

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**NEHİR SU KALİTESİNİN DETERMİNİSTİK MODELLEME VE EKOLOJİK
RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ:
AKSU ÇAYI UYGULAMASI**

Seçil TÜZÜN DUĞAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**NEHİR SU KALİTESİNİN DETERMİNİSTİK MODELLEME VE EKOLOJİK
RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ:
AKSU ÇAYI UYGULAMASI**

Seçil TÜZÜN DUĞAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEHİR SU KALİTESİNİN DETERMİNİSTİK MODELLEME VE EKOLOJİK
RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ:
AKSU ÇAYI UYGULAMASI

Seçil TÜZÜN DUĞAN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez
TÜBİTAK tarafından 119Y267 nolu proje ile desteklenmiştir.

ŞUBAT 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEHİR SU KALİTESİNİN DETERMİNİSTİK MODELLEME VE EKOLOJİK
RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ:
AKSU ÇAYI UYGULAMASI

Seçil TÜZÜN DUĞAN
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 01/02/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Prof. Dr. Mehmet BEYHAN

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

Doç. Dr. Firdes YENİLMEZ

ÖZET

NEHİR SU KALİTESİNİN DETERMİNİSTİK MODELLEME VE EKOLOJİK RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ: AKSU ÇAYI UYGULAMASI

Seçil TÜZÜN DUĞAN

Doktora Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

ŞUBAT 2024; 228 sayfa

Son yıllarda tarımsal, endüstriyel ve evsel kullanım açısından insan ihtiyaçlarındaki talep artışı, su miktar ve kalitesinde olumsuz değişimlere sebep olmuştur. Ülkemizde akarsuların çevresindeki yoğun tarımsal faaliyetler ve kentsel gelişim, noktasal ve yayılı kaynaklı öncelikli su kirliliği sorunları oluşturmakta, sucul ekolojik kaynakların sürekliliğini ve sucul canlıların yaşam döngülerinde önemli riskler oluşturmaktadır. Bu bağlamda Antalya açısından çok önemli su kaynaklarından biri olan Aksu Çayı'nın su kalitesi üzerine yapılan birçok çalışma fizikokimyasal parametrelerin değerlendirmesini içermektedir.

Tez çalışmasının amacı, Aksu Çayı Havzasının Karacaören 2 Barajı ile Akdeniz arasında kalan bölümünde noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan Aksu Çayı'na ulaşan konvansiyonel kirleticilerin WASP8 deterministik nehir su kalitesi modeli ile benzetiminin yapılması, pestisitler için risk analizinin gerçekleştirilmesi ve su durumunun hem miktar hem de kalitesinin birlikte ele alınarak iyileştirilmesi için yapılabilecek yönetim uygulamalarının senaryo analizi ile tespit edilmesi ve değerlendirilmesidir. Su kalitesi izleme çalışmaları bir yıl süresince aylık olarak 12 noktada toplam 12 kez, pestisit analizleri ise 6 noktada 2 aylık periyotlar ile bir yıl süresince gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmasına fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler ile 167 farklı pestisit dahil edilmiştir. Bakteriyolojik parametreler açısından en belirgin sonuçlar toplam koliform bakteri sayısı 13600 koloni/100 mL, fekal koliform bakteri sayısı 1460 koloni/100 mL ve *Escherichia coli* (*E.coli*) 162 koloni/100 mL ile çayın denize döküldüğü lokasyondaki Aksu 10 izleme noktasında tayin edilmiştir. Bu sonucun en belirgin sebebi çayın mansap bölümünde yer alan ve Aksu 9 izleme noktası sonrası deşarjı olan Kundu Turizm Yatırımcıları A.Ş. Atıksu Arıtma Tesisi (KUYAB AAT)'dir.

Aksu Çayı havzasındaki yayılı kaynaklı kirliliğin modellenmesi için MapShed hidroloji-havza modeli kullanılmış ve yayılı yüklere ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Aksu Çayı su kalitesinin modellenmesi için de WASP8 su kalite modeli kullanılmış ve MapShed modeline entegre edilmiştir. Deterministik model uygulamasında öncelikle model kalibrasyonu ve doğrulaması çalışmaları yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Modellemeye dayalı senaryo çalışmaları için iklim değişikliği, yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları ve Aksu Çayı'ndan sulama amaçlı su çekimlerinin yönetim uygulamalarını içeren 9 ayrı senaryo oluşturulmuştur. Yayılı kirliliğe yönelik mera yönetimi ve tarımsal alan yönetimi (S3, S4 ve S5) senaryoları mevcut durum ile

karşılaştırıldığında en iyi uygulamalar tarımsal alan kaynaklı yayılı kirlilik kontrolü senaryoları (S4 ve S5) olarak belirlenmiştir. Genel olarak Aksu Çayı'nda tarımsal sulama amaçlı su çekimlerinin çalışıldığı S8 ve S9 senaryoları Aksu 5 istasyonu ve mansabını etkilemiştir. Bunun en önemli sebebi orta ve alt havzada yoğun olarak tarım alanlarının yeralmasıdır. Su kalite ve miktarı üzerindeki etkiler de akarsuyun mansap bölümünde (Aksu 7 ile Aksu 10 istasyonları arası) kendini göstermiştir. Su çekimlerinin artırıldığı S8 senaryosu için mansaba doğru $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, İnorg-P ve TP konsantrasyonlarında kötüleşme görülmektedir. Su kalitesinin bozulmasındaki temel baskılar Aksu 9 istasyonu sonrası sisteme eklenen atıksu deşarjları, yağışlı dönemlerde akarsuya ulaşan yayılı kirlilik ve kurak dönemlerde akım değerlerindeki azalma sonucunda atık özümleme/seyreltme kapasitesinin azalmasıdır.

İzleme çalışmasına dahil edilen 167 adet pestisit içerisinde tespit limiti (Limit of Detection-LOD) üzerinde analiz edilen toplam pestisit sayısı 26'dır. Bu pestisitler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ekinde sunulan öncelikli kirleticiler listesinden 5 pestisit ve spesifik kirleticiler listesinden 18 pestisit içermektedir. Pestisit analiz sonuçlarına bakıldığında tespit sayısı açısından en yüksek değer 31 olarak Aksu 8 izleme noktasında, daha sonra ise sırasıyla Aksu 1'de 28, Aksu 5'te 26, Aksu 10'da 25, Aksu 4'te 23 ve Aksu 9'da 22 olarak belirlenmiştir. Havzanın orta ve alt kısımlarında pestisit oluşum sıklığının yüksek olması, havzadaki tarım arazilerinin alansal dağılımı ile oldukça ilişkilidir. En sık tespit edilen pestisit aktif maddeleri Pendimethalin, Metolachlor ve Theta-cypermethrin olmuştur. Pestisit risk değerlendirme çalışmaları için Environmental Impact Quotient (EIQ) ve Pesticide Environmental Risk Indicator (PERI) değerlendirme araçları kullanılmıştır. EIQ modeliyle, çiftçi, tüketici ve ekolojiden oluşan EIQ bileşenlerini içeren çevresel risk puanları 39 hedef herbisit, fungusit ve insektisit aktif maddesi için elde edilmiştir. Altı pestisit aktif maddesi EIQ veritabanında mevcut olmadığından EIQ puanları hesaplanamamıştır. Hedef herbisit, fungusit ve insektisit gruplarında sırasıyla Oxadiazon, Spiroxamine ve Carbofuran pestisit aktif maddeleri en yüksek çevresel risk puanı alırken, Metazachlor, Fosetyl-Al ve Spinosad pestisit aktif maddeleri en düşük EIQ bileşeni puanlarını almıştır. Tez çalışmasında on adet pestisit aktif maddesi (Carbofuran, Thiamethoxam, Glyphosate-Isopropylamine, Mancozeb, Carboxin, Pendimethalin, Carbaryl, Fosetyl-Al, Oxadiazon ve Alachlor) yüksek $\text{EIQ}_{\text{Arazi}}$ skorları ile derecelendirilmiştir. EIQ ve PERI pestisit risk değerlendirme araçlarından elde edilen skorların karşılaştırılması için sonuçlar normalize edilmiştir. Normalize edilen EIQ skorlarına göre Carbofuran, DNOC, Fenthion ve Zeta-cypermethrin aktif bileşenleri en yüksek değerleri almıştır. Buna karşın normalize edilen PERI indeksi için Trifluralin hariç tüm skorlar 0,6 ile 0,4 aralığında kalmıştır.

Tez çalışması ile nehir su kalitesinin yönetimi için su kalitesi izleme, deterministik modelleme ve pestisitler için çevresel risk analizini içeren bütünlük bir çalışma yaklaşımı ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Aksu Çayı, EIQ, MapShed, PERI, Pestisit risk değerlendirmesi, Su kalite modellemesi, WASP8.

JÜRİ: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Prof. Dr. Mehmet BEYHAN

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGİN

Doç. Dr. Firdes YENİLMEZ



ABSTRACT

ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF RIVER WATER QUALITY BY DETERMINISTIC MODELING AND ECOLOGICAL RISK ANALYSIS: AKSU STREAM APPLICATION

Seçil TÜZÜN DUĞAN

PhD Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

February 2024; 228 pages

In recent years, the increase in demand for water resources for agricultural, industrial, and domestic purposes has led to adverse changes in both the quantity and quality of water. Intensive agricultural activities and urban development in the vicinity of rivers in our country contribute to the emergence of point and non-point source water pollution issues, posing significant risks to the continuity of aquatic ecological resources and the life cycles of aquatic organisms. In this context, numerous studies have been conducted on the water quality of Aksu Stream, which is a vital water source for Antalya. These investigations encompass the evaluation of physicochemical parameters to assess the current state of the stream's water quality.

The aim of this thesis is to conduct a simulation using the WASP8 deterministic river water quality model to assess the transport of conventional pollutants from point and non-point sources in the area between the Karacaören 2 Dam and the Mediterranean Sea within the Aksu Stream Basin. Additionally, the study involves performing a risk analysis for pesticides and identifying and evaluating management practices that can be implemented for the improvement of both the quantity and quality of water through scenario analysis. Water quality monitoring activities were conducted monthly at 12 monitoring points over the course of one year, and pesticide analyses were performed every two months at 6 monitoring points for a total of 6 times during the same period. The monitoring study included physicochemical and bacteriological parameters, along with 167 different pesticides. Prominent results in terms of bacteriological parameters include a total coliform bacteria count of 13,600 colonies/100 mL, fecal coliform bacteria count of 1,460 colonies/100 mL, and *Escherichia coli* (*E.coli*) count of 162 colonies/100 mL at the Aksu 10 monitoring station where the stream discharges into the sea. The primary reason for these results is attributed to the discharge from the Kundu Tourism Investors Wastewater Treatment Plant (KUYAB WWTP), located in the downstream section of the stream.

The MapShed hydrology-watershed model was employed for the modeling of non-point source pollution in the Aksu Stream Basin, yielding results related to diffuse loads. Additionally, the WASP8 water quality model was utilized for the modeling of Aksu Stream water quality and integrated into the MapShed model. In the deterministic model application, calibration and validation studies were initially conducted, resulting in successful predictions. For modelling based scenario analysis, nine distinct scenarios were developed, encompassing climate change, point and non-point pollution sources,

and management practices for water withdrawals from the Aksu Stream for irrigation purposes. In comparison to the current state, the best practices for controlling non-point source pollution from agricultural areas were determined to be agricultural land-based non-point source pollution control scenarios (S4 and S5), as revealed by the comparison of scenarios related to pasture management and agricultural land management (S3, S4, and S5). Generally, scenarios S8 and S9, which focus on water withdrawals for agricultural irrigation purposes, have impacted the Aksu 5 station and the downstream section. This is primarily due to the extensive agricultural practices in the middle and lower basin. The effects on both water quality and quantity are evident in the downstream section (between stations Aksu 7 and Aksu 10) where increased water withdrawals in scenario S8 result in deteriorations in $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, Inorg-P, and TP concentrations. The primary pressures contributing to the deterioration of water quality include the addition of wastewater discharges beyond the Aksu 9 station, diffuse pollution during rainy periods, and a reduction in flow values during dry periods, leading to a decrease in waste assimilation/dilution capacity.

Among the 167 pesticides included in the monitoring study, a total of 26 pesticides were detected at levels above the limit of detection (LOD). These pesticides comprise 5 from the priority pollutants list and 18 from the specific pollutants list presented in the Surface Water Quality Regulation. Examining the results of pesticide analysis, the highest detection count, with a value of 31, was observed at monitoring point Aksu 8, followed by 28 at Aksu 1, 26 at Aksu 5, 25 at Aksu 10, 23 at Aksu 4, and 22 at Aksu 9, respectively. The high frequency of pesticide occurrence in the middle and lower parts of the basin is closely related to the spatial distribution of agricultural lands in the basin. The most frequently detected pesticide active ingredients were Pendimethalin, Metolachlor, and Theta-cypermethrin. Environmental Impact Quotient (EIQ) and Pesticide Environmental Risk Indicator (PERI) assessment tools were employed for pesticide risk assessment studies. Using the EIQ model, environmental risk scores were obtained for 39 target herbicide, fungicide, and insecticide active ingredients, encompassing components for farmers, consumers, and ecology. Due to the absence of six pesticide active ingredients in the pesticide database, EIQ scores could not be calculated for these substances. Within the herbicide, fungicide, and insecticide groups, Oxadiazon, Spiroxamine, and Carbofuran pesticide active ingredients received the highest environmental risk scores, while Metazachlor, Fosetyl-Al, and Spinosad pesticide active ingredients obtained the lowest EIQ component scores.

In the thesis study, ten pesticide active ingredients (Carbofuran, Thiamethoxam, Glyphosate-Isopropylamine, Mancozeb, Carboxin, Pendimethalin, Carbaryl, Fosetyl-Al, Oxadiazon, and Alachlor) were rated with high Environmental Impact Quotient (EIQ) Field scores. Results were normalized for the comparison of scores obtained from the EIQ and Pesticide Environmental Risk Indicator (PERI) pesticide risk assessment tools. According to the normalized EIQ scores, Carbofuran, DNOC, Fenthion, and Zeta-cypermethrin active components received the highest values. However, for the normalized PERI index, all scores, except for Trifluralin, remained within the range of 0.6 to 0.4.

The thesis study presents an integrated approach encompassing water quality monitoring, deterministic modeling, and environmental risk analysis for pesticides to manage river water quality effectively.

KEYWORDS: Aksu Stream, EIQ, MapShed, PERI, Pesticide Risk Assessment, Water Quality Modelling, WASP8.

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Prof. Dr. Mehmet BEYHAN

Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

Assoc. Prof. Dr. Firdes YENİLMEZ



ÖNSÖZ

Akademik hayatımda yol gösterenim olan, bana her daim güvenen, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden geleni yapan ve mesleki gelişimimde bana verdiği değerli bilgilerden her zaman faydalanacağım, hayatımın her anında öğrencisi olmaktan gurur duyacağım kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU'na sonsuz teşekkür eder, minnetlerimi sunarım. Ayrıca tez izleme süreçlerinde değerli görüş ve katkılarını sunan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ ve Sayın Doç. Dr. Firdes YENİLMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın araştırma ve deney süreçlerinde altyapı desteği sunan Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretme ve Eğitim Enstitüsü Müdürüm Serkan ERKAN'a, bilgi, teknik ve manevi desteğini her daim gösteren Koordinatör Dr. Mehmet Ali T. KOÇER'e ve kurumda görevli olan ve arazi/laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen ve TÜBİTAK 119Y267 nolu projede araştırmacı olan Dr. Murat YEŞİLTAŞ'a ve bu projede yer almasalar da destek veren Dr. Özgür AKTAŞ ve Dr. Faruk PAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Deneylerin yürütülmesinde destek veren proje bursiyer öğrencileri Pelin ORHAN ve Ayşenur USLU'ya teşekkür ederim. Arazi çalışmamda arazinin zorlu koşullarında destek olan ve yardımını esirgemeyen Kerim ELCİ'ye çok teşekkür ederim.

Bu süreçte zor zamanlarda sıkılmadan yanımda duran, her konuda yaşadığım zorlukları kolaylaştıran, çalışmamdaki en büyük destekçilerimden biri olan sevdiğim, ruh eşim Mustafa DUĞAN'a ve neşe kaynağım kızlarım Sevim Tuana DUĞAN ve Sena DUĞAN'a çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve hakkını asla ödeyemeyeceğim en büyük destekçilerim annem Sevim TÜZÜN ve babam Mehmet Sedat TÜZÜN'e sonsuz teşekkürler.

119Y267 nolu proje kapsamında tez çalışmamı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	vii
AKADEMİK BEYAN	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Deterministik Su Kalite Modellemesi	4
2.2. WASP8 Modeli	5
2.3. Hidrolojik Modeller ve MapShed Modeli	9
2.4. Yayılı Kirililik Kontrolü İçin En İyi Uygulama (BMP) Örnekleri	11
2.4.1. BMP seçenekleri	12
2.5. Pestisit Risk Değerlendirmesi	19
2.5.1. EYP (Environmental Yardstick for Pesticides)	19
2.5.2. Ipest (Indicator of Pesticide Environmental Impact)	20
2.5.3. SyPEP (A system for predicting the environmental impact of pesticides in Belgium)	21
2.5.4. SYNOPS (Synoptic Evaluation Model for Plant Protection Agents)	22
2.5.5. HD (Hasse Diagram).....	23
2.5.6. POCER (Pesticide Occupational and Environmental Risk Indicator)	23
2.5.7. EcoRR (Ecological Relative Risk).....	24
2.5.8. PestScreen	24
2.5.9. ERI (Environment Risk Index)	24
2.5.10. NERI (Norwegian Environmental Risk Indicators)	25
2.5.11. p-EMA (Environmental Performance Indicator of Pesticides).....	25
2.5.12. CHEMS1 (Chemical Hazard Evaluation of Management Strategies).....	25
2.5.13. EPRIP (Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides)	26
2.5.14. SCRAM (Scoring and Ranking Assessment Method).....	26
2.5.15. DLI (Danish Load Index)	26
2.5.16. RICH (Ranking and Identification of Chemical Hazards).....	27
2.5.17. CSM (Chemical Scoring Model)	27
2.5.18. RRPDI (Ranking of the Risk of Pesticide Dietary Intake)	28

2.5.19. EIQ (The Environmental Impact Quotient)	28
2.5.20. PERI (Pesticide Environmental Risk Indicator)	29
2.6. Pestisitler İçin Çevresel Risk Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması	30
2.7. Aksu Çayı'na İlişkin Araştırmalar	34
3. MATERYAL VE METOT	36
3.1. Aksu Çayı Çalışma Alanı	36
3.1.1. Veri temini çalışmaları	37
3.2. Su Kalitesi İzleme Çalışması	45
3.3. Su Kalitesi İzleme Parametreleri, Ölçüm ve Analiz Yöntemleri	52
3.4. Model Uygulaması	54
3.4.1. Yayılı yüklerin hesaplanması (Mapshed Modeli tanıtımı)	54
3.4.2. WASP modeli genel tanıtımı	55
3.4.3. WASP8 modeli kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları	62
3.5. Pestisit Risk Değerlendirmesi	63
3.5.1. EIQ	64
3.5.2. PERI	65
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	67
4.1. Aksu Çayı Su Kalitesi İzleme Çalışması Sonuçları	67
4.2. Aksu Çayı'nda Pestisit İzleme Çalışmaları	85
4.3. MapShed Modeli Uygulaması	88
4.4. WASP8 Modeli Uygulaması	93
4.4.1. Model kalibrasyonu	93
4.4.2. Model doğrulaması	104
4.5. Senaryo Analizi	114
4.5.1. İklim değişikliği etkileri	114
4.5.2. Yayılı kirlilik kontrolü	114
4.5.3. Noktasal kirlilik kontrolü	115
4.5.4. Su çekimi	115
4.6. Senaryo Analizi Sonuçları	116
4.6.1. İklim değişikliği etkileri (Senaryo S1 ve S2)	116
4.6.2. Yayılı kirlilik kontrolü (Senaryo S3, S4 ve S5)	126
4.6.3. Noktasal kirlilik kontrolü (Senaryo S6 ve S7)	135
4.6.4. Su çekimleri (Senaryo S8 ve S9)	139
4.7. Pestisitlerin Çevresel Risk Analizi	151

4.7.1.EIQ modeli uygulaması.....	151
4.7.2.PERI modeli uygulaması.....	164
4.7.3.EIQ ve PERI modellerine ait sonuçların karşılaştırılması	167
5. SONUÇLAR	169
6. KAYNAKLAR.....	174
7. EKLER	185
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Nehir Su Kalitesinin Deterministik Modelleme ve Ekolojik Risk Analizi Yöntemleri ile Değerlendirilmesi ve Yönetimi: Aksu Çayı Uygulaması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2024

Seçil TÜZÜN DUĞAN

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
%	: Yüzde
μS	: Mikrosiemens
$^{\circ}\text{C}$	: Derece santigrat
cm	: Santimetre
km	: Kilometre
L	: Litre
mL	: Mililitre
m	: Metre
km^2	: Kilometrekare
m^3	: Metreküp
s	: Saniye
mg	: Miligram
μg	: Mikrogram
pH	: Hidrojen iyonu potansiyeli

Kısaltmalar

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AVGWLF: ArcView Generalized Watershed Loading Functions

BCF = biyokonsantrasyon faktörü

BMP : Best Management Practice (En İyi Yönetim Uygulamaları)

CHEMS1: Chemical Hazard Evaluation of Management Strategies

CLM : Centre for Agriculture and Environment (Tarım ve Çevre Merkezi)

CSM : Chemical Scoring Model

DLI : Danish Load Index

DSİ : Devlet Su İşleri

DT₅₀ : Pestisit yarı ömrü

EC : Elektriksel İletkenlik

EcoRR: Ecological Relative Risk

EC₅₀ : Effective concentration %50

EFDC : Çevresel Akışkanlar Dinamiği Kodu

EIQ : The Environmental Impact Quotient

EIP : Environmental Impact Points

EPRIP : Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides

ERI : Environment Risk Index

EYP : Environmental Yardstick for Pesticides

GDO : Genetiği Değiştirilmiş Organizma

GUS : Groundwater Ubiquity Score (Yeraltı Suyu Yaygınlık Puanı)

HD : Hasse Diagram

HSPF : Hidrolojik Simülasyon Programı

IPEC : Long term Predicted Environmental Concentration

Ipest : Indicator of Pesticide Environmental Impact

K_H : Henry sabiti

K_{oc} : Organik karbon adsorpsiyon katsayısı

K_{ow} : Oktanol-Su bölüm katsayısı

KUYAB: Kundu Turizm Yatırımcıları Birliği

LC_{50} : %50 Öldürücü konsantrasyon

LOD : Tespit Limiti

LOQ : Tayin Limiti

LLRS : Large Lakes Research Station

LRTP : Uzun Menzilli Taşıma Potansiyeli

MAK-ÇKS: Maksimum Çevresel Kalite Standardı

MWCNT: Çok duvarlı Karbon Nanotüpün

NERI : Norwegian Environmental Risk Iindicators

NOEC : Gözlenmeyen Etki Konsantrasyonu

OECD : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı

p-EMA: Environmental Performance Indicator of Pesticides

PEC : Tahmini Çevresel Konsantrasyon

PELMO: Pesticide Leaching Model

PERI : Pesticide Environmental Risk Indicator

PIRI : Pesticide Impact Rating Index

POCER: Pesticide Occupational and Environmental Risk Indicator

PSIEE : Penn Eyaleti Enerji ve Çevre Enstitüleri

R^2 : Determinasyon Katsayısı

RICH : Ranking and Identification of Chemical Hazards

RMSE : Root Mean Square Error (ortalama karekök hatası)

RRPDI: Ranking of the Risk of Pesticide Dietary Intake

RPI : River Polution Index

SCRAM: Scoring and Ranking Assessment Method

SNUWS: Seoul National University Watershed

sPEC : Short term Predicted Environmental Concentration

STELLA: Structural Thinking, Experiential Learning Laboratory with Animation

SyPEP : A system for predicting the environmental impact of pesticides in Belgium

SYNOPS: Synoptic Evaluation Model for Plant Protection Agents

TER : Toxicity Exposure Rate (Toksosite Maruz Kalma Oranı)

THP : The Toxicity, Human Health, And Persistency Hazard Rating System (Tehlike Derecelendirme Sistemi)

TMDL : Total Maximum Daily Loading (Toplam Maksimum Günlük Yükleme)

TT : Triazin Toleranslı

WASP : Water Quality Analysis Simulation Program

WQI5 : Water Quality Index

US-EPA: Çevre Koruma Ajansı

YO-ÇKS: Yıllık Ortalama Çevresel Kalite Standardı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Toprak yüzeyinde kalan ürün kalıntısı (Evans vd. 2008).....	13
Şekil 2.2. Örtü bitkisine sebzelerin toprak işlemez ekimi (Evans vd. 2008)	13
Şekil 2.3. Örtü bitkisi olarak kırmızı yonca kullanımı (Evans vd. 2008)	14
Şekil 2.4. Tesviye eğrili tarım örneği (Evans vd. 2008)	14
Şekil 2.5. Tesviye eğrili tarımda yamaç etkisi (Evans vd. 2008)	15
Şekil 2.6. Şerit ekimi (Evans vd. 2008)	15
Şekil 2.7. Teraslamanın havadan görünümü (Evans vd. 2008)	16
Şekil 2.8. Sıralı otlatma sisteminde otlakların kullanımı (Evans vd. 2008)	16
Şekil 2.9. Pestisitlere yönelik çevre ölçütünde kullanılan EIP puanlarının sınıflandırması ve etki düzeyi (CLM, 2014b)	20
Şekil 3.1. Aşağı Aksu Çayı Havzası'nın Türkiye'deki konumu (Muhammetoğlu, 2022)	36
Şekil 3.2. Çalışma sahası için veri temin edilen meteoroloji istasyonlarının lokasyonları	39
Şekil 3.3. KUYAB AAT için 2019-2021 dönemine ait aylık atıksu deşarj debileri (Muhammetoğlu, 2022).....	41
Şekil 3.4. KUYAB Kundu AAT'nin Aşağı Aksu Çayı havza alanı içindeki konumu ...	41
Şekil 3.5. Aksu Çayı'nın a) Karacaören-2 Baraj çıkışı sonrası; b;c;d) orta kesimlerinde yer alan olası izleme noktaları	45
Şekil 3.6. Aşağı Aksu Çayı'nın orta kesimlerinde yer alan; a) drenaj kanalı (Aksu YK-1); b) Küçük Aksu Deresi (Aksu YK2) yan kol bağlantılarının görünümü.....	46
Şekil 3.7. Aşağı Aksu Çayı Havzası'na ait bazı görseller	46
Şekil 3.8. Aksu Çayı izleme çalışması için ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar.....	48
Şekil 3.9. a) Bakteriyolojik numune alımı (Aksu 1); b) Multiparametrik su kalite ölçüm YSI EXO2 sonda ile saha ölçümlerinin gerçekleştirilmesi (Aksu 1); c); d) Örnekleme çubuğu kompozit su numunesi alımı (Aksu 2); e) Taşıma kapları ve sahada kullanılan cihazlar	49
Şekil 3.10. a) Aksu 2 dere yatağı kuru; b) Aksu 3 durgun su durumu	50
Şekil 3.11. a) Aksu 2 dere yatağı kuru; b) Aksu 3 dere yatağında çok az su mevcut, akış yok; c) Aksu YK2 durgun su	50
Şekil 3.12. a) Aksu 4; b) Aksu 5 örnekleme noktaları	50
Şekil 3.13. a) Nansel şişesinin kullanımı (Aksu 8); b) bakteriyolojik numune kabı kullanımı (Aksu 10); c) YSI EXO2 Sonda cihazı kullanımı (Aksu 7)	51
Şekil 3.14. KUYAB Kundu AAT'nin konumu	52
Şekil 3.15. Aksu Çayı mansap örnekleme istasyonu (Aksu 10).....	52

Şekil 3.16. Aksu Çayı Havzası'nın MapShed modelinde 10 adet alt havza alanının gösterimi (Muhammetoğlu 2022)	55
Şekil 3.17. WASP8 Modeli ana ekran görüntüsü ve WASP8 çalışma ekran görüntüsü	56
Şekil 3.18. WASP model kutuları ve model ağı (Ambrose vd. 1993).....	57
Şekil 3.19. WASP8 modeli çerçevesi (Knights vd. 2019)	57
Şekil 3.20. WASP8 Advanced Eutrophication modülünde yer alan su kalite değişkenleri ve etkileşim prosesleri (US-EPA 2019).....	60
Şekil 3.21. WASP8 modelinin Aksu Çayı uygulanması için oluşturulan model segment ağı.....	63
Şekil 4.1. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	75
Şekil 4.2. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	77
Şekil 4.3. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	78
Şekil 4.4. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	79
Şekil 4.5. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	80
Şekil 4.6. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	81
Şekil 4.7. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	82
Şekil 4.8. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	83
Şekil 4.9. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi	84
Şekil 4.10. Alt havza 10 için MapShed modelinden elde edilen ve kaynaklarına göre sediman, TN ve TP için 2020 yılına ait yıllık kirletici yük toplamı (Muhammetoğlu 2022)	89
Şekil 4.11. 2021 yılı için tüm çalışma alanına ait yıllık yayılı TN yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022).....	90
Şekil 4.12. 2021 yılı için tüm çalışma alanına ait yıllık yayılı TP yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022).....	90
Şekil 4.13. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen akım tahminleri ve ölçümler.....	95
Şekil 4.14. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen sıcaklık tahminleri ve ölçümleri	96

Şekil 4.15. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen BOI_5 tahminleri ve ölçümleri	97
Şekil 4.16. Aksu Çayının membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen çözünmüş oksijen tahminleri ve ölçümleri	98
Şekil 4.17. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen amonyum azotu tahminleri ve ölçümleri	99
Şekil 4.18. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen nitrat azotu tahminleri ve ölçümleri	100
Şekil 4.19. Aksu Çayının membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen inorganik fosfor tahminleri ve ölçümleri	101
Şekil 4.20. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen klorofil-a tahminleri ve ölçümleri ...	102
Şekil 4.21. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen AKM tahminleri ve ölçümleri	103
Şekil 4.22. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen akım tahminleri ve ölçümleri	105
Şekil 4.23. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen sıcaklık tahminleri ve ölçümleri	106
Şekil 4.24. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen BOI_5 tahminleri ve ölçümleri	107
Şekil 4.25. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen çözünmüş oksijen tahminleri ve ölçümleri.....	108
Şekil 4.26. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen amonyum azotu tahminleri ve ölçümleri.....	109
Şekil 4.27. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen nitrat azotu tahminleri ve ölçümleri	110
Şekil 4.28. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen inorganik fosfor tahminleri ve ölçümleri.....	111
Şekil 4.29. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen klorofil-a tahminleri ve ölçümleri	112

Şekil 4.30. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen AKM tahminleri ve ölçümleri	113
Şekil 4.31. BMP seçenekleri için N, P, sediment ve patojen giderim verimleri için kullanılan veri giriş ekranı	114
Şekil 4.32. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının akım değerleri üzerine etkisi	117
Şekil 4.33. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının sıcaklık değerleri üzerine etkisi	118
Şekil 4.34. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının NH ₄ -N değerleri üzerine etkisi	119
Şekil 4.35. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının NO ₃ -N değerleri üzerine etkisi	120
Şekil 4.36. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının İnorg-P değerleri üzerine etkisi	121
Şekil 4.37. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının AKM değerleri üzerine etkisi	122
Şekil 4.38. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının klorofil-a değerleri üzerine etkisi	123
Şekil 4.39. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının ÇO değerleri üzerine etkisi	124
Şekil 4.40. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının BOİ ₅ değerleri üzerine etkisi	125
Şekil 4.41. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının NH ₄ -N üzerine etkileri	129
Şekil 4.42. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının NO ₃ -N üzerine etkileri	130
Şekil 4.43. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının İnorg-P üzerine etkileri	131
Şekil 4.44. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının AKM üzerine etkileri	132
Şekil 4.45. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının TN üzerine etkileri	133
Şekil 4.46. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının TP üzerine etkileri	134
Şekil 4.47. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının akım üzerine etkileri	135
Şekil 4.48. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının sıcaklık üzerine etkileri	135
Şekil 4.49. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının BOİ ₅ ve ÇO üzerine etkileri	136
Şekil 4.50. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının azot formları üzerine etkileri	137
Şekil 4.51. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının fosfor formları üzerine etkileri	138

Şekil 4.52. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının AKM ve klorofil-a üzerine etkileri.....	139
Şekil 4.53. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda akım parametresinin değişimi	140
Şekil 4.54. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda derinlik parametresinin değişimi	141
Şekil 4.55. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda sıcaklık parametresinin değişimi	142
Şekil 4.56. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda NH ₄ -N parametresinin değişimi	143
Şekil 4.57. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda NO ₃ -N parametresinin değişimi	144
Şekil 4.58. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda İnorg-P parametresinin değişimi	145
Şekil 4.59. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda TP parametresinin değişimi.....	146
Şekil 4.60. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda AKM parametresinin değişimi	147
Şekil 4.61. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda TN parametresinin değişimi	148
Şekil 4.62. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda BOI ₅ parametresinin değişimi	149
Şekil 4.63. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda ÇO parametresinin değişimi.....	150
Şekil 4.64. Farklı pestisit aktif maddeleri için küçükten büyüğe EIQ bileşen skorları	151
Şekil 4.65. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	152
Şekil 4.66. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	153
Şekil 4.67. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	154
Şekil 4.68. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	155
Şekil 4.69. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	156
Şekil 4.70. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	157
Şekil 4.71. Belirli pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	158
Şekil 4.72. Belirli pestisit türünün EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları.....	159
Şekil 4.73. Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin EIQ _{Arazi} değerleri .	159
Şekil 4.74. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	160
Şekil 4.75. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	161
Şekil 4.76. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisit türlerinin EIQ _{Arazi} ve bileşen skorları	162
Şekil 4.77. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisit aktif maddelerinin küçükten büyüğe EIQ bileşen skorları.....	163
Şekil 4.78. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisitlerin EIQ _{Arazi} değerleri	163
Şekil 4.79. Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin EIQ ve PERI risk göstergelerinin normalize edilmiş skorları.....	168
Şekil 4.80. Aksu Çayı’nda tespit edilen pestisitlerin EIQ ve PERI risk göstergelerinin normalize edilmiş skorları.....	168

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Literatürde WASP modeli kullanılmış olan bazı çalışmalar (USEPA 2020)	7
Çizelge 2.2. Çiftlik hayvanlarına yönelik BMP'ler için kirletici türüne göre azaltma verimlilikleri (%) (Evans vd. 2008)	18
Çizelge 2.3. MapShed modelinde yer alan tarımsal yönetim seçenekleri (Evans ve Corradini 2016)	18
Çizelge 2.4. Kirletici türüne göre tarımsal BMP seçenekleri için azaltma verimlilikleri (%) (Evans vd. 2008)	19
Çizelge 2.5. Uygulama tekniğine ve yüzey suyuna olan mesafeye göre sürüklenme yüzdesinin tahmini (Van der Werf ve Zimmer 1998).....	21
Çizelge 2.6. Çeşitli pestisit modelleri için gerekli olan girdilerin detayları	31
Çizelge 2.7. Pestisit risk araçlarına ve değerlendirme kriterlerine genel bakış	32
Çizelge 2.8. Aksu Çayı Havzasına ilişkin proje çalışmalarının özet bilgileri	35
Çizelge 3.1. Tez çalışması için elde edilen veriler.....	37
Çizelge 3.2. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonları ve konum bilgileri	38
Çizelge 3.3. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonlarından temin edilen meteorolojik veriler ve dönemleri (GO: Günlük Ortalama, GT: Günlük Toplam, GM: Günlük Maksimum)	40
Çizelge 3.4. 2020 yılı için KUYAB AAT çıkış suyuna ait analiz sonuçları (Muhammetoğlu, 2022).....	42
Çizelge 3.5. 2021 yılı için KUYAB AAT çıkış suyuna ait analiz sonuçları (Muhammetoğlu, 2022).....	43
Çizelge 3.6. 2017 - 2021 yılları arasında Aksu Çayı'ndan çekilen aylık toplam sulama suyu miktarları (Muhammetoğlu, 2022)	43
Çizelge 3.7. Ekim 2020 – Eylül 2021 döneminde Aksu Çayı'nda gerçekleştirilen debi ölçümleri sonuçları.....	44
Çizelge 3.8. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarının konum bilgileri	47
Çizelge 3.9. Aksu Çayı'nda gerçekleştirilen izleme çalışmasına ait özet bilgiler	47
Çizelge 3.10. EIQ modelindeki değişkenler için derecelendirme sistemi (Kovach vd. 1992; Levitan 1997)	65
Çizelge 3.11. PERI parametreleri skor değerleri (Recchia vd. 2018).....	66
Çizelge 4.1. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	68
Çizelge 4.2. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	69
Çizelge 4.3. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	70

Çizelge 4.4. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	71
Çizelge 4.5. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	72
Çizelge 4.6. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	73
Çizelge 4.7. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti.....	74
Çizelge 4.8. Kasım 2020 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.9. Ocak 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.10. Mart 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.11. Mayıs 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	87
Çizelge 4.12. Ağustos 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	87
Çizelge 4.13. Ekim 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması.....	88
Çizelge 4.14. 2021 yılı için alt havza alanları ve tüm çalışma alanı için yıllık yayılı TN yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022).....	91
Çizelge 4.15. 2021 yılı için alt havza alanları ve tüm çalışma alanı için yıllık yayılı TP yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022).....	92
Çizelge 4.16. WASP8 modelinin Aksu Çayı uygulamasında model kalibrasyonu ile belirlenen katsayılar	93
Çizelge 4.17. WASP8 modelinin Aksu Çayı için uygulandığı kalibrasyon dönemine ait model tahmin hataları.....	94
Çizelge 4.18. WASP8 modelinin Aksu Çayı için uygulandığı doğrulama dönemine ait model tahmin hataları.....	104
Çizelge 4.19. MapShed modelinde kullanılan BMP seçenekleri.....	115
Çizelge 4.20. Aksu Çayı için uygulanan yönetim senaryoları.....	116
Çizelge 4.21. Farklı senaryolar için yıllık TN yükleri için elde edilen değişimler (%) (Muhammetoğlu 2022).....	127
Çizelge 4.22. Farklı senaryolar için yıllık TP yükleri için elde edilen değişimler (%) (Muhammetoğlu 2022).....	127
Çizelge 4.23. PERI skor hesabı için kullanılan pestisitlere ait parametre değerleri	164
Çizelge 4.24. Antalya Aksu bölgesinde yaygın kullanılan pestisitlerin PERI skor değerleri.....	165

Çizelge 4.25. PERI skor hesabı için kullanılan pestisitlere ait parametre değerleri	166
Çizelge 4.26. Aksu Çayı su kalitesi izleme çalışmalarında tespit edilen pestisitlerin PERI skor değerleri	167



1. GİRİŞ

İnsan nüfusundaki hızlı artış, sucul ve karasal ekosistemlerden olan talepleri artırmış ve bunun neticesinde insan faaliyetleri çevrenin yapısı ve işlevinde olumsuz değişikliklere neden olmuştur (Vitousek vd. 1997a, b; Carpenter vd. 1998; Smith vd. 1999). Son yıllarda tarımsal, endüstriyel ve evsel kullanım açısından insan ihtiyaçlarındaki talep artışı, su miktar ve kalitesinde olumsuz değişimlere sebep olmuştur. Ülkemizde akarsuların çevresindeki yoğun tarımsal faaliyetler ve kentsel gelişim, noktasal ve yayılı kaynaklı kirlilikleri oluşturmakta, sucul ekosistemlerin sürekliliğini tehdit etmekte ve sucul canlıların yaşam döngülerinde önemli riskler oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir su kavramı son dönemde ulusal ve uluslararası gündemde önem kazanmış ve birçok platformda su yönetiminin sosyal, çevresel ve hukuki boyutları hakkında toplantılar düzenlenmiştir. Ekosistem yaklaşımı birçok uluslararası kuruluş tarafından yapılan konferanslar ve yayınlanan raporlar su kaynaklarının kalite ve miktar açısından tehlikede olduğunu ortaya koymuştur. İklim krizinin etkisi ile su kıtlığı ve su kirlenmesinin getirdiği olumsuzluklar, su kaynakları yönetiminin en öncelikli konular içerisine alınmasında etken olmuştur.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarında (IPCC 2007; 2014; 2022), yüzyılın ortasına kadar yıllık nehir akışının ve su mevcudiyetinin büyük olasılıkla belirli kurak bölgelerde azalacağını söylemektedir. IPCC özellikle, Akdeniz Havzası'nın su kaynaklarında azalma yaşanacağını belirtmektedir. Ek olarak, Akdeniz tipi ekosistemler ve düşük enlemlerdeki tarımın, yağış ve su mevcudiyetindeki azalma nedeniyle >%66 olasılıkla iklim değişikliğinden doğrudan etkileneceği bildirilmiştir. Eşzamanlı olarak, IPCC raporları, dünyanın dört bir yanındaki çoğu bölgede şiddetli yağış sıklığının >%90 olasılık ile artacağını belirtmektedir. IPCC (2022) raporunda, azalan yağış nedeniyle çoğu yerde nehir akışlarının %12-15 veya daha fazla oranda azalacağı ifade edilmektedir (Giuntoli vd. 2015; Roudier vd. 2016; Andrew ve Sauquet 2017; Gosling vd. 2017; Marchane vd. 2017; Marcos-Garcia vd. 2017; Marx vd. 2018; Yeste vd. 2021). Benzer şekilde yeraltı suyu seviyesinin de azalan beslenme miktarı nedeniyle azalacağı tahmin edilmektedir (IPCC 2021; Koutroulis vd. 2016; Guyennon vd. 2017; Braca vd. 2019; Calvache vd. 2020). Göllerdeki su seviyelerinin ve rezervuar mevcudiyetinin 2100 yılında %45'e kadar düşmesi beklenmektedir (Koutroulis vd. 2016; Masia vd. 2018; Okkan ve Kirdemir 2018; Braca vd. 2019; Trambly vd. 2020). 2070'ten sonra Beyşehir Gölü'nün (Antalya Havzasındaki en büyük tatlı su gölü) kuruyabileceği yönünde çalışmalar mevcuttur (Bucak vd. 2017).

Avrupa Birliği (AB), Aralık 2000 tarihinde yayımlanan “Su Çerçeve Direktifi (SÇD)” (2000/60/EC) ile havza bazlı yönetim yaklaşımını benimsediğini ilan etmiştir. Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için başlıca dikkat edilmesi gereken kirlilik unsurları arasında noktasal kirlleticiler olan atıksu arıtma tesisleri ve endüstriyel atıksulardan gelen organik kirlleticiler, askıda katı maddeler, azot ve fosfor formları, spesifik kirlleticiler, ağır metaller vb. kirleticilerin yüzey sularına kontrolsüz deşarj edilmesi ile yayılı kirleticiler olarak tarım alanlarından kaynaklanan gübre ve pestisitler yer almaktadır.

Aksu Çayı için gerçekleştirilen birçok çalışmada fizikokimyasal parametreler üzerinden su kalitesi değerlendirmesi yapılmış olup deterministik modelleme, yayılı

kirletici kaynak olan pestisitlerin su kalitesine ve sucul canlılara olan etkisinin risk analizi ile irdelenmesi içerikli çalışmalar literatürde yer almamıştır. Tüm dünyada olduğu gibi Aksu Çayı Havzası'nda da tarımsal üretimi artırmak için ürünlere yaygın olarak azot (N) ve fosfor (P) içeren çeşitli gübreler ve pestisitler uygulanmaktadır. Ancak hem gübreler hem de pestisitler farklı yollarla yeraltı ve yerüstü sularına taşınabilmekte ve kolayca kirletebilmektedir. Pestisitlere maruz kalma, potansiyel olarak kansere neden olabilir ve endokrin, üreme ve bağışıklık sistemlerini bozabilir (Colborn vd. 1993; Bolognesi 2003; Bassil vd. 2007). Belirtilen riskleri ve zorlukları aşabilmek ve akarsu havzalarındaki su kalitesini korumak için su yönetimi politikası gereklidir.

Bu amaçla, Antalya Havzası için çok önemli su kaynaklarından birisi olan Aksu Çayı üzerine yapılan bu tez çalışmasında, yukarıda bahsi geçen kirletici kaynaklar günümüz şartlarında değerlendirilmiş ve Aksu Çayı Havzasının Karacaören Barajı ile Akdeniz arasında kalan bölümünde Aksu Çayı'nın mevcut durumuna kıyasla su kalitesindeki iyileşmelerin gerçekleşmesi için dünyada yaygın olarak kullanılan Su Kalitesi Analiz ve Simülasyon Programı Sürüm 8 (WASP8) kapsamındaki ileri ötrofikasyon modülü (WASP/ADV.EUTRO) ve hidrolojik-havza modeli olan MapShed birlikte kullanılmıştır. Bu entegre yaklaşım Aksu Çayı için detaylı su kalitesi izleme çalışmasını, konvansiyonel kirleticiler için deterministik su kalitesi benzetim modeli uygulamasını, akarsu alt havzalarından gelen yayılı N, P ve katı madde yüklerinin belirlenmesini içermektedir. Aksu Çayı Havzası yayılı kirleticilerin belirlenmesi için 10 alt havzaya bölünmüş ve her bir alanın yayılı yük hesabı için MapShed hidrolojik-havza modeli kullanılmıştır. Ek olarak, Aksu Çayı havzasında tarımsal üretimde kullanılan pestisitler için risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Su kalite modellemesi çalışması için gerekli olan su kalite veri setlerinin elde edilmesi amacı ile Aşağı Aksu Çayı ve 2 yan kolundaki kirlilik taşınımını tanımlayacak şekilde oluşturulan izleme programı 12 adet ölçüm/örnekleme noktasında, 12 ay süresince aylık olarak fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik su kalite parametreleri için gerçekleştirilmiştir. Belirtilen su kalite izleme çalışması Nisan 2020'de başlayan ve TÜBİTAK tarafından desteklenen 119Y267 numaralı "*Nehir Su Kalitesinin Deterministik Modelleme, Su Kalite İndeksleri ve İstatistiksel Analizler ile Değerlendirilmesi ve Yönetimi*" başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Belirtilen proje kapsamında yer alan su kalitesi izleme çalışmaları Eylül 2020 itibari ile başlamış olup, Ekim 2021 itibari ile bitmiştir. Su kalite izleme çalışması yanı sıra bölgede yer alan tarımsal ve evsel kirletici kaynakların belirlenmesine yönelik verilerin de elde edilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kentsel yerleşim, tarımdan kaynaklı yayılı kirlilik unsurları, sulama amaçlı su çekimleri, turizm bölgesi kaynaklı atıksu deşarjı (KUYAB Atıksu Arıtma Tesisi) ve iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınmıştır. İzleme çalışmaları ve havzadaki kirletici unsurların değerlendirilmesi ile oluşturulan temel veriler bir araya getirilerek, su kalite modellemesi için girdi verileri oluşturulmuştur. Aksu Çayı boyunca uzunluk, en kesit bilgileri, akarsu debileri, meteorolojik veriler vb. diğer model girdi verileri hem arazi çalışması hem de bölgedeki ilgili kurum ve kuruluşlardan temin edilmiştir.

Pestisit risk analizi çalışması kapsamında Aşağı Aksu Çayı Havzası'nda tarım ürünlerinin korunumu için kullanılan pestisit çeşitleri belirlenmiş, EIQ ve PERI model araçları ile risk değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen risk skorları ile pestisitler için karşılaştırma yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Tüm doğal kaynaklarımızda olduğu gibi su kaynaklarımızın da korunarak kullanımı, ekonomik kalkınmanın yanında toplumsal gelişme sürecinde de oldukça önemli ve belirleyicidir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği çerçevesinde suyun hem miktar hem de kalitesinin olumsuz yönde değişmemesi, suyun geleceği açısından oldukça önemlidir. Su kaynakları ve çevre yönetimi, nitelik ve nicelik açısından sürekli izlemeyi gerektirir. Su kirliliği durumunun doğru değerlendirilmesi, su kaynaklarının yönetimi ve faydalı kullanımı için bir ölçüt olarak kullanılır.

Su miktarının korunmasının gerekliliği son yıllarda Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının yayınladığı Kalkınma Planlarında pek çok açıdan bahsedilmiştir (Kalkınma Planları 2024). Onuncu Kalkınma Planı'nda; Türkiye'nin kullanılabilir mevcut su miktarının artan talep, kuraklık ve su toplama havzalarındaki kirlenme sonucunda giderek ihtiyaçları karşılayamaz hale geldiği vurgulanmaktadır. Onbirinci Kalkınma Planı'nda; Türkiye'nin su kaynaklarının etkin kullanımı ve korunması amacıyla 25 havza için nehir havzası yönetim planları, sektörel su tahsis planları, havza master planları, kuraklık yönetim planları, taşkın yönetim planları, içme suyu havzaları koruma eylem planlarının tamamlanacağı belirtilmiştir. Resmi Gazetede 31.10.2023 tarihinde yayınlanan Onikinci Kalkınma Planı'nda(); tarımsal sulamada alternatif su kaynakları kullanımının artırılması için yağmur sularının hasadı, arıtılmış atık suların sulama suyu kalitesine getirilmesi ve deniz suyunun tuzdan arındırılarak sulamada kullanımına yönelik Ar-Ge faaliyetleri yürütüleceği vurgulanmıştır.

Yoğun tarım ve kentleşme, su sistemlerindeki kalitenin bozulmasında ana sebeplerdendir. En büyük artış ise yoğun tarım ve kentsel gelişimin olduğu nehir havzalarında meydana gelmektedir. Özellikle yüzeysel akış ile nehirlerle taşınan besin yükü ve pestisit, karadan suya karmaşık göç ve dönüşüm süreçleri (örneğin mineralizasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon vb.) geçirerek birden fazla kaynaktan (örneğin zirai ilaç, gübre ve yağış) oluşmaktadır. Kentsel alanlardan kaynaklı kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi deşarjları su kütleleri için en belirli noktasal kirlilik kaynaklarıdır.

Su kirliliği sorununun çözümü için gerekli olan temel yaklaşımlardan biri de su kalitesindeki değişimlerin modellenmesidir. Su kaynaklarının mevcut potansiyel durumları belirlendikten sonra sürdürülebilir kullanımı için bütünlük (entegre) yönetim planları hazırlanmalıdır. Günümüzde, tüm bu çalışmaların karar verme sürecinde su kalitesi modelleme araçları etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Su kalitesi modelleri sucul ekosistemin karmaşık süreçlerini simüle ederek mevcut duruma kıyasla kirleticilerin sudaki mekansal ve zamansal dağılımının belirlenmesine, su kalitesinin nasıl değişebileceğine ilişkin değerlendirilmelere ve oluşabilecek olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik önlemlerin planlanmasına imkan sağlar.

Kontrolsüz ve aşırı pestisit kullanımı ile tarım alanlarından özellikle yüzeysel akış ile su havzaları ve drenaj ağına pestisit taşınımı gerçekleşmektedir. Tarım alanlarında birçok etken maddeli pestisit kullanılması ve bu pestisitlerin bozunmaya dirençli olması, pestisitlerin konvansiyonel yöntemler ile arıtımını zorlaştırmaktadır. Bu durum pestisitlerin kullanım aşamasında çeşitli yollarla su kaynaklarına ulaşmasına sebep

olmaktadır. Pestisit kontrolü için su kaynaklarına taşınan kirleticilerin kontrolünü içeren En İyi Yönetim Uygulamaları (Best Management Practices-BMP) tercih edilmelidir.

2.1. Deterministik Su Kalite Modellemesi

Matematiksel simülasyon programları su kalitesi araştırmaları için yararlı ve farklı koşullar için gerçeğe en yakın sonuçları sağlayabilen araçlardır. Su kalitesi modelleri, uzay-zamansal dinamikleri ve su kalitesinin değişkenliğini simüle ederek tahminler üretir. Modelleme çalışmaları aynı zamanda su yönetimi stratejilerinin başarısını değerlendirmek ve su kalitesini iyileştirme yöntemleri sunmak için oldukça uygundur. Su kalitesi ve kirlilik değerlendirmesi için yüzey sularının biyojeokimyasal süreçlerinin anlaşılmasına yardımcı olmak üzere AQUATOX, CE-QUAL-W2, Delft3D, EFDC, MIKE ve WASP gibi çeşitli modeller geliştirilmiştir (Bai vd. 2022). Bai ve arkadaşları altı farklı modeli değerlendirmiştir. Elde ettikleri sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- ✓ 2005 ve 2010 yılları arasında WASP modeli kullanılarak yapılan su kalitesine ilişkin modelleme çalışmaları yıllık yedi civarında sabit kalırken, CE-QUAL-W2 ile yapılan çalışma sayısının 22 adet ile ilk sırada yer aldığı,
- ✓ 2009 öncesinde CE-QUAL-W2 ve WASP modelleri çok kullanılan araçlarken, 2009 sonrasında EFDC modelinin daha yaygınlaştığı,
- ✓ 2009'dan 2013'e kadar AQUATOX, Delft 3D ve MIKE modellerinin kullanım sayısının diğer üç modele göre daha az olduğu,
- ✓ 2015 yılı sonrasında yapılan yayınlar içerisinde CE-QUAL-W2, EFDC ve MIKE modellerinin sayısının 10'u, diğer üç modeli içeren yayınların sayısının ise 5'i aştığı ve
- ✓ 2001'den 2020'ye kadar yapılan yayınlarda CE-QUAL-W2, EFDC ve WASP modellerinin ise ilk üçte yer aldığı belirtilmiştir.

AQUATOX, ilk kez 1974'te yayınlanan Uluslararası Biyoloji Programı su ekosistemi modeli CLEAN ile başlayan uzun bir model serisinin en son sürümüdür (Park vd. 1974). Model akarsular, küçük nehirler, göletler, göller, rezervuarlar ve haliçler için uygulanmış ve HSPF ve SWAT havza modellerine bağlantısı olan BASINS sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır (Park vd. 2008). Örnek bir çalışmada, AQUATOX modeli kullanılarak Kuzey Karolina'daki Contentnea Dere'sinde dört balık grubunun nutrient, sediment, pH ve çözünmüş oksijendeki değişimlere kıyasla detritus ve sıcaklık değişiminden daha çok etkilendiği belirlenmiştir Rashleigh (2003). Model, akarsu ekosisteminin belirli stres etkenlerine verdiği tepkinin değerlendirilmesi için yararlı görünmektedir.

CE-QUAL-W2 (Corps of Engineers-Quality-Width Averaged 2D) iki boyutlu, yanal ortalamalı bir hidrodinamik su kalitesi modelidir. Model, zamansal ve mekânsal akış ve su kalitesinin tahmin edilmesine olanak sağlar. Örnek olarak, Diefenbaker Gölü'nde 2020 yılında yapılan bir çalışmada farklı derinliklerdeki (5, 15, 25, 35, 45 ve 55 m) besin maddelerinin, sıcaklık ve çözünmüş oksijen (DO) konsantrasyonu ve dağılımı üzerine etkilerini araştırmak için CE-QUAL-W2 modeli uygulanmıştır (Carr vd. 2020).

Delft3D hidrodinamik, sediment taşınımı ve su kalitesi benzetimi için kullanılan 2D/3D modelleme aracıdır. Soulignac vd. (2019) Cenevre Gölü'nün (Fransa/İsviçre) ekolojik durumunu değerlendirmek için klorofil-a, NH₄-N, NO₃-N, TP ve Seki diski

parametrelerini Delft3D modeli ile simüle etmiştir. Kaçıkoc ve Beyhan (2014) Eğirdir Gölü'nün hidrodinamiği ve su kalitesi durumu Delft3D modeli kullanılarak araştırılmıştır. Toplam organik karbonun mevsimsel izlenmesinin yanı sıra pH, ÇO, klorofil-a ve N ve P formlarının aylık izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak Eğirdir Gölü su kalitesinin tarımsal kaynaklardan gelen yayılı besin yükünün, yerleşim alanlarından gelen yayılı besin yüküne kıyasla daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) sıcaklık ve tuzluluk için hidrodinamik modülü, renk modülü, sediment taşınım modülü, su kalitesi modülü, toksik model ve bir Lagrangian parçacık izleme modülünü içeren çok işlevselli bir modelleme sistemidir. Örnek olarak, Modaomen Halici'nde kurak mevsimdeki arazi ıslahının tuz taşınımı üzerindeki etkilerini araştırmak için üç boyutlu EFDC modeli kullanılmış, arazi ıslahının tuzluluğun azalmasına ve tuz giriş alan uzunluğunun kısalmasına neden olduğu bulunmuştur (Liu vd. 2019).

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen MIKE, hidrodinamik ve su kalitesini araştırmaya yönelik güçlü bir model sistemidir. Örnek olarak, Loktak Gölü ve havzasındaki dokuz adet nehrin su kalitesi parametreleri ve Pengba balığının (*Osteobrama belangiri*) habitat uygunluk analizi için MIKE 11 ECO Lab ve MIKE 21 ECO Lab modelleri kullanılmıştır (Khwaierakpam vd. 2020).

Kayode ve Muthukrishna (2018)'e ait bir çalışmada AQUATOX, QUAL2E, WASP, CEQUAL-RIV1, MIKE11, SWAT ve SIMCAT modelleri değerlendirilmiş ve farklı su kütleleri için yetenekleri ve uygulamaları tanımlanmıştır. MIKE 11 ve QUAL2E modellerinin denitrifikasyon sürecini dikkate almadığı, QUAL2E ve SIMCAT modellerinin kararlı hal koşulunda çalıştığı için değişken akım koşullarını modelleyemediği belirtilmiştir. Ayrıca SWAT modeli, çok çeşitli kirleticilerin akış sonrası dahil oldukları su kütleleri içerisinde ki durumunu ve taşınmasını simüle etmek için hidrolojik bir modelle birleştirilmesi gerekliliği belirtilmiştir (Kayode ve Muthukrishna 2018).

Whitehead ve arkadaşları (1998) atmosferik ve toprak N girdilerinin, arazi kullanımı ve hidrolojinin etkilerine dayalı yarı dağıtılmış bir entegre azot modeli (INCA) geliştirmiştir. Fan vd. (2009) gelgit etkilerinin su kalitesi simülasyonu üzerindeki etkisini simüle etmek için QUAL2K su kalitesi modeli ile HEC-RAS modelini birlikte kullanmıştır.

2.2.WASP8 Modeli

Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) ilk olarak 1970 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan HydroScience Inc. Firması tarafından geliştirilmiş ve daha sonra Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) Large Lakes Research Station (LLRS) tarafından ABD'nin Great Lakes bölgesinde uygulaması yapılmıştır. WASP modeli farklı hidrodinamik ve havza modelleri ile bağlantılı olarak kullanılabilme özelliğine sahip olup meteorolojik ve çevresel koşullardaki uzun süreli değişimler etkisindeki su kalitesi değişimlerinin analizi için kullanılabilir. WASP modelinin ilk versiyonu LLRS tarafından 1981 yılında kullanıma açılmış olup geçen 50 yıllık süre içinde pek çok güncelleme ve versiyon

değişikliği yapılmıştır. En son versiyonu olan WASP8, 2019 yılında yayınlanmıştır. WASP modeli dünya genelindeki pek çok araştırmacı tarafından kullanılmakta olup ABD ve diğer ülkelerde en fazla kullanılan su kalite modelidir. Web istatistiklerine göre WASP modeli en az 15.000 kullanıcı tarafından indirilmiş olup en fazla kullanıcı sayısı ABD ve Kanada'da bulunmaktadır. Avustralya, Yeni Zelanda, Çin, Güney Kore ve Peru'da da geniş bir kullanıcı ağına sahiptir (Wool vd. 2020). WASP modelinin dünya genelinde uygulanmış olduğu farklı su kaynakları (göl, nehir, haliç), bu uygulamalara ait literatürde yer alan yayın bilgileri Çizelge 2.1'de sunulmuştur. Bu liste içinde ülkemizden de iki örnek uygulama (Keban Baraj Gölü ve Uluabat Gölü) yer almıştır (USEPA 2020).

WASP modeli uygulamasına ilişkin örnek bir çalışma Pakistan'ın en kalabalık şehirlerinden birisi olan Pencap'ın içinden geçen evsel ve endüstriyel atıksu nedeniyle oldukça kirli olan Ravi Nehri'nin yüzey suyu kalitesi ile ilgilidir (Iqbal vd. 2018). Bu çalışmada nehirdeki kirliliği azaltmak için yönetim seçenekleri önerilmiştir. Çalışmada su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik en iyi stratejiyi geliştirmek için WASP 8.1 modeli uygulanmıştır. Model simülasyonu ile atıksu arıtma tesislerinden gelen atıksu deşarjlarının kirlilik yükünün %75 oranında azaltılıp, kaynak suyu ve bağlantı kanallarındaki akış miktarı %50'ye kadar artırılırsa, Ravi Nehri'nin su kalitesinin kabul edilebilir sınırlara kadar iyileşebileceği belirlenmiştir.

Dilks ve James (2011) Kore'de yaptıkları çalışmada Yongdam Gölü'nün su kalitesini modellemiştir. Çalışmada EFDC ve WASP 7.3 modeli en iyi su kalitesi tahmini için birlikte kullanılmıştır. WASP 7.3 modelinin kalibrasyonu için BOİ, TN, TP ve klorofil-a (Chl-a) parametreleri kullanılmıştır. Sonuçlar, su kalitesi modellemesinde EFDC hidrodinamik modeli ve WASP'ın birlikte kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, kalibrasyon için yalnızca giriş suyu kalitesi ve akış hızı sınır koşullarının su kalitesinin modellemesi için yeterli olmadığı belirtilmiştir (Diks ve James 2011).

Çizelge 2.1. Literatürde WASP modeli kullanılmış olan bazı çalışmalar (USEPA 2020)

Literatür	Çalışma Alanı	Türü	Kalibrasyon Tarihi
St. Louis Körfezi Halici, Mississippi'de fitoplanktonu kontrol eden faktörlerin modellenmesi ve besin yükü değişikliklerine haliç tepkilerinin değerlendirilmesi (Camacho vd. 2014)	Louis Körfezi, Mississippi	Körfez	2011
Venedik Ekosistemi Lagünü'nün fiziksel zorlamalardaki varyasyonlara tepkilerinin modellenmesi (Canu vd. 2004)	Venedik Lagünü	Lagün	1987,2000
Dinamik su kalitesi simülasyonları için Monod ve Düşüş yöntemlerinin karşılaştırılması (Cerucci vd. 2010)	Raritan Nehri, New Jersey	Nehir	2003-2005
Tayvan'daki nehirlerin BOİ/Çözünmüş Oksijen (ÇO) modellemesi ile teknik zorluklar (Chen vd. 2012)	Danshui ve Chungkang Nehri, Taiwan	Nehir	2006
Okeechobee Gölü'nün yüksek parametreliliğinde parametre belirsizliği (Dilks ve James 2011)	Okeechobee Gölü, Florida	Göl	1983-2000
Kore, Yongdam Gölü'nün su kalitesi modellemesi için EFDC ve WASP7 modellerinin seri olarak uygulanması (Dongil ve Minae 2011)	Yongdam Gölü, Güney Kore	Göl	2005
Noktasal ve yayılı kaynak kirliliği nedeniyle rezervuar suyu kalitesi değerlendirmesi ve yönetimi için kapsamlı bir modelleme yaklaşımı (Debele vd. 2006)	Cedar Deresi ve Rezervuarı	Rezervuar	1991-2001
Keban Baraj Gölü için ötrofikasyon kontrol strajelerinin değerlendirilmesi (Soyupak vd. 1996)	Keban Baraj Gölü	Rezervuar	1992
Michigan Gölü Ötrofikasyon Modeli, LM3-Eutro: Model geliştirme ve kalibrasyon (Pauer vd. 2008)	Michigan Gölü	Göl	1994-1995
Uluabat Gölü'ndeki (Bursa, Türkiye) besin konsantrasyonlarının kontrolünde fosfor azaltma alternatiflerinin karşılaştırılması: Kısmi sediment tarama (Yenilmez ve Aksoy 2013)	Uluabat Gölü	Göl	Haziran1999 Haziran 2000
Tayvan, Love Nehri su kalite yönetim senaryo yaklaşımı (Huang vd. 2010)	Love Nehri, Tayvan	Akarsu	Mayıs 18- Ekim 3,2009
Yayılı kaynaklı kirliliği ve nehir su kalitesinin iki çoklu model sistemi kullanılarak değerlendirilmesi (Lai vd. 2011)	Kaoping Nehri, Tayvan	Nehir	2008-2009

Lai vd. (2013) ait bir çalışmada ise Kaoping Nehri Yukarı Havzası'nda, Nehir Kirliliği Endeksi (RPI) hesaplamasında yer alan dört parametreden biri olan askıda katı madde (AKM) ve yağışlı mevsimlerdeki daha yüksek nehir akış oranlarıyla yayılı kirlilik kaynağı olan amonyum azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) ve AKM verileri kullanılarak bütünsel bir yaklaşımla nehir akış hızı, su kalitesi ve kirlilik indeksi arasında doğrudan bir bağlantı geliştirebileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada, RPI hesaplaması ve WASP su kalitesi modeli arasında doğrudan bir bağlantı geliştirilmiştir. Araştırma sonuçları, AKM konsantrasyonlarının akış hızları ile yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermektedir. Elde edilen AKM denklemi ve RPI hesaplama paketi, su kalitesi modellemesi ve RPI hesaplaması için gerekli verilerin interaktif transferlerini geliştirmek için WASP modeline eklenmiştir.

Camacho ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, Mississippi'nin yan kolu olan St. Louis Körfez Halici'nde fitoplankton üretkenliğine etki eden faktörler ve besin yükü değişim sonuçları incelenmiştir. Çalışmada EFDC ve WASP modelleri birlikte kullanılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada fitoplankton üretkenliğinin azot ile sınırlandığı gösterilmiştir. Dört besin yükü senaryosu simüle edilmiştir. Bu çalışma ile bölgesel ölçekte, Meksika Körfezi'ndeki alg patlaması sorunlarını azaltmak için entegre stratejilerin katkıda bulunabildiği sonucuna varılmıştır (Camacho vd. 2015).

2017 yılında Lai ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada, WASP modeli ve WQI5 aracı, kirleticiler yüklerinin ve nehir çevresi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için birlikte kullanılmış ve saha uygulaması ile test edilmiştir. Bu çalışmada AKM ve elektriksel iletkenlik (EC) korelasyon denklemleri ve WQI5 hesaplama aracı, su kalitesi modeline ve doğrudan WQI5 hesaplamasına dahil edilmiştir. AKM konsantrasyonunun nehir suyu kalitesi ve WQI5 değerleri üzerinde etkili olduğu ve EC değerlerinin, yüzey akışından etkilenen toprak minerallerinin çözünmesi ile kontrol edildiği görülmüştür.

Bourchard ve arkadaşları (2017) tarafından WASP modeli kullanılarak yüzey sularında nanomateriyallerin çevresel davranışlarını simüle eden bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada geleneksel kirleticiler için geliştirilen diğer çevresel modellerin nanomateriyallerin çevresel yüzeylerle etkileşimini ölçen az sayıdaki ampirik veriler nedeniyle sınırlı olduğu belirtilmiştir. Çalışmada WASP su kalitesi modeli, çok duvarlı karbon nanotüpün (MWCNT) yayılımı ve yüzey sularında taşınmasını simüle etmek için parçacık çarpışma hızı ve parçacık bağlanma verimliliğini içerecek şekilde güncellenmiştir. Heteroagregasyon bağlanma verimlilik (α_{het}) değerleri, Savannah Nehri'nin bir kolu olan Brier Dere'si MWCNT'lerin taşınmasının simülasyonu için WASP'ı parametreleştirmek için kullanılmıştır. Brier Dere'sinin üst kısımlarında 0,1 kg/gün yüke sahip olduğu, mansap yönüne akışta MWCNT'nin yüzeyinde ve derin sediment birikiminde genel bir artış sergilediği belirtilmiştir.

Sawgrass Gölü için nütrient kaynaklı Toplam Maksimum Günlük Yükleme (TMDL) hesaplanmasına yönelik bir çalışmada ÇO ve BOI_5 parametrelerinin 11 yıllık ölçüm sonuçları ile WASP modeli kalibre edilmiş ve doğrulanmıştır. Havza modeli, yağış kaynaklı yayılı ve noktasal besin yüklerinden elde edilen verilerle çalıştırılmış ve akış verileri ve girdi konsantrasyonlarıyla göl modelinin simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Model kalibre edildikten sonra gölün farklı besin yükü azaltma senaryolarına tepkisini değerlendirmek ve sistem için TMDL tanımını belirlemek için kullanılmıştır (Camacho vd. 2018).

2000 yılında makrofitlerin yoğun olduğu Mogan Gölü'nde (Türkiye) su kalitesi modellenmesi ile ilgili çalışma yapılmıştır. Mogan Gölü'nden elde edilen verilerle ÇO, organik azot, amonyak, nitrat, organik fosfor, ortofosfat, BOI_5 ve fitoplankton parametreleri ile kalibrasyon ve doğrulama yapılmıştır. Modellenen makrofit süreçleri fotosentez, solunum, ölüm ve atılımdır. Sonuç olarak ötrofikasyon problemini tahmin etmede WASP modelinin iyi bir yönetim aracı olabileceği sonucuna varılmıştır (Muhammetoğlu ve Soyupak 2000).

Eşen Çayı üzerinde kurulu bulunan su ürünleri yetiştiricilik tesislerinin Eşen Çayı su kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmak ve yönetmek amacıyla WASP8 modeli kullanılmıştır. Çalışmada 1 yıl süreyle 21 istasyonda nehir hidroliği ve su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla aylık su kalitesi izleme çalışması yapılmıştır. Çalışmada tambur filtre ile katı maddelerin uzaklaştırılması, kısmi geridevir sisteminin kurulması ve çiftliklerin üretim kapasitelerinin artırılması gibi yönetim senaryoları değerlendirilmiştir (Muhammetoğlu vd. 2022).

2023 yılında Kim ve arkadaşları tarafından Güney Kore'nin Ganwol Haliç Rezervuarı'nda su seviyelerinin su kalitesine etkisini değerlendiren bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada havza ve su kütlesi özelliklerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve araştırma yapmak için havza-haliç bağlantı modeli, Hidrolojik Simülasyon Programı (HSPF), EFDC ve WASP modelleri birlikte kullanılmıştır. Su seviyesinin rezervuarın su kalitesi üzerindeki etkisi, bağlantı modelinde farklı yönetilen su seviyesi senaryoları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, her su seviyesi senaryosu için su kalitesindeki farkın, haliç rezervuarının tabanında yüzeyine göre daha büyük olduğunu göstermiştir (Kim vd. 2023).

2.3. Hidrolojik Modeller ve MapShed Modeli

Hidrolojik modeller, havza ölçeğinde yayılı kirlilik kaynaklarının su kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini anlamak, değerlendirmek ve tahmin etmek için oldukça yaygın kullanılmaktadır. Yuan ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada 14 farklı havza ölçekli yayılı kirlilik modelini incelemiştir. Bu modeller:

- Hızlı tarama aracı olarak kullanılan basit modeller L-THIA (Long-Term Hydrologic Impact Assessment) ve N-SPECT/OpenNSPECT (Nonpoint Source Pollution and Erosion Comparison Tool),
- Ayrıntılı veri girişi ve basit kalibrasyon gerektiren orta karmaşık modeller GWLF (Generalized Watershed Loading Function), LSPC (Loading Simulation Program C), SLAMM (Source Loading and Management Model) ve WARMF (Watershed Analysis Risk Management Frame),
- Yoğun veri ve ayrıntılı kalibrasyon gerektiren karmaşık modeller AGNPS/AnnAGNPS (Agricultural Nonpoint Source pollution model), SWAT (Soil and Water Assessment Tool), SWMM (Stormwater Management Model), ve HSPF (Hydrologic Simulation Program Fortran),
- Çeşitli alt modelleri ve araçlara entegre edilebilen ve hidrolojik, hidrolik ve kimyasal dinamik süreçlerin tüm aşamalarını çözmek için en yüksek karmaşıklığı içeren modelleme sistemleri AGWA (Automated Geospatial Watershed Assessment Tool), BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources) ve WMS (Watershed Modeling System).

1959-1966'da geliştirilen Stanford Havza Modeli, havza hidrolojisi analizi ve modellemesini gerçekleştiren ilk bilgisayar modeli olup 1970'lerde iyi bilinen HSPF modeline dönüşmüştür. 1970 ve 1990 yılları arasında SWAT, AGNPS, L-THIA, GWLF, SLAMM, SWMM ve BASINS hidrolik modelleri geliştirilmiştir (Yuan vd. 2020). Farklı hidrolojik modellerin uygulandığı örnek çalışmalar aşağıda sunulmaktadır.

ABD'nin kuzeybatısındaki Trail Creek Havzasında arazi kullanımı değişikliği ve iklim değişikliğinin yüzey akışı hacmi ve su kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini değerlendirmek için L-THIA-LID modeli kullanılmıştır (Lui vd. 2016).

Qi vd. (2017) Çin'in Tunxin ve Hanjiaying havzalarında aylık nehir akışını, sediment verimini ve toplam N yükünü GWLF ve SWAT modelleri ile simüle ederek performanslarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, SWAT için gerekli verilerin daha çok olması, GWLF modelinin kullanımının daha kolay olduğu gerçeğini desteklemiştir. Benzer şekilde 2004 yılında yapılan başka bir çalışma da GWLF modelinin kullanımının kolay olduğunu, SWAT ve HSPF modellerinden daha basit olduğunu göstermiştir (Yagow 2004). GWLF modelinin en son sürümü, Pennsylvania Eyalet Üniversitesi tarafından geliştirilen ve çevrimiçi erişime sahip olan Mapshed modeline entegre edilmiştir (Yuan 2020).

Dinar ve Quinn (2022), San Joaquin Nehri'nde sulı tarım ve yoğun buharlaşma sonrası nehir suyunda artan tuzluluk miktarının belirlenmesi ve tuz yükü özümleme kapasitesinin günlük tahminlerini ve nehirdeki önemli alanlardaki tuzluluk konsantrasyonu hedeflerine uyumun değerlendirmesi için WARMF tahmin modelini kullanmıştır.

Oo vd. 2020 yılında yaptıkları çalışmada SWAT modelini kullanarak Ayeyarwady Nehir Havzasında farklı iklim senaryolarını analiz ederek iklim değişikliğinin akarsu akışı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kurak mevsimde daha düşük akımların su kıtlığına, yağışlı mevsimde ise daha yüksek akımların sel, su güvensizliği, stres ve suyla ilgili diğer felaketlere neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Avustralya'daki dağlık bir havza alanı için kar erimesi akışı HSPF modeli kullanılarak modellenmiştir. HSPF modelinde enerji dengesi ve sıcaklık indeksi yöntemi kullanılarak elde edilen kar erimesi akışı simülasyon sonuçları, kar derinliği ve yoğunluğu gibi kar verilerinin belirlenmesi için kullanılmıştır (Heydari vd. 2019).

Tez çalışmasında yayılı yüklere ilişkin verilerin temin edilmesi için MapShed hidrolojik modelinden yararlanılmıştır. MapShed modeli, daha önce Penn Eyalet Enerji ve Çevre Enstitüleri (PSIEE) tarafından geliştirilen AVGWF (Evans vd. 2002) adı verilen benzer bir yazılım uygulamasının işlevselliğini kopyalayan, Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tabanlı bir havza modelleme aracıdır (Evans ve Corradini 2016). Aşağı Aksu Çayı Havzası'ndaki yayılı kirliliği simüle etmek için MapShed modeli kullanılmıştır (Muhammetoğlu 2022). MapShed modeli ile havzadaki günlük yüzey akış değerleri, toplam AKM, TN ve TP konsantrasyonları tahmin edilmiştir. MapShed modeli sonuçlarının WASP8 modeline entegre edilmesinin ardından AKM, TN, TP yükleri ile havzadan gelen yüzey akış verilerinin etkileri belirlenmiştir.

MapShed modeli, havza kirlilik yükünün hesaplanmasında iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir araçtır. 2015 yılında Güney Hindistan'daki Bharathapuzha Nehri Havzası'ndaki 30 yıllık arazi kullanımını baz alarak arazi kullanım yapısındaki değişikliğin Bharathapuzha Nehri üzerindeki etkileri 2 farklı senaryo ile incelenmiştir (Drissia ve Anitha 2015).

2014 yılında Johnson Chute Basın, Louisiana'da (ABD) yapılan bir çalışmada, besin (N ve P) ve sediment yükünü ve maliyetini azaltmak için 3 farklı iklim koşulunda (kurak, normal ve yağışlı) En İyi Yönetim Uygulamaları (BMP) olan sıralı mahsul çiftçiliği ve kümes hayvancılığı incelenmiştir (Pokhrel ve Paudel 2014).

Pokhrel ve Paudel tarafından 2019 yılında yapılan bir başka çalışmada ise kümes hayvancılığının yoğunlaştığı ABD Louisiana'daki Saline Bayou Havzasında besin ve sediment kirliliğini azaltmak için alternatif BMP'lerin etkileri, MapShed modeliyle simüle edilmiştir (Pokhrel ve Paudel 2019).

MapShed modelinin karşılaştırılmasını içeren başka bir çalışmada SNUWS ve MapShed modeli, Pennsylvania Center County'deki Spring Creek Havzasındaki sediment yükü, besin yükleri ve taşınımların tahmini için kullanılmıştır (Nguyen ve Nguyen 2017).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada Kartalkaya Baraj Gölü havzasında mevcut arazi kullanımının su kalitesi ve miktarına etkisini değerlendirmek amacıyla MapShed ve STELLA modelleme araçları birlikte kullanılmıştır. MapShed yazılımı ile havzadaki çeşitli arazi kullanım uygulamaları sonucunda baraja taşınabilecek kirletici yükleri belirlenmiş ve STELLA su kalitesi modeli ile bu yüklerin barajın su kalitesine etkileri ortaya konulmuştur (Özonat 2018).

2.4.Yayılı Kirlilik Kontrolü İçin En İyi Uygulama (BMP) Örnekleri

Literatürde tarımsal yayılı kirlilik kontrolü için önerilen pek çok yöntem ve uygulama bulunmakta ve yapısal, ürün odaklı ve yapısal olmayan (yönetimsel) şeklinde çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Yapısal kirlilik kontrolü uygulamaları teraslama, toprak stabilizasyonu, sediment kontrol havuzları, gübre depolama/arıtma lagünleri, yapay sulak alanlar ve yüzey akış suyunu tutma havuzlarını içermektedir. Ürün/mahsul odaklı uygulamalar içinde ürün rotasyonu, çimlendirilmiş su yolu kanalları, seçilmiş bitkilerin ekimi, sızıntı bantları, azaltılmış veya sıfır toprak işleme yer alır. Yapısal olmayan (yönetimsel) uygulamalar ise taşkın alan restorasyonu, sürdürülebilir mera yönetimi, sulamadan dönen suların yeniden kullanımı, sürdürülebilir sulama yönetimi, gübre yönetimi ve pestisit yönetimidir (Alp, 2015).

Genel olarak, BMP'ler hem kentsel hem de kırsal drenaj alanlarını içeren havzalardaki kirletici yükleri azaltmak için kullanılan *yapısal* ve *yapısal olmayan* yaklaşımlardır. BMP'lerin evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı bulunmamakla birlikte, Amerikan Toprak ve Su Koruma Derneği, “noktasal ve noktasal olmayan kirleticileri çevresel kalite hedefleriyle uyumlu seviyelerde kontrol etmenin en etkili ve uygulanabilir (teknolojik, ekonomik ve kurumsal hususlar dahil) yöntem veya yöntemler kombinasyonu” olarak tanımlar (Evans vd. 2008). 1970'lerden başlayarak, N ve P'nin çözülmüş formları gibi diğer kirlilik türlerini aynı anda azalttığı varsayılan su kaynaklarına giren sediment yükünü azaltmak için BMP'lerin kullanımına başlanmıştır

(Walter vd. 1979). Alternatif olarak Novotny ve Olem (1994), “BMP'leri, noktasal olmayan kaynak kirliliğini önleme veya su kalitesi hedefleriyle uyumlu bir düzeye indirmeye yönelik yöntemler ve uygulamalar” şeklinde tanımlar.

Kırsal alanlara yönelik BMP'ler genellikle koruma uygulamaları veya tarımsal ve silvikültürel BMP'ler olarak adlandırılır. BMP uygulaması için seçenekler değerlendirilirken, BMP'lerin sediment, azot ve fosfor gibi çeşitli kirleticilerin azaltılması açısından ne kadar etkili olabileceğini bilmek yararlıdır. Potansiyel olarak kullanılabilecek çok çeşitli BMP'ler olduğu gibi çok farklı maliyet ve doğal kirletici azaltma verimlilikleri de söz konusudur. Çiftlik ölçeğinde, en uygun maliyetli BMP'nin uygulanması kritik öneme sahip iken havza ölçeğindeki genel su kalitesi sorunları ele alınırken, genel planlama aşamasında BMP'leri uygulamak için kesin lokasyonların belirlenmesi o kadar hassas değildir. Ancak, yayılı kirleticilerin temel sorun olduğu bir havza içinde kirletici yükleri azaltmada genel BMP çeşitlerinin potansiyel olarak faydalı olup olmayacağına dair iyi bir fikre sahip olmak çok önemlidir (Evans vd. 2008).

2.4.1. BMP seçenekleri

Yaygın olarak uygulanan tarımsal BMP seçenekleri aşağıdaki şekilde listelenebilir (Evans vd. 2008):

- 1) Ürün Kalıntı Yönetimi (Crop Residue Management)
- 2) Bitkisel Tampon Bölgeler (Vegetated Buffers)
- 3) Ürün Rotasyonu (Crop Rotation)
- 4) Örtü Bitkileri (Cover Crops)
- 5) Tesviye Eğrili Tarım/Şerit Ekim (Contour Farming/Strip Cropping)
- 6) Teraslama ve Saptırmalar (Terraces and Diversions)
- 7) Mera Yönetimi (Grazing Land Management)
- 8) Nehir Kıyısı Koruma (Streambank Protection)
- 9) Gübre Yönetimi (Nutrient Management)

Koruyucu Toprak İşleme (Conservation Tillage)

Koruyucu toprak işleme, toprak yüzeyini korumak için mahsul kalıntısının planlı kullanımını ifade eder. Bu, en yaygın olarak kullanılan BMP'lerden biridir ve mısır veya soya fasulyesi saplarından, küçük taneli samandan veya sebzelerden ve diğer mahsullerden gelen kalıntıların kullanımını içerir. Toprak işlemesiz ekim, malçlı toprak işleme ve Şekil 2.1'de gösterildiği gibi toprak yüzeyinde ürün kalıntısı bırakan diğer toprak işleme teknikleri dahil bu yönetim uygulamasının birçok biçimi vardır. Genel olarak, koruyucu toprak işleme, su ile toprak erozyonunu azaltmak için ekimden sonra toprak yüzeyinin en az %30'unu ürün kalıntısı ile kaplı bırakan herhangi bir üretim sistemi olarak tanımlanır (Ritter ve Shirmohammadi, 2001). Şekil 2.2'de, bir örtü bitkisine sebzelerin toprak işlemesiz ekiminin bir örneği gösterilmektedir.

Mahsul/ürün kalıntı yönetiminin diğer örnekleri arasında şerit (strip tillage), sırt (ridge tillage) ve yarı toprak (slit tillage) işleme ve mevsimsel kalıntı yönetimi yer alır (Ritter ve Shirmohammadi, 2001). Şerit, sırt ve yarı toprak işleme, sıralar arasında mahsul kalıntısının bozulmasını en aza indirirken, sıralar boyunca tarlayı sürmek için kullanılan çeşitli yöntemleri ifade eder. Mevsimsel kalıntı yönetimi ile kalıntı, hasat ile ekim arasındaki dönemde tarlada bırakılır. Ekimden hemen önce, kalıntının çoğu sürülür.



Şekil 2.1. Toprak yüzeyinde kalan ürün kalıntısı (Evans vd. 2008)



Şekil 2.2. Örtü bitkisine sebzelerin toprak işlemez ekimi (Evans vd. 2008)

Örtü Bitkileri (Cover Crops)

Bu BMP, hasat ve ilk mahsulün ekimi arasındaki süre boyunca toprağı erozyondan korumak için yıllık veya çok yıllık mahsullerin kullanımını ifade eder (Şekil 2.3). Bu tür mahsullerin kullanımı ayrıca toprak sağlığını artırabilir ve ek gelir fırsatı sunabilir (kışlık buğdayın ekiminde olduğu gibi). Ek olarak, örtü bitkileri kış boyunca gerekli besinleri depolayabilir, kayıplarını önleyebilir ve örtü bitkisi tarlada bırakılırsa veya ilk ürün ekilmeden önce sürülmüşse ilkbaharda bir tür “yeşil” gübre görevi görebilir.

Ürün Rotasyonları (Crop Rotation)

Bu özel koruma uygulaması genellikle koruma ürün rotasyonu olarak adlandırılır ve farklı mahsullerin aynı tarla alanında belirli bir sırayla kullanılması olarak tanımlanır. Mısır, küçük taneli tahıl, soya fasulyesi ve kaba yemler gibi ekinlerin 6-8 yıl veya daha uzun bir süreye yayılması gibi ürünlerin karışımını içeren daha karmaşık bir düzen de olabilir.



Şekil 2.3. Örtü bitkisi olarak kırmızı yonca kullanımı (Evans vd. 2008)

Ürün rotasyonları öncelikle toprak erozyonunu azaltmak için kullanılır ve bu şekilde azot, fosfor ve pestisitler gibi sediment ve sedimente bağlı kirleticilerin miktarını azaltır. Tarım arazilerindeki fazla besinler kontrol edilirken, örtü bitkileri de genellikle rotasyon sırasına dahil edilir. Benzer şekilde, ürün rotasyonları genellikle diğer BMP'lerle birleştirilir. Örneğin, büyük miktarlarda kalıntı üreten bitkiler, koruyucu toprak işlemenin kullanılacağı bir alanda ürün rotasyonu için seçilebilir.

Tesviye Eğrili Tarım /Şerit Ekim (Contour Farming/Strip Cropping)

Tesviye eğrili tarım, erozyonu azaltmak için eğimli arazinin veya tepenin eğimine dik olarak toprak işleme, ekim ve hasat işlemlerinin yapılması uygulamasını ifade eder (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Tesviye eğrili tarım örneği (Evans vd. 2008)

Bu uygulama genellikle %3-8'lik orta eğimlerde çok etkilidir ve uygulama ile yüzeyel akış geciktirilmekte ve infiltrasyon artmaktadır (Şekil 2.5). Tesviye eğrili tarım genellikle toprak işlemenin uygulandığı yerlerde daha etkilidir ve arazi yoğun olarak ekildiğinde tipik olarak orta eğimlerde kullanılır. Bu uygulama, aynı zamanda daha kısa eğimlerde veya ekili arazi terasları olan daha uzun eğimlerde daha etkilidir.



Şekil 2.5. Tesviye eğrili tarımda yamaç etkisi (Evans vd. 2008)

Tesviye şerit ekimi, ekinleri Şekil 2.6'da gösterildiği gibi tesviye üzerine veya yakınına şeritler veya bantlar halinde yerleştirme sistemini ifade eder. Şeritler genellikle 30 ila 40 metre genişliğindedir, ancak dönemeçli veya düzensiz topografyaya sahip alanlarda değişken genişlikler gerekebilir. Tarihsel olarak, bu yöntem sıralı mahsul şeritlerinin küçük taneli veya saman şeritleriyle birlikte kullanılması olarak tanımlanmıştır. Ancak günümüzde, bunun yerine genellikle yüksek düzeyde bitki kalıntısı (>%50) içeren şeritler kullanılmaktadır.



Şekil 2.6. Şerit ekimi (Evans vd. 2008)

Teraslama ve Saptırmalar (Terraces and Diversions)

Teraslama ve saptırmalar, temel olarak eğimli arazi parsellerinde yüzeysel akışı kesen toprak kanallardır. Bu yapılar, uzun eğimleri bir dizi daha kısa eğime dönüştürmek için hareket eder, böylece yüzeysel akış hızlarını azaltır ve toprak parçacıklarının yerleşmesine izin verir. Teraslama, ekili alanlardaki erozyonu kontrol eden ters eğimli kanallardır ve genellikle ekinlerin terasta yetiştirilmesine izin verecek şekilde inşaa edilir (Şekil 2.7) ve yoğun yüzeysel akış ile mücadele amaçlı tasarlanır. Saptırmalar da ters eğimli kanallardır; ancak teraslamanın aksine kalıcı olarak bitki örtüsüyle kaplıdır. Bu yapılar genellikle teraslamanın inşaa edilmesi, bakımı veya üzerinde mahsul yetiştirmenin çok pahalı veya zor olacağı yamaçlarda kullanılır. İstenmeyen yüzeysel akışın bir çiftlik veya ahır boyunca akışını önlemek için bitişik ekilmemiş arazide de saptırmalar kullanılabilir. Diğer birçok BMP'ye benzer şekilde, teraslama ve saptırmalar genellikle ürün kalıntı yönetimi, tesviye eğrili tarım, ürün rotasyonu ve tarla sınırlarının kullanımı gibi diğer koruma uygulamalarıyla birlikte kullanıldığında en etkilidir.



Şekil 2.7. Teraslamanın havadan görünümü (Evans vd. 2008)

Mera Yönetimi (Grazing Land Management)

Mera yönetimi, aşırı otlatma ve diğer aşırı kullanım biçimleri nedeniyle aşırı toprak erozyonunu önlemek için yeterli bitki örtüsünü sağlayan uygulamaların kullanımını ifade eder. Çiftçilerin, iyileştirilmiş mera arazilerinde sıralı otlatma sistemleri kurarak veya çiftlik hayvanları için yem olarak kullanmak üzere saman veya baklagiller ekerek besleme maliyetlerini düşürülmesi giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 2.8. Sıralı otlatma sisteminde otlakların kullanımı (Evans vd. 2008)

Çiftlik hayvanları için yem sağlamanın yanı sıra, ürün rotasyonlarının bir parçası olarak ot ve baklagillerin oluşturulması da arazi alanlarını aşırı toprak erozyonundan korur ve gerekli azotu toprak katmanına ekler. Süt ürünleri üretim sistemlerinde kullanılan sıralı otlatmanın bir yöntemi, yoğun sıralı otlatma olarak adlandırılır. Bu yaklaşımda, inekler periyodik olarak çitle çevrili meralar veya çayırlar arasında hareket ettirilir (Şekil 2.8). Bu uygulama, herhangi bir besleme alanının aşırı kullanımını önler ve kaba yemlerin yoğun besleme periyotları arasında geri kazanımına izin verir.

Gübre Yönetimi (Nutrient Management)

Bu BMP, optimum mahsul üretimini sürdürmek ve aynı zamanda yakındaki su kaynaklarının kalitesini korumak için organik ve inorganik besin kaynaklarının planlı kullanımını ifade eder. Bu yöntemin uygulanması, genellikle, sabit kriterlere dayanan

çiftlik çapında bir gübre yönetim planının geliştirilmesini gerektirir. Böyle bir planın önemli bir amacı, yüzey ve yeraltı su kaynaklarına besin kaybını en aza indirirken, yem ve mahsul verimini optimize etmektir. Bu yaklaşım genellikle, bir çiftlikteki toplam besin yüklerini azaltmak için yeterli örtü bitkileri sağlamak ve uygun ürün rotasyonları geliştirmek gibi diğer BMP'lerin kullanılmasını içerir.

Beegle ve Lanyon (1994) tarafından tanımlandığı gibi, çoğu çiftlikte besin eksikliği, yeterli besin dengesinin kurulamaması veya besin fazlası olduğu söylenebilir. Çiftlikler genellikle mahsul üreten çiftlikler, mahsul/hayvancılık çiftlikleri veya yoğun hayvancılık çiftlikleri olarak kategorize edilebilir. Yoğun hayvancılık yapılan çiftliklerdeki temel sorun, çiftlikteki hayvanlar tarafından üretilen gübreleri (organik atıklar) kullanmak için yeterli ekili arazinin olmamasıdır. Sonuç olarak, bu durumda bir gübre yönetim planında ele alınması gereken ana konu, fazla gübrenin/atıkların bertaraf edilmesi ve/veya kullanılmasıdır.

Bir gübre yönetim planının odak noktası genellikle ya azot ya da fosfor giderimi üzerinedir. Bununla birlikte, bir besin maddesindeki planlı azaltmalar veya artışlar, diğer besin maddesinin yüklerinde istenmeyen artışlara veya azalmalara yol açabilmektedir. Örneğin, tarlaya uygulanan gübrelerin ve çiftlik gübresinin miktarı tipik olarak mahsulün azot ihtiyacına bağlıdır ve bu da fosforun aşırı uygulanmasına neden olabilir. Tersine, fosfor yüklerinde planlı bir azaltma, söz konusu mahsuller için yeterli miktardan daha az azot teminiyle sonuçlanabilir. Pratik olarak, mahsullerin azota kıyasla fosfor açısından yetersiz gübrenmesiyle birlikte fosfor azaltımlarının gerçekleştirilmesi gerekecektir.

Tarım Arazilerinin Dönüşümü

Aktif olarak ekilen arazileri üretimden çıkarmak için bazen çeşitli programlar ve mali teşvikler sağlanmaktadır. Tipik olarak, tarım arazilerinin dönüşümü, tarım faaliyetleri nedeniyle sediment ve besin yayılımını azaltmak için ekili arazinin “doğal” bir bitkisel örtü durumuna geri döndürülmesine izin vermeyi içerir. Bu tür bir faaliyeti ele almak için önerilen iki BMP seçeneği, tarım arazilerinin ormana dönüştürülmesi ve tarım arazilerinin sulak alanlara dönüştürülmesidir.

Çiftlik hayvanlarına yönelik BMP'ler

Yayıllı kirlilik tahminine yönelik modellerde çiftlik hayvan popülasyonları tarafından üretilen azot ve fosforun üç ana mekanizma yoluyla yakındaki su kütlelerine taşınabileceği varsayılmaktadır (Evans vd. 2008):

- 1) Ahır, besi yeri, kümes ve benzeri kapalı alanlardan gelen akış,
- 2) Gübreleme ve/veya atık yönetimi amaçlarıyla besi ve kümes hayvanı atıklarının kullanıldığı ekin ve mera alanlarından gelen akış ve
- 3) Hayvan otlatma sonucu oluşan kayıplar. Bu kısımda, otlak alanlarından akış ve ayrıca engelsiz erişimin mevcut olduğu akarsulara doğrudan katılımlar düşünülmektedir.

Çiftlik hayvanlarına yönelik BMP'ler aşağıda verilmektedir:

- Çiftlik hayvanları için hayvansal atık yönetim sistemleri
- Kümes hayvanları için hayvansal atık yönetim sistemleri

- Kapalı besleme alanlarında akış kontrolü
- Kümes hayvanları için fitaz yemi

Çizelge 2.2. Çiftlik hayvanlarına yönelik BMP'ler için kirletici türüne göre azaltma verimlilikleri (%) (Evans vd. 2008)

BMP Seçenekleri	Azot	Fosfor	Fekal Koliform
AWMS/Hayvancılık	75	75	75
AWMS/Kümes hayvanları	14	14	14
Akış kontrolü	15	15	15
Fitaz yemi	---	21	

Tez çalışmasında MapShed modeli ile yağış ve yüzeysel akış simülasyonuna ek olarak Aksu Çayı havzasının arazi örtüsü/kullanımı ve diğer etki faktörleri dikkate alınarak günlük toplam AKM yükü ve konsantrasyonu, TN yükü ve konsantrasyonu, TP yükü ve konsantrasyonu tahminleri elde edilmiştir. Model ile günlük noktasal N ve P yükü, foseptik N ve P yükünü, hayvan kaynaklı, tarımsal drenaj suyundan gelen N ve P yükü, arazi kullanımı/örtüsüne bağlı yükü ve taşınım yollarından gelen N ve P yükü (nehir yatağı ve yeraltısuyu) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Tarım alanlarından kaynaklanan yaygın kirliliği kontrol etmek için BMP kullanılmıştır. MapShed modelinde yer alan BMP seçenekleri Çizelge 2.3'te verilmektedir (Evans ve Corradini 2016).

Çizelge 2.3. MapShed modelinde yer alan tarımsal yönetim seçenekleri (Evans ve Corradini 2016)

Açıklama - Tanım	Seçenek
Örtü Bitkileri (Cover Crops)	BMP 1
Koruyucu Toprak İşleme (Conservation Tillage)	BMP 2
Tesviye Eğrili Tarım /Şerit Ekim (Contour Farming/Strip Cropping)	BMP 3
Planlanan Koruma Planı	BMP 4
Kullanıcı tarafından tanımlanan BMP	BMP 5
Gübre Yönetimi (Nutrient Management)	BMP 6
Mera Yönetimi (Grazing Land Management)	BMP 7
Tarım Arazilerinin Dönüşümü	BMP 8

Genel olarak BMP'ler, hem kentsel hem de kırsal alanlardan boşalan havzadaki kirletici yükleri azaltmak için kullanılan yaklaşımlardır. BMP uygulama seçeneklerini değerlendirirken, bu tür BMP'lerin sediment, azot ve fosfor gibi çeşitli kirletici türlerini azaltma açısından ne kadar etkili olabileceğini bilmek genellikle yararlıdır. Çizelge 2.4'te tarımsal BMP'lere yönelik kirletici azaltma verimleri verilmektedir (Evans ve Corradini 2016).

Çizelge 2.4. Kirletici türüne göre tarımsal BMP seçenekleri için azaltma verimlilikleri (%) (Evans vd. 2008)

BMP Seçenekleri	Azot	Fosfor	Sediment
Ürün rotasyonu ve örtü bitkileri	25	36	35
Koruyucu toprak işleme	50	38	64
Tesviye eğrili tarım/Şerit ekim	23	40	41
Tarım arazisinin ormana dönüştürülmesi	95	94	92
Tarım arazisinin sulak alana dönüştürülmesi	96	98	98
Gübre yönetimi	70	28	-
Mera yönetimi	43	34	13
Teraslama ve Saptırmalar	44	42	71

Tez çalışması kapsamında MapShed modeli içerisinde kullanılan BMP seçenekleri: BMP 1 (Örtü Bitkileri), BMP 2 (Koruyucu Toprak İşleme), BMP 3 (Tesviye Eğrili Tarım/Şerit Ekim), BMP 6 (Gübre Yönetimi) ve BMP 7 (Mera Yönetimi)'dir.

2.5. Pestisit Risk Değerlendirmesi

Pestisitler, direkt olarak insan (çiftçi ve tüketici) sağlığını ve ekolojik ortamı etkileyebilmektedir. Pestisitlerin doğadaki risklerini irdelemek için Pestisit Risk Değerlendirme araçları geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Pestisit risk indikatörleri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaçların çevrede oluşacak zararlı etkilerini belirlemek ve en az zararlı etkiye sahip pestisitlerin kullanımına yardımcı olmak için geliştirilmektedir. Literatürde birçok pestisit risk değerlendirme araçları vardır (Levitan vd. 1995) ve bu araçlar çiftçileri ve pestisit kullanıcılarını, riski azaltılmış pestisitlerin uygulanması konusunda bilgilendirebilmek ve onlara yardımcı olabilmek, farklı pestisitlerin çevresel risklerini tanımlamak ve karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

2.5.1. EYP (Environmental Yardstick for Pesticides)

Pestisitlere yönelik bir risk indikatörü olan EYP (Pestisitler için Çevresel Ölçüt), 1993 yılında Hollanda'da Tarım ve Çevre Merkezi (CLM, Hollanda) tarafından çiftçilerin en az çevresel etkiye sahip pestisitleri seçmeleri ve ürün/çiftlik düzeyinde, bölgesel ve ulusal düzeyde kullanımlarının etkisini ölçmek amacı ile geliştirilmiştir. Model Hollanda'da Reus ve Leendertse (2000) tarafından geliştirilmiştir. EYP, karar vericiler tarafından eko-etiket standartlarının belirlenmesi, politika değerlendirmesi ve çiftçiler tarafından etkili ancak çevreye daha az zararlı bir pestisit seçmek için kullanılır. Üç çevresel etki dikkate alınır; yeraltı suyu, yüzey suyu ve toprak. Bu yaklaşım, risk oranı tekniğini kullanır. Her bir çevresel bölümde, potansiyel risk Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.3 ile hesaplanan Çevresel Etki Noktası (EIP) olarak ifade edilir:

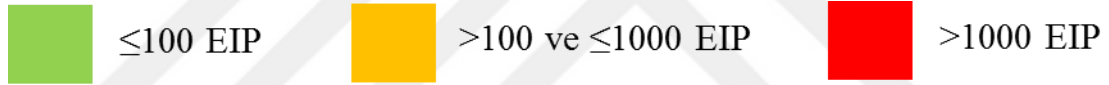
$$EIP_{groundwater} = \frac{100 * PEC_{groundwater}}{0.1} \quad (2.1)$$

$$EIP_{surfacewater} = \frac{100 * PEC_{surfacewater}}{0.1 * LC_{50 \text{ water organisms}}} \quad (2.2)$$

$$EIP_{soil} = \frac{100 * PEC_{soil direct}}{0.1 * LC_{50 earthworms}} \quad (2.3)$$

Eşitlikte 0.1: su kalitesi standardı (µg/L olarak), PEC: tahmini çevresel konsantrasyon (mg/L) olarak tanımlıdır.

EIP'nin kabul edilebilir sınırı, Hollanda pestisit yasasına göre toprak organizmaları ve yeraltı suları için 100 ve suda yaşayan organizmalar için 10 olarak belirlenmiştir (CLM 2014a). Ana girdiler; kullanılan doz, sürüklenme yüzdesi, toprağın organik madde içeriği ve mevsimdir. Model, her bir çevresel bölümün çevresel etki puanını ve hedef olmayan organizmalara yönelik riski oluşturur: biyolojik kontrolörler (kuşlar ve yırtıcı akarlar gibi), tozlayıcılar ve uygulayıcılar (CLM 2014a). Ek olarak, risk seviyesi niteliksel olarak bir renk şemasıyla oluşturulur. Yeşil, turuncu ve kırmızı renklerle şematize edilen EIP puanı ne kadar fazla olursa, yüzey suyu organizmalarına yönelik risk de o kadar yüksek olur. EIP puanı ≤ 100 ise yeşil renk ile gösterilir ve kullanımı “uygun” olarak değerlendirilir. Turuncu renk “orta derecede uygun” ve kırmızı renk “uygun değil” olarak değerlendirilmektedir (Bressers 2014). Renklere göre EIP puan aralığı Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Güncel olarak, EYP çevresel ve ekonomik olarak kabul edilebilir politikaları belirlemek için kullanılmaktadır (Verhoeven vd. 1994). Modelin başlıca dezavantajı, belirli koşullar için tasarlanmış bağımsız bir model olması ve dolayısıyla daha fazla benimsemeye/değiştirmeye izin vermemesidir.



Şekil 2.9. Pestisitlere yönelik çevre ölçütünde kullanılan EIP puanlarının sınıflandırması ve etki düzeyi (CLM, 2014b)

2.5.2. Ipest (Indicator of Pesticide Environmental Impact)

Van der Werf ve Zimmer (1998), tek bir pestisit uygulamasının çevresel etkisini değerlendirmek için Ipest indikatörünü geliştirmiştir. Bu yöntem, bulanık mantığı içeren bir uzman sisteme dayanmakta (Buès vd. 2004) olup yazılım olarak da mevcuttur (Sürüm 2.01, Nisan 2001, I-Phy, co. Icon, F-72000 Le Mans). Çevre üzerindeki pestisit etkisinin, belirli bir miktarda pestisit varlığına, pestisit sürüklenme, buharlaşma, akış veya sızıntı yoluyla alanı ne ölçüde terk ettiğine ve son olarak da pestisit toksisitesine bağlı olduğunu varsaymaktadır. Sebzeler üzerinde kalibre edilen bu yazılım, herhangi bir pestisit uygulaması için her bir etki faktörüne göre beş endeks hesaplar;

R_{toprak} = derin toprak katmanlarından geçen su üzerindeki etki

R_{sur} = toprak yüzeyinden akan su üzerindeki etki

R_{air} = havanın kirlenmesi üzerindeki etki

R_{dose} = kullanılan aktif bileşen miktarı

$R_{overall}$ = önceki dört endeksten hesaplanan genel etki

Her dizin 0 (maksimum) ile 10 (etki yok) arasında değişmektedir. Endeks 7'den düşük olduğunda, pestisit etkisinin önemli olduğu tahmin edilmektedir. Pestisit yüzey

suyuna ulaşma ve suda yaşayan organizmalara zarar verme potansiyelini yansıtan 'Yüzey suyu riski (R_{sur})' dir. Toplamda beş girdi değişkeni, R_{sur} puanını belirler; yüzey akışı riski, sürüklenme yüzdesi, uygulamanın pozisyonu, pestisit yarı ömrü ve sucul toksisite.

Akış riski, uygulama alanına ve verilerin varlığına bağlı olarak mevcut model yaklaşımlarının sonuçlarına dayanmaktadır. Sonuçlar 0-1 ölçeğine dönüştürülerek akış riski ifade edilmektedir. Sürüklenme yüzdesi, kullanılan uygulama tekniğine ve yüzey suyuna olan mesafeye bağlı olarak seçilmektedir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Uygulama tekniğine ve yüzey suyuna olan mesafeye göre sürüklenme yüzdesinin tahmini (Van der Werf ve Zimmer 1998)

Uygulama Metodu	Suya Mesafe	
	0-2 m	2-10 m
Sıralı püskürtme, sırt çantası püskürtme	0,5	0,2
Tam alan ilaçlama, ürün yüksekliği ≤ 25 cm	1,0	0,3
Tam alan ilaçlama, ürün yüksekliği > 25 cm	2,0	0,5

Uygulamanın pozisyonu, akış potansiyeli üzerindeki etkisi sebebi ile dahil edilmiştir (Eşitlik 2.4) ve pestisit uygulama sırasında, toprak yüzeyinde veya toprakta uygulama (tohum işleme veya toprağa dahil etme) arasında ayırım yapmak için kullanılan katsayıdır. Katsayı 1 (%100 pestisit toprak yüzeyine ulaşır) ve 0 (%0 pestisit toprak yüzeyine ulaşır - pestisit %100 mahsul tarafından veya toprakta yakalanır) arasında değerlendirilmektedir. Mahsul kullanım alan yüzdesi kullanıcı tarafından belirlenir.

$$Uygulama\ pozisyonu = \frac{100 - \% \text{ mahsul alan yüzdesi}}{100} \quad (2.4)$$

Pestisit yarı ömrü (DT_{50}), belirli bir pestisit bileşiğinin yüzde 50'sinin topraktan veya sudan bozunması için geçen sürenin ölçüsüdür. Ipest modeli, geçiş aralığının sınırlarını, $DT_{50} < 8$ gün olan bir pestisit bileşiğinin olumsuz, 8-30 gün arasındaki DT_{50} 'nin orta derecede olumsuz ve $DT_{50} > 30$ gün olumlu olarak kabul edildiği varsayımına dayanmaktadır. Model, 1 ($DT_{50} > 30$ gün) ile 0 ($DT_{50} < 1$) arasında bir değer atar.

Ipest modeli sucul toksisiteyi üç sucul türe dayandırır; algler (EC_{50}), kabuklular (EC_{50}) ve balıklar (LC_{50}), tümü mg/L olarak alınır. Toksisite, riski en hassas organizma tarafından belirlenmektedir. Nihai girdi değişkeni 'sucul toksisite' bu nedenle, dikkate alınan üç sucul türün en duyarlısının EC_{50} ve LC_{50} 'sinin $\log_{10}$ 'u olarak tanımlanır. 1 (suda toksisite > 2 (100 mg/kg)) ile 0 (suda toksisite < -2 (0.01 mg/kg)) arasında bir değer atanır.

2.5.3. SyPEP (A system for predicting the environmental impact of pesticides in Belgium)

Belçika'da geliştirilen SyPEP, pestisitlerin yeraltı ve yüzey sularındaki çevresel akıbetini ve potansiyel ekotoksikolojik etkilerini tahmin etmeyi amaçlar (Labite vd. 2011). SyPEP'in uygulanmasındaki ilk adım, her çevresel bölmedeki pestisit konsantrasyonunu Eşitlik 2.5, 2.6 ve 2.7'de belirtilen bağıntılar ve risk oranı yaklaşımı

ile hesaplamaktır. Burada PEC_{gw} = yeraltı suyundaki risk ($\mu\text{g/l}$), PEC_{sw-lt} = uzun vadeli yüzey suyu riski ($\mu\text{g/l}$) ve PEC_{sw-st} = kısa vadeli yüzey suyu riski ($\mu\text{g/l}$).

Risk (PEC) değeri, su kalitesi standardı ($0,1 \mu\text{g/l}$) veya Gözlenmeyen Etki Konsantrasyonu (NOEC) ile Eşitlikler 2.5, 2.6 ve 2.7’de gösterildiği gibi PEC arasındaki ilişkiye göre bir Toksisite Maruz Kalma Oranına (TER) dönüştürülür.

$$TER_{gw} = \frac{0.1}{PEC_{gw}} \quad (2.5)$$

$$TER_{sw-lt} = \frac{NOEC_{water\ org}}{PEC_{sw-lt}} \quad (2.6)$$

$$TER_{sw-st} = \frac{NOEC_{water\ org} * 10}{PEC_{sw-st}} \quad (2.7)$$

İkinci adımda, her bir toksisiteye maruz kalma oranı 0 ile 5 arasında bir puana çevrilir. Nihai SyPEP puanı, her çevresel bölümün (yeraltı suyu, kısa vadeli yüzey suyu riski ve uzun vadeli yüzey suyu riski) puanı toplanarak elde edilir. SyPEP’in kullanım sınırlamaları arasında, bazı pestisitlerin PEC değeri 0 ise, paydası 0 olan bir kesirli sayı olmadığı için riskin değerlendirilemeyeceği gerçeği yer alır. Bu modelin bir diğer sınırlaması da toprak, hava ve insan sağlığına yönelik risklerin dahil edilmemesidir.

2.5.4. SYNOPS (Synoptic Evaluation Model for Plant Protection Agents)

Almanya’da Gutsche tarafından geliştirilen SYNOPS’un amacı, bitki koruma stratejisinin çevresel risk potansiyelini değerlendirmek ve farklı haşere yönetimi stratejilerini karşılaştırmaktır (Gutsche ve Rossberg 1997). Toprak, yüzey suyu ve hava dikkate alınan çevresel bölümlerdir. Bu risk sıralama aracında, çevresel maruziyet, PELMO (pesticide leaching model) adı verilen Pestisit Sızdırma Modeli kullanılarak hesaplanan kısa vadeli tahmini çevresel konsantrasyon (sPEC) ve uzun vadeli tahmini çevresel konsantrasyon (IPEC) aracılığıyla değerlendirilir. Modelde bitki kök bölgesi etrafındaki kimyasal hareket ve çıplak topraktan buharlaşma tek boyutlu olarak simüle edilmektedir (Labite vd. 2011). SYNOPS risk sıralaması yaklaşımında kullanılan teknik, risk oranı yaklaşımına dayanmaktadır. Pestisit sürüklenme ve akış riski, akut veya kronik PEC ile uygun hedef olmayan organizmaların (alg, Daphnia, balık ve solucanlar) toksisitesi arasındaki orana dayalı olarak tahmin edilmektedir. SYNOP sekiz çıktı üretir: Algler, Daphnia, balık ve solucanlar için akut risk ve aynı organizmalar için benzer şekilde kronik risk. SYNOPS’un başlıca avantajı, zaman içinde pestisitlerin etkisinin değerlendirilmesine izin vermesidir. Bu model uygulamada halen kullanılmaktadır ve Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) tarafından sucül yaşam risk göstergelerini belirlemek için seçilmiştir (OECD 2004a). Son zamanlarda, SYNOPS’un (SYNOPS-WEB) web tabanlı bir sürümü piyasaya sürülmüştür (Strassemeyer vd. 2017). Ek olarak, birkaç yıl boyunca pestisit kullanımının etkisini karşılaştırmak için satış verilerine dayalı çevresel riski değerlendirmek için SYNOPS-TREND adlı değiştirilmiş bir SYNOPS sürümü geliştirilmiştir (Gutsche ve Strassemeyer 2007). Ancak, öngörülen çevresel konsantrasyonun hesaplanması karmaşıktır (Kudsk vd. 2018).

2.5.5. HD (Hasse Diagram)

HD yaklaşımı, pestisitleri seçilen kriterlere göre (DT_{50} , K_{oc} , çözünürlük, uygulanan oran vb.) karşılaştıran göreceli bir risk sıralama modelidir. Danimarka Tarım Bilimleri Enstitüsü'nde geliştirilen HD, pestisitleri tehlike derecelerine göre gösteren bir ağ diyagramı olarak sonuç üretir (Reus vd. 2002). Örneğin, İtalya'da Halfon ve ark. (1996), kalıcılık, fiziksel/kimyasal özellikler, suda çözünürlük, buhar basıncı ve yıllık kullanım değerlendirme kriterlerine dayalı olarak HD yöntemiyle toprak ve yüzey suundaki çevresel tehlikeyi değerlendirmiştir. Bu yöntem Danimarka'da, pestisitleri yeraltı suyu, yüzey suyu ve toprak üzerindeki risklerine göre sıralamak için K_{oc} , DT_{50} ve doz oranı parametreleri ile kullanılmaktadır (Reus vd. 2002). Değerlendirme kriterlerinin önemi ile ilgili olarak, duyarlılık testi, kullanım veya dozun herhangi bir HD prosedürüne dahil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Halfon vd. 1996). Bu yöntem Danimarka, İtalya ve Japonya'da uygulanmaktadır (Lerche ve Sørensen 2003; Lerche vd. 2004). Bu yöntemin temel avantajı, incelenen kriterler açısından şeffaf bir değerlendirmeye dayanmasıdır. Bununla birlikte, iki veya daha fazla pestisit aynı dereceye sahip olabileceğinden, pestisitlerin karşılaştırılması her zaman tam olmayabilir. Ek olarak, HD yöntemi nispeten karmaşıktır ve deneyimsiz bir kullanıcı tarafından kolayca anlaşılamamaktadır.

2.5.6. POCER (Pesticide Occupational and Environmental Risk Indicator)

Belçika'da geliştirilen POCER, 91/414/EC Konsey Direktifi'ne (Vercruysse ve Steurbaut 2002) dayalı olarak pestisitlerin hem çiftlik çalışanları hem de çevre üzerindeki etkisini ve riskini değerlendirmektir. Mesleki riski (örneğin, pestisit kullanıcıları, işçiler ve çevredekiler için risk) ve uygun çevresel alanlara etkileri (toprakta kalıcılık, yeraltı suyu kontaminasyonu riski, suda yaşayan organizmalar için akut risk, kuşlar, arılar ve solucanlar için akut risk ve faydalı eklem bacaklılar için risk) ve çevreye yönelik riski yansıtan 10 modülden oluşur. POCER yaklaşımında, tahmini insan maruziyetinin veya tahmin edilen çevresel konsantrasyonun (PEC) bölümü olan ve 91/414/EC Direktifinin Ek VI'sında tavsiye edildiği gibi toksikolojik bir referans değeri olan 10 risk indeksi oluşturulur. Uygun bir algoritma ile risk indeksleri, sınırları 0 ve 1 olan (sırasıyla yüksek ve düşük riski gösterir) puana dönüştürülür. Bu yöntem günümüzde de kullanılmaktadır (De Schampheleire vd. 2007; Devos vd. 2008). POCER göstergesine göre, suda yaşayan organizmalar için öngörülebilir çevresel konsantrasyon (PEC), Eşitlik 2.8 ile ifade edilir (Bueno vd. 2020).

$$PEC_{AO} = \frac{(AR * \% drift) * n}{d_{ditch} * 1000} \quad (2.8)$$

PEC_{AO} = suda yaşayan organizmalarda tahmin edilen çevresel konsantrasyon (mg/L),
 AR = uygulanan aktif madde dozu (kg/ha),
 $\%drift$ = sürüklenme yüzdesi (%),
 n = dozun kaç kez uygulandığı,
 d_{ditch} = su derinliği (m).

Suda yaşayan organizmalar ($RI_{Aquaticorganisms}$) için risk indeksi, PEC_{AO} ile suda yaşayan üç grup organizma (balık, daphnia ve algler) için referans değer ($\min(NORM_{AO})$) arasındaki oran olarak hesaplanır (Eşitlik 2.9).

$$RI_{AO} = \frac{PEC_{AO}}{\min(NORM_{AO})} \quad (2.9)$$

2.5.7. EcoRR (Ecological Relative Risk)

Avustralya'da geliştirilen EcoRR risk sıralama aracının amacı, bitki koruma ürünlerinin ekotoksikolojik riskini hava, toprak, bitki örtüsü, yüzey suyu, yeraltı suyu ve sediment ortamlarında insan ve ekosistem sağlığı açısından değerlendirmek ve karşılaştırmaktır (S'anchez-Bayo vd. 2002). Her çevresel bölmede ayrı ayrı hesaplanan iki ana bileşeni (maruziyet ve toksisite) vardır (Eşitlikler 2.10 ve 2.11).

$$X = D * P * DT_{50} * BCF \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.10'da belirtilen X= Maruziyet, D= toksisite, P = maruz kalma olasılığı, DT₅₀ = yarılanma ömrü ve BCF = biyokonsantrasyonu belirtmektedir. Toksisite için Eşitlik 2.11' de Vol = hava, toprak, su vb. hacmi ve Ar ise etki bölge alanını ifade eder.

$$D = PEC * \frac{Vol}{Ar} \quad (2.11)$$

2.5.8. PestScreen

İspanya'da geliştirilen PestScreen, tarımda kullanılan pestisitlerin çevresel ve toksikolojik kaygılarına göre puanlanması ve sıralanması için bir tarama yaklaşımıdır (Juraske vd. 2007). Pestisitleri çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri açısından tek etki puanı (PestScore) ile karşılaştırır (Eşitlik 2.12).

$$PestScore = D * \left(\frac{\sum Fi=2}{2} + \frac{Ei=1}{1} + \frac{\sum Ti=4}{4} \right) \quad (2.12)$$

D= doz, F= akıbet, E= maruz kalma, T= toksisite

Akıbet (F), iki faktör içerir: uzun menzilli taşıma potansiyeli (LRTP) ve USES-LCA 2.0 ile hesaplanan genel kalıcılık (Van Zelm vd. 2009). Bu iki parametre, bir kimyasal çevre için tehlikeli yapan temel faktörler olarak kabul edilmiştir (OECD, 2004a). PestScreen'de maruziyet göstergesi olarak alım oranı seçilirken, toksisite için dört gösterge seçilmiştir: kabul edilebilir günlük alım miktarı, sıçanlar, arılar ve balıklar için ölümcül doz. PestScreen, bir Microsoft Excel elektronik tablosu içinde uygulanmaktadır. Çıktı, risk dağılımı ve bir puanlama tablosuna dayanan nihai PestScore'dur. Bu sıralama aracındaki değer, puanlama prosedürünün şeffaf şekilde tanımlanması ve yeraltı suyu kirliliğinin değerlendirilmesine imkân tanır. Hesaplamalar için gereken tüm verileri içeren geniş bir veri tabanını içeren USES-LCA 2.0 kullanımına dayanmaktadır (Van Zelm vd. 2009).

2.5.9. ERI (Environment Risk Index)

ERI, Şili'de Alister ve Kogan (2005) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem, zirai kimyasal bileşiklerin ekotoksikolojik etkisini değerlendirmek için tarama aracı olarak kullanılır (Eşitlik 2.13).

$$ERI = (P + L + V + TP) * D \quad (2.13)$$

P = toprak kalıcılığı, L = topraktan süzülme (ml/g.gün), V = uçuculuk (mmHg olarak), D = uygulanan pestisit dozu (kg/ha), TP = toksikolojik profil

ERI puanının temel sorunu, puanlar arasındaki dağılımın tanımlanamaması ve risk sınıfı tanımında net bir şeffaflığın olmamasıdır. Bununla birlikte, farklı tarım kimyasalları bileşiklerini karşılaştırmak için basit bir eşitlik sağlayarak çok basit görünüyor olmasına karşın ERI'nin pratikte bir pestisit sıralama aracı olarak kullanıldığını gösteren literatür sınırlıdır (Labite vd. 2011).

2.5.10. NERI (Norwegian Environmental Risk Indicators)

NERI aracı Norveç'te pestisit kullanım riskini değerlendirmek ve pestisitlerin vergilendirilmesi için geliştirilen bir yöntemdir (Stenrød vd. 2008). Bu yaklaşım, kimyasallar arasındaki potansiyel tehlikeyi karşılaştırmak için bir risk oranı yaklaşımı ve puanlama sistemini birleştirir. NERI aracında, pestisit yarı ömrü, biyobirikimi, pestisit formülasyonu ve uygun organizmalar (solucanlar, arılar, kuşlar, su piresi, balıklar ve algler) üzerindeki etkileri, bu parametrelerin her birine bir puan verilerek dikkate alınmıştır. Tüm bu parametrelerin Eşitlik 2.14'te gösterildiği gibi toplanmasıyla elde edilen toplam çevresel puan, aktif maddenin üzerinde kullanıldığı alan ile çarpılır.

$$\text{Toplam Çevresel Skor} = Te + Ta + Tb + A + L + P + F \quad (2.14)$$

Ta = arılar ve diğer eklembacaklılar için puan, A = suda yaşayan organizmalar için puan, Tb = kuşlar için puan, Te = solucanlar için puan, L = sızma potansiyeli puanı, P = kalıcılık puanı, B= biyobirikim puanı, F =formülasyon puanı

2.5.11. p-EMA (Environmental Performance Indicator of Pesticides)

Birleşik Krallık'ta Lewis ve Bardon (1998) tarafından geliştirilen p-EMA, bazı tarımsal uygulamaların potansiyel çevresel etkilerini izlemeye, ölçmeye ve sonuç olarak çiftçiler arasında daha sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmeye yardımcı olan bir bilgisayar yazılım programıdır. Etiket uyarı bildirimi olarak kullanılan bu araç, ekoderecelendirme adı verilen belirli bir puanlama yöntemine dayanmaktadır ve belirli bir alanda gerçekleşen fiili uygulamalar ile aynı alan için “en iyi uygulamaları” uzman görüşlerine göre karşılaştıran etiket uyarı bildirimine dayanmaktadır (Labite vd. 2011).

2.5.12. CHEMS1 (Chemical Hazard Evaluation of Management Strategies)

CHEMS1, ABD'deki Tennessee Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. İnsan sağlığı ve çevreye yönelik riskleri değerlendirmeyi amaçlar (Labite vd., 2011). Bu sıralama aracında toksisite, insan sağlığı etkileri (akut kemirgen oral soluma ve kronik kanserojen etkiler) ve çevresel etkiler (sıçan için LD₅₀, balık için LC₅₀ ve NOEL) değerlendirilir. Kalıcılık ve biyobirikim, maruziyet faktörleri olarak seçilmiştir. CHEMS1, pestisitleri Eşitlik 2.15'te verilen algoritmaya göre sıralayan bir bilgisayar programıdır:

$$thV = (\text{İnsan sağlığına etkisi} + \text{Çevresel etkisi}) * \text{Maruziyetfaktörü} \quad (2.15)$$

Bu modelin başlıca dezavantajlarından birisi, toksisite bileşenlerinin sadece balık ve sıçan verilerine dayalı olarak yeterince geniş olmamasıdır (Ward vd. 2005).

2.5.13. EPRIP (Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides)

EPRIP yaklaşımı, İtalya'da, Universit`a Cattolica del Sacro Cuore'da çiftçilere ve düzenleyici makamlara pestisitlerin akıllıca kullanımı konusunda yardımcı olmak için geliştirilmiştir (Padovani vd. 2004). Bu model Microsoft Excel'de oluşturulmuştur ve risk oranı ile puanlama tekniklerini birleştirir. EPRIP yaklaşımında, PEC beş çevresel bölüm için hesaplanır: hava, toprak, yeraltı suyu ve yüzey suyu (sürüklenme ve akış kirlenmesini içerir). Bu çevresel bölümlerde yaşayan hedef olmayan organizmalar üzerindeki toksisiteyi değerlendirmek için uygun toksikolojik parametreler kullanır: toprak: solucanlar için LC₅₀, yüzey suyu: algler için EC₅₀ ve balıklar ve daphnia için LC₅₀ ve hava: sıçanlar için soluma yoluyla LC₅₀ (Labite vd. 2011).

2.5.14. SCRAM (Scoring and Ranking Assessment Method)

SCRAM, ABD'de geliştirilen ve kirleticilerin listesini oluşturabilmek için kullanılan puanlama, sıralama ve değerlendirme yöntemidir (Snyder vd. 2000). Bu yöntem, kimyasal riski değerlendirirken girdi verilerinin belirsizliklerini de hesaba katar. İki tür puanı vardır: belirsizlik puanı ve kimyasal puan. Belirsizlik puanının önceliği (düşükten yüksek puana) şu şekilde tanımlanır: ölçülen veriler, tahmin edilen değerler ve eksik veriler. İkinci puan türü (kimyasal puan), değerlendirme kriterlerinin (biyobirikim, kalıcılık ve toksisite) değerine bağlıdır. SCRAM prosedürü biyobirikim ve kalıcılık puanları ile başlar. Kalıcılık, beş ortam bileşenindeki (biyota, hava, toprak, tortu ve su) yarı ömür değerine göre puanlanır. Beş bölme arasındaki en büyük puan, tüm çevresel kalıcılığı karakterize etmek için kimyasal puan olarak seçilir. Toksisite ile ilgili olarak, çevresel kalıcılık skoruna (biyobirikim ve kalıcılık) bağlı olarak iki yol araştırılabilir. SCRAM'ın dezavantajı, yazılım ürünü olması ve bu nedenle daha fazla değişikliğe izin vermemesidir (Giraldo ve Fuentes 2004). Bibliyografik aramaya göre SCRAM ABD'de kullanılmaktadır (Labite vd. 2011).

2.5.15. DLI (Danish Load Index)

DLI, satış kayıtlarına dayalı olarak kimyasalların risk eğilimini ulusal düzeyde değerlendirmeyi amaçlar (OECD, 2004b). Diğer modellerde kullanılan risk oranı tekniğinden farklı olarak, DLI yaklaşımı, Eşitlik 2.16'da açıklandığı gibi toplam pestisit satışı ile toksisite (akut veya uzun vadeli LC₅₀ veya LD₅₀) arasındaki orana dayanmaktadır. Toksisite memeliler, kuşlar, solucanlar, arılar, kabuklular ve algler için tanımlanır.

$$DLI = \sum \frac{\text{Yıllık Satış}}{\text{Toksisite}} \quad (2.16)$$

Kolay yapıda olması ve büyük miktarda girdi gerektirmemesi DLI modelinin avantajıdır. Ancak, sınırlamalardan biri, satış verilerinin kullanımının gerçek kullanımı tam olarak yansıtmayabilmesidir. Ayrıca pestisitlerin kullanımı sırasında riske etki eden parametrelerin çoğu (toprak özellikleri, yağış miktarı, pestisitlerin yarılanma ömrü, hareketliliği vb.) dahil edilmemiştir. DLI, çoğunlukla Danimarka'da tercih edilen pestisit eğilimini belirlemede kullanılmaktadır.

2.5.16. RICH (Ranking and Identification of Chemical Hazards)

Baun vd. (2006) tarafından geliştirilen RICH ilk kez Danimarka’da ve sonra İsveç’te uygulanmıştır. Kimyasal bileşikler potansiyel risklerine göre sıralayan bir karar ağacı sistemine dayalı bir modeldir. Model, farklı amaçlara sahip dört ardışık filtreden oluşur.

Birinci filtre: Su fazlı bileşiklerin sorpsiyon potansiyellerini (K_{oc}) buharlaşma potansiyeli (K_h) ile karşılaştırarak katı faza ayırmayı amaçlar.

İkinci filtre: “teknik filtre” olarak da adlandırılan bu adımda kimyasallar fiziksel özelliklerine (renk, koku, korozyon potansiyeli vb.) göre sınıflandırılır.

Üçüncü filtre: kimyasallar, sudaki kimyasal biyobozunma ile biyobirikim (BCF, K_{ow}) karşılaştırılarak taranır.

Dördüncü filtre: son filtrede, bileşikler biyolojik bozunmaya karşı dirençlerine ve suda yaşayan organizmalara (balık, kabuklular ve algler) karşı toksisitelerine göre filtrelendir.

Her filtrenin, her parametrenin üç sınıfta (düşük, orta ve yüksek) tanımlandığı bir sıralama matrisi mevcuttur. Her filtre aşamasında ve sıralama matrisinin sonucuna göre bileşikler farklı kategorilere ayrılır: beyaz, gri veya siyah olarak. Gri bileşikler, bir diğer filtre aşamasının sonucuna bağlı olarak su ortamına zararlı veya zararsız olarak kategorize edilirken, beyaz bileşikler daha çok arama için ayrılır. Siyah bileşikler su ortamına zararlı bileşiklerdir ve risk hesaplaması gerektirir. RICH’in avantajı, kimyasalların ardışık bir tarama düzeyinde değerlendirmesi ve değerlendirmeyi daha kapsamlı hale getirmesidir. Buna karşın en büyük dezavantajı da, bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini, sudaki toksisiteyi ve uzun vadeli etkilerini (kanserojenlik, mutajenite, üreme hasarı potansiyeli ve endokrin bozulması) belirleyebilmek için çok fazla veri ihtiyacıdır (Ledin vd. 2008; Markiewicz vd. 2017).

2.5.17. CSM (Chemical Scoring Model)

CSM, Latin Amerika’da yeraltı suyu kaynaklarının kirlenmeye karşı korunmasını desteklemek için Florida International University’de geliştirilmiştir (Giraldo ve Fuentes 2004). Bir Microsoft Excel elektronik tablosunda programlanan bu puanlama yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşur:

- (1) Geçmiş verilerden yeraltı suyu kirleticilerinin seçimi;
- (2) Tüm potansiyel yeraltı suyu kirleticilerinin fiziksel, kimyasal ve toksikolojik özellikleri (çözünürlük, uçuculuk, toprak emilimi ve yeraltı suyu yarı ömrü, maksimum toksisite konsantrasyonu ve maksimum kontaminasyon seviyesi) ile değerlendirilmesi;
- (3) Nüfus yoğunluğunun ve kırılganlığın değerlendirilmesi;
- (4) Her potansiyel yeraltı suyu kirleticisi için nihai puanı hesaplamak için Kimyasal Puanlama Modelinin (CSM) kullanılması;
- (5) Yeraltı suyu kirleticisinin nihai bir puana göre sınıflandırılması;
- (6) Yeraltı suyuna en çok karışan 10 kirleticinin seçilmesi.

Her parametre için en düşük 1'den en yüksek 5'e kadar tanımlanmış bir aralıkla puanlama ölçütü kullanılmaktadır. Başlıca avantajı, modele giriş için az miktarda verinin gerekli olmasıdır. Ancak bu model sadece yeraltı suları için geçerlidir ve toksisitesi sadece insanlara dayanmaktadır. Çeşitli durumlarda uyarlanabilmesine ve kullanılabilmesine rağmen, aracın kapsamlı kullanımına yönelik literatür sınırlıdır (Labite vd. 2011).

2.5.18. RRPDI (Ranking of the Risk of Pesticide Dietary Intake)

Yeni Zelanda'daki Canterbury Üniversitesi'nde (Low vd. 2004) geliştirilen bu yaklaşım, gıdalardaki pestisit kalıntılarını değerlendirmek için kullanılır ve suya uygulanabilir. Metot beş parametreye dayanır: toksisite, pestisit kullanımı, gıdalardaki pestisit kalıntı sıklığı, Maksimum Kalıntı Seviyesi aşımalarının sıklığı ve pestisit/kombinasyon riski. Bu parametrelerin her biri için, her parametrenin en üst konumunda görünen 10 pestisit seçilmiştir. Bu yöntem basit ve anlaşılırdır. Bu yaklaşımın dezavantajı, kimyasal ve fiziksel özelliklerin yalnızca pestisit kullanımına dayanmasıdır. Bu yaklaşım herhangi bir ekotoksikolojik değerlendirme içermez (Labite vd. 2011).

2.5.19. EIQ (The Environmental Impact Quotient)

Çevresel Etki Katsayısı (EIQ), oldukça yaygın kullanım alanına sahip bir risk değerlendirme aracıdır. Kanada'da yapılan bir çalışmada kanolanın çevresel etki değerlendirmesi için kullanılmıştır (Barfoot ve Brookes 2014; Levitan vd. 1995). Avustralya'da çeşitli kanola sistemleri (Holtzapffel vd. 2008; BCG ve GRDC 2014), Sri Lanka'nın dördüncü en büyük nehir havzası olan Deduru Oya Nehri havzasında çeltik, hindistancevizi ve diğer tarla bitkileri (Jayasiri vd. 2022) ve Türkiye'de ise Antalya Kumluca'da seralarda üretimi yapılan ürünler için kullanılmıştır (Muhammetoglu vd. 2007).

2016 yılında Oliver ve arkadaşları Avustralya'da GDO'suz ve GDO'lu kanolada kullanılan herbisitlere ilişkin bir değerlendirme yapmışlardır. TT (triazin toleranslı) kanolada kullanılan herbisitler yüksek göreceli hareketlilik ve ekotoksisite riski göstermiştir. Bu çalışmada herbisitlerle ilişkili çevresel riskleri karşılaştırmak için iki risk değerlendirme yaklaşımı olarak EIQ ve PIRI (Pesticide Impact Rating Index-Pestisit Etki Derecelendirme Endeksi) kullanılmıştır. TT kanola için EIQ tarla kullanım oranı diğer çeşitlere göre 3 kat daha yüksek bulunmuştur (Oliver vd. 2016).

2015 yılında yapılan bir çalışmada EIQ'nun herbisitler için çevresel bir gösterge olarak uygunluğu değerlendirilmiştir. EIQ'nun risk faktörlerindeki değişikliklere karşı göreceli duyarlılığını ölçmek için simülasyon analizi yapılmış, gerçek herbisit EIQ değerleri, herbisit uygulama oranının EIQ Arazi Kullanım Derecelendirmesi üzerindeki etkisini ölçmek için kullanılmıştır. Herbisitler için iki önemli risk faktörü olan sızıntı ve yüzey akış potansiyeli EIQ hesaplamasına dahil edilmiştir ancak EIQ'daki toplam varyasyonun %1'inden azını açıklamaktadır (Kniss ve Coburn 2015).

Muhammetoğlu ve arkadaşları (2019) tarafından yeraltı sularının pestisit kirliliğinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacı ile Altınova (Türkiye) bölgesinde yer alan 25 kuyu alanı için çalışma yapılmıştır. Bu çalışma üç aşamadan oluşmuştur: ilk

olarak DRASTIC-Pestisit modeli kullanılarak yeraltı suyunun pestisit kirliliğine karşı hassasiyetinin değerlendirilmesi, ikinci aşama, hassasiyet değerlendirmesini doğrulamak için yeraltı suyu kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi, ve son olarak bölgede kullanılan pestisitlerin risk değerlendirmesi yapılmıştır. EIQ kullanılarak pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir (Muhammetoğlu vd. 2019).

Carbonari ve arkadaşlarının (2021) Brezilya'da kullanılan herbisitlerin risk değerlendirmesi üzerine Ortalama doz ve EIQ indikatörlerini kullanarak yaptıkları çalışmada, Brezilya'da herbisidal etkiye sahip yeni aktif bileşenlerin piyasaya sürüldüğü yılın bir fonksiyonu olarak kullanım miktarının sürekli olarak azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuç, yeni ürünlerin daha verimli olduğunu ve çevreye, çiftçilere ve tarım işçilerine daha düşük riskler sunduğunu göstermiştir (Carbonari vd. 2021).

2022 yılında yapılan bir çalışmada, pirinç üretim alanlarındaki pestisit kalıntı konsantrasyonlarının değerlendirilmesi ve bunların Sri Lanka'da bir hasat yılı boyunca hem çevre sağlığı hem de en yaygın fauna grupları üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Havza içindeki çeltik tarlalarıyla ilişkili sulardan alınan 270 su örneği, yaygın olarak kullanılan 20 pestisit açısından analiz edilmiştir. Ek olarak, seçilen üç çeltik tarlasındaki pestisit kullanım ayrıntılarını değerlendirmek için yerel çiftçilerle anket yapılmıştır. Ardından EIQ hesaplayıcısı ve ECOTOX Veri Tabanı kullanılarak bireysel pestisitlerin uygulama oranlarına ve sudaki konsantrasyonlarına göre maruz kalma riskleri belirlenmiştir (Jayasiri vd. 2022).

2.5.20. PERI (Pesticide Environmental Risk Indicator)

İsveç Tarım Bilimleri Üniversitesi'nde Nilson tarafından geliştirilen bu yöntem, pestisitlerin etkisini çiftlik düzeyinde olduğu kadar ulusal düzeyde de izlemeyi amaçlamaktadır (Bergkvist 2004). PERI yaklaşımı, pestisitleri, pestisit kimyasal özelliklerine ve 1-5 ölçeğine dayalı toksisite değerlerini skorlayarak değerlendirir. (CAE 2006).

Muhammetoğlu ve arkadaşlarının Antalya'nın Kumluca ilçesindeki çalışmasında 3 farklı pestisit değerlendirme aracı olarak EIQ, Toksisite, İnsan Sağlığı ve Kalıcılık Tehlike Derecelendirme Sistemi (THP) ve PERI kullanılmıştır. Çalışmada seçilen pestisit risk göstergeleri, zirai ilaç uygulayıcıları için kolaylıkla uygulanabilen ve yardımcı bir araçken, sahaya özgü bileşenler (yüzey akışı, partikül taşıma süreçleri ve toprakta pestisit taşınmasının mekansal değişkenliği) ve tüketicilerin pestisit kalıntılarına maruz kalması seçilen göstergelerde eksik olarak nitelendirilmiştir (Muhammetoğlu vd. 2010).

Son on yılda İtalya'daki şarap sektörünün, tarım, tarımsal sanayi ve paketlenme aşamaları dahil olmak üzere üretim süreçlerinin çevresel sürdürülebilirliğine odaklandığı belirtilmiştir. Recchia vd. (2018) ait çalışmada pestisit kullanım aşaması, PERI modeli ve Toskana, İtalya'daki Bölgesel Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen basitleştirilmiş bir yaklaşım aracılığıyla analiz edilmiştir. Çevresel riskle ilgili sonuçlar, PERI modelinin, Arpat yaklaşımının ve LCA'nın pestisit karışımı için tutarlı olduğunu göstermiş; sonuç olarak ilgili çevresel riskin 2004'ten 2010'a kadar iki kattan fazla arttığını ortaya koymuştur (Recchia vd. 2018).

2.6. Pestisitler İçin Çevresel Risk Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bir önceki bölümde anlatılan 19 adet model, girdi verisi olarak birbirinden farklı bir dizi parametreden oluşmaktadır. Bununla birlikte, bazı parametreler (toprak yarı ömrü, balıklar için öldürücü konsantrasyon, toprak sorpsiyonu vb.) modellerin çoğunda ortak girdiler olarak seçilmiştir. Farklı modeller için gerekli olan girdilerin detayları Çizelge 2.6'da verilmiş olup sunulan modellerin avantaj ve dezavantajları, her bir aracın müdahale ölçeği, çevresel bölümleri, etkisi, geliştirme aşaması ve işlevsellik özellikleri karşılaştırılmaktadır. Modelleri bu kriterlere göre değerlendirmek, pestisit risk sıralaması için kullanılan modellere daha bütüncül bir bakış açısı kazandırılabilir (Labite vd. 2011).

Modellerden bazıları, verilerin konum için belirtildiği alana özgü özellikleri göz önünde bulundurdıkları için alana özeldir. Örnek olarak, EcoRR, SyPEP, Ipest, alana özgü koşullara dayalıdır. Ancak, diğer modeller bölgesel veya ulusal düzeye genişletilebilir ve bu modeller ulusal olarak toplanmış verileri gerektirir (Labite vd. 2011).

Pestisit kullanımıyla ilişkili potansiyel zararlı etkilerini değerlendirmek için kimyasal risk derecelendirme araçları kullanılır. Bu araçlar, çok çeşitli hedeflerle karakterize edilirler: düzenleyici eylem, öncelik belirleme, etki değerlendirmesi, çiftçiler için karar yardımı, tüketicileri etkilemek için eko etiketleme, hükümetler ve endüstri için analitik araçlar (Labite vd. 2011; Levitan 2000; Davis ve Swanson 1994; Reus vd. 2002). Genel olarak, tüm pestisit sıralama araçları bu hedeflerden en az biri için geliştirilmiştir.

Gelişme Düzeyi: Uygulama alanı ve sayısı fazla olan modellere öncelik verilir ve 1 olarak puanlanır. Geliştirilmekte olan ve pilot/test aşamasında olanlar 0, kullanım için daha az gelişmiş bir aşamada olanlar ise 0,5 olarak puanlanır (Çizelge 2.7).

İşlevsellik: Seçilen aracın kullanımının kolaylığı ve esnekliğine bağlı olarak değerlendirilir. İlk olarak *Kullanım Kolaylığı* faktörü için risk değerlendirme aracı çok kolay (1), kolay (0,5) ve zor (0) olarak puanlanır. Ardından *Esneklik* faktörü puanlanır ve bu faktör, modelin verilerin farklı olabileceği diğer ülkelerde kullanılabilmesini karakterize eder. Bu durumda, model, kullanıcının yeni bir bileşen ekleyebileceği veya kaldırabileceği şekilde esnek olmalıdır.

Yüksek: Çevresel bölümler açıkça ayrılmıştır ve çevre bölümündeki herhangi bir değişiklik ya da denklemlerindeki herhangi bir değişiklik bütünlüğü etkilemediği şeklinde ifade edilir ve skor 1 olarak seçilir.

Orta: Çevresel bölümler ayrılmış görünür ancak herhangi bir değişiklik modelin bütünlüğünü etkiler veya çevresel bölümler ayrılmamıştır. Ancak denklemlerin parametreleri kolayca değiştirilebilir olarak ifade edilir ve skor 0,5 olarak belirlenir.

Düşük: Çevresel bölümlerin ayırımına ilişkin hiçbir literatür bilgisi yoksa; puan: 0.

Çizelge 2.6. Çeşitli pestisit modelleri için gerekli olan girdilerin detayları

Göstergeler	POCER	EYP	EcoRR	Pest Screen	ERI	NERI	p-EMA	Chemsl	EPRIP	Scram	PERI	DLI	HD	Ipest	SYNOPS	SyPEP	RICH	CSM	RRPDI
Hidrolojik Veriler																			
Toprak Gözenek																			
Boyutu	*	*	*	*		*			*					*	*	*			
Yağış	*		*	*					*						*	*			
Çevresel Maruziyet																			
Uzun Mesafe																			
Taşıyım Potansiyeli				*															
Toprakta																			
Yarılanma	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*
Biyobirikim			*	*	*	*	*	*		*	*				*		*		
Çözünürlük			*				*		*						*		*	*	
Uçuculuk			*		*		*		*		*			*	*		*	*	
Toprak Sorpsiyonu	*	*	*		*	*	*		*		*		*	*	*	*	*	*	*
İnsan ve Ekosistem Sağlığı																			
Alım Oranı				*															
Kabul edilebilir Günlük Alım				*	*									*					*
Toksiste	Solucan	*	*			*	*			*	*	*	*						
	Balık	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*		*	*		
	Memeli	*		*	*		*	*				*	*						
	Kuş	*	*	*		*	*					*							
	Arı	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*							
Mesleki maruziyet																			
Kullanım günü			*			*	*								*				
Kullanılan Miktar	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*			*
Yayılım	*	*	*			*	*		*					*	*	*			
Ekin Hasatı	*		*			*	*		*					*	*				

Çizelge 2.7. Pestisit risk araçlarına ve değerlendirme kriterlerine genel bakış

	Uygulama Alanı		Çevresel Bölümler				Etkiler						Gelişme Aşaması			İşlevsellik						Puan
Gösterge	Ürün / Çiftçi	Ulusal	Hava	Toprak	Yüzeysuyu	Yeraltısuyu	İnsan Sağlığı	Sucul Organizmalar	Toprak Organizmaları	Arı	Kuş	Biyobirikim	Gelişmekte Olan	Test Aşamasında	Yaygın Kullanım	Kullanım Kolaylığı			Esneklik			
																Çok Kolay	Kolay	Zor	Yüksek	Orta	Düşük	
POCER	x		x	x	x	x	x	x	x			x			1		0,5		1			11,5
EYP	x	x		x	x	x	x	x	x			x			1	1					0	11
EcoRR	x		x	x	x	x	x	x	x			x			1			0		0,5		10,5
PestScreen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		0,5			0,5			0,5		11,5
ERI	x	x	x	x		x	x			x	x	x		0,5		1			1			11,5
NERI	x	x		x		x		x	x			x			1	1				0,5		9,5
p-EMA	x		x	x	x	x	x	x				x			1		0,5			0,5		10
Chems1	x	x	x	x	x		x	x	x			x			1			0		0,5		10,5
EPRIP	x		x	x	x	x	x	x	x						1		0,5		1			10,5
Scram	x		x	x	x		x	x	x			x		0,5			0,5			0,5		9,5
PERI	x		x	x		x		x	x			x			1		0,5			0,5		9
HD	x	x		x	x	x		x	x						1		0,5				0	8,5
Ipest	x		x		x	x	x	x							1		0,5		1			8,5
SYNOPS	x	x	x	x	x			x	x						1		0,5				0	8,5
DLI		x					x	x	x						1	1				0,5		6,5
SyPEP	x				x	x	x	x						0,5			0,5		1			7
RICH	x	x			x			x				x		0,5			0,5			0,5		6,5
CSM	x	x				x	x							0,5		1				0,5		6
RRPDI	x	x					x								1	1			1			6
EQI*	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x				1	1			1			13

Puan hesaplaması, Coffey vd. (2007), Pavlis vd. (2010) ve Payraudeau ve Van De Werf (2005) tarafından kullanılan yaklaşıma dayanmaktadır ve tanımlanan 19 modelin her biri için toplam puanlar hesaplanmıştır. Bu değerlendirme, 1 puanını temsil eden “x”e dayanır. Her bir parametrenin puanı toplanarak her model için bir puan elde edilir. Bu değerlendirmede tüm kategorilerin eşit öneme sahip olduğu ve dolayısıyla eşit ağırlıkta olduğu varsayılmaktadır. Çevresel risk göstergelerinin kapsamlı bir şekilde karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için 19 model, sistem müdahale ölçeği, çevresel bölümler, etkiler ve geliştirme aşaması açısından değerlendirilmiştir (Çizelge 2.7). Sonuçlar 6 ile 11,5 arasında değişen toplam puanlarla geniş çeşitlilik göstermiştir. Değerlendirmeden şu görüşler çıkarılabilir:

Uygulama alanı: Seçilen pestisit sıralama araçlarının tümü, bitki koruma ürünlerinin uygulandığı herhangi bir tarım çiftliği için geçerlidir. Ayrıca bunlardan bazıları ulusal düzeyde de geçerlidir (EYP, HD, SYNOPS, PestScreen, CHEMS1, CSM, ERI ve RICH).

Çevresel bölümler: Dikkate alınan çevresel bölümler aynı değildir. Bu modellerin çoğu, en az üç çevresel bölme içermektedir. Bunlardan sadece ikisi belirli bir çevresel bölüme özelleştirilmiştir (yeraltı suyu için CSM ve yüzey suyu için RICH).

Etkiler: Modellerin çoğunda pestisitlerin suda yaşayan organizmalar üzerindeki etkileri dikkate alınmıştır.

Geliştirme aşaması: Risk göstergelerinin çoğu pilot veya test aşamasındadır. EIQ, POCER, EYP, HD, SYNOPS ve p-EMA modelleri dünya çapında kullanılmaktadır.

İşlevsellik: Modellerin çoğunun kullanımı nispeten kolaydır. Ancak, CHEMS1 ve EcoRR gibi bazı modeller daha karmaşıktır ve kullanımı daha fazla uzmanlık gerektirir. Ek olarak, bazı modellerin yapısı daha fazla değişiklik yapılmasına (EYP, HD ve SYNOPS) izin verecek kadar esnek değildir (Labite vd. 2011).

Kullanım Kolaylığı: EYP, ERI ve EIQ modelleri oldukça kolay kullanımı sayesinde çok çeşitli ülkelerde kullanılmaktadır.

Muhammetoglu vd. (2010) tarafından Kumluca, Antalya’da yapılan çalışmada PERI modelinin çevresel riskleri hesaplamak için üç farklı çevresel bölümü (yeraltı suyu, yüzey suyu ve hava) dikkate alırken, EIQ modelinin aynı zamanda çiftlik işçisi bileşenini de dikkate aldığı belirtilmiştir.

Reus vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada 8 risk değerlendirme aracı (EYP, HD, SYNOPS, p-EMA, Ipest, EPRIP, SyPEP, PERI) karşılaştırılmıştır. Bilimsel amaçlar için Hasse diyagramı (HD), politika yapıcılara belirli bir bölgede veya belirli bir üründe pestisit kullanımıyla ilgili riskler (kullanım sonrası değerlendirme) hakkında tavsiyelerde bulunmak için SYNOPS ve SyPEP, ulusal düzeyde kullanım için EYP, SYNOPS, SyPEP ve 8 araçtan 3’ünün (EYP, SYNOPS, p-EMA) güncel olarak kullanıldığı bildirilmiştir.

EIQ, kullanımı oldukça kolay olmasının yanında hızlı olarak hesaplama yapabilen, az veri kullanımı gerektiren ve çoğu gelişmiş ülkede yaygın olarak kullanılabilir bir risk değerlendirme aracıdır (Feola vd. 2011; Deihimfard vd. 2014). Sunulan değerlendirmeler ışığında tez çalışmasında yer alan “Pestisitler için çevresel risk

analizi ve değerlendirme çalışmaları”nda EIQ ve PERI risk değerlendirme araçlarının kullanılmasına karar verilmiştir.

2.7. Aksu Çayı’na İlişkin Araştırmalar

Aksu Çayı çalışma alanı Antalya Nehir Havzası içinde bulunduğu için özellikle geçmiş dönemde ülkemizde havza bazlı olarak yürütülen çeşitli proje çalışmaları mevcuttur. Tamamlanmış proje çalışmalarının başlıkları, çalışma dönemleri ve tez çalışması için sağladığı bilgi/veriler Çizelge 2.8’de özet olarak sunulmaktadır. Bu çalışmalar genellikle tüm Antalya Nehir Havzası için yapılmış olduğundan Aşağı Aksu Çayı için doğrudan kullanılabilir veri ve bilgiler sınırlı kalmaktadır. Ek olarak, Antalya’da bulunan DSİ 13. Bölge Müdürlüğü’nden çalışma alanı için veri/bilgi sağlayabilecek çalışmalara ait raporlar da temin edilmiştir. Bu kapsamda 9-18 Merkez-Aksu-Gebiz Yeraltısu Alt Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Antalya Aksu Çayı Taşkın Koruma Projesi ve Antalya Havzası İzleme Programı kapsamında elde edilen veri ve bilgiler tez çalışmasına katkı sağlamıştır.

Literatürde Aksu Çayı için sınırlı sayıda bilimsel yayın bulunmaktadır ve bu çalışmalar esas olarak su kalitesinin fizikokimyasal parametreler (Kalyoncu vd. 2005) ve biyolojik elementlerle ilişkisine (Kalyoncu vd. 2008a) dayalı birincil değerlendirmeye odaklanmaktadır (Kalyoncu vd. 2009). Şener vd. (2017) Aksu Çayı’nın genel fizikokimyasal su kalitesini, iki izleme dönemine ait (Ekim 2011 ve Mayıs 2012) ölçüm ve analiz sonuçlarını kullanarak değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu kalite standartları ve ilgili Türk standartları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada yer alan su kalite indeksi uygulamasında pH, HCO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , Na, Ca, Mg, K^+ , NO_3^- , NO_2^- , Pb, Cr ve Mn parametreleri dikkate alınmış ve su kalitesi özellikle Aksu Çayı’nın denize döküldüğü mansap noktasına doğru yaklaşık 30 km uzunluğundaki kesitte zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Kalyoncu vd. (2008a) Aksu Çayı’nda belirledikleri 6 örnekleme noktasında *Bacillariophyta*’ya ait 80, *Chlorophyta*’ya ait 40, *Cyanophyta*’ya ait 15, *Euglenophyta*’ya ait 2 ve *Rhodophyta*’ya ait 1 takson olmak üzere toplam 138 taksa kaydetmişlerdir. Aksu Çayı’nda epilimnik alg çeşitliliğinin su kalitesine paralel olarak değişim gösterdiği, alg çeşitliliği üzerinde en yüksek etkiye sahip olan fizikokimyasal değişkenin BOI_5 , ardından $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4 , $\text{NO}_3\text{-N}$, SO_4^{2-} ve Cl^- olduğu belirlenmiştir. *Achnanthes lanceolata* ve *Nitzschia palea*’nın üst akarsu bölgesinde baskın olduğu, Aksu Çayı alt akarsu bölgesinde ise *Cocconeis pediculus* ve *Navicula gracilis*’in baskınlaştığı rapor edilmiştir.

Kalyoncu vd. (2008b) Aksu Çayı’nda fizikokimyasal verilere göre yapılan su kalitesi değerlendirmesinde Karacaören 1 ve 2 Baraj gölleri çıkışı ile Akdeniz arasında kalan nehir kesiti boyunca I. ve II. sınıf su kalitesi belirlemiştir. Aksu Çayı’nın üst havza kısmında yer alan örnekleme noktasının iyi su kalitesi sınıfında olduğunu, orta akarsu örnekleme noktalarının kirlilik yükü taşıdığı ve Karacaören 1 ve 2 Baraj Göllerinden sonra bu kirlilik yükünün azaldığını belirlemiştir. Makrozoobentik organizmalar kullanılarak Belçika Biotik indeksine göre yapılan su kalitesi değerlendirmesine göre ise üst havza bölgesindeki birinci örnekleme noktasında II. sınıf, ikinci ve üçüncü örnekleme noktalarında VI. sınıf; Karacaören Baraj Gölleri ile Akdeniz arasında kalan üç örnekleme noktasında III. sınıf su kalitesi belirlenmiştir. Araştırmacılar fizikokimyasal parametrelerin Aksu Çayı makroomurgasız çeşitliliği üzerinde etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. 2018 yılında tamamlanan yüksek lisans tez çalışmasında

Aşağı Aksu Çayı Havzasının Karacaören Barajı ile Akdeniz arasında kalan bölümünde yer alan jeolojik birimlerin geçirimsizlik özellikleri ve SCS yöntemi ile yağış-akış ilişkisi incelenmiştir (Adanır 2018). Tez sonucunda elde edilen veriler yardımı ile eğri sayıları kullanılarak yapılan zemin sınıflama sistemi (SCS-CN) ile Aşağı Aksu Çayı Havzasında yer alan jeolojik birimlerin yağış ile süzülme, akış ve depolanma miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 2.8. Aksu Çayı Havzasına ilişkin proje çalışmalarının özet bilgileri

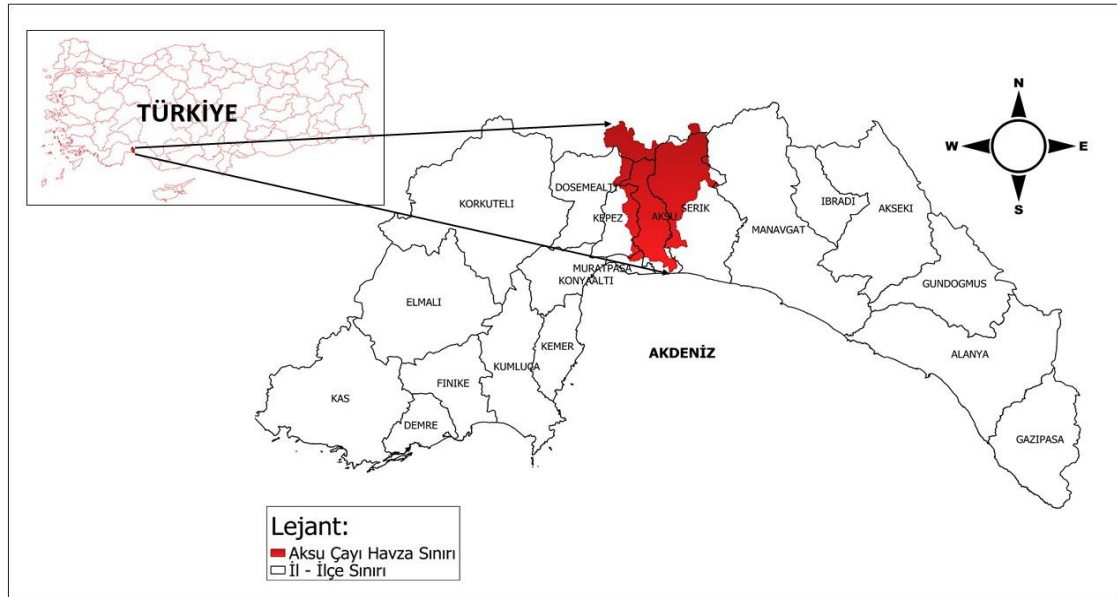
Çalışma Başlığı	Yılı	Tez çalışmasına katkısı
Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Antalya Havzası	2013	Aksu Çayı Alt-Havzası'nın bütünü için toplu veri/bilgiler mevcuttur.
Antalya Havzası Taşkın Yönetim Planı	2016	Aksu Çayı'nın taşkın analizi ve etkileri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.
Antalya Havzası Kuraklık Yönetim Planı	2018	Aksu Çayı Alt-Havzası'nın bütünü için su potansiyeli, kuraklık ve sektörel etkileri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.
İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi	2016	İklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkileri Antalya Nehir Havzası bazında değerlendirilmektedir.
Antalya Havzası İzleme Programı	Ocak 2016 /Mart 2020	Aşağı Aksu Çayı Havzası içinde kalan 5 izleme noktasında belirli aralıklarda genel fizikokimyasal, öncelikli maddeler, belirli kirleticiler (noktasal ve pestisitler) ve hidromorfolojik parametreler için ölçüm ve analizler yapılmıştır. Bu veriler DSİ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
Antalya Aksu Çayı Taşkın Koruma Projesi	2003	Aşağı Aksu Çayı için taşkın koruma projesi tamamlanmış olup, kanal enkesit ve profil verileri DSİ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
9-18 Merkez-Aksu-Gebiz Yeraltısuyu Alt Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu	2018	Etüt sahası, Aşağı Aksu Çayı Havzası'nın büyük bölümü ile aynıdır. Hidrojeolojik veri ve bilgiler etüt raporundan alınarak kullanılmaktadır. Bu rapor, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
Karacaören 1 ve 2 Baraj Gölleri Özel Hükümleri	2017	Belirlenen özel hükümler projenin çalışma alanının kuzeyinde kalan üst havzaya yöneliktir.
Antalya İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu	2020	Antalya ilinin genel çevre durumu anlatılmakta olup çalışma alanı ile ilgili spesifik bilgi ve veri sınırlıdır.

Bu bağlamda Antalya açısından çok önemli su kaynaklarından biri olan Aksu Çayı üzerine yapılan birçok çalışmada fizikokimyasal parametreler üzerinden su kalitesi değerlendirmesi yapılmış olup deterministik modelleme, yayılı kirletici kaynak olan pestisitlerin su kalitesine ve sucul canlılara olan etkisinin risk analizi ile irdelenmesi içerikli hiçbir çalışma bulunmamaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Aksu Çayı Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan Aksu Çayı havzasının bir kısmı Burdur'da, büyük bir kısmı ise Isparta ve Antalya il sınırları içerisinde bulunmaktadır. 8000 km² su toplama alanına sahip olan Aksu, Isparta yakınındaki Akdağ suları ile Davraz Dağı'nın birleşmesiyle oluşmuştur. Toplam uzunluğu 156 km olan Aksu Çayı, Akdeniz Bölgesinde Isparta ve Antalya illeri içerisinde yer almakta olup Isparta ilinde Anamas Dağları'nın batı yüzeyinden doğarak birçok kolla birleşerek Antalya Körfezi'ne dökülmektedir. Şekil 3.1'de tez çalışması kapsamında incelenen Aşağı Aksu Çayı havzasının konumu görülmektedir.



Şekil 3.1. Aşağı Aksu Çayı Havzası'nın Türkiye'deki konumu (Muhammetoğlu, 2022)

Aksu Havzası toplam 105.310 hektar (ha) su toplama alanına sahiptir. Aksu Çayı üzerinde Karacaören I ve Karacaören II Barajları yer almaktadır. Karacaören-1 Barajı sulama suyu temini, taşkın kontrolü ve enerji üretimi amacıyla inşa edilmiştir (DSİ 2017). İçme ve kullanma suyu rezervuarı olan Karacaören 1-2 Baraj Göllerinin su kalitesinin ve miktarının korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması amacıyla 14.08.2017 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Özel Hüküm çalışması gerçekleştirilmiştir.

Bölgenin temel ekonomik kaynağı olan Aksu Çayı havzasında yoğun tarım ve turizm faaliyetleri bulunmaktadır. Aksu Çayı alt havzasındaki baskılar evsel atıksu deşarjları, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticiler (pestisit ve gübre kullanımı), tarımsal amaçlı kontrolsüz su kullanımıdır.

Aksu Nehri mansap havzasında izleme çalışmaları için 12 ölçüm ve örnekleme noktası seçilmiştir. Çalışma alanının memba kısmı Karacaören-2 Baraj Gölü'nün çıkış ağzı, mansabı ise nehrin Akdeniz'e döküldüğü noktadır. Aksu Çayı'nda noktasal ve yayılı kirlilik girdileri mevcut olup noktasal kirlilik kaynağı olarak Kundu Turizm Yatırımcıları

Birliği (KUYAB) atıksu arıtma tesisi (AAT) deşarj suları, yayılı kirlilik kaynağı olarak tarım, hayvancılık ve foseptikler öne çıkmaktadır.

3.1.1. Veri temini çalışmaları

Tez çalışmasında hedeflenen çalışmalar için gerekli olan veriler ilgili kurum ve kuruluşlardan temin edilmiştir (Çizelge 3.1). Veri temin edilen meteoroloji istasyonlarının lokasyonları Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonları ve konumsal bilgileri Çizelge 3.2’de verilmektedir. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonlarından temin edilen meteorolojik veriler ve dönemleri Çizelge 3.3’te verilmektedir.

Çizelge 3.1. Tez çalışması için elde edilen veriler

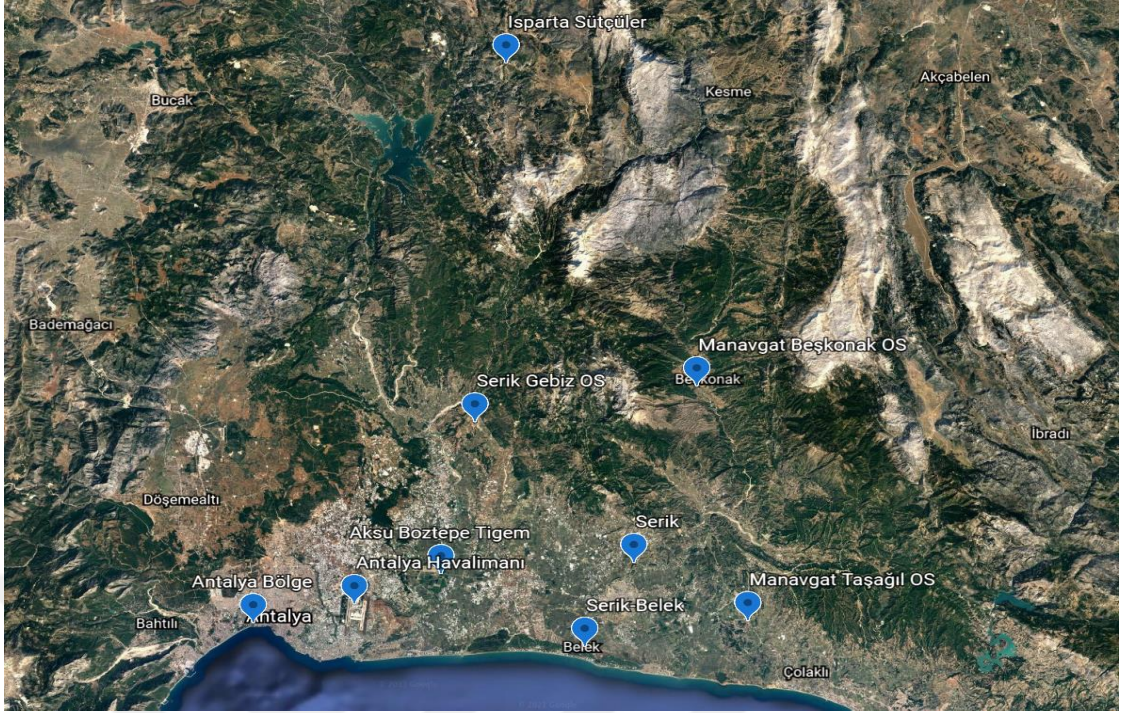
Veri Grubu	Veri Temin Edilen Kurum
Aksu Çayı havza alanında yer alan meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, buharlaşma, rüzgar hızı, nispi nem, bulutluluk, günlük güneşlenme süresi, günlük toplam güneşlenme şiddeti)	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü-Antalya
Aksu Çayı’na deşarj edilen evsel/kentsel atıksuların debisi ve kalitesi	KUYAB
Aksu Çayı için nehir yatağı karakteristikleri (genişlik, derinlik, uzunluk, eğim)	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü
Aksu Çayı için 2016-2020 dönemine ait aylık debi ölçümleri	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü
Aksu Çayı havza alanındaki sulama kanalları ve sulama için çekilen aylık debiler	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü
Aksu Çayı havzası içindeki Küçükaksu Gebiz Akım Gözlem İstasyonu’na ait 2010-2015 yılları arası günlük akım verileri	DSİ Genel Müdürlüğü 2015 Akım Gözlem Yıllığı
Aksu Çayı havzası içindeki Küçükaksu Gebiz Akım Gözlem İstasyonu’na ait 2016-2020 yılları arası günlük akım verileri	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü
Sayısal yükseklik haritası	DEM 30 m çözünürlüklü: ASTER https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp
Toprak haritası	https://soilgrids.org/
Arazi kullanımı/arazi örtüsü haritası	CORINE https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
Aksu Çayı havza alanındaki tarımsal faaliyetler ve hayvancılık	TÜİK Veri Tabanları
Aksu ilçesinde 2019 ve 2020 yıllarında kullanılan gübre ve pestisit çeşitleri ve miktarı	Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

Meteorolojik veriler kapsamında WASP8 modelleme çalışmaları için Aksu Çayı Havzası’nda yer alan toplam 10 adet meteoroloji istasyonu (18014, 17895, 17302, 17915, 18306, 18011, 17917, 17300, 17893 nolu devlet meteoroloji istasyonları) için 2020 ve

2021 yıllarına ait günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, günlük ortalama rüzgar hızları, günlük ortalama nispi nem değerleri Antalya 4. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. 2020 ve 2021 yılları için Antalya Bölge ve Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonlarından günlük ortalama bulutluluk, aylık toplam yağış, aylık toplam açık yüzey buharlaşma miktarları temin edilmiştir. 2020 yılı için Antalya Bölge meteoroloji istasyonundan günlük güneşlenme süresi ile günlük toplam güneşlenme şiddeti değerleri de elde edilmiştir. Bu verilere ek olarak Antalya Bölge 17302 numaralı meteoroloji istasyonundan 2020 ve 2021 yıllarının tamamı için saatlik bulutluluk miktarı, saatlik güneşlenme süresi, saatlik güneşlenme şiddeti, saatlik nispi nem, saatlik ortalama rüzgâr hızı ve saatlik sıcaklık verileri temin edilmiştir. Saatlik meteorolojik veriler özellikle su kalite modellemesi çalışması için gereklidir.

Çizelge 3.2. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonları ve konum bilgileri

İstasyon Adı	DMİ No	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Serik-Gebiz Orman Sahası	18014	37°06'16.6" N	30°56'04.2" E	78
Aksu-Boztepe Tigem	17895	36°56'21.5" N	30°53'52.8" E	10
Antalya-Bölge	17302	36°53'06.4" N	30°40'58.1" E	47
Serik-Belek	17915	36°51'37.4" N	31°03'45.7" E	6
Serik	18306	36°57'06.1" N	31°07'08.0" E	94
Manavgat-Beşkonak Orman Sahası	18011	37°08'38.8" N	31°11'27.2" E	142
Manavgat-Taşağıl Orman Sahası	17917	36°53'19.0" N	31°14'57.8" E	38
Antalya-Havalimanı	17300	36°54'22.7" N	30°47'56.4" E	64
Isparta-Sütçüler	17893	37°29'38.0" N	30°58'19.6" E	985



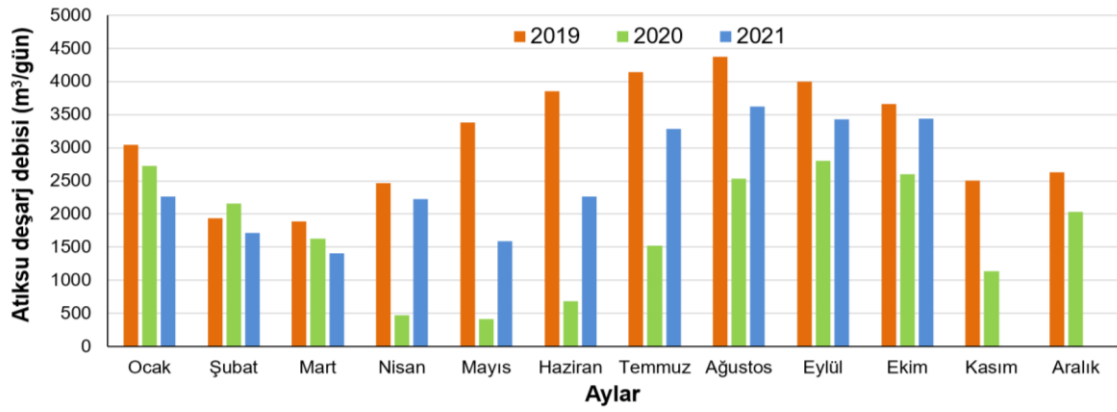
Şekil 3.2. Çalışma sahası için veri temin edilen meteoroloji istasyonlarının lokasyonları

Aşağı Aksu Çayı havza alanı içinde yer alan KUYAB AAT'nin konumu Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Aksu Çayı mansap noktasına yakın bir noktada deşarjı bulunan KUYAB AAT için KUYAB Tesis İşletme Birimi'nden 2019-2021 dönemi için deşarj debileri ile birlikte 2020 ve 2021 yılları için tesis çıkış suyu kalitesine ait analiz sonuçları elde edilmiştir. Veriler Şekil 3.4 ve Çizelgeler 3.4-3.5'te sunulmaktadır. Bu tesis için çıkış suyu analizleri farklı laboratuvarlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Analizler çıkış suyundaki KOİ, BOİ ve AKM konsantrasyonlarını içermektedir. KUYAB AAT, Antalya Lara Bölgesi Kundu Köyü sahilinde bulunan 4 adet turistik tesisin atıksularının arıtılması amacıyla kurulmuştur. Tesis $4800 \text{ m}^3/\text{gün}$ günlük ortalama debi değeri esas alınarak 2003 yılında inşaa edilmiş ve hizmete girmiştir. 2011 yılı itibariyle tesisin hizmet ettiği eşdeğer nüfus 6400 kişi, tesis kapasitesi $8000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Aktif çamur sistemi kapsamında biyolojik azot ve fosfor giderimi de sağlanmaktadır. Tesis nispeten küçük bir kapasiteye sahip olmasına karşın, deşarj noktası itibariyle sahile yakın olması sebebi ile önem taşımaktadır (Muhammetoğlu, 2022).

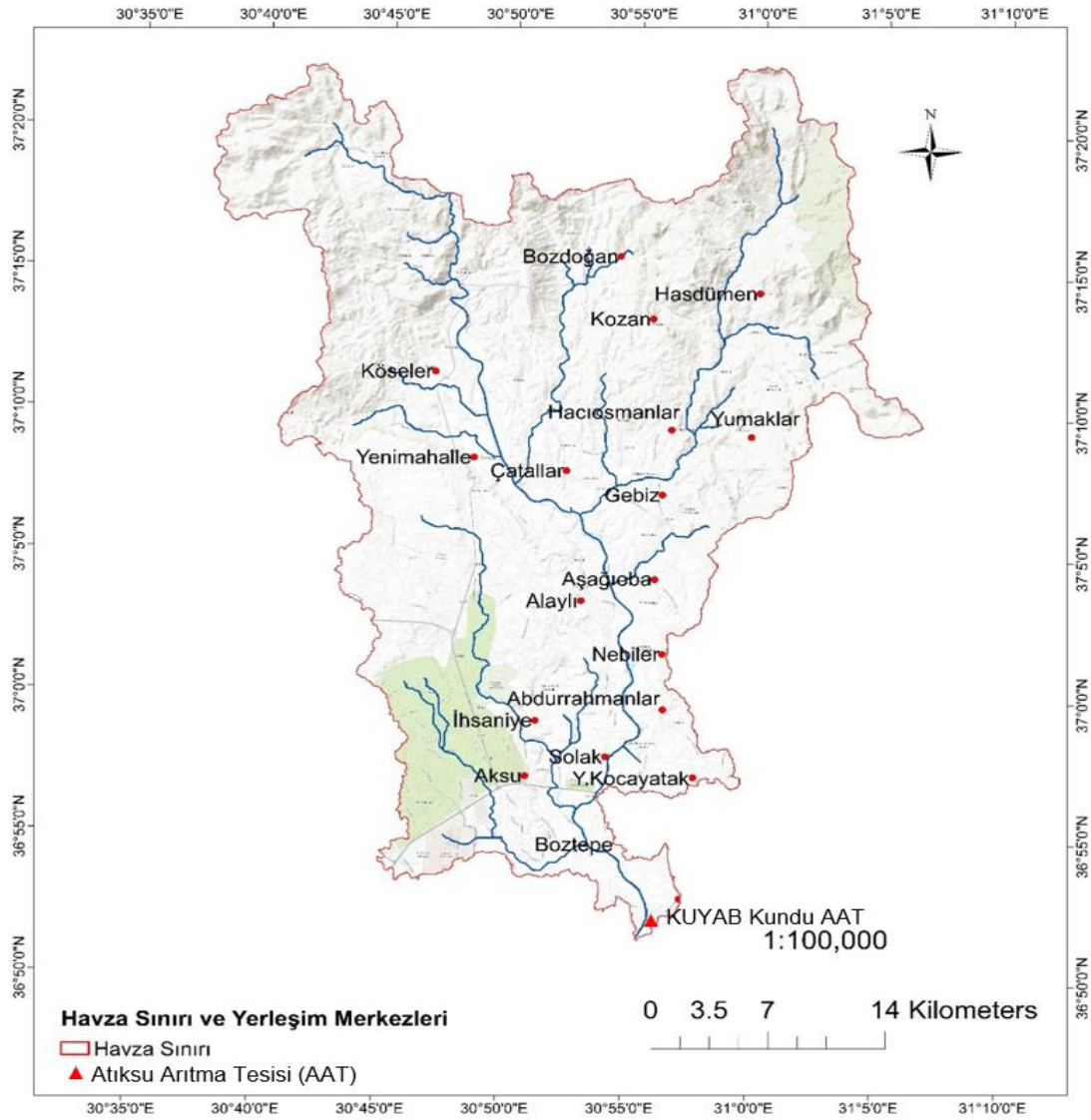
2017 yılından itibaren Aksu Çayı'ndan çekilen aylık toplam sulama suyu miktarları DSİ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup Çizelge 3.6'da verilmektedir.

Çizelge 3.3. Çalışma bölgesi içinde yer alan meteoroloji istasyonlarından temin edilen meteorolojik veriler ve dönemleri (GO: Günlük Ortalama, GT: Günlük Toplam, GM: Günlük Maksimum)

İstasyon Adı	DMİ No	Temin edilen veriler	Dönemi
Serik-Gebiz Orman Sahası	18014	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış	2012-2021
		GM rüzgar yönü ve hızı	2016-2021
Aksu-Boztepe Tigem	17895	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış, GM rüzgar yönü ve hızı	2010-2021
Antalya-Bölge	17302	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış, GM rüzgar yönü ve hızı, GT açık yüzey buharlaşma,GO bulutluluk	2010-2021
		GT global güneş radyasyonu, GT güneşlenme şiddeti, Günlük güneşlenme süresi	2020-2021
Serik-Belek	17915	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış	2012-2021
		GM rüzgar yönü ve hızı	2016-2021
Serik	18306	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış	2014-2021
		GM rüzgar yönü ve hızı	2016-2021
Manavgat-Beşkonak Orman Sahası	18011	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış	2012-2021
		GM rüzgar yönü ve hızı	2016-2021
Manavgat-Taşagıl Orman Sahası	17917	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış	2012-2021
		GM rüzgar yönü ve hızı	2016-2021
Antalya-Havalimanı	17300	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GM rüzgar yönü ve hızı, GO bulutluluk	2010-2021
		GT açık yüzey buharlaşma	2012-2015
		Günlük güneşlenme süresi	2013-2015
Isparta-Sütçüler	17893	Günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, GO rüzgar hızı, GO nispi nem, GT yağış, GM rüzgar yönü ve hızı	2010-2021



Şekil 3.3. KUYAB AAT için 2019-2021 dönemine ait aylık atıksu deşarj debileri (Muhammetoğlu, 2022)



Şekil 3.4. KUYAB Kundu AAT'nin Aşağı Aksu Çayı havza alanı içindeki konumu

Çizelge 3.4. 2020 yılı için KUYAB AAT çıkış suyuna ait analiz sonuçları (Muhammetoğlu, 2022)

Numune Alım Tarihi	Analiz Sonuçları (mg/L)		
	KOİ	BOİ	AKM
8.01.2020	<40	7	4
14.01.2020	18,9	<5	9
23.01.2020	<30	<11	8
10.02.2020	19,1	5	<5
11.02.2020	53	7	8
20.02.2020	<30	<11	5
10.03.2020	14,9	<5	<5
11.03.2020	48	13	18
18.03.2020	<30	<11	5
27.05.2020	48	<10	13
1.06.2020	32,6	6	17
18.06.2020	<30	<11	8
24.06.2020	<40	18	10
7.07.2020	14,1	<5	<5
21.07.2020	57,6	20	11
23.07.2020	<25	<5	12
6.08.2020	12,8	7	<5
18.08.2020	19,9	6	5
24.08.2020	48,46	12	<10
26.08.2020	<30	<11	<3,82
21.09.2020	25,2	<5	8
24.09.2020	<25	<5	<10
30.09.2020	<30	<11	7
30.09.2020	57	7	10
16.10.2020	<30	<11	4
16.10.2020	71	8	8
22.10.2020	20,6	<5	<5
22.10.2020	65,19	16	<10
2.11.2020	16,9	<5	<5
20.11.2020	40,7	9	10
23.11.2020	<25	6	<10
26.11.2020	<30	<11	5
23.12.2020	28,85	7	<10
28.12.2020	<30	<11	5

Çizelge 3.5. 2021 yılı için KUYAB AAT çıkış suyuna ait analiz sonuçları (Muhammetoğlu, 2022)

Numune Alım Tarihi	Analiz Sonuçları (mg/L)		
	KOİ	BOİ	AKM
15.01.2021	<30	<11	5
18.01.2021	25	<5	<10
16.02.2021	80	19	8
18.02.2021	25,09	6	<10
22.02.2021	21,2	5	6
17.03.2021	<40	<6	<5
16.04.2021	<40	7	8
19.04.2021	<25	<5	<10
25.05.2021	58	12	7
16.06.2021	<30	<11	8
16.06.2021	30	<6	5
17.06.2021	35,58	<5	<10
14.07.2021	61	9	7
16.07.2021	33,82	5	<10
16.08.2021	44,11	5	<10
25.08.2021	<30	<11	8
16.09.2021	6,8	<5	9
17.09.2021	<25	<5	<10
24.09.2021	26,17	<5	11
08.10.2021	48	<11	9
25.10.2021	<25	<5	<10

Çizelge 3.6. 2017 - 2021 yılları arasında Aksu Çayı'ndan çekilen aylık toplam sulama suyu miktarları (Muhammetoğlu, 2022)

Aylar	Çekilen aylık toplam sulama suyu (hm ³ /ay)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Ocak	17,001	15,065	12,050	9,183	10,022
Şubat	17,938	10,405	9,530	9,183	10,022
Mart	16,713	8,034	8,785	9,183	10,022
Nisan	16,713	8,442	10,020	11,030	10,022
Mayıs	18,643	18,04	15,135	16,070	14,137
Haziran	20,215	20,218	21,252	22,109	18,170
Temmuz	22,729	26,301	24,023	24,025	21,159
Ağustos	20,969	24,026	24,023	26,301	21,159
Eylül	21,714	20,218	23,249	20,218	14,066
Ekim	18,809	16,174	16,229	17,008	14,169
Kasım	16,681	14,962	14,149	14,149	13,986
Aralık					7,517

Ekim 2020 – Eylül 2021 döneminde DSİ 13. Bölge Müdürlüğü ekipleri tarafından Aksu Çayı (Aksu-1, Aksu-10, Yankol-1, Yankol-2) izleme istasyonlarında aylık periyotlarla debi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Debi ölçümleri sırasında izleme noktalarındaki genişlik, kesit alan, ortalama akış hızı ve ortalama derinlik değerleri de tespit edilmiştir. Aksu Çayı için debi ölçüm sonuçları Çizelge 3.7’de sunulmaktadır.

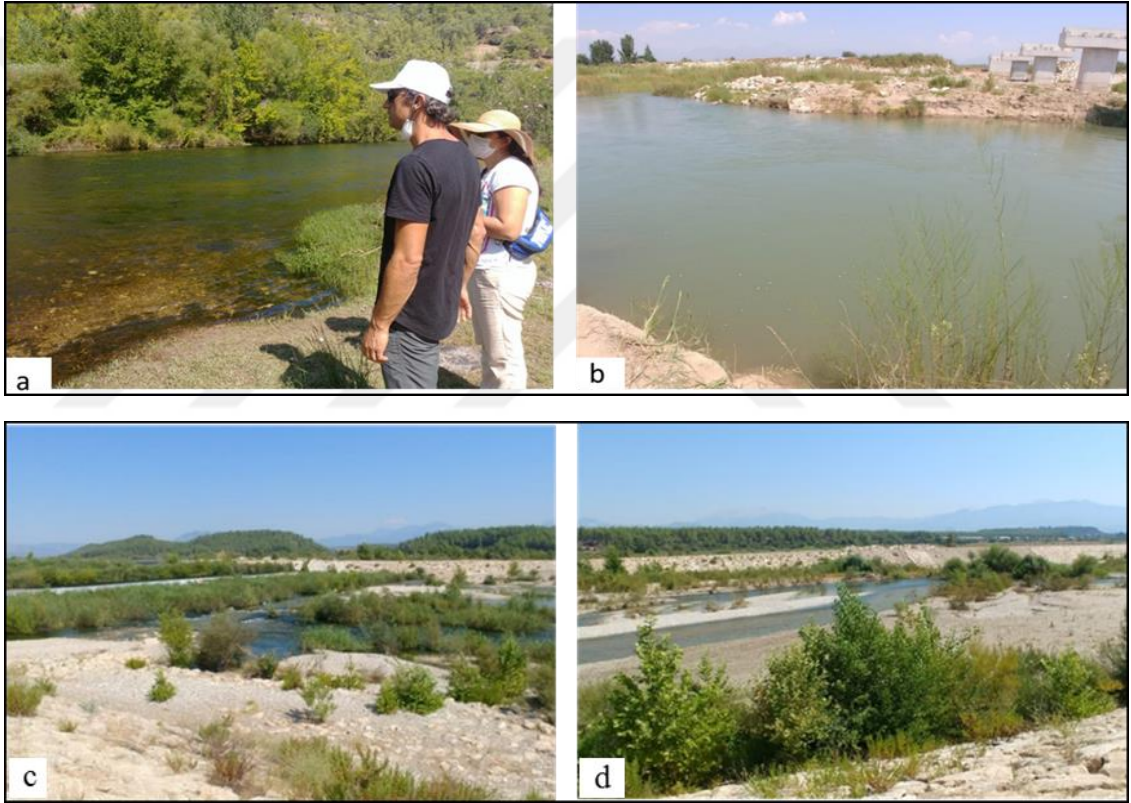
Çizelge 3.7. Ekim 2020 – Eylül 2021 döneminde Aksu Çayı’nda gerçekleştirilen debi ölçümleri sonuçları

Tarih	Debi (m ³ /s)			
	Aksu 1	Yankol-1	Yankol-2	Aksu 10
26.10.2020	15,106	0,447	0,069	20,600
25.11.2020	10,544	2,325	akış yok	11,000
24.12.2020	10,074	2,000	0,125	10,611
22.01.2021	8,869	2,763	akış yok	7,805
26.02.2021	0,335	3,698	akış yok	5,755
05.04.2021	0,432	kuru	akış yok	5,513
30.04.2021	3,497	3,594	akış yok	3,054
28.05.2021	14,017	4,058	0,143	8,916
30.06.2021	19,079	4,570	0,085	7,438
02.08.2021	19,864	5,495	0,023	7,099
31.08.2021	17,994	5,277	0,054	7,452
27.09.2021	12,678	5,381	0,078	7,111

Aksu Çayı’nın çalışma alanı içindeki memba noktası olan Aksu-1 izleme noktasında 2020 yılı Ekim ayında yaklaşık 15 m³/s olarak ölçülen debi değerleri sonraki ölçüm dönemlerinde sürekli azalmıştır. Özellikle Şubat-Nisan 2021 döneminde ölçülen debiler yaklaşık 0,5 m³/s değerinden azdır. Bu durum sonbahar ve özellikle kış döneminde Aksu Çayı’na Karacaören-2 Baraj Gölü’nden bırakılan suların azalmasına bağlıdır. Aksu Çayı’na özellikle sulama suyu ihtiyacının arttığı yaz döneminde daha fazla su bırakılmakta, buna bağlı olarak Aksu Çayı debileri yazın yüksek olmasına rağmen, diğer mevsimlerde göreceli olarak düşük kalmaktadır. Bu durum su kalitesi izleme çalışmalarında da yakından gözlenmiştir. Aksu Çayı’na yankol olarak bağlanan Küçük Aksu Çayı (YK2) izleme çalışmalarında çoğu zaman durgun ve göllenmiş su olarak görülmekte olduğundan DSİ ekiplerince de akış olmadığı için debi ölçümleri yapılmamıştır. Aksu Çayı’nın denize döküldüğü mansap noktasına yakın olan Aksu 10 izleme noktasında 2020 yılı Ekim ayından 2021 yılı Nisan ayına kadarki zaman sürecinde debi değerlerinde sürekli düşüş gözlenmiştir. Ancak Mart ve Nisan 2021 döneminde Aksu 10 izleme noktasındaki debiler Aksu-1 istasyonuna göre daha fazladır. Aksu YK1 izleme noktası tarım arazilerinden gelen drenaj suyu olduğundan genellikle zamansal değişimi daha az olarak ölçülmüştür. Mayıs 2021 döneminde Karacaören-2 Baraj Gölü’nden bırakılan suların artmasına bağlı olarak Aksu 1 ve Aksu 10 izleme noktalarında debi artışları gözlenmiştir. Mayıs-Eylül 2021 döneminde YK1, YK2 ve Aksu 10 izleme noktalarında ölçülen debiler nispeten sabit kalmış iken Aksu 1 izleme noktası için ölçülen debi değerleri Haziran-Ağustos 2021 döneminde en yüksek değerlere ulaşmıştır (Muhammetoğlu, 2022).

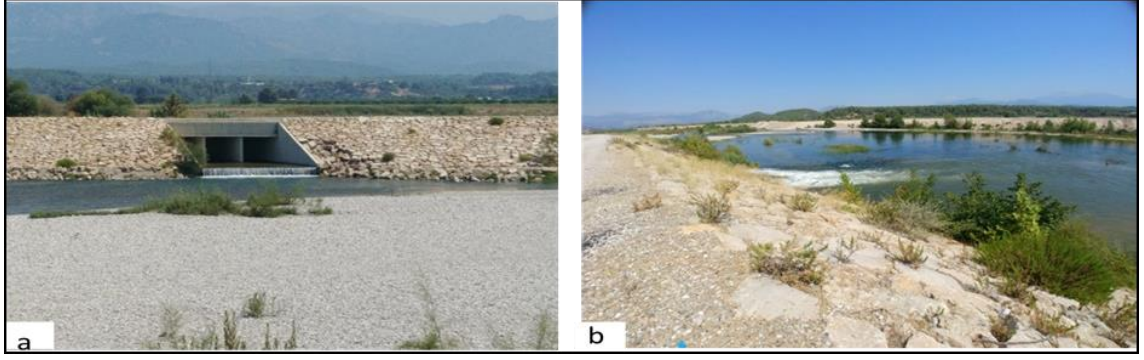
3.2. Su Kalitesi İzleme Çalışması

Su kalitesi izleme çalışması için öncelikle izleme noktalarının tespitine yönelik bir saha etüdü yapılmış olup Aksu Çayı'nın Karacaören 2 Baraj Gölü çıkışından başlayarak denize döküldüğü mansap noktaya kadarki akış yolu ve yan kollar dikkate alınmıştır. İzleme noktalarını belirlemek için Aşağı Aksu Çayı akış güzergahı 27 Ağustos 2020 tarihindeki saha keşif çalışması ile detaylı olarak incelenmiş ve potansiyel izleme noktaları belirlenmiştir. Bu çalışmaya ilişkin görseller Şekil 3.5'te sunulmaktadır. Aşağı Aksu Çayı Havzası için su kalitesi izleme programı incelenen su kaynağının membadan mansaba kadar uzanan akış güzergahı, yan kolları, sulama kanal bağlantıları, izleme noktalarına ulaşım, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (16.06.2021, RG: 31513) ve İzleme Yönetmeliği'nde (11.02.2014, RG: 28910) belirtilen genel prensipler dikkate alınarak tasarlanmıştır. Saha etüt çalışmasında Aşağı Aksu Çayı'nın memba noktasına kadar ulaşılmış ve su kalitesi izleme istasyonlarının lokasyonları belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Aksu Çayı'nın **a)** Karacaören-2 Baraj çıkışı sonrası; **b;c;d)** orta kesimlerinde yer alan olası izleme noktaları

Aksu Çayı örnekleme alanı içerisinde 2 adet yan kol girişi vardır. Bunlardan ilki orta kesimde yer alan yüksek debili drenaj kanalı ve ikincisi de Küçük Aksu Dere'sidir (Şekil 3.6. a) Drenaj kanalı; b) Küçük Aksu Deresi).



Şekil 3.6. Aşağı Aksu Çayı’nın orta kesimlerinde yer alan; **a)** drenaj kanalı (Aksu YK-1); **b)** Küçük Aksu Deresi (Aksu YK2) yan kol bağlantılarının görünümü

Yan kol girdisi olduğu için önem arzeden bu iki noktadan Küçük Aksu Deresi (Aksu YK2 istasyonu) genelde yıl içerisinde durgun su durumunda gözlemlendiği için çoğunlukla örnekleme yapılamamıştır (Şekil 3.6). Aşağı Aksu Çayı Havzası’na ait bazı görseller ise Şekil 3.7’de sunulmuştur.



Şekil 3.7. Aşağı Aksu Çayı Havzası’na ait bazı görseller

Nihai izleme noktaları, memba noktası olan Karacaören 2 Baraj Gölü çıkışından başlayarak denize döküldüğü mansap noktasına kadar uzanan havza alanındaki yerleşim alanları, tarımsal ve diğer faaliyetlere göre noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları da göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yaklaşık 65 km uzunluğundaki Aşağı Aksu Çayı’nda ana kol üzerindeki 10 adet izleme noktasına ek olarak 2 adet yan kol giriş noktasında da su kalitesi izlemesi yapılmıştır. Aksu Çayı için su kalitesi izleme çalışmalarının gerçekleştirildiği tüm istasyonların konum bilgileri Çizelge 3.8’de sunulmakta ve lokasyonları Şekil 3.8’de gösterilmektedir.

İzleme çalışmasına dahil olan parametreler, izleme sıklığı, izleme yapılan istasyonlar, parametrelerin ölçüm ve analizini gerçekleştiren kurum/kuruluş bilgileri Çizelge 3.9’da özetlenmektedir.

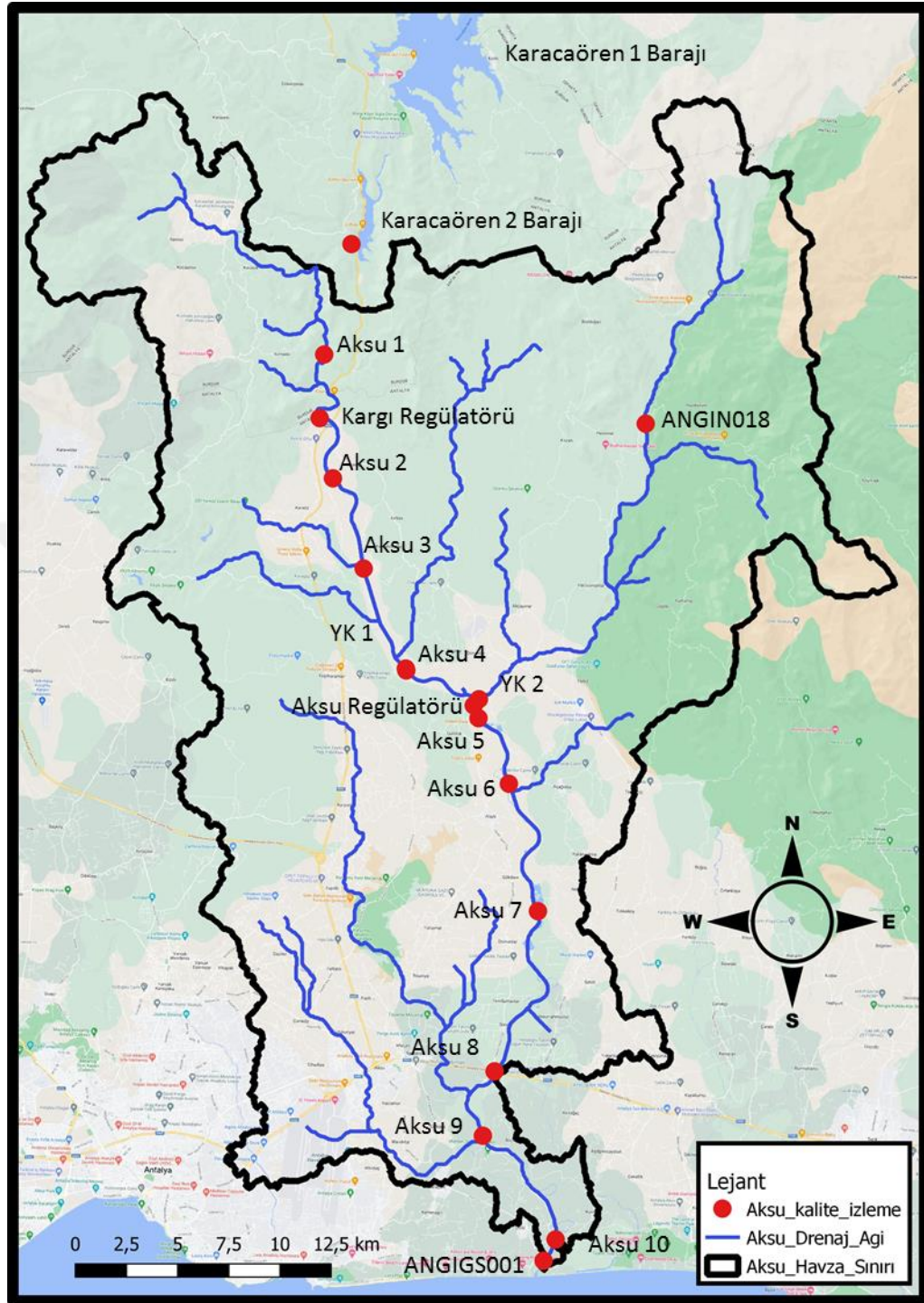
Çizelge 3.8. Aksu Çayı su kalitesi izleme istasyonlarının konum bilgileri

İstasyon No	Açıklama	Enlem	Boylam
Aksu-1(memba)	Karacaören-2 Baraj çıkışı sonrası	37°15'27" N	30°47'38"E
Aksu-2	ana kol üzerinde	37°12'11" N	30°48'01"E
Aksu-3	ana kol üzerinde	37°09'49" N	30°49'06"E
Aksu-4	ana kol üzerinde	37°07'12" N	30°50'34"E
YK-1 (yüksek debili drenaj kanalı)	yan kol girişi	37°07'09" N	30°50'35"E
YK-2 (Küçük Aksu Çayı)	yan kol girişi	37°06'26" N	30°53'00"E
Aksu-5	ana kol üzerinde	37°05'56" N	30°53'00"E
Aksu-6	ana kol üzerinde	37°04'13" N	30°54'03"E
Aksu-7	ana kol üzerinde	37°00'52" N	30°55'06"E
Aksu-8	ana kol üzerinde	36°56'37" N	30°53'48"E
Aksu-9	ana kol üzerinde	36°54'54" N	30°53'27"E
Aksu-10(mansap)	ana kol üzerinde	36°52'12" N	30°55'55"E

Çizelge 3.9. Aksu Çayı'nda gerçekleştirilen izleme çalışmasına ait özet bilgiler

	Genel fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametreler	Pestisitler	Debi
Gerçekleştiren kurum/kuruluş	TÜBİTAK Proje ekibi /AKSAM	Özel bir akredite laboratuvar	DSİ 13. Bölge Müdürlüğü
İzleme sıklığı	Aylık	2 Aylık Periyotlarda	Aylık
İstasyon No			
Aksu-1	✓	✓	✓
Aksu-2	✓		
Aksu-3	✓		
Aksu-4	✓	✓	
YK-1	✓		✓
YK-2	✓		✓
Aksu-5	✓	✓	
Aksu-6	✓		
Aksu-7	✓		
Aksu-8	✓	✓	
Aksu-9	✓	✓	
Aksu-10	✓	✓	✓

Aksu Çayı su kalitesi izleme çalışmaları ve debi ölçümleri bir yıl süresince aylık olarak toplam 12 kez, pestisit analizleri ise 2 aylık periyotlar ile bir yıl süresince toplam 6 kez gerçekleştirilmiştir. Belirlenen istasyonlardaki debi ölçümleri Antalya'da bulunan DSİ 13. Bölge Müdürlüğü'nün saha ekipleri tarafından aylık olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Aksu Çayı izleme çalışması için ölçüm/örnekleme yapılan istasyonlar

Aksu Çayı için ilk arazi çalışması 22 Eylül 2020 tarihinde başlamıştır. Şekil 3.9’da Aksu 1 ve 2 istasyonlarından örnekleme, ölçüm çalışmaları ve numune taşıma süreci gösterilmektedir. Bakteriyolojik analizler için önceden otoklavda sterilizasyonu yapılmış 100 mL hacimli koyu kahverengi renkli amber cam şişeler ile çay yatağının orta kesitinden doğrudan suya daldırılıp su numunesi alındıktan hemen sonra üzeri hava

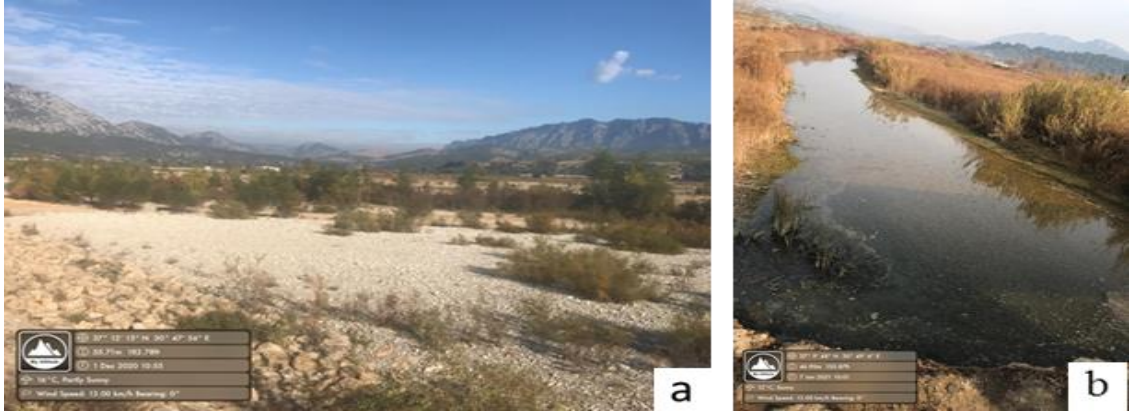
almayacak Şekilde kapatılarak örnekler toplanmıştır. YSI EXO2 Sonda cihazıyla sahadaki su kalitesi ölçümleri yapılmıştır.

Akarsudan numune alımı dere yatağı geniŐliđini ve 3 farklı derinliği (yüzey, orta ve dip) temsil edecek Şekilde yaklaşık 10 L hacimli kompozit su numuneleri halinde manuel olarak toplanmıştır. Toplanan su numuneleri 2,5 L hacimli polipropilen örnek kaplarına alınarak, sahada soğutmalı ve ışık almayan taşıma kaplarında mufaza edilmiş ve laboratuvar ortamına kadar korumalı Şekilde taŐınmıŐtır.



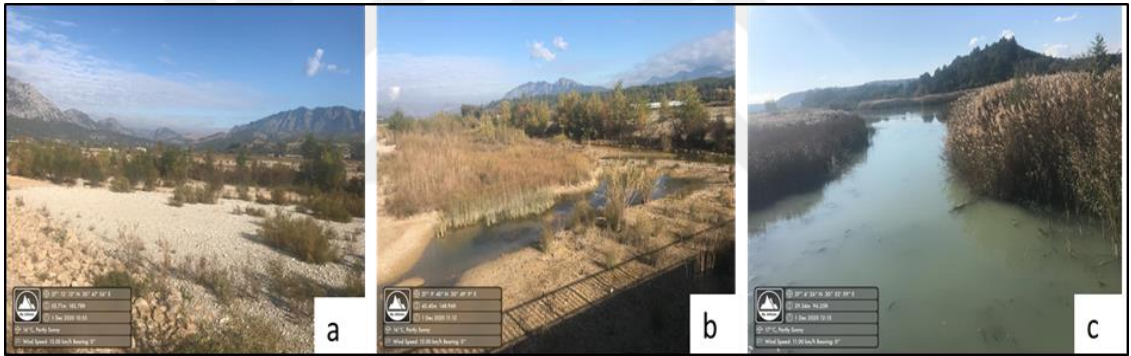
Şekil 3.9. a) Bakteriyolojik numune alımı (Aksu 1); **b)** Multiparametrik su kalite  l  m YSI EXO2 sonda ile saha ölçümlerinin gerçekleştirilmesi (Aksu 1); **c); d)**  rnekleme çubuğu kompozit su numunesi alımı (Aksu 2); **e)** Taşıma kapları ve sahada kullanılan cihazlar

Aksu 2 ve Aksu 3 istasyonları için yıl içerisinde belli dönemlerde çayın kuruması ve akışın olmadığı durumlar gözlenmiştir. Bunun sebebi çoğunlukla tarım maksatlı su çekimlerinin olmasıdır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. a) Aksu 2 dere yatağı kuru; b) Aksu 3 durgun su durumu

Üçüncü su kalitesi izleme çalışması 2 Aralık 2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde Şekil 3.10'da görüldüğü gibi Aksu-2 ve Aksu-3 izleme noktaları kuru/çok az su içerdiği için ölçüm ve örnekleme yapılamamıştır. Ek olarak Aksu Yankol-2 izleme noktasında da akış olmadığından (mevcut su durgun ve göllenmiş şekilde) ölçüm ve örnekleme yapılamamıştır. Bu izleme noktalarına ilişkin görseller Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. a) Aksu 2 dere yatağı kuru; b) Aksu 3 dere yatağında çok az su mevcut, akış yok; c) Aksu YK2 durgun su



Şekil 3.12. a) Aksu 4; b) Aksu 5 örnekleme noktaları

Yıl boyunca akışın olduğu Aksu 4 ve Aksu 5 istasyonlarında ölçüm/örneklemeler eksiksiz olarak yapılmıştır (Şekil 3.12.). Havzanın bu kısmında yıl boyunca akışın olmasına yeraltı suyu girdisinin katkı sağladığı düşünülmektedir. Aksu 5 ve akış yönünde Aksu Çayı'nın mansap noktasına doğru olan Aksu 6, Aksu 7, Aksu 8, Aksu 9 ve Aksu 10 noktalarında yıl boyunca akış gözlenmiştir.

Örnekleme çalışmalarının zor olduğu köprü üstü alanlar, Aksu Çayı içerisine girecek alanların olmadığı ya da akarsu debisinin çok yüksek olduğu istasyonlarda kompozit numune örnekleme Şekil 3.13'de gösterildiği gibi Nansel örnekleme ile yapılmıştır. Bakteriyolojik örnekleme için steril amber şişeye uygun olarak tasarlanan örnekleme kabı kullanılmıştır.



Şekil 3.13. a) Nansel şişesinin kullanımı (Aksu 8); **b)** bakteriyolojik numune kabı kullanımı (Aksu 10); **c)** YSI EXO2 Sonda cihazı kullanımı (Aksu 7)

KUYAB AAT Aksu 9 ve Aksu 10 istasyonları arasında yer almakta olup deşarj suyu sadece Aksu 10 istasyonunu etkilemektedir (Şekil 3.14). Aksu Çayı'nın mansap noktasına yakın bir konumda yer alan Aksu 10 istasyonu genel olarak diğer izleme istasyonlarına göre farklılık göstermiştir. Yıl boyunca hem deniz suyunun hem de noktasal kirlilik kaynağı olan KUYAB AAT deşarj suyunun etkisi su kalitesi ölçüm ve analiz sonuçlarında farklılık yaratmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. KUYAB Kundu AAT'nin konumu



Şekil 3.15. Aksu Çayı mansap örnekleme istasyonu (Aksu 10)

3.3. Su Kalitesi İzleme Parametreleri, Ölçüm ve Analiz Yöntemleri

Aksu Çayı'nın su kalitesi izleme çalışmaları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (16.06.2021, RG: 31513) ve İzleme Yönetmeliği (11.02.2014, RG: 28910) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışması tüm izleme istasyonlarında bir yıl boyunca aylık olarak gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışması kapsamındaki tüm analizler Antalya'da Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü Antalya Kampüsü'nde bulunan laboratuvar da gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmaları kurumda görevli olan ve tez çalışmasının desteklendiği 119Y267 nolu TÜBİTAK projesinde araştırmacı olan Dr. Mehmet Ali Turan KOÇER tarafından koordine edilip, aynı kurumda görevli olan Dr. Murat YEŞİLTAŞ (proje araştırmacısı) ve proje bursiyer öğrencileri Pelin ORHAN ve Ayşenur USLU ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

Fizikokimyasal parametreler için, su numuneleri nehir kesitinin tamamını temsil edecek şekilde elde edilmiştir. Numuneler tüm dere yatağı genişliği ve üç farklı derinliği (yüzey, orta ve dip derinlik) temsil edecek şekilde yaklaşık 10 L hacimli kompozit su numuneleri halinde manuel olarak toplanmıştır. Bakteriyolojik parametreler, anyon, katyon, KOİ ve BOİ₅ parametreleri için analizler, numunelerin toplandığı aynı gün içerisinde laboratuvar ortamında yapılmıştır.

Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve doygunluk yüzdesi ile klorofil-a parametrelerinin ölçümleri sahada izleme noktalarında YSI EXO2 model multiparametrik ölçüm sondası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz arazi çalışması öncesinde standart çözelti ile kalibre edilmiştir. Renk parametresi, gerçek renk olarak UV/Vis spektrofotometre cihazı ile 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında ölçülmüştür (ISO7887 2011). Askıda katı madde analizi için su numuneleri önceden tartılıp sabit ağırlıkları alınmış cam fiber filtre kağıtlarından süzülüp, 103-105 °C aralığında etüvde 4 saat kurutulmuştur. Daha sonra ilk tartım son tartım ağırlık farkı ölçülüp kaydedilmiştir. Böylece sudaki askıda katı madde miktarı ölçülmüştür. Toplam alkalinite ve bikarbonat titrimetrik yöntemler ile analiz edilmiştir (APHA 1998). KOİ ve BOİ₅ analizleri standart metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (APHA 1998). Su numunelerindeki anyon (florür, klorür, nitrit, bromür, sülfat, nitrat ve fosfat) ve katyon (lityum, sodyum, amonyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum) grupları Thermo Scientific Dionex ICS-3000 Reagent-Free İyon Kromatografi (IC) sistemi ile analiz edilmiştir. Toplam organik karbon (TOK) ve toplam azot (TN) parametreleri eş zamanlı olarak dört kanallı NDIR ve CLD dedektörü olan HACH IL550 TOC/TN cihazı ile yüksek sıcaklıkta katalitik yakma yöntemi ve cihaz kullanım yönergelerine göre analiz edilmiştir. Toplam organik azot (TON), TN ile inorganik azot formlarının toplamının farkı [TON = TN-(NH₄-N + NO₂-N + NO₃-N)] alınarak hesaplanmıştır. Toplam fosfor (P) ve Orto fosfat (PO₄-P) askorbik asit metodu ve persülfat parçalaması uygulanarak spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (APHA 1998).

Bakteriyolojik parametrelerin analizleri ise aşağıda özetlenen şekilde gerçekleştirilmiştir:

- Toplam koliform analizi: Su numuneleri steril membran filtrelerden süzdürüldükten sonra m-Endo besi yeri içeren petri kutularında 35,0±0,5 °C sıcaklıkta 24±2 saatlik inkübasyon sonrası altın yeşil metalik parlaklık veren kırmızı koloniler sayılarak tayin işlemi tamamlanmıştır.
- Fekal koliform analizi: Su numuneleri steril membran filtrelerden süzdürüldükten sonra m-FC besi yeri içeren petri kutularında 44,5±0,2 °C sıcaklıkta 24±2 saatlik inkübasyon sonrası altın mavi renkli koloniler sayılarak tayin işlemi tamamlanmıştır.
- *Escherichia coli* (*E.Coli*): Toplam koliform analizinde olduğu gibi m-Endo besi yerinde inkübasyonundan sonra NA-MUG besi yerinde 35,0±0,5 °C sıcaklıkta 4 saatlik ek inkübasyondan sonra uzun dalga UV ışık altında mavi parlaklık veren ve merkezi koyu renkli koloniler sayılarak tayin işlemi tamamlanmıştır.
- Fekal streptokok analizi: Su numuneleri steril membran filtrelerden süzdürüldükten sonra KF streptokok besi yeri içeren petri kutularında 35,0±0,5 °C sıcaklıkta 46±2 saatlik inkübasyon sonrası koyu kırmızı koloniler sayılarak tayin edilmiştir (APHA 1998; Myers ve Sylvester 1997).

Su kalitesi izleme çalışması kapsamındaki pestisitler için analizler, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından TD EN ISO için AB-0038-T kayıt numarasıyla akredite edilmiş bir laboratuvar (Çınar Çevre Laboratuvarı) çok düşük LOD ve LOQ değerlerine sahip GC-MS ve LC-MSMS laboratuvar ekipmanları kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda izlenen su kalite parametreleri için kirletici grubu, tespit limiti (LOD), tayin limiti (LOQ), analiz metodu, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde tanımlanan yıllık ortalama ve maksimum Çevresel Kalite Standardı değerleri (YO-ÇKS ve MAK-ÇKS) EK-1'de sunulmaktadır. Pestisitlerin kullanıldığı ürün türleri, pestisit etken maddeleri, ticari isimleri, ürün kategori bilgileri, zararlı organizma adları ve bitki hastalıkları, uygulama dozları ve periyotlarına ilişkin bilgiler Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Dairesi Başkanlığı "Bitki Koruma Ürünleri" Veri Tabanından elde edilmiştir (TOB 2023).

3.4. Model Uygulaması

3.4.1. Yayılı yüklerin hesaplanması (Mapshed Modeli tanıtımı)

MapShed modeli uygulaması için meteoroloji istasyonlarının lokasyonları, model uygulaması yapılan havza sınırı, akarsu ağı, toprak ile ilgili veriler zorunlu olan veri katmanlarıdır ve CBS shape dosyaları şeklinde programa aktarılmaktadır. Ek olarak arazi kullanımı/örtüsü ve yükseklik verileri de zorunlu olan diğer veri katmanlarıdır ve CBS grid dosyaları şeklinde programa aktarımı yapılmaktadır.

MapShed model uygulaması için öncelikle zorunlu olan veri katmanları Aşağı Aksu Çayı Havzası için CBS ortamında hazırlanmıştır. MapShed modelinin Aşağı Aksu Çayı Havzası uygulaması için;

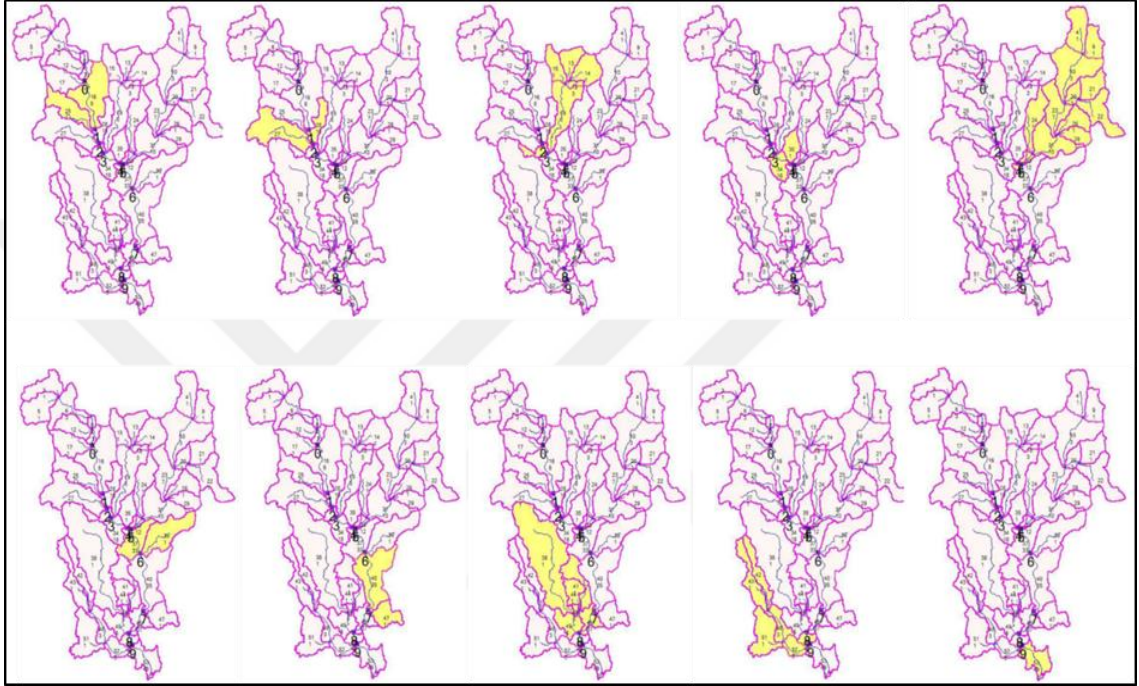
- ❖ Yükseklik haritası
- ❖ Arazi kullanımı/örtüsü haritası
- ❖ Toprak haritası
- ❖ Akarsu ağı haritası
- ❖ Havza sınırı ve alt havzalar
- ❖ Meteoroloji istasyonlarının lokasyonları haritaları oluşturulmuştur.

Aşağı Aksu Çayı Havzası için MapShed model uygulamasında günlük su akım verileri mevcut olan Kargı Regülatörü, modellenen havza alanının memba noktası olarak seçilmiş ve CBS haritaları da modelin uygulandığı alana göre oluşturulmuştur (Muhammetoğlu 2022).

MapShed modelinin Aşağı Aksu Çayı Havzası uygulaması için öncelikle hidrolojik model kısmının kalibrasyon ve doğrulaması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için uzun dönemde günlük akım verileri olan tek alt havza alanı Küçükaksu Gebiz Akım Gözlem İstasyonu'na bağlı olan alt havzadır. Model kalibrasyonu ve doğrulama dönemleri aşağıda belirtilmektedir:

- Model kalibrasyonu dönemi : 1 Ocak 2013 – 31 Aralık 2015
- Model doğrulama dönemi: 1 Kasım 2017 – 31 Aralık 2019

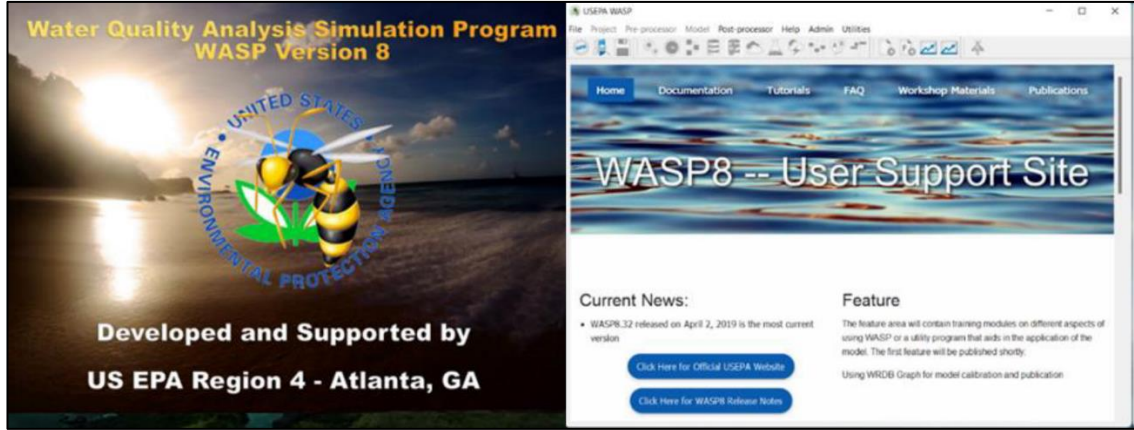
MapShed modeli ile yağış ve yüzeysel akış simülasyonuna ek olarak havzadaki arazi örtüsü/kullanımı ve diğer etki faktörleri dikkate alınarak günlük toplam AKM yükü ve konsantrasyonu, TN yükü ve konsantrasyonu, TP yükü ve konsantrasyonu tahminleri elde edilmektedir. Şekil 3.16'da Aşağı Aksu Çayı havzasının MapShed modelinde oluşturulan 10 adet alt havzası gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Aksu Çayı Havzası'nın MapShed modelinde 10 adet alt havza alanının gösterimi (Muhammetoğlu 2022)

3.4.2. WASP modeli genel tanıtımı

Aşağı Aksu Çayı'nın su kalite modellemesi için ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilmiş olan Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)'ın en güncel sürümü olan WASP 8.3 (2 Nisan 2019) modelinin İleri Ötrofikasyon modülü kullanılmıştır. Modelin ekran görüntüsü Şekil 3.17'de gösterilmektedir. Model, USEPA tarafından ücretsiz erişime açıktır. Esnek bölme modelleme yaklaşımına dayalı olarak, WASP, ayrı fiziksel bölmeler veya "segmentler" arasında advectif ve dispersif taşınım ile bir, iki veya üç boyutlu olarak uygulanabilir.



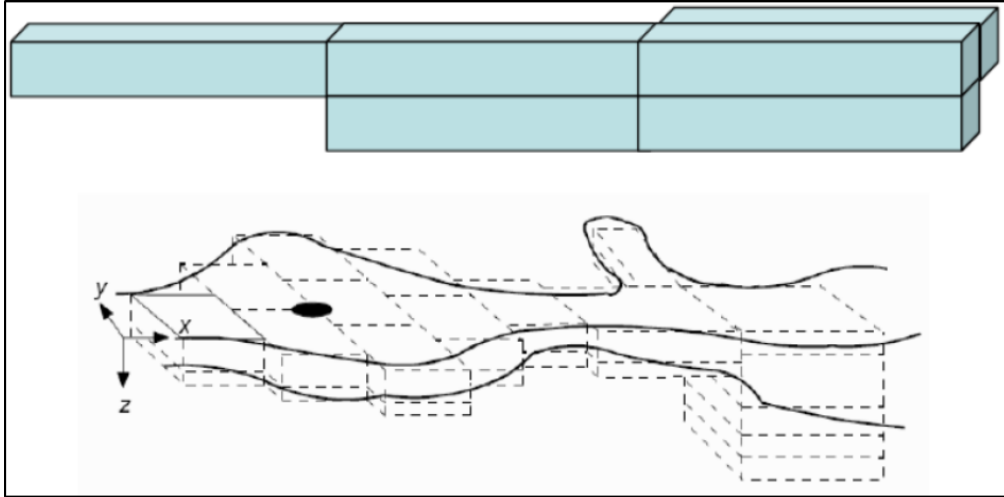
Şekil 3.17. WASP8 Modeli ana ekran görüntüsü ve WASP8 çalışma ekran görüntüsü

WASP modeli kullanıcıların, doğal ve insan kaynaklı kirlenme sonucu oluşan su kalitesi değişimlerini analiz edebilmesini ve geleceğe yönelik tahminler yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. WASP, su kolonu ile sediment tabakası etkileşimleri ile birlikte dip canlıları da dâhil olan su sistemleri için kullanılabilir. Adveksiyon, dispersiyon, noktasal ve yayılı kirlilik yüklemeleri ile sınır değişimlerine ait dinamik süreçler temel program içinde kullanılmaktadır. WASP, su kolonu ile temasta bulunan sediment yatağı arasındaki kalite değişim dinamiğini modelleyebilen bir su kalitesi modelidir. Hidrodinamik ve katı madde taşınım modelleri ile birlikte kullanılarak, akım, hız, sıcaklık, tuzluluk ve katı madde akılarının kalite üzerindeki etkisini ortaya koymak için kullanılabilir. Bunun yanı sıra BOİ, ÇO, N ve P grupları ile ötrofikasyon, bakteriyel kirlenme, organik kirlenme ve ağır metal kirliliği gibi farklı su kalitesi bileşenlerini de su akımıyla eş zamanlı olarak modelleyebilmektedir. WASP, su ekosistemlerinin değişik kısımlarını temsil edebilen dört katman içermektedir. Bu katmanlar;

- Atmosfer ile teması olan su kolonu,
- Atmosfer ile teması olmayan su kolonu,
- Su kolonu ile teması olan sediment yatağı,
- Su kolonu ile teması olmayan sediment yatağı olarak tanımlanmıştır.

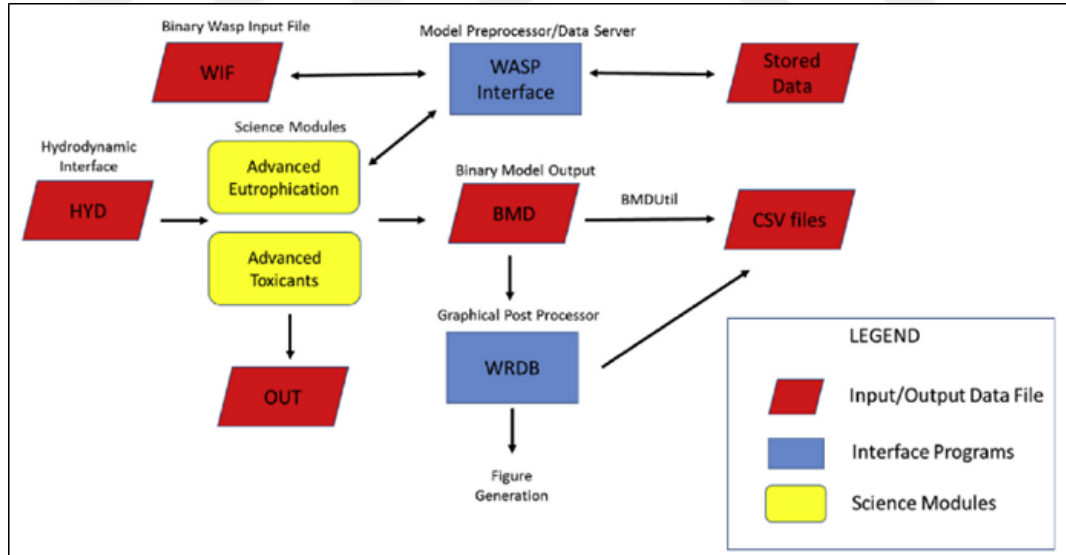
Katmanlar arasındaki su ve katı madde korunumu sağlanırken, su sütununda akıntı ile taşınım, yatak sedimenti boşluklarında taşınım, su sütununda çökme/yeniden askıya geçme süreçleri ve yağış/buharlaştırma ile taşınım hesaba katılmaktadır.

Modellenecek yüzey suyu kullanıcının belirlediği ve model terminolojisinde “segment” olarak adlandırılan kutulara bölünerek model ağı oluşturulur. Model ağı su ortamlarını sıfır, bir, iki ve üç boyutlu temsil edecek şekilde ayarlanabilmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. WASP model kutuları ve model ağı (Ambrose vd. 1993)

Tek boyutlu ağlarda akış dinamiklerinin advectif taşınım ile serbest akışın olduğu sistemlerde daha gerçekçi bir simülasyonunu sağlamak için kinematik dalga nehir akışı seçeneği uygulanır. Kinematik akış, alt eğim ve alt pürüzlülük tarafından kontrol edilir. Kinematik dalga formülasyonu, çoğu akarsu ve küçük nehir sistemi için kullanılabilir. WASP, zamanla değişen giriş ve çıkışlara yanıt olarak ağ üzerinden aşağı akışı simüle eder. Zamana bağlı olarak adveksiyon, dispersiyon, noktasal/yayılı yüklemeler ve sınır koşul değişimi gibi süreçler de modelde sunulmuştur. WASP8'in model çerçevesi Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. WASP8 modeli çerçevesi (Knights vd. 2019)

WASP, kendi içerisinde bir dizi hidrodinamik modüle sahiptir (örneğin, akış yönlendirme, kinematik dalga, difüzyon dalga ve dispersif dalga) ve bir hidrodinamik dosya (HYD dosyası) ile diğer hidrodinamik modellerden (örneğin EFDC) veri dosyalarını içe aktarabilir. EUTRO ve TOXI modülleri, kinetik parametreler için paylaşılan kütüphaneler ve belirli durum değişkenleri için dönüştürme süreçleridir.

Depolanan veri dosyaları, zaman fonksiyonları (güneş radyasyonu, hava sıcaklığı vb.), sınır konsantrasyonları, girişler ve yükler için veri tabanı zaman serisi bilgilerini içerir. WASP simülasyonu gerçekleştirildiğinde, bir OUT dosyası (parametrelerin ve çıktıların bir metin dosyası) ve bir BMD (ikili veri) dosyası üretilir. BMD, verileri yönetmek ve grafik çıktıları sağlamak için WASP ile çalışan bir araç olan WRDB tarafından okunabilir. WRDB, daha fazla veri analizi için diğer programların okuması için (örneğin CSV) şekiller veya dosyalar oluşturmak için de kullanılabilir.

Hidrodinamik Model

WASP8 içinde hidrodinamik çözüm için taşınım modu kapsamında yedi farklı seçenek (*stream routing, ponded weir, hydrodynamic linkage, kinematic wave, diffusive wave, dynamic flow ve flow routing*) sunulmaktadır. Seçilen taşınım moduna göre model girdi dosyasında ilgili veri alanları aktifleşmekte ve bu alanlara veri girişi yapılmaktadır. Akım şartlarının bir fonksiyonu olarak, segment geometrisinin iyi bir şekilde tanımlanması, nehirlerin WASP8 modeli kullanılarak benzetimi için önem teşkil etmektedir.

WAS8 nehir taşınım modeli ile dal yapısındaki nehir ağlarının serbest akışlı ve hareketsiz (göllenmiş) segmentleri modellenenbilmektedir. Tek boyutlu ve dal yapısındaki nehirlerde “*flow routing*” taşınım modu ile serbest akışlı, hareketsiz, gel-git etkisi ile etkilenen bölümler ve segmentler modellenenbilmektedir. Kinematik dalga (*kinematic wave*) taşınım modu ise serbest akışlı segmentler arası advectif taşınım modellenmesi için gerçekçi bir seçenektir. Kinematik dalga eşitliği ile akım dalga yayılımı hesaplanmakta ve değişken memba debilerine göre akım, hacim, derinlik ve hız değişimleri belirlenmektedir. Bu yaklaşımda tek boyutlu süreklilik eşitliği ile yerçekimi ve sürtünmeyi dikkate alan basitleştirilmiş momentum eşitliği kullanılmaktadır. Hareketsiz (göllenmiş) segmentler arasındaki advectif taşınım keskin kenarlı savak eşitliği ile kontrol edilmektedir. Bu eşitlikte savak üzerindeki su seviyesine göre çıkış akımı hesaplanmaktadır. Göllenmiş bölümlerde serbest akışlı bir yüzey segmenti ve durgun halde bir yüzeyaltı segment tanımlanabilir. Dinamik akım (*dynamic flow*) taşınım modunda momentum eşitlikleri ile segment çıkışındaki akım ve buna bağlı olarak hız, yüzey kotu, derinlik ve hacim değerleri hesaplanmaktadır. Dinamik akım hesaplama modülü ile değişken memba debileri ve mansap kot değerlerinin etkisi dikkate alınarak sığ bir su sistemindeki uzun dalga yayılımı tanımlanmakta ve momentum ve hacim korunumu sağlanmaktadır. Bu yaklaşımda yerçekimi, sürtünme ve konvektif atalet dikkate alınarak akımın sürekli tek boyutlu olduğu varsayılır ve akım yönüne dik olan ivmeler ihmal edilir. Bu tanımlama ile sabit yüzey genişliği ve düşük taban eğimleri olan farklı derinliklerdeki su kanalları (örnek olarak dikdörtgen) başarılı bir şekilde temsil edilebilir. Dinamik akım taşınım modu iki boyutlu ve dal yapısına sahip su kütlelerinin temsil edilmesinde kullanılabilir.

Hız ve derinlik tanımı için debi katsayılarıyla (çarpan ve üstel katsayı değerleri) hesap yapılabilir. Bu hesap yönteminde, akım rasat istasyonlarında oluşturulan anahtar eğrilerinin kullanılması mümkündür. Akış hızı, ortalama derinlik ve ortalama genişlik değerlerinin akım katsayıları ile hesaplanması için kullanılan bağıntılar aşağıda sunulmaktadır:

$$V = a * Q^b \quad (3.1)$$

$$D = c * Q^d \quad (3.2)$$

$$B = e * Q^f \quad (3.3)$$

V: akış hızı (m/sn)

D: ortalama derinlik (m)

B: ortalama genişlik (m)

a, b, c, d, e ve f ampirik katsayılar

Kesit alan (A), ortalama derinlik (D) ve ortalama genişliğin (B) bir fonksiyonu olarak yazılırsa;

$$A = D * B \quad (3.4)$$

Süreklilik eşitliğinden:

$$Q = V * A = V * D * B = (a * Q^b) * (c * Q^d) * (e * Q^f) = (a * c * e) * Q^{b+d+f} \quad (3.5)$$

Dolayısıyla, $a*c*e=1$ ve $b+d+f=1$; bu hidrolik katsayılar model içinde kullanılabilmektedir.

Tez çalışması için Aksu Çayı su kalite modellemesinde dinamik ve 1 boyutlu model uygulamaları gerçekleştirilmekte olup hidrodinamik modelleme için kinematik dalga yöntemi seçilmiştir. Kinematik dalga denkleminin çözümüne bağlı hidrodinamik hesaplar, bir boyutlu nehir sistemlerinde kullanılabilmektedir. Kinematik dalga eşitlikleri aşağıda verilmektedir:

✓ Süreklilik eşitliği (kütle dengesi):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3.6)$$

✓ Momentum eşitliği:

$$g = (S_0 + S_F) = 0 \quad (3.7)$$

Burada; Q, debi, (m³/s); A, en-kesit alan (m²); g, yerçekimi ivmesi (m/s²); S₀, taban eğimi ve S_F sürtünme katsayısıdır. Manning eşitliği, hidrolik çevre ve su hızının bir fonksiyonu olarak, sürtünme kuvveti olarak kullanılmaktadır.

$$S_F = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \quad (3.8)$$

Burada; n, Manning sürtünme katsayısı; v, su hızı (m/s) ve R, hidrolik yarıçaptır. Momentum eşitliği basitleştirilirse, S₀ değeri S_F'a eşit olabilmektedir. Hidrolik çevre yanal kesit alanın genişliğe "B" bölünmesiyle elde edilir. Eşitlik yeniden düzenlenip, taban eğimi, yanal kesit alan ve genişliğin bir fonksiyonu olarak yazılırsa Eşitlik 3.9 halini alır;

$$Q = \frac{1}{n} * \frac{A^{5/3}}{B^{3/2}} S_0^{1/2} \quad (3.9)$$

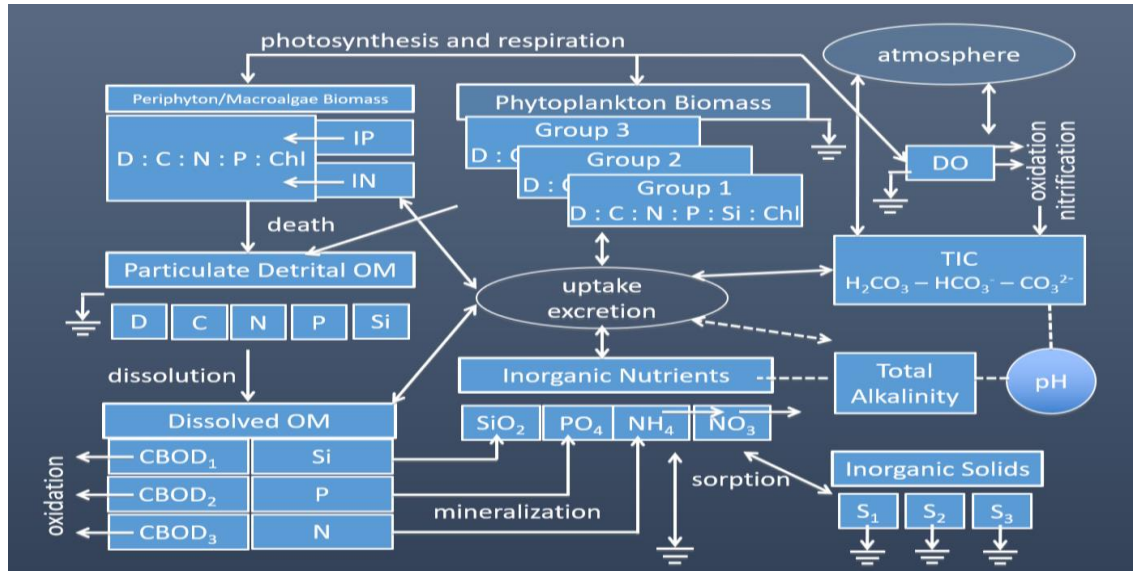
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \quad (3.10)$$

$$\text{Burada } \beta = 3/5; \alpha = \left(\frac{nB^{2/3}}{S_0^{1/2}} \right)^{3/5} \quad (3.11)$$

WASP8 nehir taşınım modülünün çalıştırılması için kullanıcı tarafından segment ve akım bilgilerinin temin edilmesi önemlidir. Gerekli olan segment bilgileri içinde ortalama akım koşullarındaki uzunluk, genişlik, derinlik, taban eğimleri ve Manning sürtünme katsayıları bulunmaktadır. Kanal kesit şeklini belirlemek için derinlik katsayıları da kullanılmaktadır. Minimum su derinliği 0,001 m olarak tanımlanmaktadır. Taşınım modülü ile tüm segmentler için hesaplanan çıkış akımları, derinlik, hız ve genişlik değerleri su kalitesi modüllerinde doğrudan kullanılmaktadır. WASP8 modeli içinde yer alan taşınım modülleri kullanılmadan farklı bir hidrodinamik modelden elde edilmiş tahminlerin kullanılması durumunda ise simülasyon süresi için gerekli olan tüm hidrodinamik verilerin, hidrodinamik bağlantı (*hydrodynamic linkage*) dosyası ile sisteme girilmesi gerekmektedir.

Su Kalite Modeli – Ötrofikasyon Modülü

WASP8 modelinde su kalitesi simülasyonu oldukça ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Programın Advanced Eutrophication modülü, besin maddesi ve çözünmüş oksijen döngülerinin simülasyonunu yapan modüldür. Bu modülde, organik azot, amonyum azotu, nitrat azotu, organik fosfor, fosfat fosforu, silikat, tuzluluk, sıcaklık, pH, alkalinite, üç adet farklı özellikte biyokimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş oksijen, 5 farklı sınıfta fitoplankton, makro alg, inorganik katı madde, çözünmüş ve partikül organik madde ve toplam inorganik karbon su kalitesi değişkenlerinin benzetimi yapılmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. WASP8 Advanced Eutrophication modülünde yer alan su kalite değişkenleri ve etkileşim prosesleri (US-EPA 2019)

Çözünmüş maddeler için genel kütle denge eşitliği, su kütlesine giren tüm noktasal/yayılı yükler ve sistemden ayrılan tüm çekimler; advectif ve dispersif taşınım; fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerden hesaplanmaktadır. Su kalite benzetim modelinde çözünmüş olan tüm su kalite parametrelerinin, kütle korunumu için Eşitlik 3.12 kullanılmaktadır (Wool vd. 2006).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial x} Ux - \frac{\partial C}{\partial y} Uy - \frac{\partial C}{\partial z} Uz + Ex \frac{\partial^2 C}{\partial^2 x} + Ey \frac{\partial^2 C}{\partial^2 y} + Ez \frac{\partial^2 C}{\partial^2 z} + S_L + S_B + S_K \quad (3.12)$$

Burada C, su kalite bileşeni konsantrasyonu (mg/L); t = zaman (gün); U_x , U_y , U_z = boylamsal, yanal ve dikey advectif hızlar (m/gün); E_x , E_y , E_z = boylamsal, yanal ve dikey difüzyon katsayıları ($m^2/gün$); S_L = noktasal ve yayılı yükleme hızı ($g/m^3/gün$); S_B = sınır yükleme hızı ($g/m^3/gün$); S_K = toplam kinetik değişim hızı (pozitif kaynak, negatif kayıp) ($g/m^3/gün$).

EUTRO modülü içinde çözünmüş oksijenin diğer tüm parametreler ile etkileşimleri tanımlanmış olup, amonyum, nitrat, karbonlu biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve çözünmüş oksijen durum değişkenleri çözünmüş oksijen dengesine doğrudan katılabilir. Çözünmüş oksijen için kaynak oluşturan işlemler, atmosferden oksijen kazanımı ve fitoplankton fotosentezidir. Çözünmüş oksijen için kayıplar fitoplankton solunumu, karbonlu maddelerin oksidasyonu, nitrifikasyon ve sediment oksijen ihtiyacıdır (Eşitlik 3.13).

$$\begin{aligned} \frac{dC_6}{dt} = & k_2(C_s - C_6) - k_d \theta_d^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{BOD+C_6}} \right) C_5 - \frac{64}{14} k_{12} \theta_{12}^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NIT+C_6}} \right) C_1 - \\ & \frac{SOD}{D} \theta_s^{(T-20)} + G_{P1} \left(\frac{32}{12} + \frac{48}{14} \frac{14}{12} (1 - P_{NH3}) \right) C_4 - k_{1R} \theta_{1R}^{(T-20)} C_4 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Azot döngüsü amonyak, nitrat ve organik azot arasındaki etkileşimlerin tanımlanması ile oluşturulmuştur. Amonyak ve nitrat azotu fitoplankton büyümesi için biyokütlelerindeki azot miktarına bağlı oranlarda kullanılmaktadır. Fitoplankton biokütlesinde bulunan azot, solunum ve ölüm prosesleri sonucunda çözünmüş ve partikül organik azot ve amonyak şeklinde tekrar döngü içinde yer almaktadır. Organik azot sıcaklığa bağlı bir dönüşüm hızı ile amonyak formuna, amonyak ise oksijene bağlı nitrifikasyon hızı ile nitrat azotu formuna dönüşür. Oksijensiz ortamda sıcaklığa bağlı denitrifikasyon hızı ile nitrat, azot gazına dönüşür. Fitoplanktondaki azot, organik azot, amonyak ve nitrat azotu türleri için genel kütle eşitlikleri, Eşitlikler 3.14-3.18'de tanımlanmıştır:

$$\frac{d(C_4 a_{nc})}{dt} = G_{P1} a_{nc} C_4 - D_{P1} a_{nc} C_4 - \frac{v_{s4}}{D} a_{nc} C_5 C_2 \quad (3.14)$$

$$\frac{dC_7}{dt} = D_{P1} a_{nc} f_{on} C_4 - k_{71} \theta_{71}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mNc+C_4}} \right) C_7 - \frac{v_{s3}(1-f_{D7})}{D} C_7 \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} \frac{dC_1}{dt} = & D_{P1} a_{nc} (1 - f_{on}) C_4 - k_{71} \theta_{71}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mNc+C_4}} \right) C_7 - G_{P1} a_{nc} P_{NH3} C_4 - \\ & k_{12} \theta_{12}^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NIT+C_6}} \right) C_1 \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\frac{dC_2}{dt} = k_{12} \theta_{12}^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NIT+C_6}} \right) C_1 - G_{P1} a_{nc} (1 - P_{NH3}) C_4 - k_{2D} \theta_{2D}^{(T-20)} \left(\frac{K_{NO3}}{K_{NO3}+C_6} \right) C_2 \quad (3.17)$$

$$P_{NH3} = C_1 \left(\frac{C_2}{(K_{MN}+C_1)(K_{MN}+C_2)} \right) - C_1 \left(\frac{K_{MN}}{(C_1+C_2)(K_{MN}+C_2)} \right) \quad (3.18)$$

Fosfor döngüsü içindeki etkileşimler çözünmüş inorganik fosfor ve organik fosfor grupları için tanımlanmıştır. Çözünmüş inorganik fosfor fitoplankton büyümesi için biyokütlelerindeki fosfor miktarına bağlı oranlarda kullanılmaktadır. Fitoplankton biokütlesinde bulunan fosfor, solunum ve ölüm prosesleri sonucunda çözünmüş ve partikül organik fosfor ve inorganik fosfor şeklinde tekrar döngü içinde yer almaktadır. Organik fosfor sıcaklığa bağlı dönüşüm hızı ile çözünmüş inorganik fosfor formuna dönüşmektedir. Modelde fitoplankton fosforu, organik ve inorganik fosfor için kütle denge eşitlikleri, Eşitlikler 3.19-3.21’de tanımlanmıştır:

$$\frac{d(C_4 a_{pc})}{dt} = G_{P1} a_{pc} C_4 - D_{P1} a_{pc} C_4 - \frac{v_{s4}}{D} a_{pc} C_4 \quad (3.19)$$

$$\frac{dC_7}{dt} = D_{P1} a_{pc} f_{op} C_4 - k_{83} \theta_{83}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mPc} + C_4} \right) C_8 - \frac{v_{s3}(1-f_{D8})}{D} C_8 \quad (3.20)$$

$$\frac{dC_3}{dt} = D_{P1} a_{pc} (1 - f_{op}) C_4 - k_{83} \theta_{83}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mPc} + C_4} \right) C_8 - G_{P1} a_{pc} C_4 \quad (3.21)$$

3.4.3. WASP8 modeli kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları

Aksu Çayı WASP8 modelinin uygulanmasında modelin kalibrasyon ve doğrulama dönemleri altı aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Model kalibrasyonu örnekleme çalışmalarının ilk altı ayını kapsayan Eylül 2020-Mart 2021 dönemini, model doğrulaması ise örneklemlerin yapıldığı sonraki altı aylık periyot olan Mart 2021-Ekim 2021 dönemini içermektedir. Modelleme çalışması WASP8.3 ve MapShed modellerinin entegre bir şekilde uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. MapShed modeli ile yüzeysel akış ve havza kaynaklı toplam AKM, TN ve TP konsantrasyonları günlük olarak tahmin edilip doğrudan WASP8 modeline girdi verisi olarak tanımlanmıştır. WASP8.3 modelinin İleri Ötrofikasyon modülü ile de su kalitesi simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon ile dere için akım ve su kalite tahminleri elde edilmiştir. Bu tahminler doğrultusunda Aksu Çayı için senaryo analizleri yapılarak, su durumunun iyileştirilmesini içeren yönetim uygulamaları için de model tahminleri elde edilmiştir.

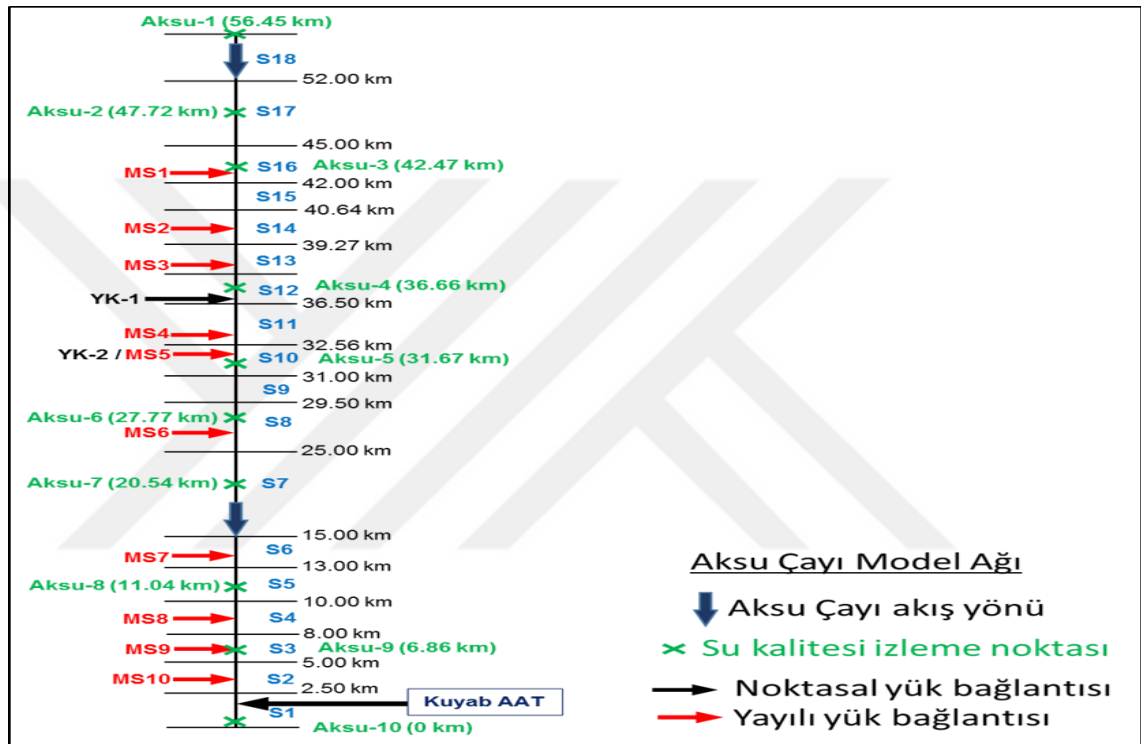
Model kalibrasyonu deneme/yanılma yönetimi kullanılarak model durum değişkenlerinin (sıcaklık, BOİ₅, ÇO, N ve P formları, klorofil-a ve AKM) tahmin edilen ve ölçülen değerlerinin benzetimi ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen verilerin karşılaştırılması için determinasyon katsayısı (R²) ve ortalama karekök hatası (Root Mean Square Error-RMSE) hata analizi yöntemleri kullanılmıştır. RMSE hata hesabı için Eşitlik 3.22 kullanılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ölç,i} - X_{tah,i})^2}{n}} \quad (3.22)$$

X_{ölç}: arazi ölçüm sonuçları; X_{tah}: model tahmin sonuçları ve n: veri miktarı

Akım şartlarının modele doğru bir şekilde aktarılması için Aksu Çayı’nın segment yapısının doğru bir şekilde tanımlanması gerekir. Segment oluşumu sırasında Aksu Çayı örnekleme noktalarının her bir segmentin orta noktasına gelecek şekilde olmasına dikkat

edilmiştir. Ayrıca Aksu Çayı havza alanından kaynaklanan yayılı yüklerin Aksu Çayı'na bağlandığı noktalar da segmentler oluşturulurken dikkate alınan diğer bir unsurdur. Şekil 3.21'de gösterildiği gibi Aksu Çayı toplam 18 adet segmente ayrılmıştır. Bu 18 segmentin 10 tanesi, yayılı yüklerin tahmininde kullanılan MapShed modelinin çıktı sonuçlarını (MS1-MS10) WASP model ağına aktarmak için kullanılmıştır. Böylece havzadan kaynaklı yayılı günlük toplam AKM, TN ve TP konsantrasyonları ile günlük yüzeysel akışlar MapShed modelinden tahmin edilerek WASP8 modeline girilmiştir. Ayrıca YK1, YK2 ve KUYAB AAT de sırasıyla S12, S10 ve S1 segmentlerine noktasal yük olarak tanımlanmıştır. YK2 yıl boyunca durağan su durumunda olduğu için bu bağlantı MS5 olarak adlandırılan yayılı yük segmentine dahil edilmiştir.



Şekil 3.21. WASP8 modelinin Aksu Çayı uygulanması için oluşturulan model segment ağı

3.5. Pestisit Risk Değerlendirmesi

Pestisit risk değerlendirme çalışmasında pestisitlerin yönetimi için kombine bir yaklaşım uygulanmıştır.

İlk olarak hedef pestisitler seçilmiştir. Seçim sırasında dikkat edilen aşamalar; i) çalışma alanında yaygın olarak kullanılan, ii) çalışma alanında yetiştirilen mahsullerin pestisit kalıntı analizlerinde sıklıkla tespit edilen ve iii) çalışma alanındaki pestisit izleme çalışmasında tespit edilen pestisitler, hedef pestisitler olarak seçilmiştir.

Hedef pestisitlerin belirlenmesinin ardından ikinci aşama olarak hedeflenen pestisitlere ilişkin, i) veri toplama (türleri ve dozları), ii) mahsul türleri ve hastalıklar için veri toplama, iii) veritabanlarından toksikolojik ve çevresel etki verilerinin toplanması sağlanmış ve son olarak iv) pestisit aktif maddelerinin çevresel etkilerini değerlendirmek

ve çiftçiler, tüketiciler ve ekosistem bileşenleriyle ilgili çevresel kaygıları ele almak için EIQ ve PERI risk göstergeleri uygulanmıştır.

Pestisitlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi, izleme istasyonlarından yüzey suyu örneklerinin toplanmasını, pestisitlerin analizini ve tespit limiti (LOD), miktar belirleme limiti (LOQ) ve Çevresel Kalite Standartları (ÇKS) ile karşılaştırılmasını içermektedir. Pestisitlerin ÇKS değerleri, AB Su Çerçeve Direktifi 2008/105/ EC (EU EQS, 2008) ile uyumlu olan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nden (YSKY, 2021) alınmıştır.

3.5.1. EIQ

EIQ modelinde pestisitlerin pestisit uygulayıcıları, hasatçılar, tüketiciler, yeraltı suları, arılar, faydalı eklembacaklılar, kuşlar ve balıklar üzerindeki etkilerini değerlendirmek için sekiz toksikolojik ve çevresel değişken kullanılmaktadır. Tüm değişkenler 5 (yüksek toksisite veya büyük olumsuz çevresel etki), 3 (orta düzeyde toksisite veya etki) ve 1 (düşük toksisite veya minimum çevresel etki) puanlarıyla derecelendirilir. Belirli bir pestisit için tek bir çevresel faktör üzerindeki olası etkileri, kimyasalın toksisitesi çarpı potansiyel etkisine eşittir.

Kovach vd. (1992), pestisitlerin yayınlanmış çevresel etki bilgilerini, daha çevre dostu pestisit seçimlerini desteklemek için kullanılabilir bir formda düzenlemek amacıyla EIQ modelini geliştirmiştir. EIQ, çiftçilerin çevresel etkileri daha düşük olan pestisitleri seçebilmeleri için yayınlanan verileri kullanılabilir bir formatta sunarak, yaygın olarak kullanılan tarımsal pestisitlerin çevresel etkisini belirlemek için tasarlanmıştır. EIQ değeri, belirli bir aktif bileşen için Eşitlik 3.23'de verilen formülle hesaplanır.

$$EIQ = (EIQ_{Çiftçi} + EIQ_{Tüketici} + EIQ_{Ekolojik})/3 \quad (3.23)$$

$$EIQ_{Çiftçi} = \{C * [(DT * 5) + (DT * P)]\} \quad (3.24)$$

$$EIQ_{Tüketici} = C * [((S + P)/2 * Sy) + L] \quad (3.25)$$

$$EIQ_{Ekolojik} = [(F * R) + \{D * [(S + P)/2] * 3\} + (Z * P * 3) + (B * P * 5)] \quad (3.26)$$

Yukarıda verilen eşitlikler, EIQ göstergesinin çiftçi, tüketici ve ekoloji bileşenlerini belirler. Çizelge 3.10'da Eşitlikler 3.24, 3.25 ve 3.26'da kullanılan semboller açıklanmaktadır. Eşitliklerde kullanılan farklı katsayılar, belirli pestisit özelliklerine daha fazla vurgu yapmak için ağırlık faktörleri olarak hizmet eder. Her bölüm, 1'den (en az toksik veya en az zararlı) 5'e (en toksik veya en zararlı) kadar sıralara bölünmüştür. EIQ belirli pestisitlerin doğal toksisitesini açıklarken, EIQ arazi kullanım oranı (EIQ_{Arazi}) uygulanan bir pestisit için gerçek etkisini açıklar. EIQ_{Arazi} , Eşitlik (3.27) kullanılarak hesaplanır (Jayasiri vd. 2022). Hesaplanan EIQ_{Arazi} puanları, pestisit aktif maddelerinin tüketici, çiftçi ve ekoloji bileşenleri üzerindeki çevresel etkilerine göre sıralanması için değerli bilgiler sağlar. EIQ modelinin ekolojik bileşeni, pestisitlerin balıklar, kuşlar, arılar ve faydalı eklembacaklılar üzerindeki etkilerinin toplamını içeren sudaki ve karadaki etkileri dikkate alır. EIQ ekoloji bileşeni bu yüzden çiftçi ve tüketici bileşenlerinden daha büyük değer alır.

$$EIQ_{Arazi} = EIQ * \%aktif\ bileşen * uygulama\ oranı (lb * acre^{-1}) \quad (3.27)$$

Çizelge 3.10. EIQ modelindeki değişkenler için derecelendirme sistemi (Kovach vd. 1992; Levitan 1997)

Değişkenler	Simge	Skor Oranı		
		1	3	5
Kronik toksisite	C	Çok az/hiç	belki	kesin
Akut dermal toksisite (LD ₅₀ , tavşan/fare mg/kg)	DT	>2000	200–2000	0–200
Kuş Toksisitesi (8 günlük LC ₅₀ -ppm)	D	>1000	100–1000	1–100
Bal arılarında öldürücülük	Z	Nispeten toksik değil	Orta derecede toksik	Yüksek derecede toksik
Yararlı eklembecaklı toksisite	B	Düşük etki	Orta etki	Ciddi etki
Balık toksisitesi (96 sa LC ₅₀)	F	>10 ppm	1–10 ppm	<1 ppm
Toprakta kalıntı yarı ömrü	S	< 30 gün	30–100 gün	>100 gün
Bitki yüzeyi kalıntı yarı ömrü	P	1–2 hafta	2–4 hafta	> 4 hafta
Eylem şekli (sistemiklik)	SY	sistemik olmayan herbisitler	sistemiklik	-
Sızma potansiyeli	L	küçük	orta	büyük
Yüzey kaybı potansiyeli	R	küçük	orta	büyük

EIQ modelinde, GUS (Groundwater Ubiquity Score), yeraltısuyu mevcudiyet katsayısı, değerleri ve sızma potansiyeli değişkeni (L) için sırasıyla yüksek, orta ve düşük sızma potansiyellerini belirtmek amacıyla 5, 3 ve 1 derecelendirme puanları kullanılmaktadır (Çizelge 3.10). Çalışmada, literatürle uyumlu sonuçlara ulaşmak için, sızıntı potansiyeli tahmini için orijinal EIQ metodolojisi (GUS endeksine dayalı) kullanılmıştır. Bitki türleri, pestisit etken maddeleri, ticari isimleri, ürün kategori bilgileri, zararlı organizma isimleri ve bitki hastalıkları ile uygulama dozları ve periyotlarına ilişkin bilgiler Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanından elde edilmiştir (TOB, 2023). Çevresel risk skorunun tahmin edilebilmesi için öncelikle etkin madde, toksikolojik ve çevresel etki verilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Hedef pestisitlere ilişkin toksikolojik veriler esas olarak Pestisit Özellikleri Veri Tabanından (PPDB 2023) elde edilmiştir (Lewis vd. 2006). EIQ puanlarını hesaplamak için Cornell Üniversitesi New York Eyaleti Entegre Zararlı Yönetimi web sitesinde bulunan Saha Kullanımı EIQ Hesaplayıcısı (Grant 2021) kullanılmıştır (Eshenaur vd. 2023; Dugan 2023). Ek olarak, hedef pestisitlerin çevresel etkilerini karşılaştırmak için EIQ_{Arazi} değeri de hesaplanmıştır.

3.5.2. PERI

PERI, çiftçilerin zaman içinde olası çevresel riskleri kaydetmesi ve değerlendirmesi için kullanılmak üzere Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO)-14001 sertifikasyon sürecinin bir parçası olarak geliştirilmiştir (Nilsson 1999). PERI,

çevresel risk skoru (ERS) elde etmek için yeraltı suyu, yüzey suyu ve hava bölümlerinden gelen değişkenleri tek bir denklemde birleştirir. PERI'de kullanılan model formülasyonu, parametre tanımları ve değişkenlerin puanları hakkında daha fazla bilgi, American Farmland Trust (AFT) Çevre Tarım Merkezi'nde (AFT, 2009) bulunabilir. PERI yaklaşımında hareketlilik ve toksisite iki ana parametredir. Hareketlilik parametreleri olarak Henry sabiti (K_H) ve GUS seçilmiştir. GUS indeksi, pestisitlerin sızma potansiyelinin hızını hesaplarırken DT_{50} ve K_{oc} katsayılarını kullanır (Gustafson 1989). Aynı şekilde, toksisite toprak mikroplarına, oktanol-su bölüm katsayısına (K_{ow}), Daphnia, solucanlar ve arılar için LC_{50} ve algler için EC_{50} 'ye dayanmaktadır. PERI'nin sonucunu iki adım oluşturur; Ortalama Toksisite Skoru ve Çevresel Risk Puanı. Bu değerlerin hesaplanması için Eşitlikler 3.28 ve 3.29 kullanılır. Kullanılan ilaç doz oranına göre PERI skoru hesaplanır (Eşitlik 3.30).

$$Skor_{toksisite} = \left(\frac{Skor_{ArıEC50} + Skor_{Solucan} + Skor_{DafniaLC50} + Skor_{AlgEC50} + Skor_{toprakmik}}{5} \right) \quad (3.28)$$

$$Çevresel Risk Skoru = \left[(Skor_{GUS} * Skor_{KH}) + \left(\frac{Skor_{toksisite} * Skor_{Kow}}{10} \right) \right] \quad (3.29)$$

$$PERI = \frac{Çevresel Risk Skoru * doz oranı}{tahmini doz oranı} \quad (3.30)$$

PERI yaklaşımı, Çizelge 3.11'de sunulduğu gibi pestisitleri, pestisit kimyasal özelliklerine ve 1-5 ölçeğine dayalı toksisite değerlerini skorlayarak değerlendirir. (CAE 2006). PERI skorunda, pestisitlerin topraktan yeraltı sularına sızma eğilimleri, GUS değerinin 2,8 ve üzerinde olmasıyla yüksek, 1,8 değerinin altında olmasıyla düşük ve 1,8 ile 2,8 arasında olmasıyla orta seviyede (marjinal sızma eğilimi) olduğu dikkate alınarak hesaplanır. Aynı şekilde, toksisite için de oktanol-su dağılım katsayısı (K_{ow}), Daphnia, solucanlar ve arılar için LC_{50} ve algler için EC_{50} 'ye dayanmaktadır. K_{ow} değeri yüksek olan pestisitler suda daha az çözünür dolayısıyla organizmalarda birikimi yüksek olmaktadır (Dugan vd. 2023).

Çizelge 3.11. PERI parametreleri skor değerleri (Recchia vd. 2018)

Skor	GUS	K_H	K_{ow}	LC_{50} Dafnia	EC_{50} Alg	LC_{50} Solucan	LC_{50} Arı
1	≤ 0	< 1	$< 3,0$	$> 100\text{mg/L}$	$> 100\text{mg/L}$	$> 1000\text{mg/kg}$	$> 100 \text{ mg}$
2	0-1,0]	1-5]	-	10-100]	10-100]	100-1000]	10-100]
3	1,0-1,8]	5-25]	-	1-10]	1-10]	10-100]	1-10]
4	1,8-2,8]	25-100]	-	0,1-1]	0,1-1]	1-10]	0,1-1]
5	$> 2,8$	> 100	≥ 3.0	$\leq 0,1\text{mg/L}$	$\leq 0,1\text{mg/L}$	$\leq 1\text{mg/kg}$	$\leq 0,1\text{mg}$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Aksu Çayı Su Kalitesi İzleme Çalışması Sonuçları

Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait 12 aylık ölçüm ve analiz sonuçlarının istatistiksel özeti minimum (Min), maksimum (Max), ortalama (Ort) ve standard sapma (SS) değerleri ile Çizelgeler 4.1-4.7’de sunulmaktadır. Oniki döneme ait su kalitesi ölçüm ve örnekleme sonuçları her izleme parametresi ve tüm istasyonlar için box-plot grafikleri çizilerek karşılaştırılmıştır. Bu grafikler Aşağı Aksu Çayı memba noktasından mansaba doğru su akış yönünde sıralanan tüm izleme istasyonları için hazırlanmış ve Şekiller 4.1-4.9’da sunulmuştur.

Özellikle Aksu Çayı’nın Akdeniz’e döküldüğü dere ağzına en yakın konumda bulunan Aksu 10 izleme istasyonunda deniz suyu kaynaklı tuzlanma etkisi nedeni ile iletkenlik, tuzluluk, klorür, bromür, sodyum, potasyum ve sülfat parametreleri için diğer izleme istasyonlarına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. YK 1 bağlantısı da su kalitesinin bozulmasına etki eden önemli bir bağlantı noktasıdır.

Bölgede foseptiklerin yaygın olarak kullanılması ve hayvancılık faaliyetleri nedeni ile de Aksu 1 ve Aksu 2 istasyonlarının dışında kalan tüm izleme istasyonlarında fekal kirlilik gözlenmektedir. Aksu 10 izleme noktasında ise KUYAB AAT çıkış suyunun etkisi görülmektedir.

Çizelge 4.1. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
İletkenlik (mS/cm)	Min	0,313	0,370	0,428	0,370	0,170	0,435	0,394	0,192	0,436	0,244	0,450	0,493
	Max	0,385	0,503	0,494	0,547	0,514	0,443	0,502	0,488	0,484	0,491	0,554	5,359
	Ort	0,355	0,468	0,460	0,493	0,358	0,439	0,439	0,436	0,465	0,439	0,489	2,886
	SS	0,024	0,042	0,025	0,056	0,083	0,004	0,038	0,079	0,017	0,068	0,031	1,369
Tuzluluk (ppt)	Min	0,16	0,02	0,20	0,18	0,08	0,20	0,19	0,09	0,20	0,12	0,20	0,24
	Max	0,20	0,30	0,23	0,30	0,25	0,21	0,24	0,23	0,23	0,23	0,27	2,90
	Ort	0,18	0,21	0,21	0,24	0,18	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,23	1,52
	SS	0,01	0,08	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,02	0,75
Toplam Alkalinite	Min	77,9	96,8	102,1	112,3	82,1	91,7	91,9	96,9	97,1	101,1	98,7	101,3
	Max	223,8	252,8	241,1	265,6	202,0	206,2	253,4	242,2	235,4	253,0	237,8	246,8
	Ort	150,0	196,7	182,8	198,8	153,1	141,2	179,6	172,1	178,4	183,9	181,5	185,4
	SS	52,3	55,6	50,7	60,5	44,9	58,8	62,4	60,4	57,3	59,3	59,1	59,8
Bikarbonat	Min	94,9	116,9	112,3	125,7	105,4	106,4	109,3	110,3	111,5	115,9	113,0	122,8
	Max	272,9	308,3	294,0	323,9	238,0	240,7	309,0	295,3	282,9	308,5	290,0	300,9
	Ort	180,1	237,9	221,1	241,4	185,2	166,8	217,7	209,2	216,0	222,9	219,1	225,4
	SS	61,9	71,3	63,9	75,3	51,9	68,1	76,0	74,5	69,8	72,8	72,1	73,6

Çizelge 4.2. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
Lityum (mg/L)	Min	0,003	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	0,003
	Max	0,044	0,044	0,045	0,045	0,045	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,216
	Ort	0,014	0,013	0,013	0,015	0,014	0,030	0,014	0,014	0,013	0,014	0,011	0,052
	SS	0,019	0,017	0,018	0,018	0,018	0,024	0,018	0,018	0,018	0,018	0,016	0,078
Sodyum (mg/L)	Min	6,8	8,7	11,8	13,2	8,6	7,2	11,0	10,4	9,7	10,8	13,4	11,8
	Max	14,3	14,7	15,9	17,8	19,6	16,9	16,5	15,8	17,0	16,6	50,6	647,2
	Ort	11,8	12,02	13,81	15,08	14,18	13,17	13,96	13,49	12,78	13,31	17,59	262,5
	SS	2,3	2,30	1,31	1,23	2,91	5,22	1,42	1,66	2,10	1,79	10,52	186,9
Potasyum (mg/L)	Min	0,99	1,10	1,59	1,67	2,08	0,87	1,76	1,57	1,32	1,46	1,60	1,81
	Max	3,26	2,43	2,69	2,75	7,58	2,57	2,77	2,53	3,30	3,74	14,43	34,86
	Ort	2,30	1,87	2,04	2,16	2,96	1,94	2,18	1,89	1,87	2,01	3,53	16,80
	SS	0,65	0,50	0,32	0,32	1,49	0,94	0,36	0,35	0,64	0,64	3,87	10,98
Magnezyum (mg/L)	Min	9,7	11,8	17,1	20,0	11,5	14,8	17,4	16,7	14,6	17,2	19,2	17,5
	Max	17,0	22,5	20,4	22,2	22,9	22,1	21,3	20,4	21,1	21,7	70,4	128,0
	Ort	14,9	17,6	18,8	21,2	17,2	18,3	19,0	19,0	18,8	19,9	24,6	65,2
	SS	2,10	3,68	1,16	0,75	2,68	3,66	1,41	0,98	1,83	1,21	14,44	36,64
Kalsiyum (mg/L)	Min	36,4	35,0	50,1	59,0	41,8	51,6	52,4	54,4	43,2	57,3	55,4	26,3
	Max	63,8	63,8	59,7	73,6	64,1	65,4	66,3	64,2	64,5	64,1	212,3	97,1
	Ort	46,18	51,53	55,88	67,89	49,47	59,17	58,59	60,46	58,38	60,1	74,78	69,72
	SS	8,35	10,53	2,88	4,10	6,37	7,00	5,30	2,99	6,25	2,18	43,52	21,15

Çizelge 4.3. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
Florür (mg/L)	Min	0,045	0,038	0,031	0,038	0,038	0,027	0,041	0,031	0,029	0,034	0,045	0,041
	Max	0,398	0,242	0,243	0,181	0,164	0,184	0,283	0,126	0,560	0,107	0,269	0,402
	Ort	0,130	0,086	0,097	0,096	0,077	0,093	0,085	0,069	0,092	0,073	0,103	0,145
	SS	0,120	0,069	0,062	0,049	0,035	0,081	0,068	0,027	0,149	0,022	0,062	0,110
Klorür (mg/L)	Min	6,48	11,36	11,45	5,83	9,79	6,96	11,16	10,48	10,84	11,29	13,89	12,90
	Max	13,14	17,74	16,17	20,48	25,16	16,14	18,07	17,70	16,21	18,22	66,89	1909,12
	Ort	10,74	14,38	14,63	15,30	14,79	12,26	13,88	13,47	13,55	14,08	19,55	896,73
	SS	1,95	1,98	1,38	3,57	5,04	4,76	1,82	1,73	1,48	1,80	14,94	574,61
Bromür (mg/L)	Min	0,001	0,009	0,009	0,011	0,001	0,0002	0,008	0,008	0,009	0,008	0,015	0,016
	Max	0,256	0,106	0,109	0,117	0,136	0,110	0,135	0,111	0,116	0,168	0,162	4,743
	Ort	0,079	0,050	0,045	0,046	0,043	0,073	0,048	0,036	0,040	0,045	0,058	2,476
	SS	0,087	0,043	0,043	0,047	0,055	0,063	0,051	0,044	0,045	0,054	0,053	1,489
Sülfat (mg/L)	Min	11,8	19,0	21,2	12,7	17,2	17,0	19,9	21,1	23,2	23,5	24,5	31,8
	Max	32,5	26,7	25,1	46,1	65,4	28,6	38,6	32,6	34,4	34,3	142,3	278,4
	Ort	19,9	22,6	23,6	32,9	26,0	23,1	25,8	24,6	26,8	27,2	38,0	149,0
	SS	5,6	2,4	1,4	8,5	14,1	5,8	6,1	3,7	3,1	3,4	33,0	80,0

Çizelge 4.4. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
TN (mg/L)	Min	0,120	0,216	0,345	0,859	0,458	0,532	0,261	0,421	0,565	0,586	0,551	0,683
	Max	0,991	2,120	1,050	2,179	2,392	1,036	1,537	1,348	1,490	1,632	1,787	3,960
	Ort	0,628	1,108	0,715	1,307	0,854	0,806	0,775	0,797	0,970	0,912	1,034	1,483
	SS	0,230	0,550	0,239	0,420	0,551	0,255	0,384	0,322	0,292	0,337	0,396	0,892
NH₄-N (mg/L)	Min	0,008	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,006	0,001	0,012	0,007	0,001	0,002
	Max	0,351	0,030	0,026	0,253	0,260	0,036	0,060	0,020	0,207	0,051	0,146	0,254
	Ort	0,130	0,011	0,013	0,043	0,048	0,016	0,021	0,012	0,043	0,019	0,032	0,074
	SS	0,141	0,011	0,008	0,071	0,072	0,018	0,019	0,006	0,056	0,013	0,040	0,090
NO₂-N (mg/L)	Min	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Max	0,044	0,029	0,037	0,039	0,038	0,030	0,023	0,027	0,028	0,022	0,060	0,131
	Ort	0,014	0,009	0,011	0,013	0,019	0,016	0,014	0,010	0,011	0,009	0,015	0,042
	SS	0,013	0,009	0,011	0,012	0,014	0,014	0,007	0,007	0,008	0,005	0,016	0,044
NO₃-N (mg/L)	Min	0,005	0,162	0,292	0,698	0,152	0,352	0,210	0,310	0,485	0,446	0,496	0,487
	Max	0,523	1,844	0,838	1,828	2,130	0,660	1,178	1,047	1,288	1,290	1,259	1,156
	Ort	0,203	0,887	0,558	1,044	0,576	0,521	0,569	0,618	0,784	0,714	0,782	0,749
	SS	0,190	0,461	0,177	0,346	0,566	0,156	0,318	0,249	0,273	0,273	0,259	0,218
TP (mg/L)	Min	0,025	0,022	0,014	0,015	0,036	0,036	0,026	0,023	0,021	0,034	0,039	0,025
	Max	0,768	0,216	0,244	0,120	0,204	0,060	0,335	0,118	0,078	1,820	0,104	0,966
	Ort	0,127	0,071	0,061	0,050	0,073	0,048	0,075	0,052	0,047	0,205	0,056	0,189
	SS	0,215	0,075	0,070	0,034	0,043	0,012	0,086	0,026	0,016	0,509	0,018	0,273
Fosfat (mg/L)	Min	0,005	0,003	0,003	0,006	0,005	0,025	0,003	0,003	0,012	0,018	0,018	0,001
	Max	0,107	0,070	0,075	0,076	0,481	0,146	0,181	0,113	0,111	0,109	0,111	0,299
	Ort	0,033	0,014	0,019	0,025	0,104	0,085	0,048	0,037	0,036	0,042	0,051	0,081
	SS	0,031	0,023	0,024	0,021	0,136	0,086	0,054	0,040	0,028	0,027	0,028	0,089

Çizelge 4.5. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

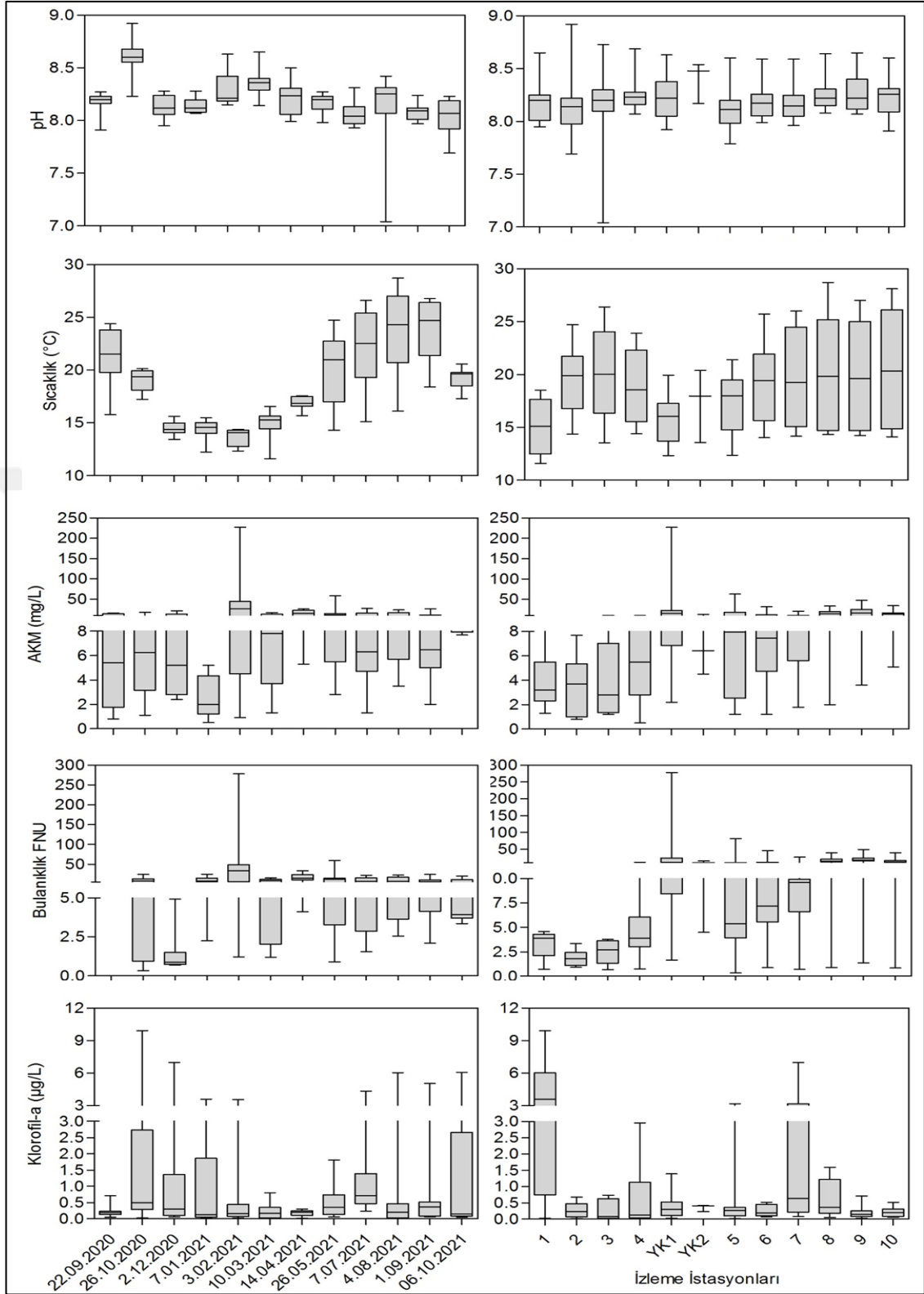
Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
pH	Min	7,95	7,69	7,04	8,07	7,92	8,17	7,79	7,99	7,96	8,08	8,07	7,91
	Max	8,65	8,92	8,73	8,69	8,63	8,54	8,60	8,59	8,59	8,64	8,65	8,60
	Ort	8,21	8,15	8,13	8,25	8,22	8,40	8,14	8,18	8,17	8,25	8,27	8,22
	Ss	0,23	0,33	0,45	0,15	0,22	0,20	0,22	0,16	0,17	0,15	0,18	0,18
Sıcaklık (°C)	Min	11,59	14,37	13,54	14,40	12,34	13,58	12,38	14,02	14,16	14,32	14,22	14,10
	Max	18,51	24,70	26,40	23,90	19,94	20,40	21,40	25,70	26,00	28,70	27,00	28,10
	Ort	15,10	19,56	20,28	19,03	15,91	17,31	17,42	19,22	19,71	20,20	19,95	20,61
	Ss	2,45	3,15	4,50	3,49	2,32	3,46	2,77	3,72	4,58	5,21	4,94	5,35
AKM (mg/L)	Min	1,3	0,8	1,2	0,5	2,2	4,5	1,2	1,2	1,8	2,0	3,6	5,1
	Max	8,2	7,7	10,7	10,0	227,5	12,7	62,8	32,0	20,9	33,6	48,0	34,3
	Ort	4,1	3,5	4,2	5,3	34,0	7,9	13,4	9,3	8,9	14,6	18,7	14,2
	SS	2,41	2,38	3,42	2,96	62,67	4,29	17,33	8,02	4,93	8,39	12,13	7,69
Bulanıklık FNU	Min	0,72	0,91	0,67	0,74	1,64	4,50	0,33	0,87	0,69	0,89	1,36	0,84
	Max	4,56	3,35	3,78	11,90	278,00	15,60	81,80	46,10	27,20	39,60	49,20	39,90
	Ort	3,32	1,84	2,49	4,68	40,14	10,05	14,87	10,98	9,78	16,43	20,40	15,39
	SS	1,39	0,83	1,16	3,02	80,39	7,85	23,85	12,15	6,60	9,72	11,58	9,96
Klorofil-a (µg/L)	Min	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,23	0,02	0,07	0,08	0,05	0,03	0,06
	Max	9,91	0,68	0,74	2,96	1,39	0,42	3,18	0,52	6,98	1,59	0,71	0,52
	Ort	3,81	0,29	0,29	0,63	0,38	0,35	0,47	0,26	1,99	0,60	0,22	0,22
	SS	2,97	0,23	0,31	0,93	0,38	0,11	0,86	0,17	2,54	0,56	0,21	0,15

Çizelge 4.6. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
TOK (mg/L)	Min	0,92	0,65	0,56	1,00	1,82	1,46	1,21	1,10	1,02	1,40	1,36	2,39
	Max	5,39	2,05	2,12	3,09	3,47	3,02	3,48	3,35	2,95	4,17	3,10	16,70
	Ort	3,08	1,31	1,37	1,77	2,84	2,22	2,21	1,97	1,91	2,21	2,37	6,94
	SS	1,16	0,48	0,45	0,58	0,53	0,78	0,75	0,67	0,56	0,73	0,54	4,94
KOİ (mg/L)	Min	3,73	3,83	3,32	2,13	3,95	6,91	5,38	6,76	3,26	3,81	3,73	7,49
	Max	17,44	10,01	10,30	19,12	29,11	13,96	37,43	24,66	24,33	30,63	18,68	35,40
	Ort	8,95	7,19	6,56	8,23	14,23	9,47	15,30	11,83	10,97	11,83	9,64	18,46
	SS	4,71	2,22	1,87	4,73	8,41	3,91	9,08	4,97	6,86	7,42	4,42	9,06
BOİ₅ (mg/L)	Min	1,20	3,36	3,82	2,67	1,21	2,70	1,00	2,39	2,64	2,61	3,33	1,70
	Max	10,33	5,06	5,45	6,52	8,79	4,03	11,15	5,91	4,39	7,64	6,67	9,30
	Ort	5,37	4,18	4,52	4,41	4,41	3,31	5,49	4,29	3,62	4,63	5,13	5,00
	SS	2,84	0,64	0,53	1,26	2,53	0,67	2,32	1,22	0,65	1,67	1,24	2,11
ÇO doygunluk (%)	Min	12,8	75,1	82,8	67,1	71,9	91,2	80,8	92,4	81,4	90,2	87,3	87,0
	Max	93,6	186,1	128,4	121,5	124,4	119,2	116,5	136,9	104,0	113,0	112,9	116,1
	Ort	60,3	102,5	100,4	101,5	94,3	101,7	94,1	105,4	91,1	103,1	102,3	98,8
	Ss	28,18	35,17	14,64	13,71	18,15	15,26	10,2	15,15	6,16	7,93	9,15	9,17
ÇO (mg/L)	Min	1,27	7,81	7,34	6,44	6,77	8,63	7,83	7,90	7,36	7,33	7,14	7,77
	Max	9,96	16,49	10,84	12,10	12,68	10,74	10,68	12,23	9,39	10,59	11,57	9,83
	Ort	6,15	9,69	9,17	9,51	9,39	9,74	9,07	9,86	8,45	9,53	9,48	8,97
	Ss	3,04	2,78	1,25	1,48	1,98	1,06	0,93	1,47	0,66	0,96	1,09	0,73

Çizelge 4.7. Aksu Çayı su kalitesi izleme noktaları için Eylül 2020-Ekim 2021 dönemine ait ölçüm/analiz sonuçlarının istatistiksel özeti

Parametre		İzleme Noktaları											
		Aksu-1	Aksu-2	Aksu-3	Aksu-4	YK-1	YK-2	Aksu-5	Aksu-6	Aksu-7	Aksu-8	Aksu-9	Aksu-10
Toplam koliform (koloni/100 mL)	Min	4	47	60	3	30	0	10	15	37	33	75	60
	Max	1436	1943	1733	6987	7827	333	10173	5717	7280	9027	7130	13600
	Ort	227	414	444	1141	1363	121	1553	1057	1216	1173	1883	2845
	SS	459	616	573	2232	2475	185	3145	2166	2387	2633	2754	4265
Fekal koliform (koloni/100 mL)	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Max	13	67	230	177	495	33	125	130	171	197	540	1460
	Ort	3	15	76	51	109	12	64	35	35	45	112	261
	SS	4	22	84	59	136	19	48	40	48	56	154	414
Fekal streptokok (koloni/100 mL)	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Max	8	13	32	35	108	62	53	18	17	10	55	28
	Ort	1	4	8	8	17	31	8	4	3	2	6	6
	SS	2	6	12	14	34	44	17	6	5	3	16	10
E-coli (koloni/100 mL)	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Max	1	20	57	23	67	10	80	13	30	50	52	162
	Ort	0	2	9	3	9	3	7	3	5	4	10	23
	SS	0	7	20	8	20	6	23	5	10	14	20	49



Şekil 4.1. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

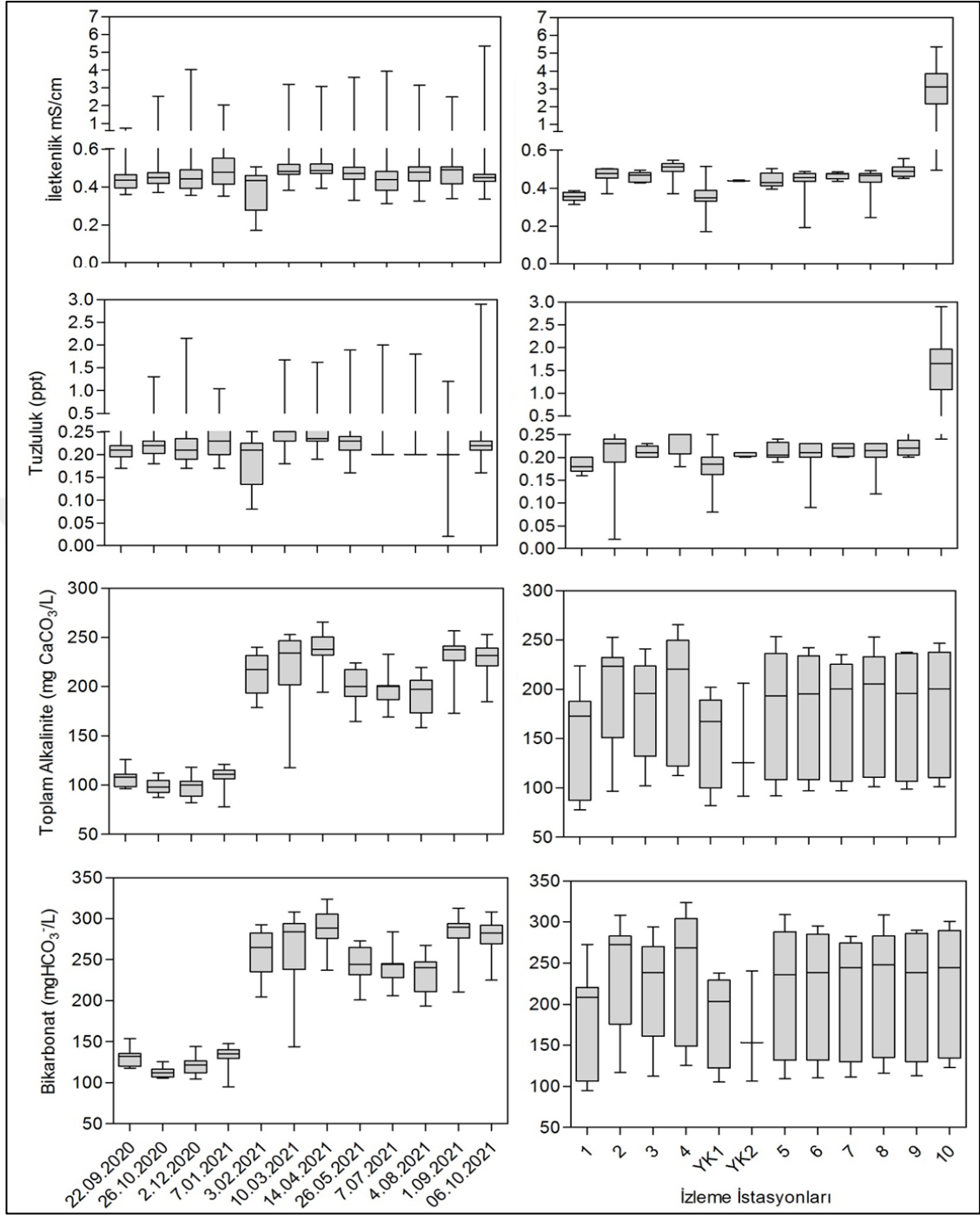
Eylül 2020 - Ekim 2021 döneminde yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince en düşük su sıcaklıkları, Aralık 2020, Ocak, Şubat ve Mart 2021 aylarında (11,6 ve 12,3 °C) Aksu Çayı'nın Karacaören Baraj Gölü çıkışında yer alan Aksu 1'de ve kanal bağlantı noktası olan YK1 ve ardından Aksu 5'te ölçülmüştür. En yüksek su sıcaklığı (28,7 °C) ise Aksu 8'de Ağustos 2021'de kaydedilmiştir. İzlenen örnekleme noktalarında su sıcaklığı genel olarak hava sıcaklığının değişimiyle doğrusal bir değişim izlemiştir. İstasyonlarda ortalama sıcaklıklar $15,10 \pm 2,45^{\circ}\text{C}$ ile $20,61 \pm 5,35^{\circ}\text{C}$ arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Aksu Çayı'nın denize doğru akış sergilediği kesiminde yer alan örnekleme noktaları olan Aksu 8, Aksu 9 ve Aksu 10'da sıcaklık, genellikle akış yönünde artan değerlerde kaydedilmiştir. Eylül ve Ekim 2020 ve Mart 2021'de olmak üzere araştırma süresince 3 aylık akış sergileyen Küçük Aksu Dere (YK2)'sinde su sıcaklığı (ortalama $17,31^{\circ}\text{C}$) boşaldığı noktadaki Aksu Çayı eriminden daha düşük değerlerde belirlenmiştir. Araştırma süresince sürekli akış gösteren kanal suyu (YK1) için boşaldığı erimine kıyasla (ortalama $15,91^{\circ}\text{C}$) çalışma dönemi boyunca en düşük sıcaklık değerleri kaydedilmiştir.

Araştırma süresince akarsu ve yan kollar ile denize boşalan Aksu Çayı'nda yer alan örnekleme noktalarında pH değeri 7,04-8,92 arasında değişmiş ve ortalama pH $8,13 \pm 0,45$ - $8,40 \pm 0,20$ arasında benzer değerlerde hesaplanmıştır (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.5). 12 aylık izleme süresince örnekleme noktalarında bulanıklık 0,33-278 FNU arasında ölçülmüş ve izleme dönemleri ve izleme noktaları arasında büyük farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.5).

Araştırma süresince en yüksek AKM miktarı 227,5 mg/L olarak Aksu YK1 ve en düşük AKM miktarı ise pek çok istasyonda 0,5-1,3 mg/L aralığında tayin edilmiştir. AKM kaya-taş taban yapılı Aksu 1'de 1,3-8,2 mg/L aralığında, yaklaşık 10 km mansabında yer alan Aksu 2'de de benzer şekilde 0,8-7,7 mg/L ve 20 km mansabında yer alan Aksu 4'de ise 0,5 - 10 mg/L aralığında belirlenmiştir. Bulanıklığa benzer bir değişim gösteren AKM, YK1 istasyonu sonrasında artış göstererek 1,2-62,8 mg/L arasında değişim göstermiştir. En yüksek klorofil-a miktarı 9,91 µg/L olarak Aksu 1 ve en düşük miktar ise pek çok istasyonda 0,01-0,03 µg/L aralığında tayin edilmiştir.

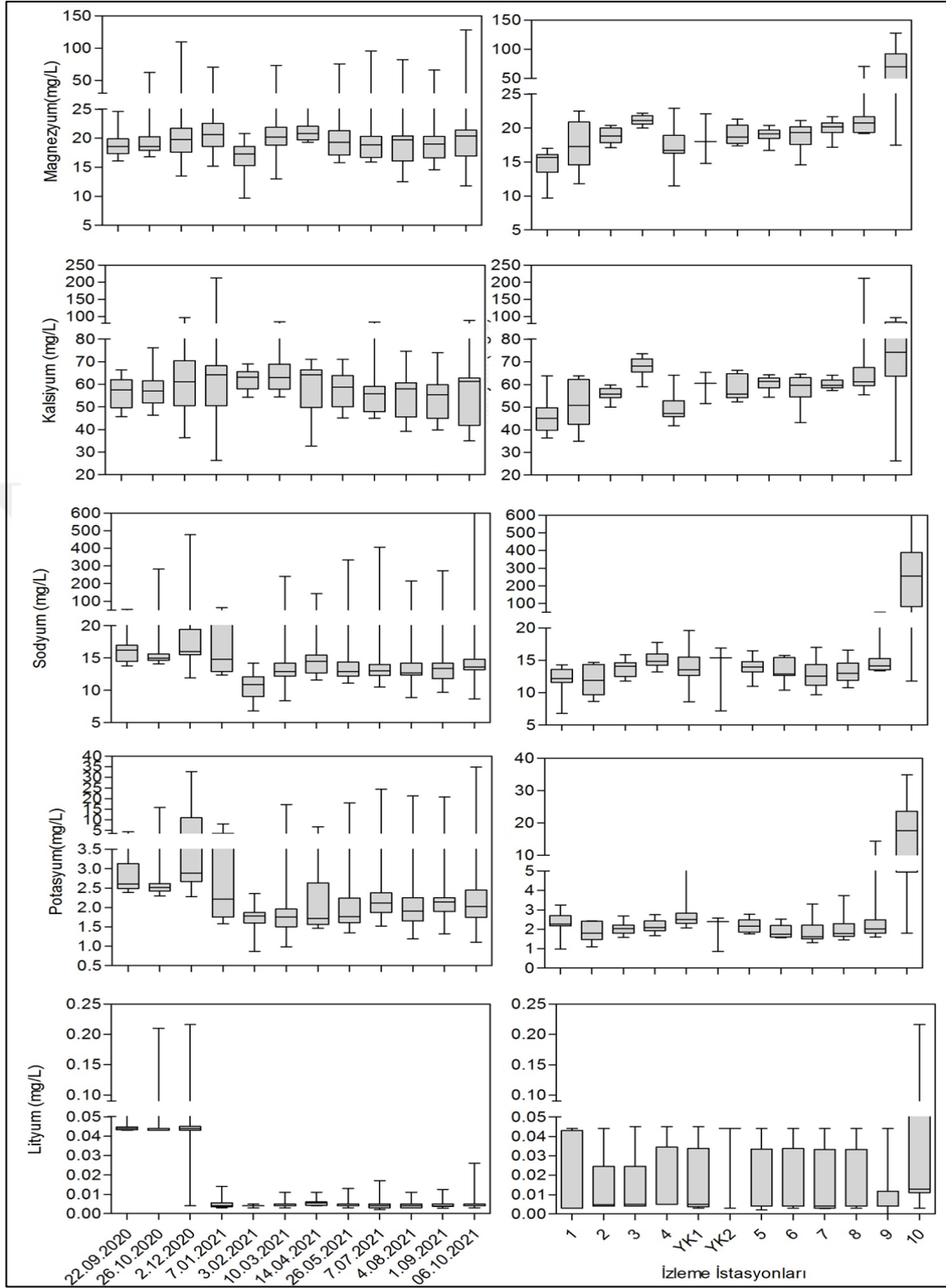
İletkenlik ve tuzluluk parametreleri Aksu 10 istasyonunun denizel etkisini oldukça iyi yansıtmıştır. Akarsu kaynağına yakın bölgedeki Aksu 1'de ortalama $0,355 \pm 0,024$ mS/cm olarak ölçülen elektriksel iletkenlik değeri, ilerleyen istasyonlarda artış göstermiş ve denize ulaştığı Aksu 10 noktasında deniz suyunun etkisi ile ortalama $2,886 \pm 1,369$ mS/cm değerine kadar yükselmiştir (Çizelge 4.1). Aynı şekilde tuzluluk 0,02-0,30 ppt arasında değişim gösterirken, Şubat 2021 dönemi örneklemeğinde Aksu 10 istasyonunda min 0,24 ppt ve Ekim 2021 döneminde de max 2,9 ppt değerlerinde ölçülmüştür (Şekil 4.2).

Araştırma süresince en düşük toplam alkalinite miktarı 77,9 mg CaCO_3/L olarak Aksu 1'de ve en yüksek toplam alkalinite miktarı 265,6 mg CaCO_3/L olarak Aksu 4'te tayin edilmiştir (Çizelge 4.1). Bikarbonat, toplam alkalinite değişimine benzer bir değişim göstermiştir. En düşük bikarbonat miktarı 94,9 mg HCO_3^-/L olarak Aksu 1 ve en yüksek bikarbonat miktarı 323,9 mg HCO_3^-/L olarak Aksu 4 istasyonunda tayin edilmiştir.

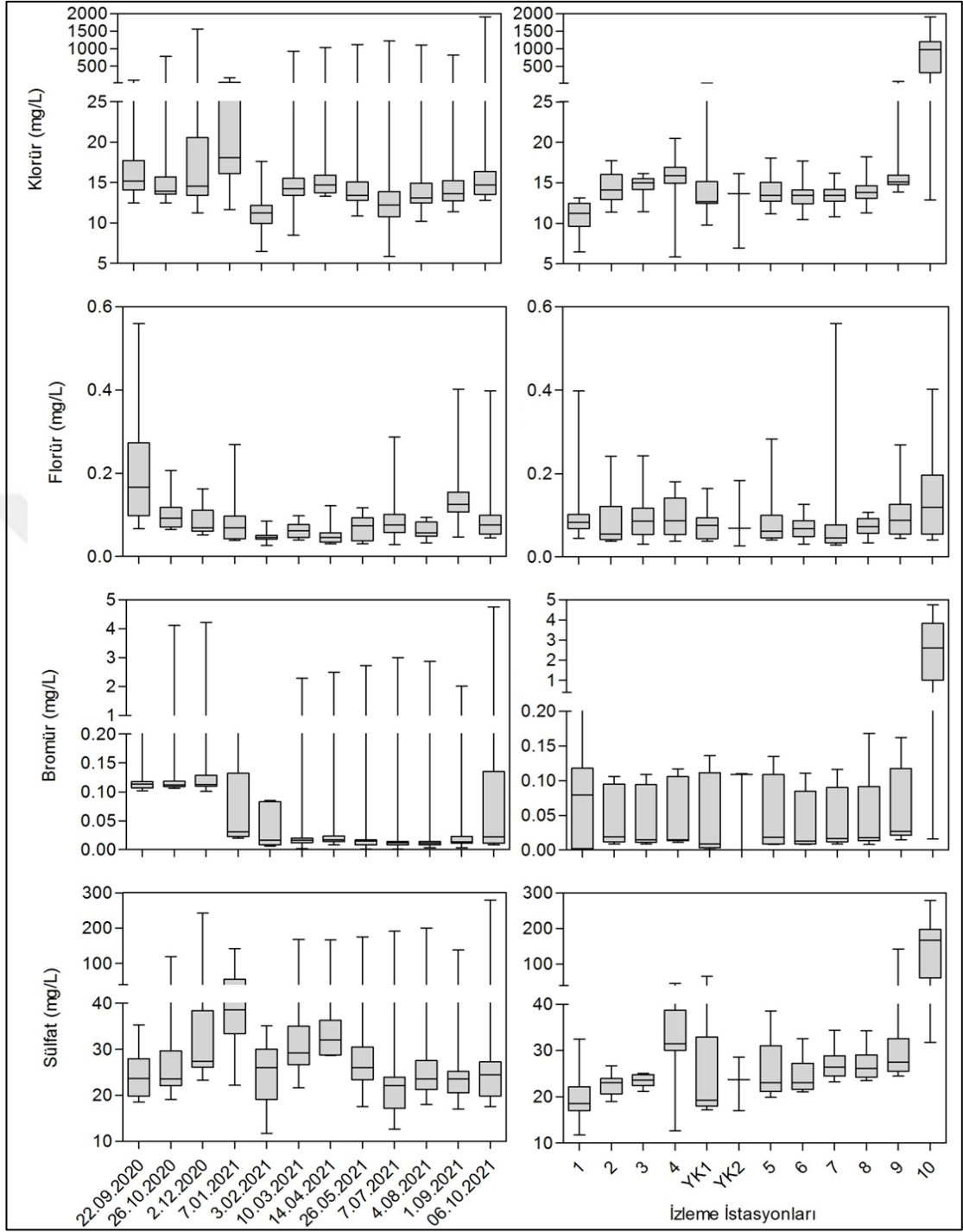


Şekil 4.2. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

En düşük kalsiyum miktarı 26,3 mg Ca²⁺/L olarak Aksu Çayı'nın denize ulaştığı Aksu 10'da ve en yüksek kalsiyum miktarı ise 212,3 mg Ca²⁺/L olarak Aksu Çayı mansap noktasının yaklaşık 10 km üstünde yer alan Aksu 9'da tayin edilmiştir. 12 ay süresince izlenen sodyum, Aksu Çayı'nın ilk örnekleme noktası olan Aksu 1'de 6,8 mg Na⁺/L olarak en düşük ve denize eriştiği Aksu 10'da 647,2 mg Na⁺/L olarak en yüksek değerinde tayin edilmiştir (Şekil 4.3).

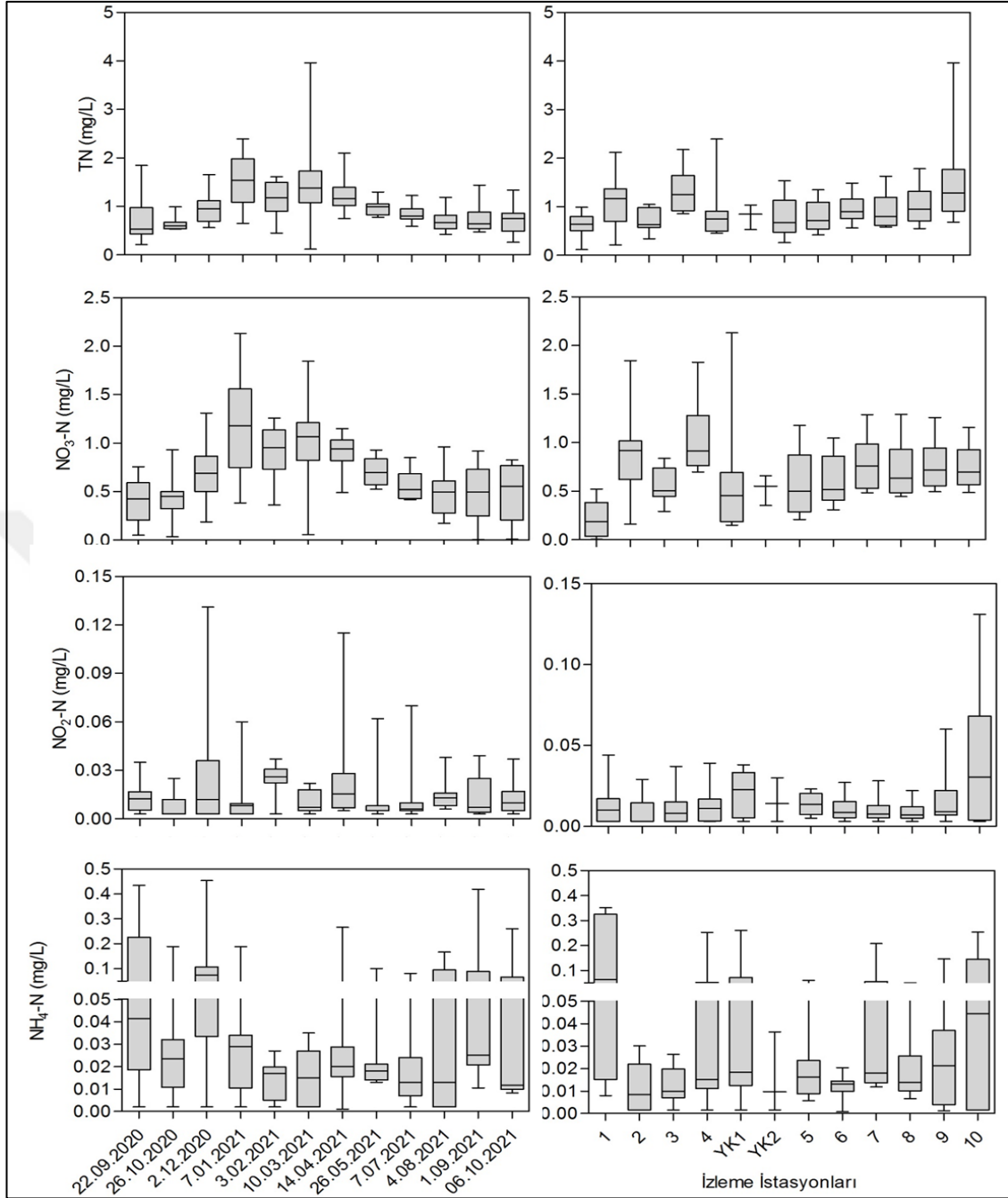


Şekil 4.3. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi



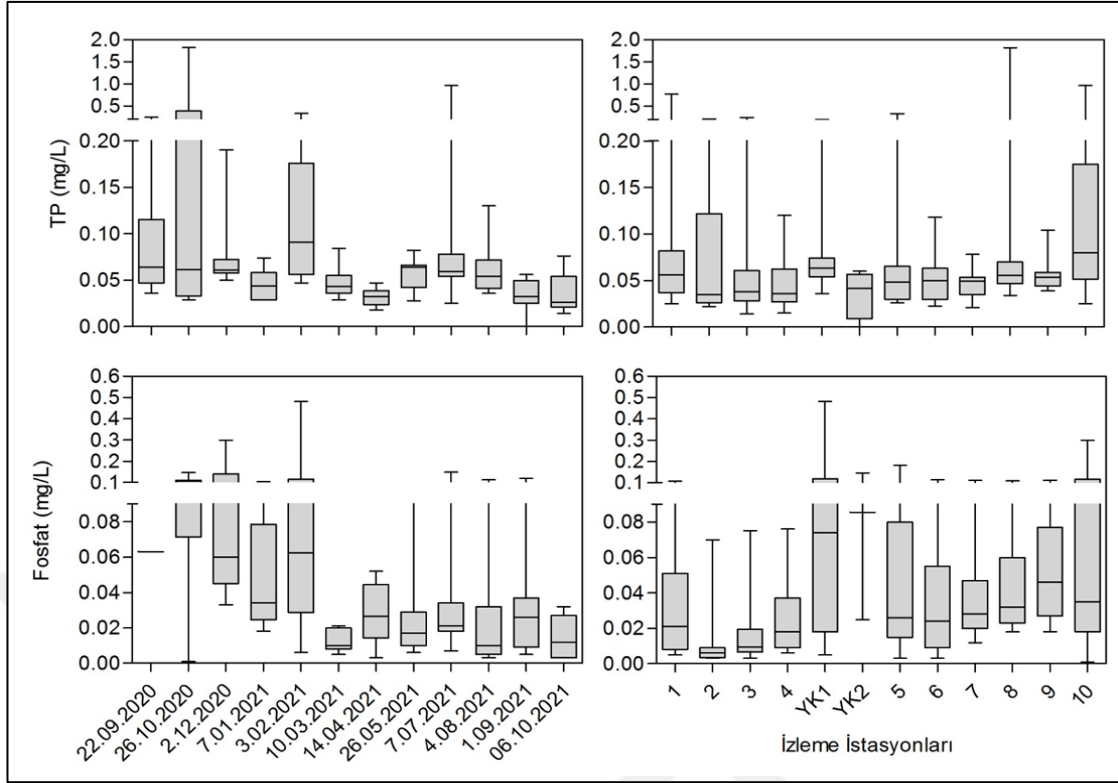
Şekil 4.4. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

Örnekleme noktalarında ortalama klorür miktarları Aksu 10 haricinde 10,74-19,55 mg Cl/L aralığında hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). En düşük florür miktarı 0,027 mg/L olarak Aksu YK2’de, en yüksek florür miktarı ise 0,56 mg /L olarak Aksu 7’de tayin edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

Araştırma süresince en düşük NH₄-N konsantrasyonları pek çok örnekleme noktasında 0,001 ve 0,002 mg/L saptanmıştır. KUYAB AAT deşarjını alan Aksu 10'da da amonyum azotu için yüksek değerler tayin edilmiştir (Şekil 4.5). Benzer durum nitrit azotu ve toplam azot için de gözlenmiştir. Ancak max nitrat azotu miktarı 2,130 mg/L olarak sulama kanalından gelen yan kol olan Aksu YK1'de tayin edilmiştir (Çizelge 4.4).



Şekil 4.6. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

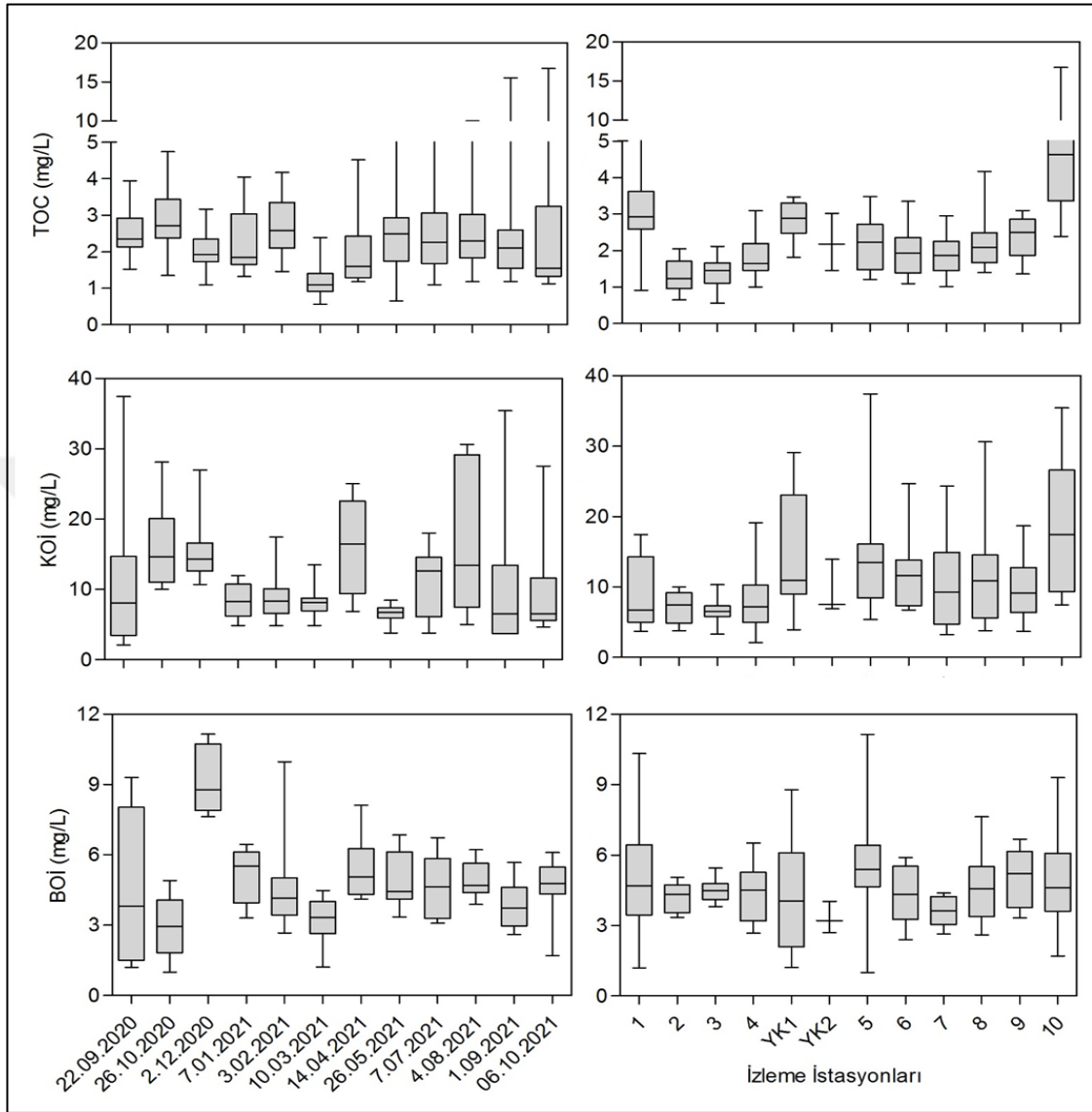
12 aylık izleme süresince en düşük fosfat miktarı 0,001 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ olarak Aksu 10'da, en yüksek fosfat miktarı 0,481 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ olarak Aksu YK1'de tayin edilmiştir (Şekil 4.6). Örnekleme noktalarında ortalama fosfat miktarları 0,019-0,085 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{L}$ arasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.4).

En düşük toplam fosfor miktarı 0,014 mg P/L olarak Aksu 3'te, en yüksek toplam fosfor miktarı 1,820 mg P/L olarak Aksu 8'de tayin edilmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama toplam fosfor miktarları 0,047-0,189 mg P/L aralığında kaydedilmiştir. Toplam fosfor için 12 aylık örnekleme periyoduna ait ortalama değerler Aksu 10 hariç tüm izleme noktalarında benzerdir. Ancak KUYAB AAT deşarjı sonrasında TP'nin ortama değerlerinde ve varyasyonlarında artışlar belirlenmiştir.

Şekil 4.7 ve Çizelge 4.6' da görüldüğü gibi en düşük KOİ miktarı 2,13 mg/L olarak Aksu 4'te, en yüksek KOİ miktarları ise 37,4 ve 35,4 mg/L olarak Aksu 5 ve Aksu 10'da tayin edilmiştir. Aksu Çayı'nın üst havzasında yer alan ilk 4 istasyonda KOİ değerleri ortalama 6,5-9 mg/L olarak yakın değerlerde tayin edilmesine rağmen Aksu YK1 katılımından sonra KOİ değerlerinde artış gözlenmiştir (Çizelge 4.6). KOİ konsantrasyonu, KUYAB AAT deşarjının mansabında yer alan Aksu 10 için diğer istasyonlara göre daha yüksek ortalama değerlerde belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarında en düşük TOK miktarı 0,56 mg/L olarak Aksu 3'te, en yüksek TOK miktarı ise 16,7 mg/L olarak Aksu 10'da tayin edilmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama TOK miktarları 1,31-6,94 mg/L aralığında kaydedilmiştir (Şekil

4.7 ve Çizelge 4.6). TOK parametresi için de KOİ'ye benzer olarak KUYAB Atıksu Arıtma Tesisi deşarjının Aksu 10'a olan etkisi görülmektedir.

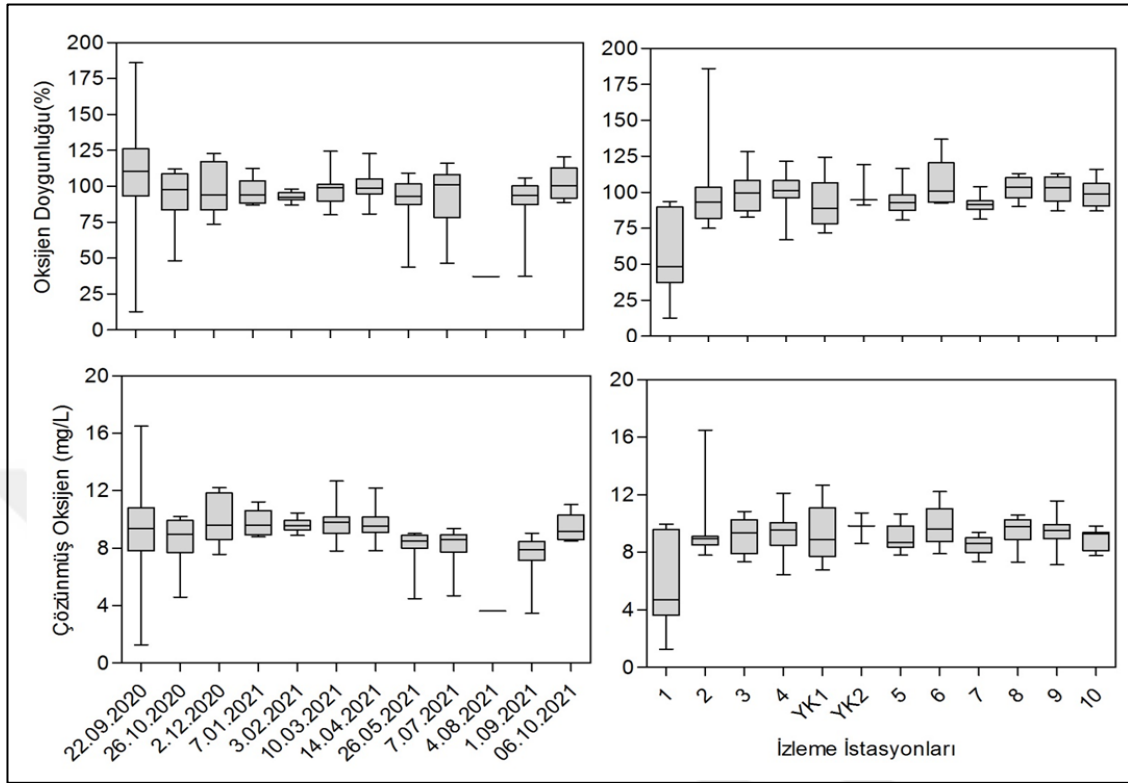


Şekil 4.7. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

Örnekleme noktalarındaki BOI_5 konsantrasyonları benzer değişimler sergilemiştir. En düşük BOI_5 miktarı 1,0 mg O_2/L olarak yankolların katılımından sonra yer alan Aksu 5'te ve en yüksek BOI_5 miktarı ise 11,15 mg O_2/L olarak yine Aksu 5'te tayin edilmiştir. Ortalama BOI_5 değerleri açısından yıl içerisinde Aksu 1 ve Aksu 5 noktası diğer noktalara göre daha yüksek değerler almıştır.

BOI_5 , NO_3-N , NH_4-N ve PO_4^{3-} konsantrasyon değerleri birbirleri ile uyumlu olarak özellikle kış döneminde belirgin düzeyde artış göstermiştir. Bu benzerlik istatistiksel olarak incelendiğinde ise tüm izleme dönemleri ve tüm izleme noktalarına ait $BOI_5 - NO_3-N$ ve $BOI_5 - NH_4-N$ konsantrasyonları için korelasyon değerleri oldukça zayıf olarak (Spearman r : -0,1475; p : 0,1352 ve r : 0,009662; p : 0,9225) belirlenmiştir.

Tüm izleme dönemleri ve tüm izleme noktalarına ait $\text{BOI}_5 - \text{PO}_4^{3-}$ konsantrasyonları için de oldukça zayıf korelasyon değerleri (Spearman r: 0,1237; p: 0,2203) elde edilmiştir.

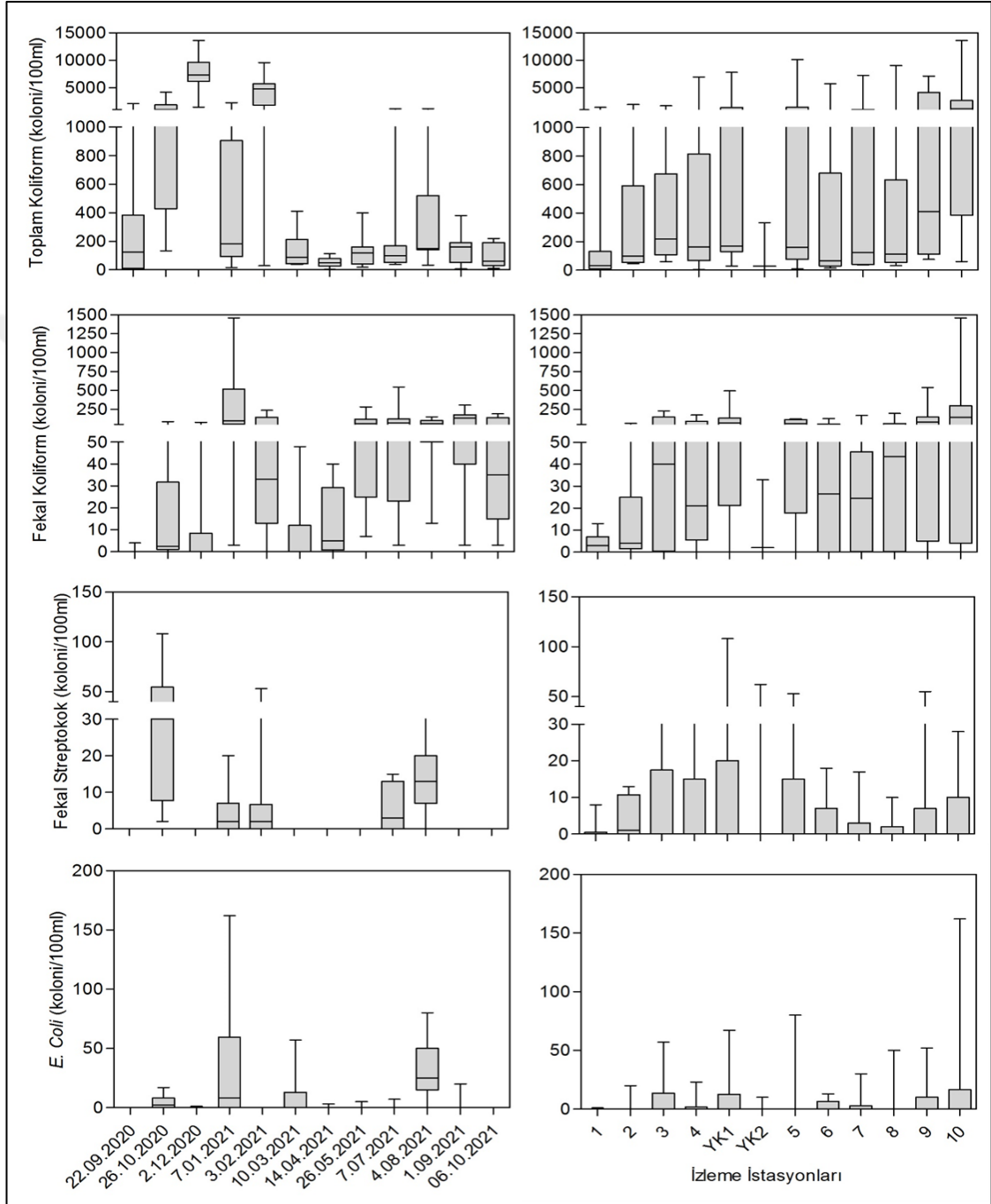


Şekil 4.8. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

12 aylık arazi ölçümleri süresince örnekleme noktalarında çözünmüş oksijen miktarları Aksu 1 hariç genellikle doygunluk değerinde ölçülmüştür. En düşük çözünmüş oksijen miktarı 1,27 mg O_2/L (%12,8 doygunluk) olarak Aksu 1’de Eylül 2020’de ve en yüksek çözünmüş oksijen miktarı ise 16,49 mg O_2/L (%186 doygunluk) olarak Aksu 2’de Eylül 2020’de ölçülmüştür (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.6). Diğer noktalara kıyasla nehir havzasının üst kısmında ve Karacaören-2 Baraj Gölü çıkışı sonrası yer alan Aksu 1 örnekleme noktasında, baraj gölünden gelen dip suyu etkisiyle çoğunlukla düşük seviyede çözünmüş oksijen konsantrasyonları (min 1,27 ve max 9,96 mg O_2/L) ile doygunluk değerleri (ortalama $\%60,3 \pm 28,18$) belirlenmiştir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve doygunluğu yan kollarda (YK1 ve YK2) ortalama 12,68 ve 10,74 mg O_2/L (%94-101) aralığında ölçülmüştür.

Toplam koliform bakteri sayıları, örnekleme noktalarına göre ve aylık olarak önemli değişiklikler göstermiştir. En düşük toplam koliform bakteri sayısı 0 koloni/100 mL olarak Aksu YK2’de, en yüksek toplam koliform bakteri sayısı ise 13600 koloni/100 mL olarak Aksu 10’da tayin edilmiştir. Örnekleme noktalarında ortalama toplam koliform bakteri sayısı 227-2845 koloni/100 mL aralığında kaydedilmiştir (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.7). Örnekleme noktalarındaki fekal koliform bakteri sayıları, genel olarak toplam koliform bakteri sayılarının yüksek olduğu izleme noktalarında yüksektir. En düşük fekal koliform bakteri sayısı 0 koloni/100 mL olarak pek çok örnekleme

noktasında, en yüksek fekal koliform bakteri sayısı ise 1460 koloni/100 mL olarak yine Aksu 10'da tayin edilmiştir. *Escherichia coli* (*E.coli*) sayıları, fekal ve toplam koliform bakteri sayılarıyla uyumluluk göstermiştir, en yüksek *E. coli* sayısı ise 162 koloni/100 mL olarak yine Aksu 10'da tayin edilmiştir. Genel olarak Aksu 9 sonrası deşarjı olan KUYAB AAT'nin etkisi Aksu 10'da kendini göstermiştir.



Şekil 4.9. Aksu Çayı su kalitesinin bir yıllık izleme dönemi ve izleme noktalarına göre alansal ve zamansal değişimi

En yüksek fekal streptokok sayısı ise 108 koloni/100 mL olarak Aksu YK1'de

tain edilmiştir. Örnekleme noktalarındaki ortalama fekal streptokok sayısı 1-31 koloni/100 mL arasında kaydedilmiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.7).

4.2. Aksu Çayı'nda Pestisit İzleme Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında Antalya Aksu bölgesinde en çok kullanılan pestisitlerin bitki türleri, pestisit etken maddeleri, ticari isimleri, ürün kategori bilgileri, zararlı organizma isimleri ve bitki hastalıkları ile uygulama dozları ve periyotlarına ilişkin bilgiler Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı'ndan elde edilmiştir. Pestisitler hakkında elde edilen tüm bilgiler Ek 2'de sunulmaktadır. Sunulan pestisit ve ekotoksikolojik veriler pestisitlerin çevresel risk analizi çalışması için temel oluşturmuştur.

Su kalitesi izleme çalışmaları kapsamındaki pestisit analizleri Aksu Çayı için 2020 yılı Kasım, 2021 yılı Ocak, Mart, Mayıs, Ağustos ve Ekim aylarında 6 izleme noktası (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10) için özel bir akredite laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. İlgili laboratuvar parametreler için LOD limitleri üzerindeki analiz sonuçları da elde edilmiş olup, tüm analiz sonuçları LOD ve LOQ değerleri baz alınarak değerlendirilmiştir. Theta-cypermethrin ve Zeta-cypermethrin için LOQ değeri <0,005 µg/L sadece Ekim 2021 döneminde Aksu-8 ve Aksu 9 istasyonlarında LOQ değerine eşit seviyede tespit edilmiştir

- Kasım 2020 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler: Carboxin (Aksu 1, 5, 8, 9, 10), Pendimethaline (Aksu 8), Trifloxystrobin (Aksu 4, 5, 8, 9, 10), Alachlor (Aksu 5, 8, 9)
- Ocak 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler: 2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK (tüm istasyonlar), Azoxystrobin (Aksu 9), Chlofentazin (Aksu 1, 4, 5, 8, 9), Metazachlor (Aksu 1, 4, 5, 8, 9), Pendimethaline (Aksu 1, 4, 5, 8, 9), Theta-cypermethrin (Aksu 9, 10)
- Mart 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler: 2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK (tüm istasyonlar), Acetamiprid (Aksu 1, 4, 5, 8, 10), Azoxystrobin (tüm istasyonlar), Boscalid (Aksu-1, 8), Carbofuran (Aksu 1, 4, 5, 8), Clofentazine (Aksu 1, 5, 10), Metazachlor (tüm istasyonlar), Metalaxy (tüm istasyonlar), Molinat (tüm istasyonlar), Pendimethaline (tüm istasyonlar)
- Mayıs 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler: Captan, Metazachlor, Molinat, Pendimethaline (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10), Aldrin (Aksu 1, 8, 9), Clofentazine (Aksu 1, 5, 9, 10), Theta-cypermethrin (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10)
- Ağustos 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler: Carbaril (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10), Fentiyon (Aksu 1), Captan (Aksu 4, 8, 10), Pendimethaline ve Trifluralin (Aksu 8), Pentakloro-benzen (Aksu 4, 8), Theta-cypermethrin (Aksu 1, 4, 9).
- Ekim 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticiler:

Beta-HCH (Aksu 5, 8, 9, 10), Delta-HCH (Aksu 1), Dicofol (Aksu 4, 5, 10), Theta-cypermethrin (Aksu 8, 9), Zeta-cypermethrin (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10).

Altı izleme dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilere ait analiz sonuçlarının LOQ ve yıllık ortalama ve maksimum Çevresel Kalite Standardı (ÇKS) değerleri ile karşılaştırması Çizelge 4.8-4.13’de sunulmaktadır (Muhammetoğlu 2022).

Çizelge 4.8. Kasım 2020 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
Carboxin	Belirli/karbamat pestisit	0,016	<0,02	11	11
Metrafenone	Belirli/fungisit	0,0131-0,0169	<0,02	12	13
Pendimethaline	Belirli/herbisit	0,019	<0,05	0,5	8
Trifloxystrobin	Belirli/fungisit	0,009-0,012	<0,02	42	42
Alachlor	Öncelikli/herbisit	0,011-0,015	<0,02	0,3	0,7

Çizelge 4.9. Ocak 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK	Belirli/herbisit	0,3491-0,4667	<1	20	23
Azoxystrobin	Belirli/fungisit	0,0078	<0,02	0,2	6
Clofentazin	Belirli/akarisit	0,0193-0,0198	<0,05	0,12	0,5
Clothianidin	Belirli/insektisit	0,0197-0,0246	<0,05	1,2	1,2
Metolachlor	Belirli/herbisit	0,0122-0,0127	<0,02	3,3	88
Pendimethaline	Belirli/herbisit	0,0321-0,0342	<0,05	0,5	8
Theta-cypermethrin	Öncelikli/insektisit	0,0017-0,0019	<0,005	-	-

Çizelge 4.10. Mart 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK	Belirli/herbisit	0,3925-0,6624	<1	20	23
Acetamiprid	Belirli/insektisit	0,0094-0,0129	<0,02	42	42

Azoxystrobin	Belirli/fungisit	0,0138-0,0162	<0,02	0,2	6
Boscalid	Belirli/fungisit	0,0073-0,0078	<0,02	19	113
Carbofuran	Belirli/karbamat	0,0114-0,0184	<0,02	2,3	2,3
Clofentazin	Belirli/akarisit	0,0192-0,0196	<0,05	0,12	0,5
Metazachlor	Belirli/herbisit	0,0158-0,0189	<0,02	42	42
Metolachlor	Belirli/herbisit	0,0121-0,0145	<0,02	3,3	88
Molinate	Belirli/herbisit	0,0186-0,0188	<0,05	136	460
Pendimethaline	Belirli/herbisit	0,0357-0,0382	<0,05	0,5	8

Çizelge 4.11. Mayıs 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
Aldrin	Belirli/ Organoklor	0,00283-0,00339	<0,005	0,01	-
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK	Belirli/herbisit	0,6948	<1	20	23
Captan	Belirli/fungisit	0,0288-0,0795	<0,1	1,6	8,5
Clofentezin	Belirli/akarisit	0,01924-0,01996	<0,05	0,12	0,5
Metazachlor	Belirli/herbisit	0,0088-0,01514	<0,02	3,3	88
Molinat	Belirli/herbisit	0,01126-0,01938	<0,05	136	460
Pendimethaline	Belirli/herbisit	0,01225-0,03237	<0,05	0,5	8
Theta-cypermethrin	Öncelikli/insektisit	0,00184-0,00351	<0,005	-	-

Çizelge 4.12. Ağustos 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
Fentiyon	Belirli/insektisit	0,016	<0,02	0,05	1,1
Captan	Belirli/fungisit	0,043-0,093	<0,1	1,6	8,5
Carbaril	Belirli/karbamat	0,012	<0,02	9	34
Pendimethaline	Belirli/herbisit	0,021	<0,05	0,5	8
Pentakloro-benzen	Öncelikli/organoklor	0,0020	<0,005	0,007	-
Trifluralin	Öncelikli/herbisit	0,0029	<0,005	0,03	-
Theta-cypermethrin	Öncelikli/insektisit	0,0026-0,0033	<0,005	-	-

Çizelge 4.13. Ekim 2021 dönemi için LOD limit değerlerinin üzerinde tespit edilen kirleticilerin LOQ ve ÇKS ile karşılaştırılması

Parametre	Kirletici grubu/çeşidi	Analiz sonuçları µg/L	LOQ µg/L	YO ÇKS µg/L	Max ÇKS µg/L
4,4'-DDD	Belirli/Organoklor	0,002-0,0023	<0,005	0,025	0,025
Aldrin	Belirli/Organoklor	0,002	<0,005	0,01	-
Asetochlor	Belirli/Herbisit	0,002	<0,005	0,3	10,1
4,4-DDT	Organoklor pestisit	0,001-0,0024	<0,005	-	-
Beta- HCH	Organoklor pestisit	0,002-0,003	<0,005	-	-
Delta-HCH	Organoklor pestisit	0,0024	<0,005	-	-
Dicofol	Öncelikli/Organoklor pestisit	0,0017-0,0023	<0,005	0,0013	-
Theta-cypermethrin	Öncelikli/insektisit	0,004-0,005	<0,005	-	-
Zeta-cypermethrin	Öncelikli/insektisit	0,0021-0,005	<0,005	-	-

Altı izleme dönemine ait tüm analiz sonuçları yıllık ortalama ÇKS ve maksimum ÇKS limit değerlerinin çok altında kalmaktadır. Yalnızca Dicofol için Ekim 2021 döneminde Aksu 4, 5 ve 10 nolu izleme noktalarında Yıllık Ortalama ÇKS limiti değerinin (0,0013 µg/L) üzerinde analiz sonuçları elde edilmiştir. Dicofol için LOQ limit değeri 0,005 µg/L olup tek bir dönemde Yıllık Ortalama ÇKS değeri aşıldığından bu parametre açısından da önemli bir risk olmadığı değerlendirilmektedir. Kasım 2020-Ekim 2021 döneminde Aksu Çayı havzasında belirli ve öncelikli kirletici baskısının az olduğu, yüzeysel akış, yeraltısu beslenimi ve rüzgarla taşınım vb. proseslerin izleme döneminde önemli bir kirletici taşınımı gerçekleşmemiştir (Muhammetoğlu 2022).

4.3. MapShed Modeli Uygulaması

MapShed modeli ile 10 alt havzaya bölünen Aşağı Aksu Çayı havzasının günlük toplam AKM yükü ve konsantrasyonu, TN yükü ve konsantrasyonu, TP yükü ve konsantrasyonu tahminleri elde edilmiştir. Model ile günlük noktasal N yükü, foseptik N yükü, hayvan kaynaklı N yükü, tarımsal drenaj suyundan gelen N yükü, arazi kullanımı/örtüsüne bağlı N yükü ve taşınım yollarından gelen N yükü (nehir yatağı ve yeraltısu) hesaplanmıştır.

Benzer şekilde P için de noktasal P yükü, foseptik P yükü, hayvan kaynaklı P yükü, tarımsal drenaj suyundan gelen P yükü, arazi kullanımı/örtüsüne bağlı P yükü ve taşınım yollarından gelen P yükü (nehir yatağı ve yeraltısu) hesaplanmıştır. MapShed modeli ile Aksu Çayı Alt Havza alanı içinde Aksu Çayı'na bağlantı oluşturulan 10 adet alt havza alanının çıkış noktaları baz alınarak 2020 yılı ve 2021 yılı için günlük olarak Toplam AKM, TN ve TP yükleri ve konsantrasyonları hesaplanmıştır. Şekil 4.10'da Aksu Çayı havzasının 10. alt havzasının MapShed modelinden elde edilen ve kaynaklarına göre sediman, TN ve TP için 2020 yılına ait yıllık kirletici yük toplamaları görülmektedir. 2021

yılı itibariyle Aşağı Aksu Çayı için 10 alt havza alanı ve tüm çalışma alanı için MapShed modelinden elde edilen yayılı TN ve TP yükleri Çizelge 4.14 ve 4.15’de ve Şekiller 4.11 ve 4.12’de sunulmaktadır.

GWLF Total Loads for file: 20.08.2021-53 **Period of analysis: 3 years from 2019 to 2021**

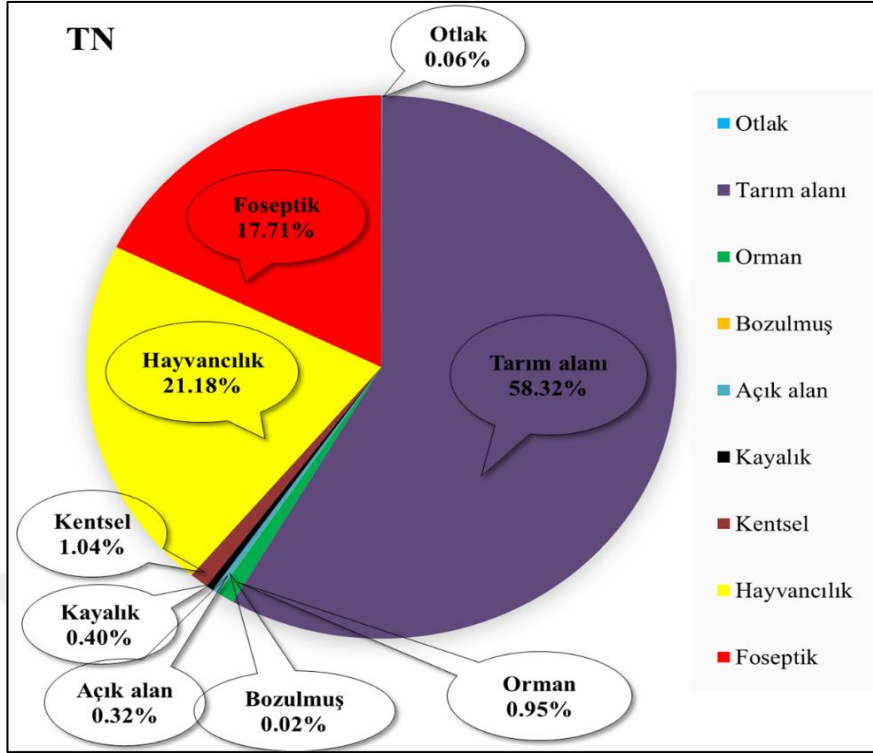
Source	Area (Ha)	Runoff (cm)	Kg × 1000		Total Loads (Kg)			
			Erosion	Sediment	Dissolved N	Total N	Dissolved P	Total P
Hay/Pasture	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cropland	2055	11.6	13404.5	2238.6	6895.1	11372.2	607.5	2702.8
Forest	23	2.4	0.1	0.0	1.1	1.1	0.1	0.1
Wetland	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Disturbed	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turfgrass	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Open Land	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bare Rock	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sandy Areas	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Unpaved Roads	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LD Mixed	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MD Mixed	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HD Mixed	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LD Residential	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MD Residential	55	20.5	0.0	7.8	34.5	123.2	6.0	16.3
HD Residential	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Farm Animals						0.0		0.0
Tile Drainage				0.0		0.0		0.0
Stream Bank				1230.7		615.3		288.0
Groundwater					15170.4	15170.4	101.1	101.1
Point Sources					0.0	0.0	0.0	0.0
Septic Systems					0.0	0.0	0.0	0.0
Totals	2133.0	11.7	13404.6	3477.1	22101.1	27282.3	714.7	3108.2

Go Back Pathogen Loads Export to JPEG Print Close

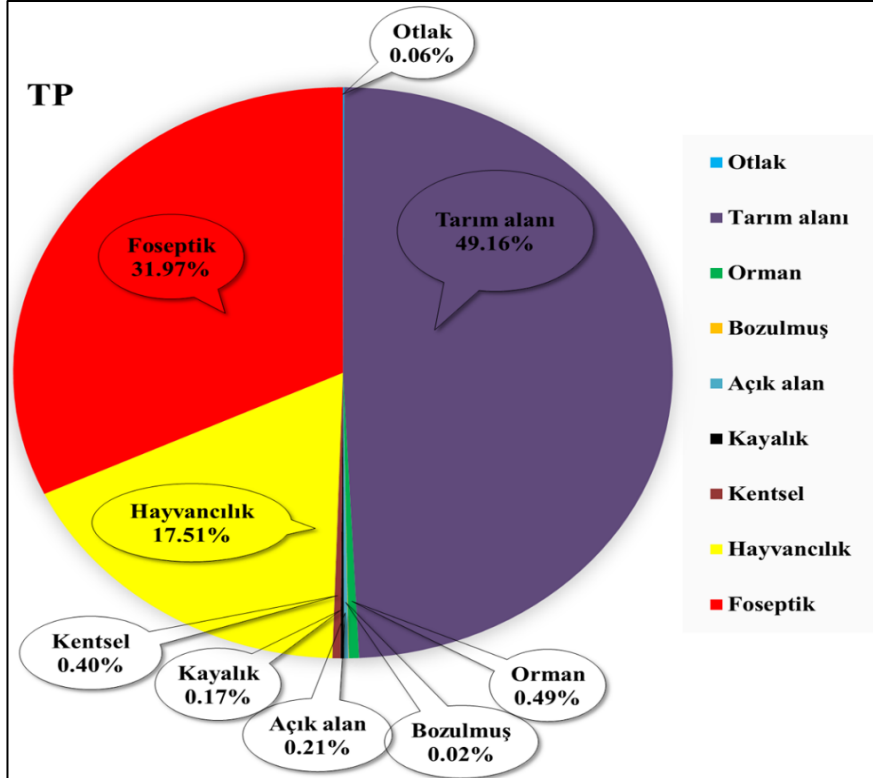
Şekil 4.10. Alt havza 10 için MapShed modelinden elde edilen ve kaynaklarına göre sediman, TN ve TP için 2020 yılına ait yıllık kirletici yük toplamaları (Muhammetoğlu 2022)

2021 yılı itibariyle Aksu Çayı için havzadan kaynaklı yayılı TN yüklerinin %58,32’lik kısmı tarım alanlarından, %17,71’lik kısmı fosseptiklerden, %21,18’lik kısmı hayvancılık faaliyetlerinden, %1,04’lük kısmı ise kentsel alanlardan oluşmuştur. TP yüklerinin ise %49,16’lik kısmı tarım alanlarından, %31,97’lik kısmı fosseptiklerden, %17,51’lik kısmı hayvancılık faaliyetlerinden, %0,40’lik kısmı ise kentsel alanlardan kaynaklanmıştır. 2021 yılı için yayılı TN ve TP yükleri açısından tarımsal alanların katkısı en yüksek orandadır. Bölgede kanalizasyon sistemine bağlı olan alanlar çok sınırlı olduğundan fosseptikler de bir diğer önemli TN ve TP kaynağı durumundadır. Bölgedeki hayvan yetiştiriciliği de yayılı kirlilik kaynağı olarak öne çıkan diğer bir alandır.

1 Ocak – 31 Aralık 2021 döneminde en yüksek aylık yağış toplamı Ocak, Kasım ve Aralık aylarında, en yüksek aylık evapotranspirasyon toplamı ise Mayıs-Temmuz 2021 döneminde gerçekleşmiştir. En yüksek yüzeysel akış da Ocak ve Şubat 2021 ayları için elde edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak yayılı yükler açısından da en yüksek TN, TP, çözünmüş N ve çözünmüş P Ocak, Şubat ve Kasım aylarında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.11. 2021 yılı için tüm çalışma alanına ait yıllık yayılı TN yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022)



Şekil 4.12. 2021 yılı için tüm çalışma alanına ait yıllık yayılı TP yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022)

Çizelge 4.14. 2021 yılı için alt havza alanları ve tüm çalışma alanı için yıllık yayılı TN yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022)

TN (kg)											
	Alan-1	Alan-2	Alan-3	Alan-4	Alan-5	Alan-6	Alan-7	Alan-8	Alan-9	Alan-10	Toplam
Kaynaklar											
Otlak	0	0	0	0	131,5	0	19,1	219,2	7,9	0	377,7
Tarım alanı	13042,4	12333,4	7351,4	27959,0	19401,7	56745,3	78609,3	124666,6	23219,8	9358,0	372686,9
Orman	474,6	381,9	685,1	264,1	1907,1	969,8	39,2	1281,3	89,5	0,8	6093,4
Bozulmuş arazi	0	0	0	0	7,9	44,5	19,1	36,7	0	0	108,2
Açık alan	82,6	16,7	89,4	42,3	395,9	822,0	0,0	418,1	185,3	0	2052,3
Kayalık	2,1	0	0	0	2446,5	101,7	0	0	0	0	2550,3
Kentsel	0	100,7	95,3	0	125,8	66,7	0	1407,0	4726,5	94,2	6616,2
Hayvancılık	11030,1	10328,1	13907,6	4391,1	42434,4	12694,0	4391,7	24414,0	11758,6	0	135349,6
Foseptik	3181,0	0	739,1	444,9	3522,5	8066,3	8428,5	30933,5	53678,0	4190,6	113184,4
Kaynaklara ait toplam yük (kg/yıl)	27812,8	23160,8	22867,9	33101,4	70373,3	79510,3	91506,9	183376,4	93665,6	13643,6	639019,0
Taşıma yolları											
Nehir yatağı	58,4	41,9	117,4	8,7	450,6	39,7	40,5	346,9	313,6	610,5	2028,2
Yeraltısıyu	34891,7	30605,9	38010,5	18815,0	100421,9	33993,5	51274,6	101825,1	65959,1	12643,1	488440,4
Toplam yük (kg/yıl)	62762,9	53808,6	60995,8	51925,1	171245,8	113543,5	142822,0	285548,4	159938,3	26897,2	1129487,6
Havza alanı (ha)	8278	6866	11375	2904	29149	6581	7084	19334	11606	2133	105310
Alansal yük (kg/ha/yıl)	7,6	7,8	5,4	17,9	5,9	17,3	20,2	14,8	13,8	12,6	10,7

Çizelge 4.15. 2021 yılı için alt havza alanları ve tüm çalışma alanı için yıllık yayılı TP yük dağılımları (Muhammetoğlu 2022)

TP (kg)											
	Alan-1	Alan-2	Alan-3	Alan-4	Alan-5	Alan-6	Alan-7	Alan-8	Alan-9	Alan-10	Toplam
Kaynaklar											
Otlak	0	0	0	0	32,7	0	7	75	2,4	0	117,1
Tarım alanı	909,1	878,1	469,4	8428	1248,9	16294,1	25266	32385,8	1887,7	2472,5	90239,6
Orman	25	20,1	36,3	84,7	199,3	273,2	11,9	251,9	6,2	0,1	908,7
Bozulmuş	0	0	0	0	4	16,5	9	14,1	0	0	43,6
Açık alan	1,7	0,3	1,8	11	7,9	250,5	0	116,9	3,7	0	393,8
Kayalık	0,1	0	0	0	289,7	14,5	0	0	0	0	304,3
Kentsel	0	11,1	9,8	0	15	8,4	0	165,3	513,7	12	735,3
Hayvancılık	2603	2437,5	3332,4	1036,4	10166,4	2995,6	1036,6	5761,6	2774,3	0	32143,8
Foseptik	1649,5	0	383,3	230,7	1826,6	4182,8	4370,6	16040,6	27834,7	2173	58691,8
Kaynaklara ait toplam yük (kg/yıl)	5188,4	3347,1	4233	9790,8	13790,5	24035,6	30701,1	54811,2	33022,7	4657,6	183578
Taşıma yolları											
Nehir yatağı	19,1	14,1	33,1	3,6	128,7	14,6	19	130,8	124,8	285,7	773,5
Yeraltısuyu	549,5	344,2	487,3	165,8	1224,7	393	357,3	1106,8	637,3	89	5354,9
Toplam yük (kg/yıl)	5757	3705,4	4753,4	9960,2	15143,9	24443,2	31077,4	56048,8	33784,8	5032,3	189706,4
Havza alanı (ha)	8278	6866	11375	2904	29149	6581	7084	19334	11606	2133	105310
Alansal yük (kg/ha/yıl)	0,70	0,54	0,42	3,43	0,52	3,71	4,39	2,90	2,91	2,36	1,80

4.4. WASP8 Modeli Uygulaması

4.4.1. Model kalibrasyonu

Aksu Çayı model kalibrasyon dönemi olarak Eylül 2020 - Mart 2021 periyodu seçilmiştir. Model kalibrasyon dönemi için WASP8 modelinin Aksu Çayı'na uygulanması ile akım ve su kalite değişkenleri (su sıcaklığı, BOI_5 , çözünmüş oksijen, amonyum azotu, nitrat azotu, inorganik fosfor, klorofil-a, AKM) için kalibrasyon yapılmıştır. Model kalibrasyon çalışmaları sonucunda belirlenen kinetik sabit ve katsayı değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. WASP8 modelinin Aksu Çayı uygulamasında model kalibrasyonu ile belirlenen katsayılar

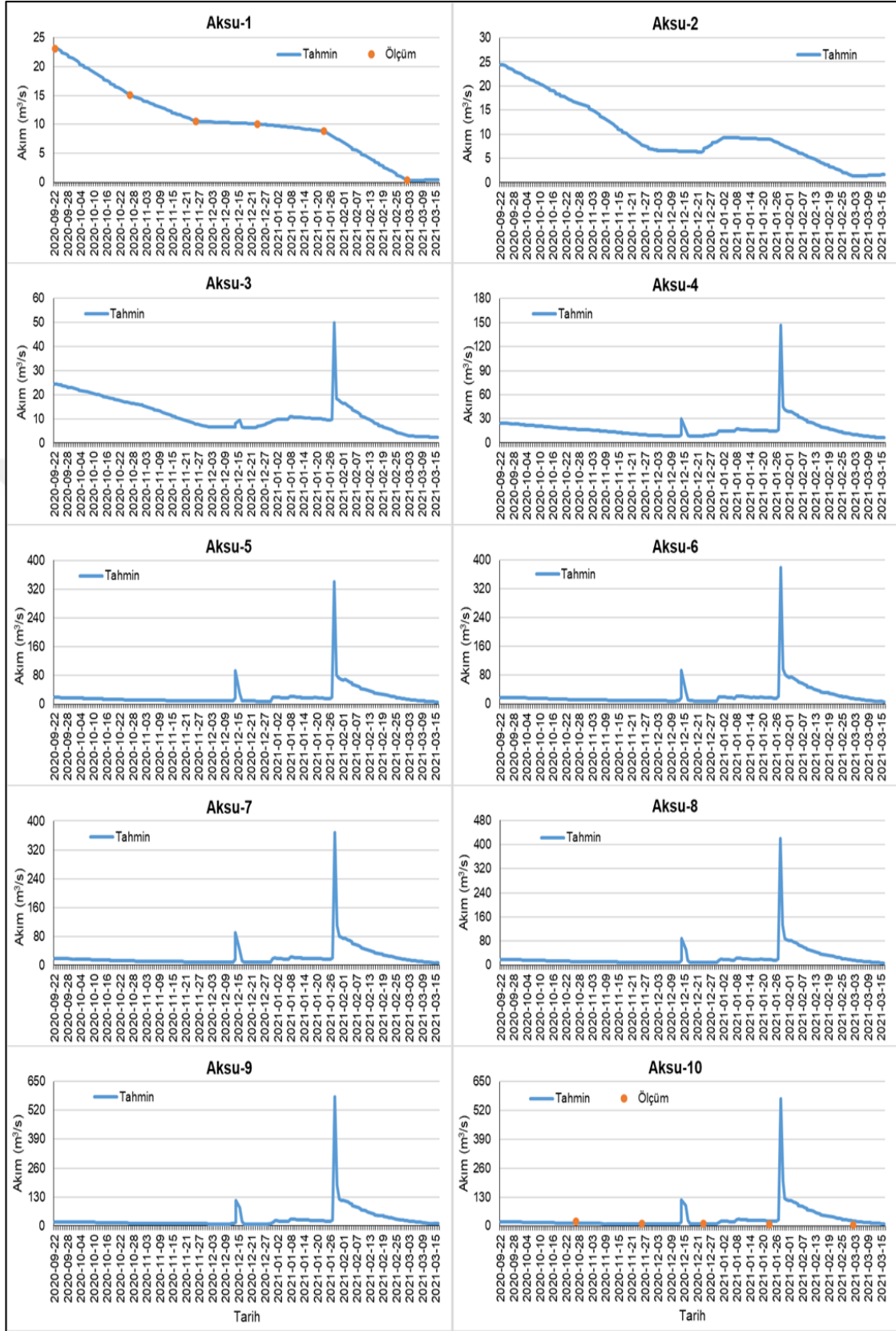
Kinetik Katsayı	Kalibrasyon değerleri
Nitrifikasyon hızı, 1/gün	5
Nitrifikasyon sıcaklık düzeltme katsayısı	1,07
Nitrifikasyon oksijen sınırlaması için yarı doygunluk sabiti, mg O_2 /l	0,5
Denitrifikasyon hızı, 1/gün	0,01
Denitrifikasyon sıcaklık düzeltme katsayısı	1,09
Denitrifikasyon oksijen sınırlaması için yarı doygunluk sabiti, mg O_2 /l	0,1
Karbonlu organik madde parçalanma hızı, 1/gün	2
Karbonlu organik madde parçalanması için sıcaklık düzeltme katsayısı	1,07
Organik madde parçalanmasında oksijen sınırlaması yarı doygunluk sabiti	1×10^{-6}
Yeniden havalandırma hızı, 1/gün	1,028
Çözünmüş organik azot mineralizasyon hızı, 1/gün	0,3
Çözünmüş organik azot mineralizasyon hızı sıcaklık düzeltme katsayısı	1,08
Çözünmüş organik fosfor mineralizasyon hızı, 1/gün	0,1
Çözünmüş organik fosfor mineralizasyon hızı sıcaklık düzeltme katsayısı	1,08
Oksijen karbon sitokiyometrik oranı	2,667

Su kalitesi izleme çalışması ile elde edilen ölçümler ve WASP8 modeli ile kalibrasyon dönemi için elde edilen tahminler Şekiller 4.13-4.21'de sunulmuştur. Ayrıca kalibrasyon dönemine ait tahmin ve ölçüm değerlerine yönelik Ortalama Karekök Hatası (RMSE) ve R^2 değerleri de Çizelge 4.17'de özetlenmiştir.

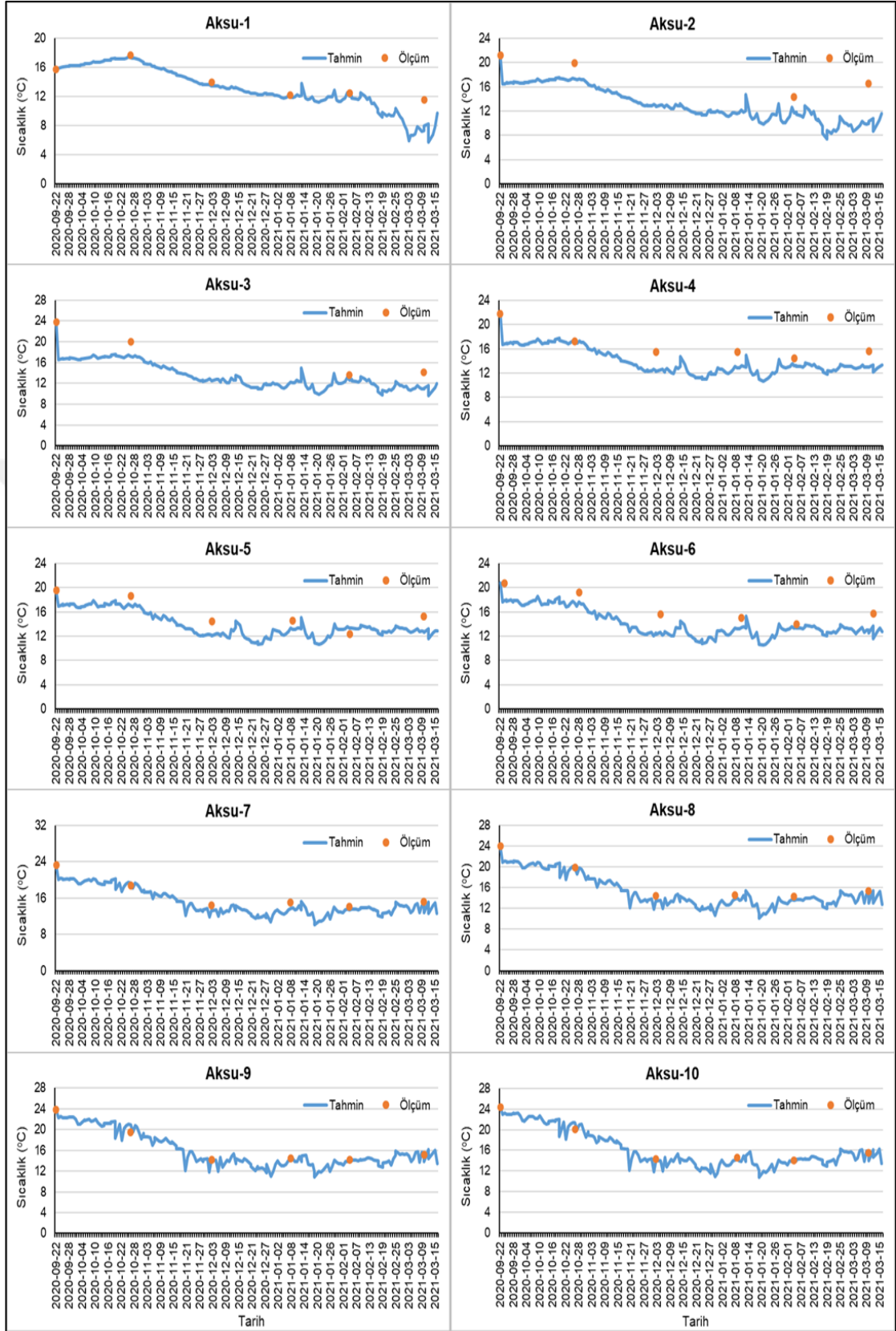
Çizelge 4.17. WASP8 modelinin Aksu Çayı için uygulandığı kalibrasyon dönemine ait model tahmin hataları

İzleme Noktası	Hata Analizi	T (°C)	BOİ ₅ (mg/L)	ÇO (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	İnorg-P (mg/L)	Chl-a (µg/L)	AKM (mg/L)
Aksu-1	RMSE	1,52	0,37	1,46	0,01	0,40	0,002	0,03	0,03
	R ²	0,99	1,00	0,99	1,00	0,52	0,99	1,00	1,00
Aksu-2	RMSE	3,66	2,21	1,57	0,03	0,21	0,01	0,32	1,75
	R ²	0,97	0,83	0,99	0,25	0,99	0,97	0,91	0,30
Aksu-3	RMSE	2,12	1,89	0,45	0,03	0,26	0,007	0,27	0,37
	R ²	0,99	0,84	1,00	0,54	0,87	0,97	0,33	0,95
Aksu-4	RMSE	1,59	1,44	1,56	0,03	0,75	0,013	0,44	5,13
	R ²	0,99	0,90	0,98	0,93	0,85	0,80	0,48	0,83
Aksu-5	RMSE	1,69	1,75	1,29	0,02	0,32	0,019	1,17	21,53
	R ²	0,99	0,94	0,98	0,74	0,88	0,62	0,39	0,95
Aksu-6	RMSE	2,10	3,61	1,02	0,02	0,22	0,014	0,14	8,87
	R ²	0,99	0,67	0,99	0,88	0,92	0,74	0,73	0,88
Aksu-7	RMSE	1,22	2,25	1,18	0,03	0,38	0,017	4,03	3,99
	R ²	1,00	0,68	0,99	0,89	0,94	0,90	0,79	0,93
Aksu-8	RMSE	1,09	1,33	0,60	0,02	0,33	0,019	0,48	10,09
	R ²	1,00	0,96	1,00	0,57	0,93	0,91	0,47	0,77
Aksu-9	RMSE	0,83	1,93	1,25	0,05	0,35	0,033	0,09	16,07
	R ²	1,00	0,85	1,00	0,42	0,93	0,71	0,71	0,66
Aksu-10	RMSE	0,81	2,59	0,72	0,04	0,23	0,05	0,11	9,21
	R ²	1,00	0,85	1,00	0,49	0,94	0,26	0,60	0,81

Kalibrasyon çalışmaları için öncelikle akım tahminleri elde edilmiştir. Ancak sadece Aksu-1 ve Aksu-10 istasyonları için ölçüm değerleri olduğundan sadece bu iki nokta için RMSE ve R² değerleri hesaplanmıştır. Akım tahmin grafiklerine bakıldığında Aksu 3 noktası itibari ile belirli dönemlerde (2020 Aralık ve 2021 Ocak) sel olaylarının etkisi ile pik değerler gözlenmiştir (Şekil 4.13).

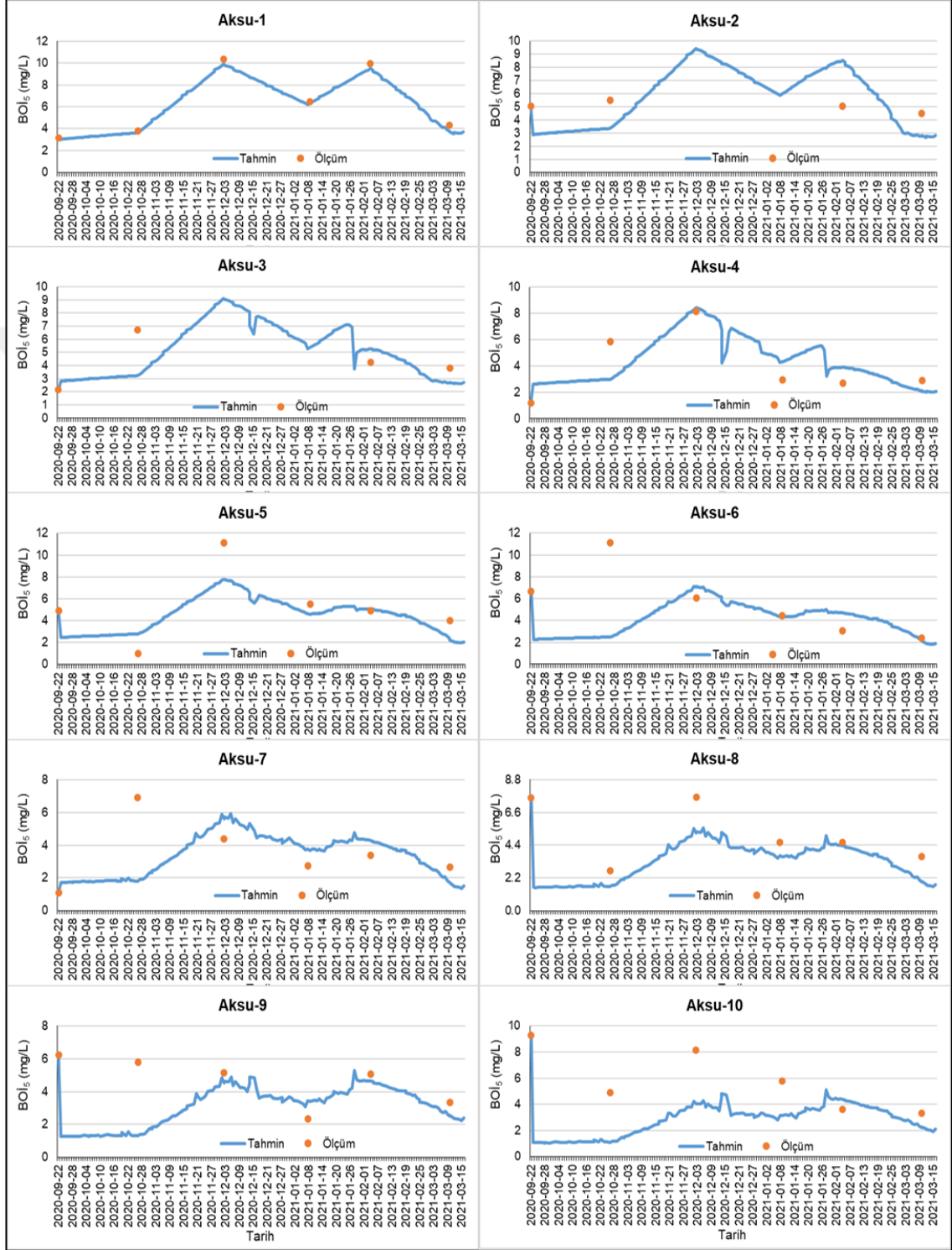


Şekil 4.13. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen akım tahminleri ve ölçümler



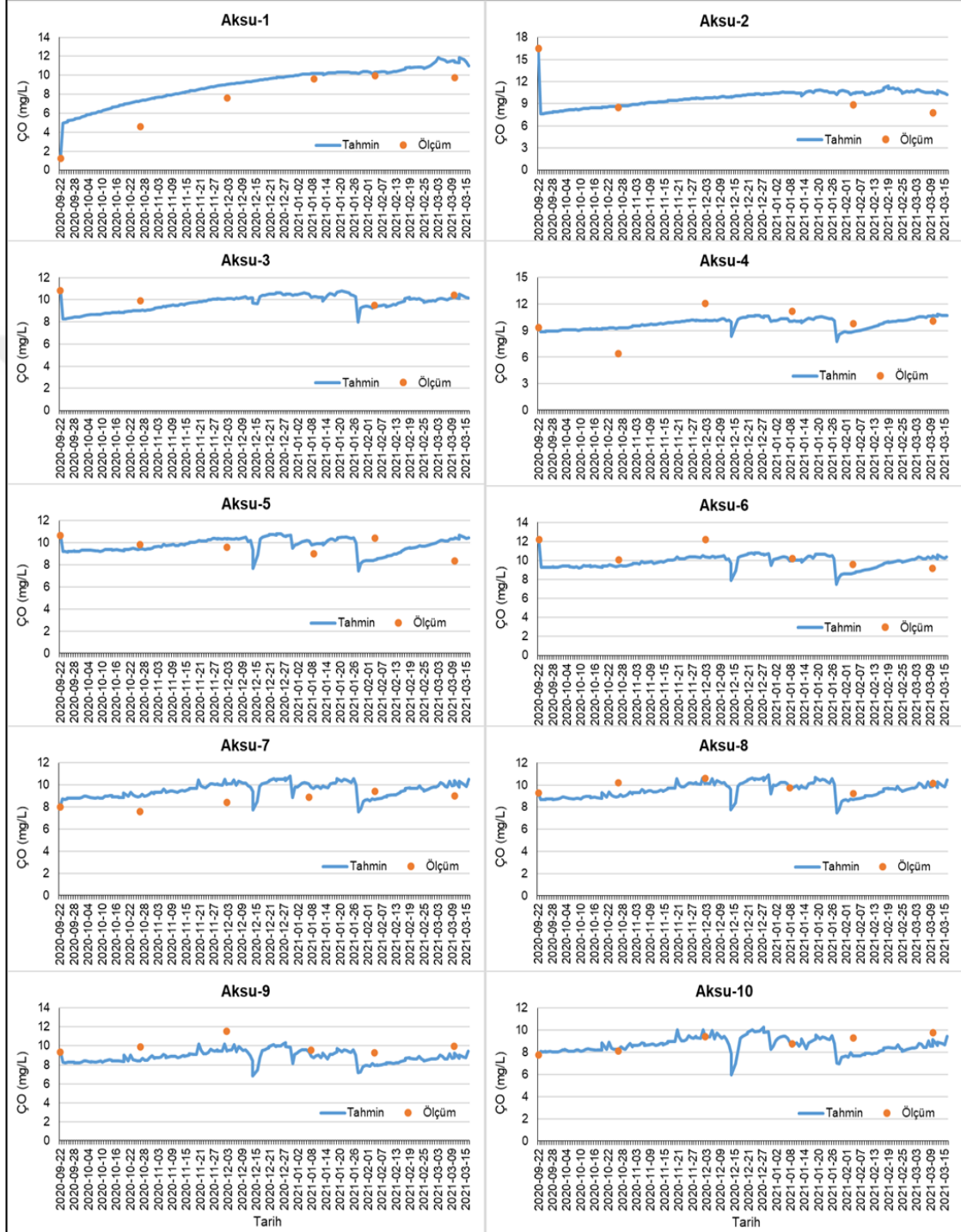
Şekil 4.14. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen sıcaklık tahminleri ve ölçümleri

Kalibrasyon dönemi içerisinde sıcaklık parametresi açısından RMSE değerleri Aksu-9 ve Aksu-10 hariç tüm istasyonlarda 1 °C'den büyük olarak hesaplanmıştır. En yüksek RMSE değeri 3,66 °C ile Aksu-2 noktası için hesaplanmış olsa da R^2 değeri 0,97 ile oldukça yüksektir.



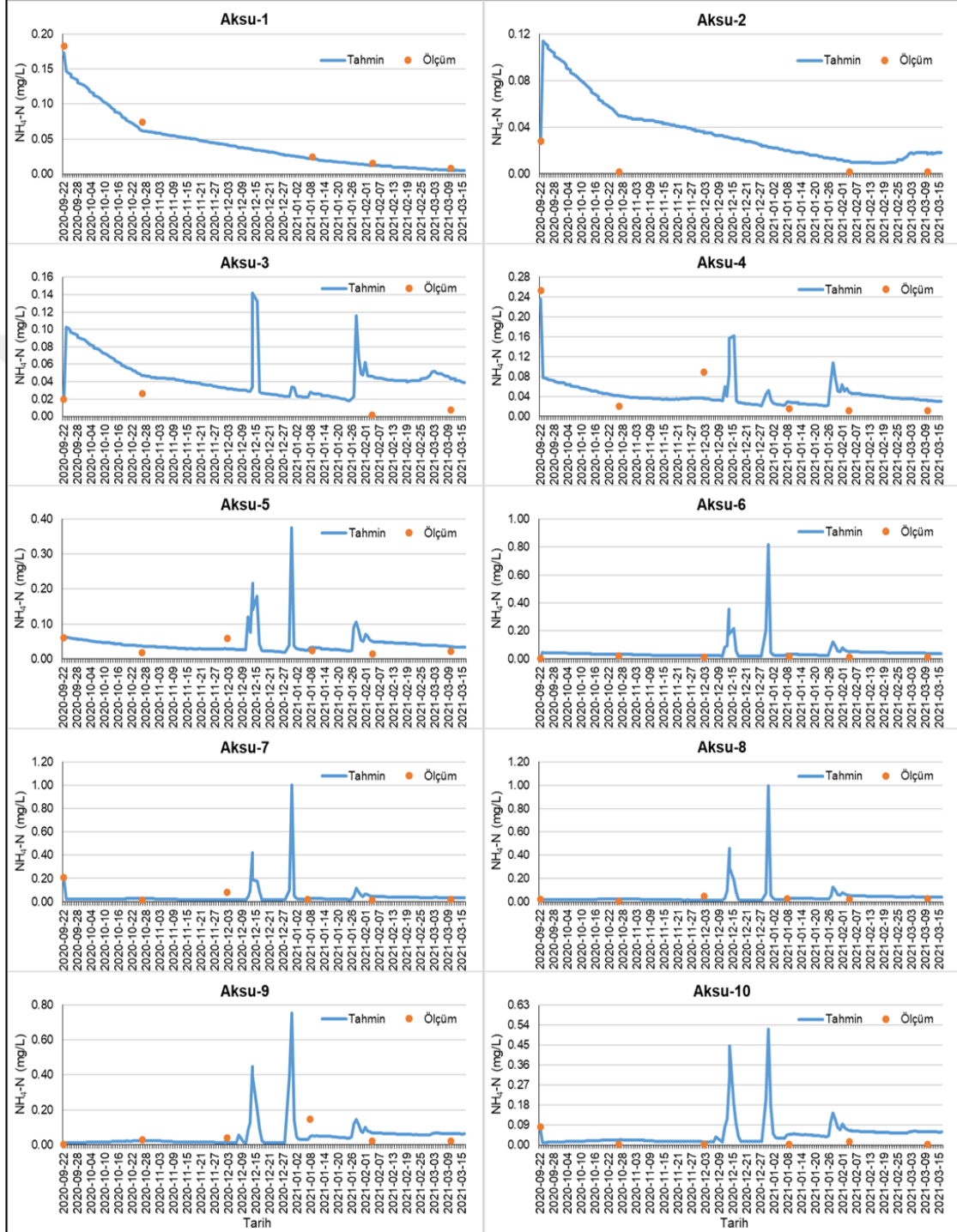
Şekil 4.15. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen BOI_5 tahminleri ve ölçümleri

Kalibrasyon dönemi içerisinde BOI_5 parametresi açısından RMSE değerlerine bakıldığında bazı istasyonlarda 2 mg/L'den büyük olarak hesaplanmış olsa da en küçük R^2 değerleri 0,67 ve 0,68'dir. Buna karşın diğer tüm istasyonlarda R^2 değeri 0,83-1 arasında oldukça yüksek değerlerde hesaplanmıştır.



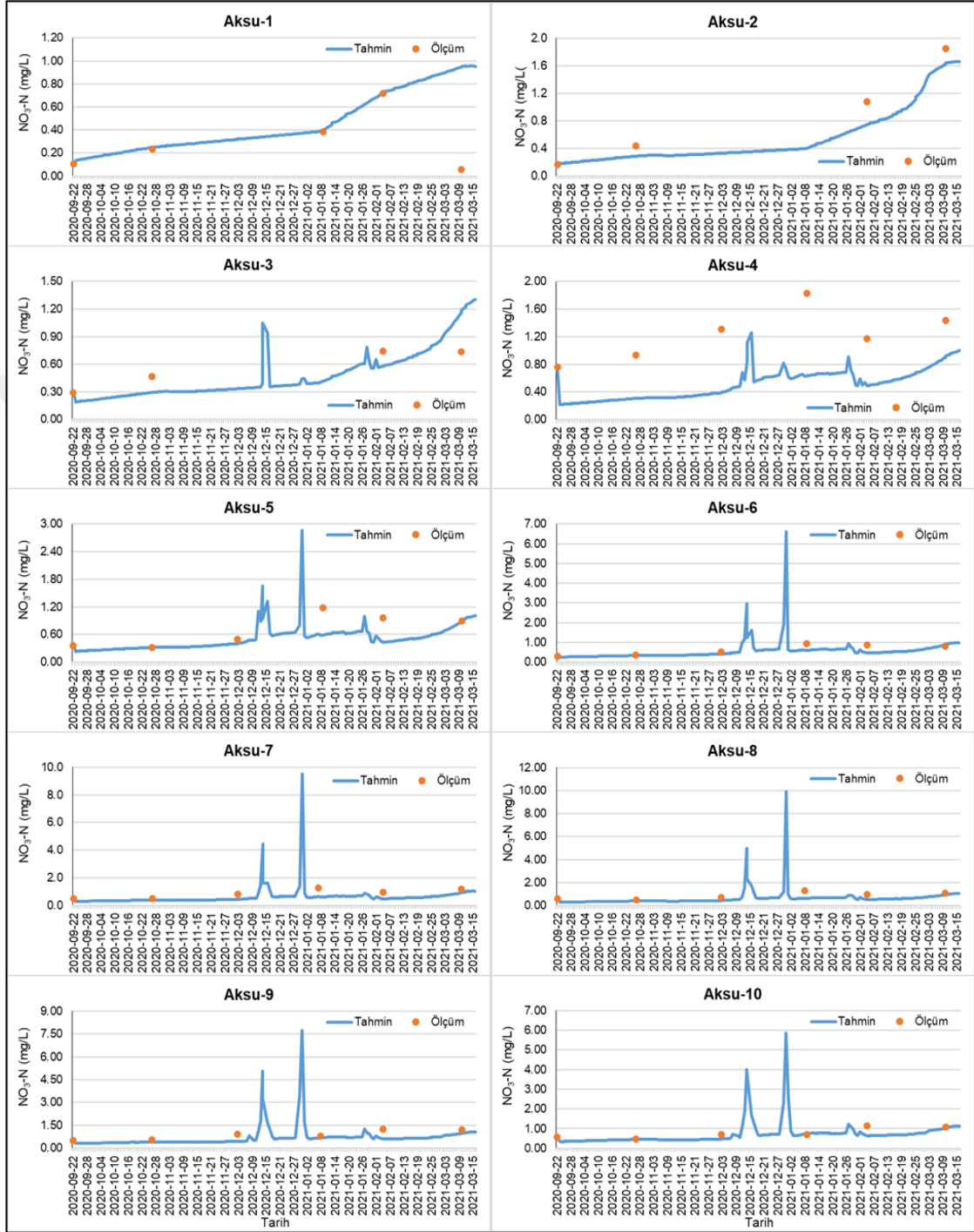
Şekil 4.16. Aksu Çayının membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen çözünmüş oksijen tahminleri ve ölçümleri

Çözünmüş oksijen tahminleri açısından en yüksek RMSE değeri 1,57 mg/L ile Aksu-2 için, en düşük R^2 değeri ise 0,98 olarak Aksu-4 istasyonu için elde edilmiştir. Çözünmüş oksijen kalibrasyon sonuçlarına göre ölçümler ve tahminler arasındaki benzerlik oldukça iyi düzeydedir.



Şekil 4.17. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen amonyum azotu tahminleri ve ölçümleri

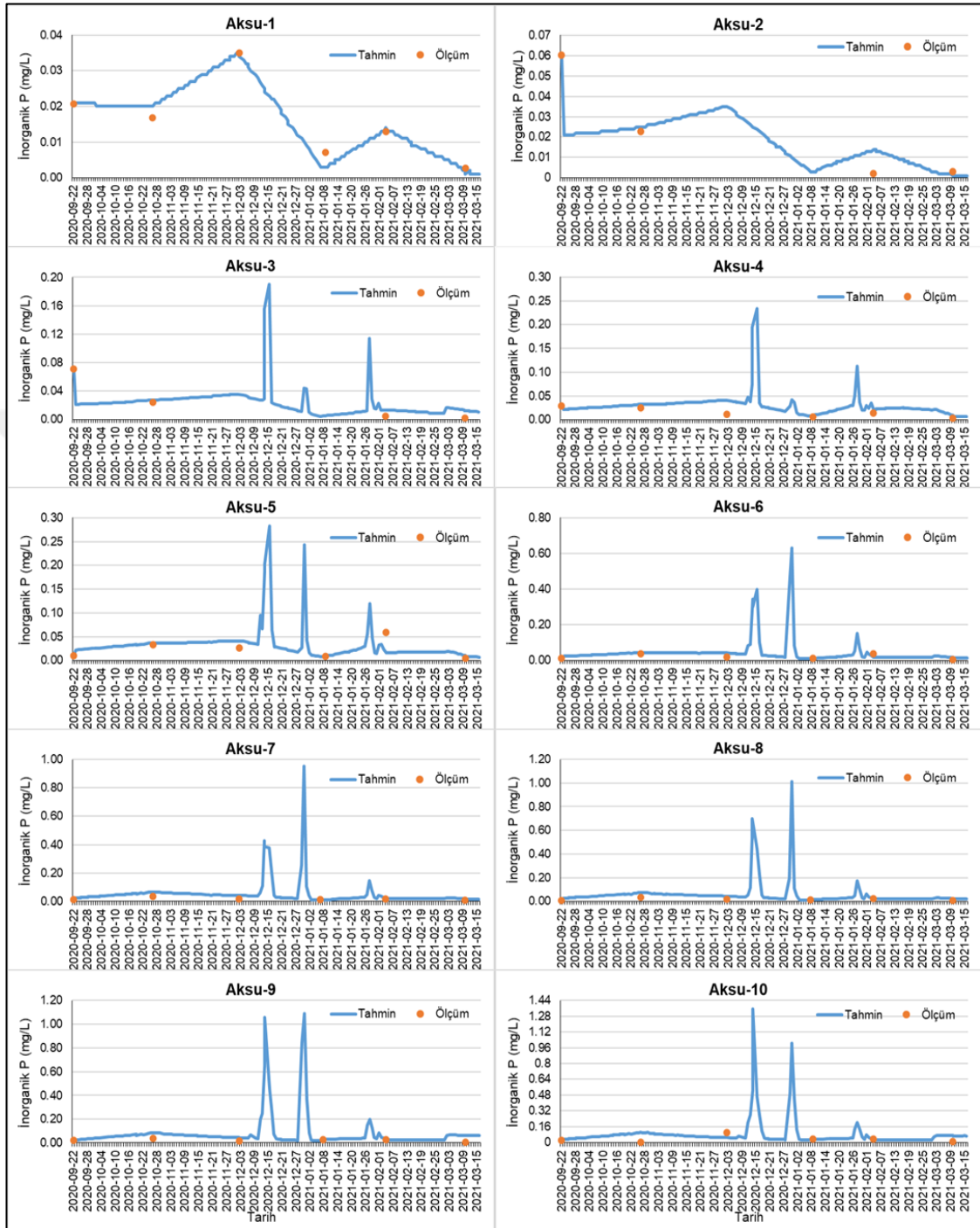
Amonyum azotu açısından da en yüksek RMSE değerleri sırasıyla 0,05 mg NH₄-N/L ile Aksu 9 istasyonu için ve devamında gelen Aksu 10 için de benzer RMSE değeri (0,04 mg/L) hesaplanmıştır. Ölçüm ve tahmin sonuçlarının benzerliği makul düzeydedir.



Şekil 4.18. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen nitrat azotu tahminleri ve ölçümleri

Nitrat azotu açısından da en yüksek RMSE değerleri sırasıyla 0,75 mg/L ile Aksu 4 istasyonu için hesaplanmıştır. R² değerleri de 0,85-0,99 arasında oldukça yüksek

değerlerde bulunmuştur. Ölçüm ve tahmin sonuçlarının benzerliği oldukça yüksek düzeydedir.



Şekil 4.19. Aksu Çayının membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen inorganik fosfor tahminleri ve ölçümleri

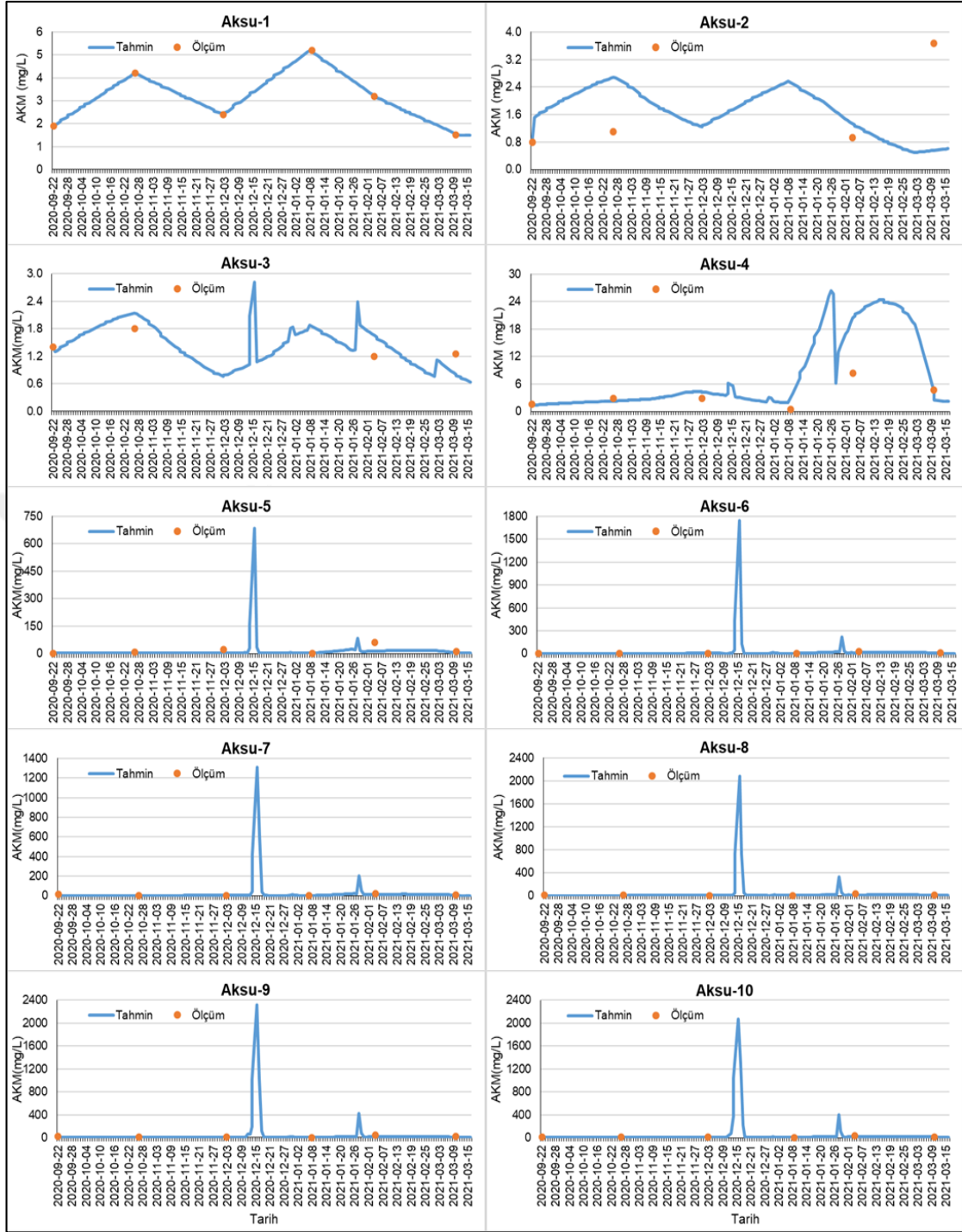
Aksu Çayı için elde edilen inorganik fosfor tahmin sonuçlarında yer yer yağışlı dönemlerde sel etkisi ile pikler görülmektedir. İnorganik fosfor için en yüksek RMSE

değeri 0,033 mg/L ile Aksu 9 istasyonu için bulunmuştur. Sonuç olarak inorganik fosfor parametresi açısından da kalibrasyon başarılı olmuştur.



Şekil 4.20. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen klorofil-a tahminleri ve ölçümleri

Kalibrasyon çalışması sonucunda klorofil-a açısından Aksu 5 haricinde tüm RMSE değerleri 1 µg/L'den küçük olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.21. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden elde edilen AKM tahminleri ve ölçümleri

Kalibrasyon çalışması sonucunda AKM için RMSE değerlerine bakıldığında özellikle Aksu 5'ten sonra akış yönünde artışlar gözükmemektedir. Aksu 5 ve Aksu 10 istasyonları arasında yüzey akışı ile gelen AKM yükleri daha etkili olmuştur.

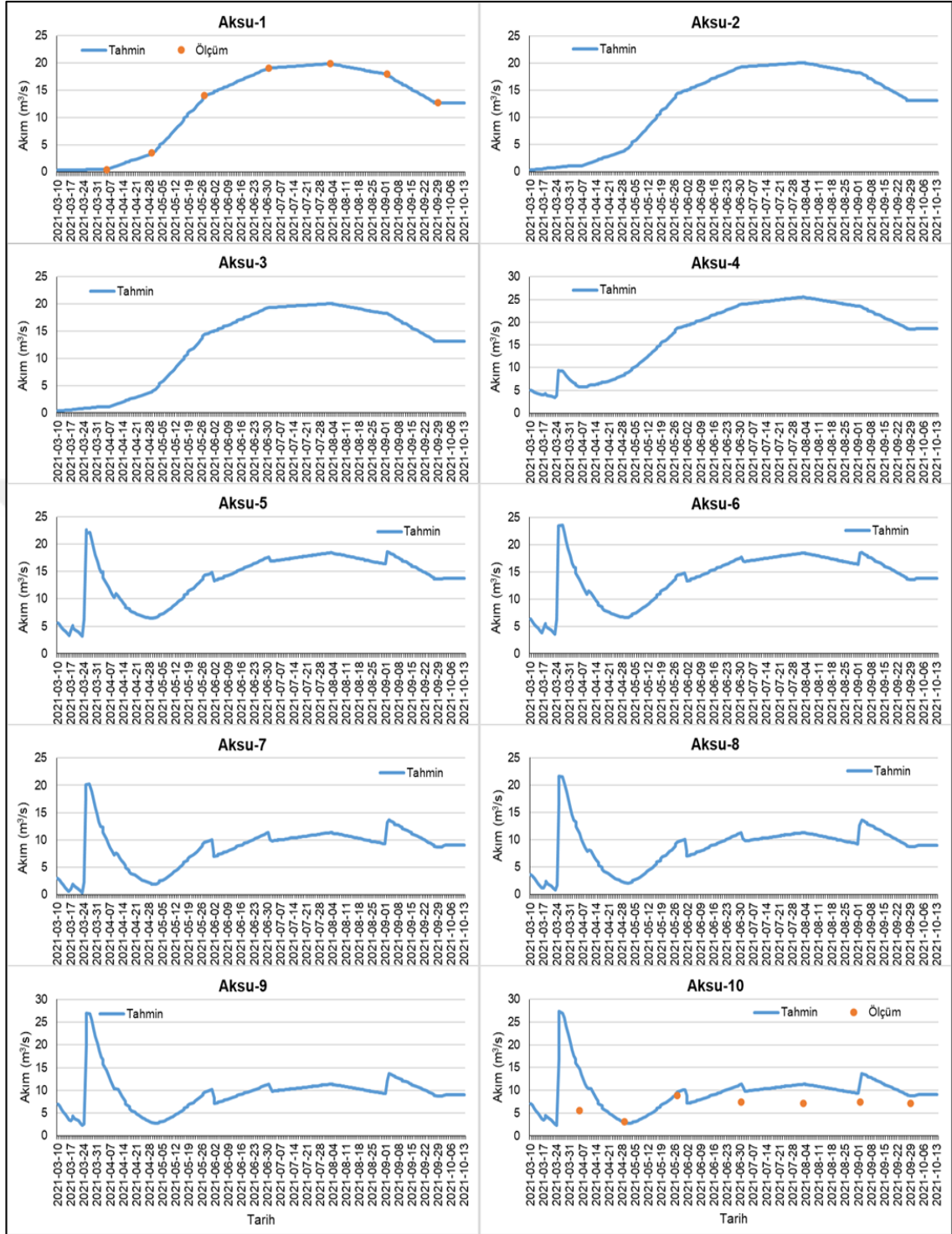
4.4.2. Model doğrulaması

Mart 2021-Ekim 2021 dönemindeki su kalitesi izleme çalışmaları ile elde edilen ölçümler kullanılarak WASP8 modeli için doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Şekiller 4.22-4.30'da doğrulama dönemi için elde edilmiş olan tahminler sunulmuştur. Doğrulama dönemine ait tahmin ve ölçüm değerlerine yönelik RMSE ve R^2 değerleri de Çizelge 4.18'de özetlenmiştir.

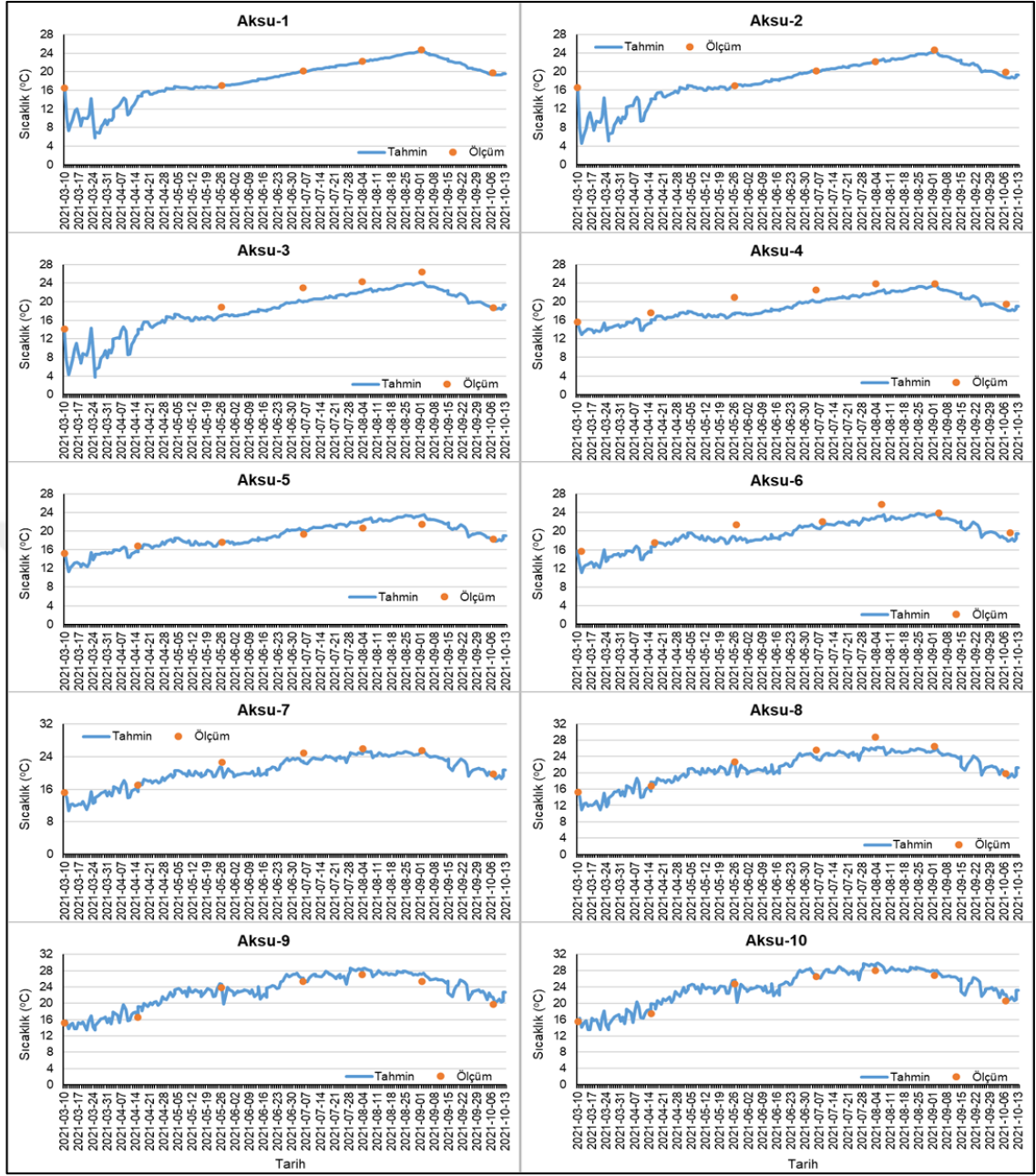
Çizelge 4.18. WASP8 modelinin Aksu Çayı için uygulandığı doğrulama dönemine ait model tahmin hataları

İzleme Noktası	Hata Analizi	T (°C)	BOİ ₅ (mg/L)	ÇO (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	İnorg-P (mg/L)	Chl-a (µg/L)	AKM (mg/L)
Aksu-1	RMSE	0,24	0,23	1,00	0,01	0,02	0,0004	0,04	0,02
	R^2	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00
Aksu-2	RMSE	0,50	1,16	0,52	0,03	0,27	0,004	1,04	2,03
	R^2	1,00	0,92	1,00	0,50	0,96	0,56	0,63	0,89
Aksu-3	RMSE	1,94	1,29	0,95	0,03	0,13	0,004	0,69	4,02
	R^2	1,00	0,93	0,99	0,64	0,96	0,45	0,54	0,88
Aksu-4	RMSE	2,06	1,42	0,61	0,02	0,31	0,004	0,98	2,93
	R^2	1,00	0,94	1,00	0,41	0,93	0,81	0,46	0,83
Aksu-5	RMSE	1,08	2,15	0,93	0,02	0,21	0,007	0,41	8,28
	R^2	1,00	0,92	0,99	0,78	0,89	0,54	0,75	0,53
Aksu-6	RMSE	1,81	1,73	0,91	0,02	0,20	0,008	0,22	3,69
	R^2	1,00	0,91	0,99	0,66	0,91	0,65	0,88	0,87
Aksu-7	RMSE	1,26	1,28	0,45	0,02	0,19	0,006	1,06	3,67
	R^2	1,00	0,95	1,00	0,57	0,95	0,91	0,33	0,84
Aksu-8	RMSE	1,44	1,94	0,72	0,01	0,15	0,009	0,49	10,93
	R^2	1,00	0,89	1,00	0,75	0,96	0,69	0,82	0,64
Aksu-9	RMSE	1,15	3,61	1,16	0,02	0,10	0,035	0,32	15,29
	R^2	1,00	0,70	0,99	0,43	0,99	0,64	0,33	0,56
Aksu-10	RMSE	1,03	2,99	1,35	0,12	0,22	0,043	0,15	7,40
	R^2	1,00	0,59	0,99	0,63	0,93	0,39	0,79	0,83

Doğrulama çalışmaları için kalibrasyonda olduğu gibi ilk olarak akım tahminleri elde edilmiştir. Aksu 1 ve Aksu 10 istasyonları için ölçüm değerleri olduğundan sadece bu iki nokta için RMSE ve R^2 değerleri hesaplanmıştır. Aksu 10 için RMSE: 4,20 m³/s, R^2 : 0,92 değerleri elde edilmiştir. Akım tahmin grafiklerine bakıldığında Aksu 4 itibari ile Mart ayının son dönemlerinde yağışların etkisi ile pik değer gözlenmeye başlanmışsa da hava sıcaklığının artmasına paralel olarak tarımda sulamaların artması ile akım değerlerinde azalmalar başlamıştır (Şekil 4.22).

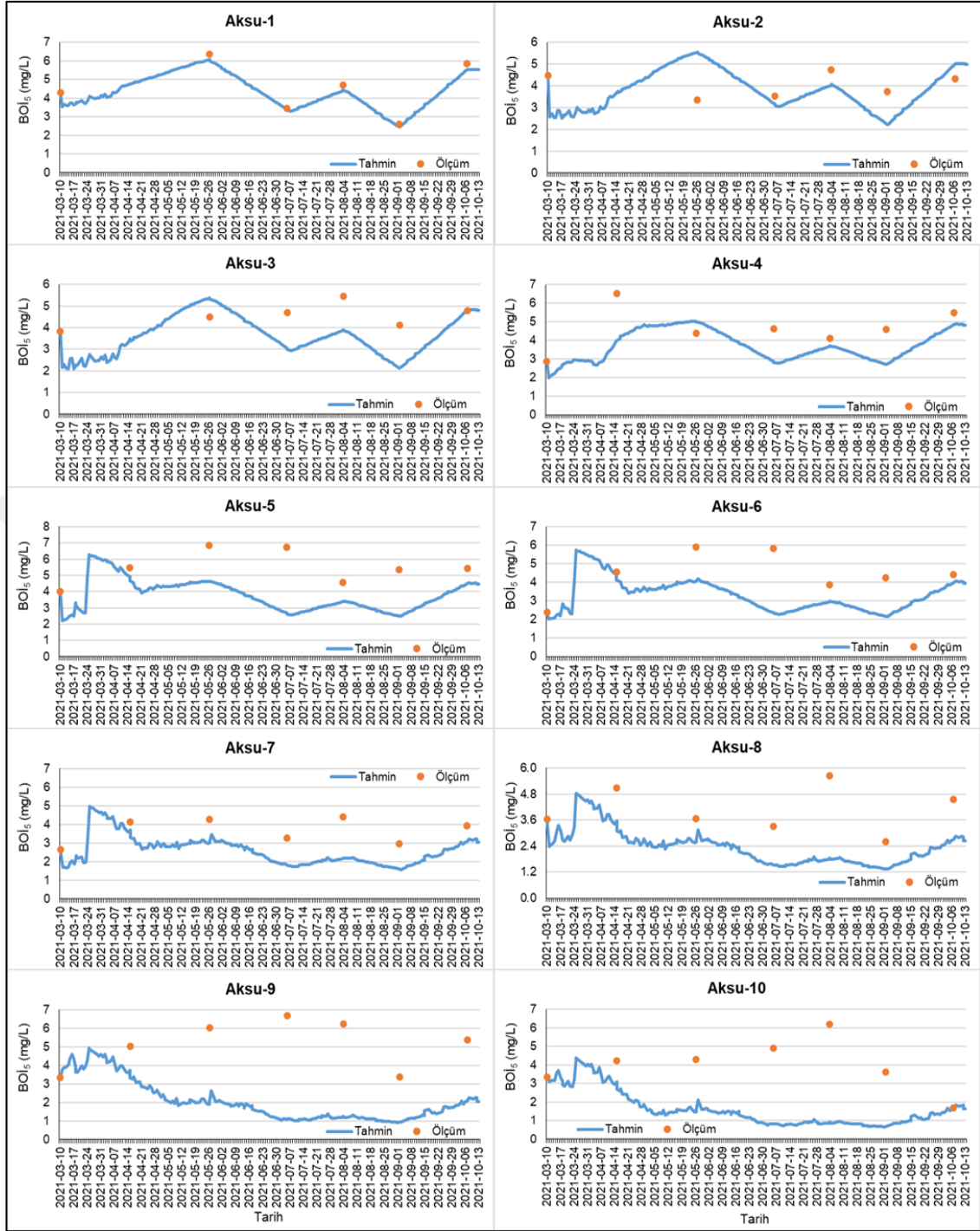


Şekil 4.22. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen akım tahminleri ve ölçümleri



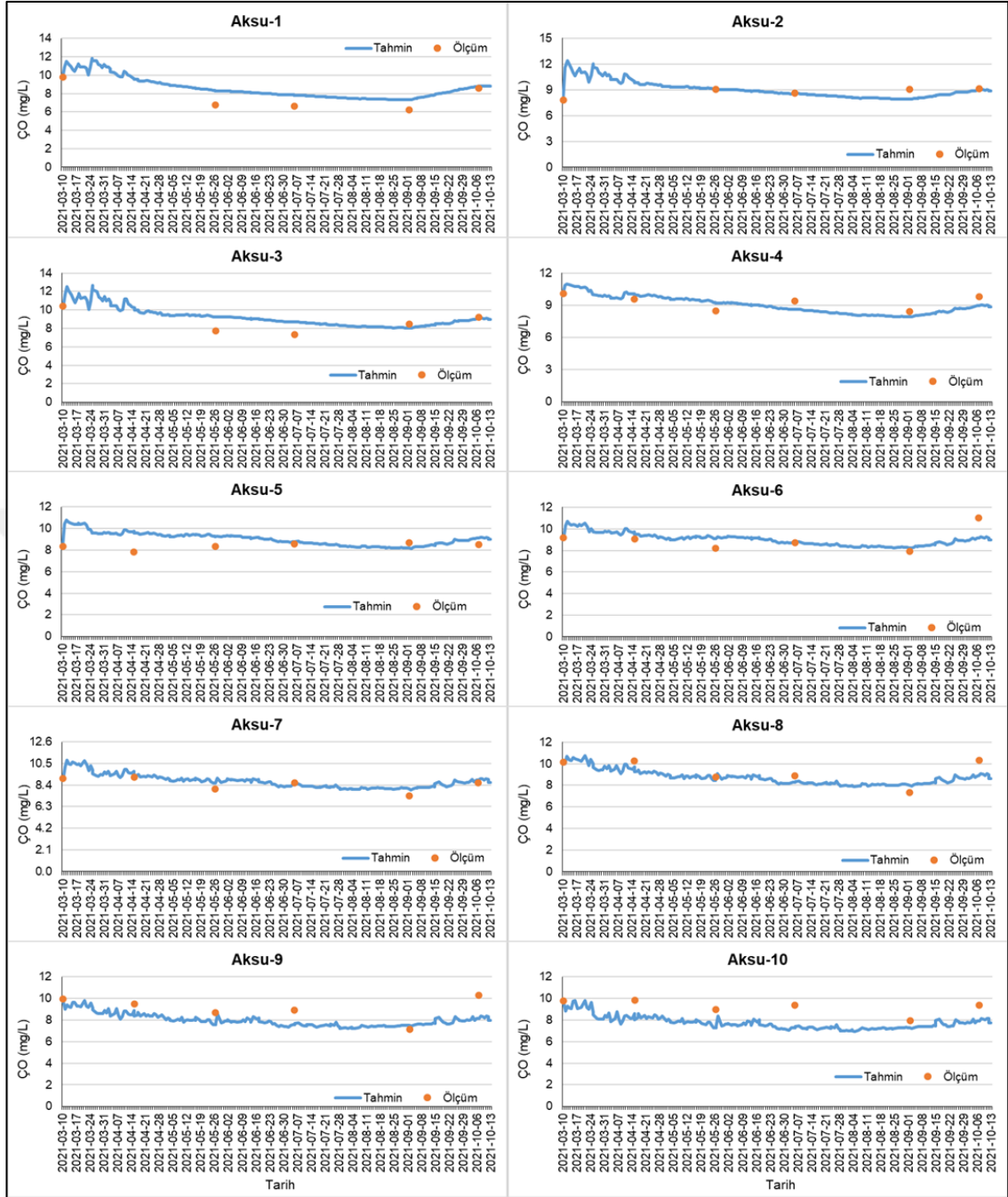
Şekil 4.23. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen sıcaklık tahminleri ve ölçümleri

Doğrulama çalışması sonucunda sıcaklık için kalibrasyon dönemine kıyasla daha yüksek benzerlikte tahminler elde edilmiştir. Doğrulama döneminde tüm istasyonlarda R^2 değeri 1 olarak hesaplanmıştır. RMSE değerlerine bakıldığında Aksu 4'te en yüksek değer olan 2,06 °C hesaplanmıştır.



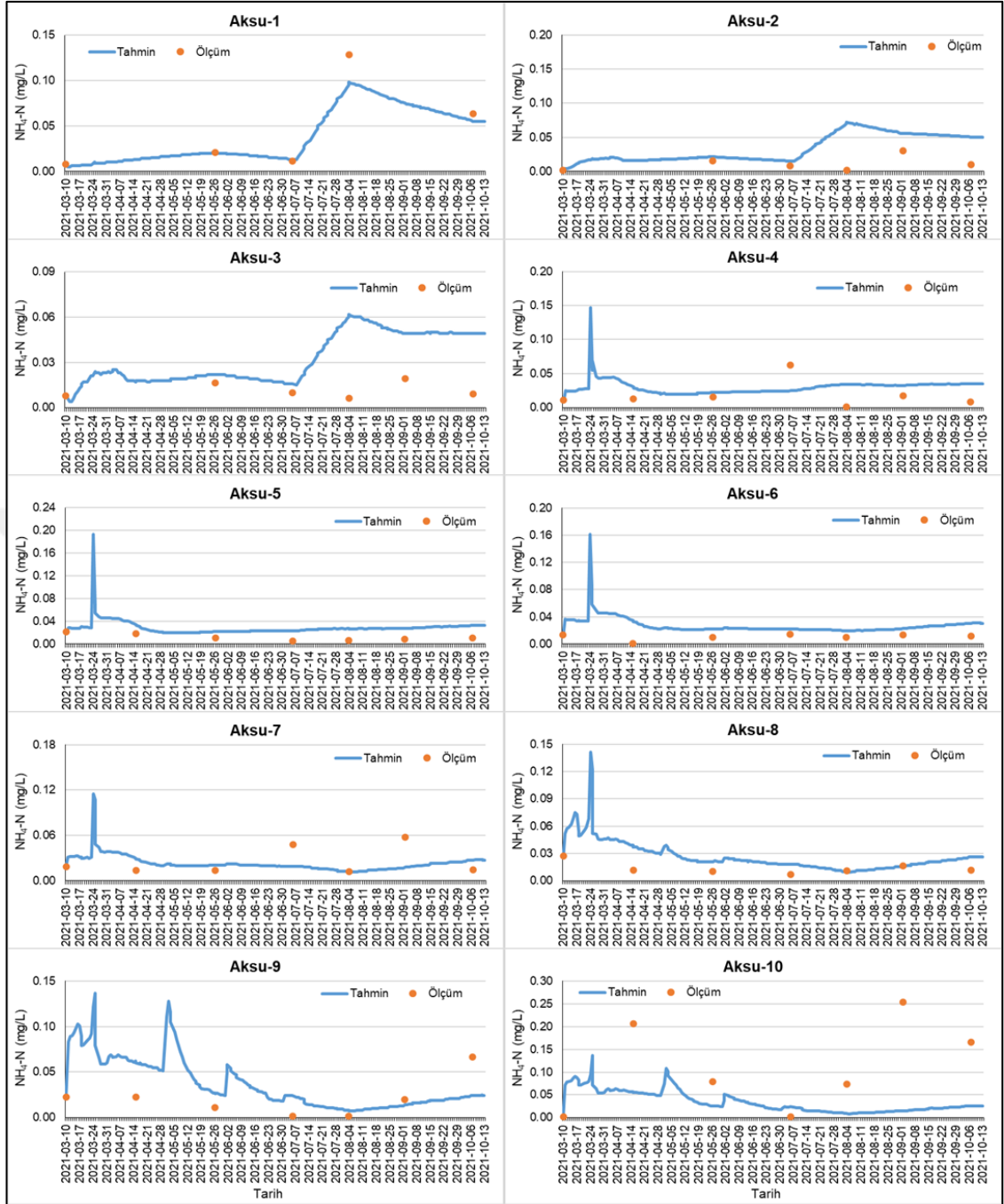
Şekil 4.24. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen BOI_5 tahminleri ve ölçümleri

BOI_5 için memba noktasından mansaba doğru ilerledikçe model tahmin ve ölçümleri arasındaki benzerlik az da olsa azalmaya başlamış özellikle mansap noktasına doğru yer alan Aksu 9 ve 10 istasyonlarında R^2 değerleri 0,70-0,59 değerlerine kadar düşmüştür. Diğer istasyonlarda genelde 1,00-0,89 arasında oldukça yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir.



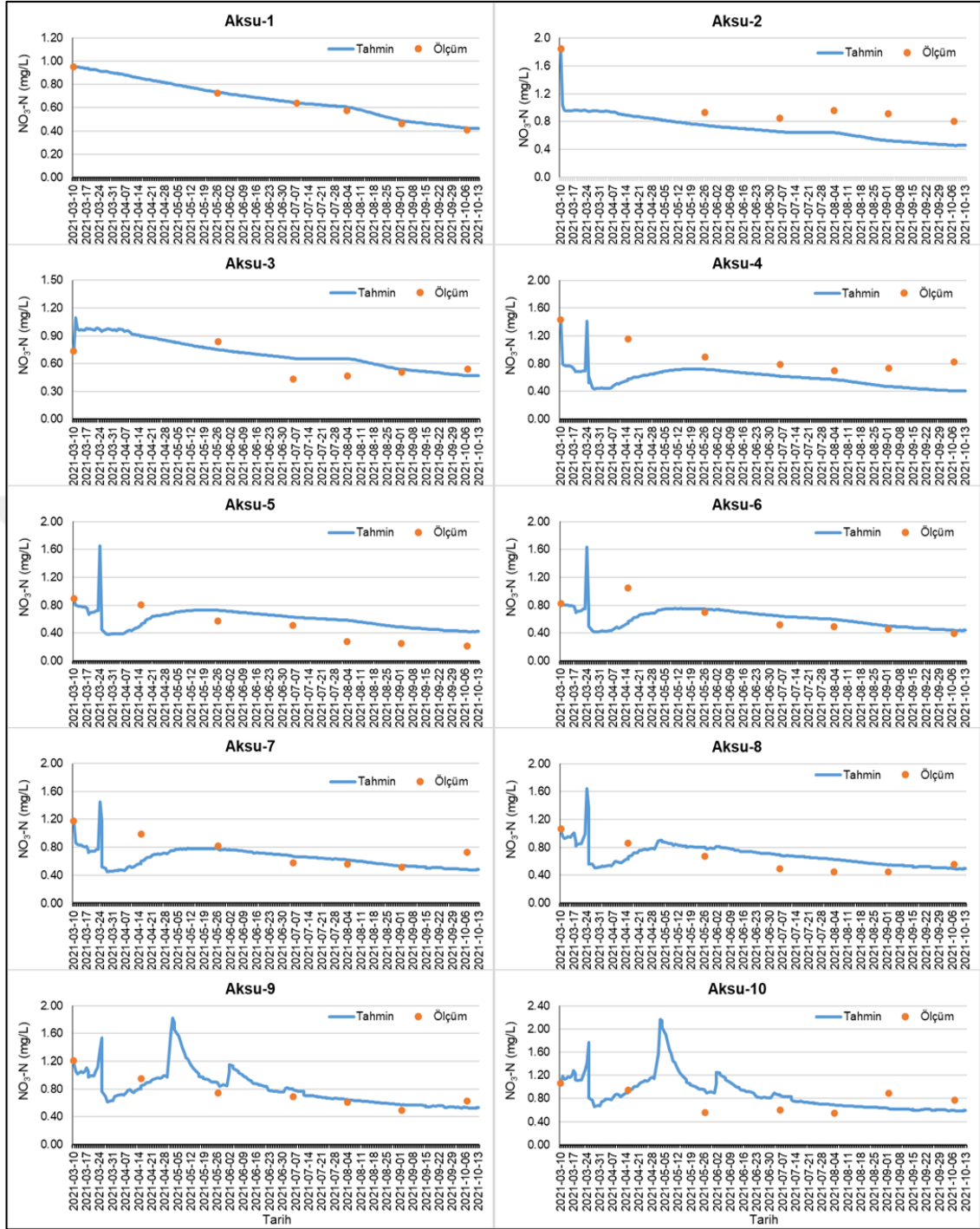
Şekil 4.25. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen çözünmüş oksijen tahminleri ve ölçümleri

Doğrulama çalışması sonucunda çözünmüş oksijen için tüm istasyonlarda tahmin ve ölçüm değerleri arasında oldukça yüksek benzerlik elde edilmiştir.



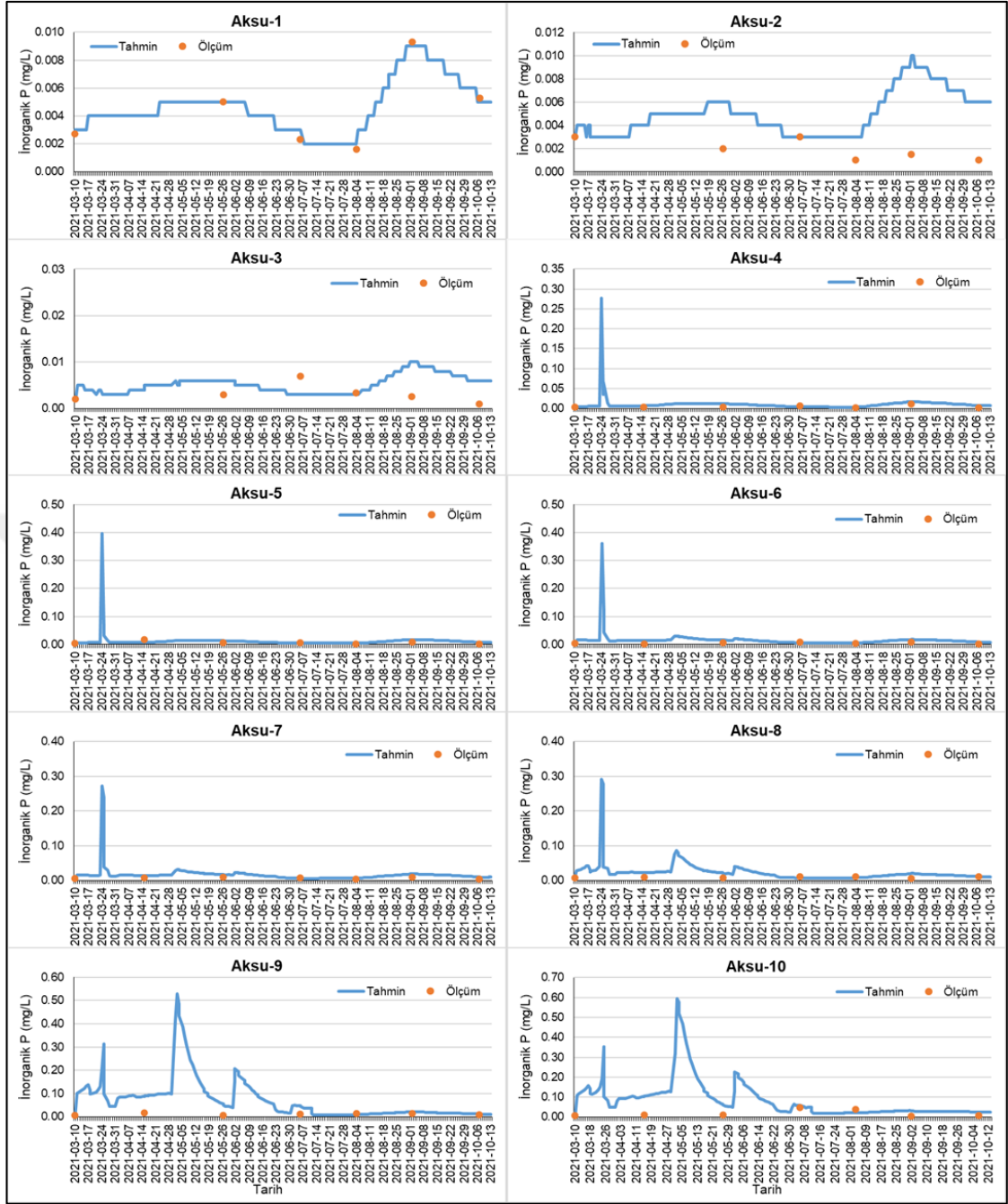
Şekil 4.26. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen amonyum azotu tahminleri ve ölçümleri

$\text{NH}_4\text{-N}$ için doğrulama döneminde de kalibrasyon döneminde olduğu gibi oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek RMSE değeri Aksu 10'da 0,12 mg/L olarak oldukça düşük bir değerdir.



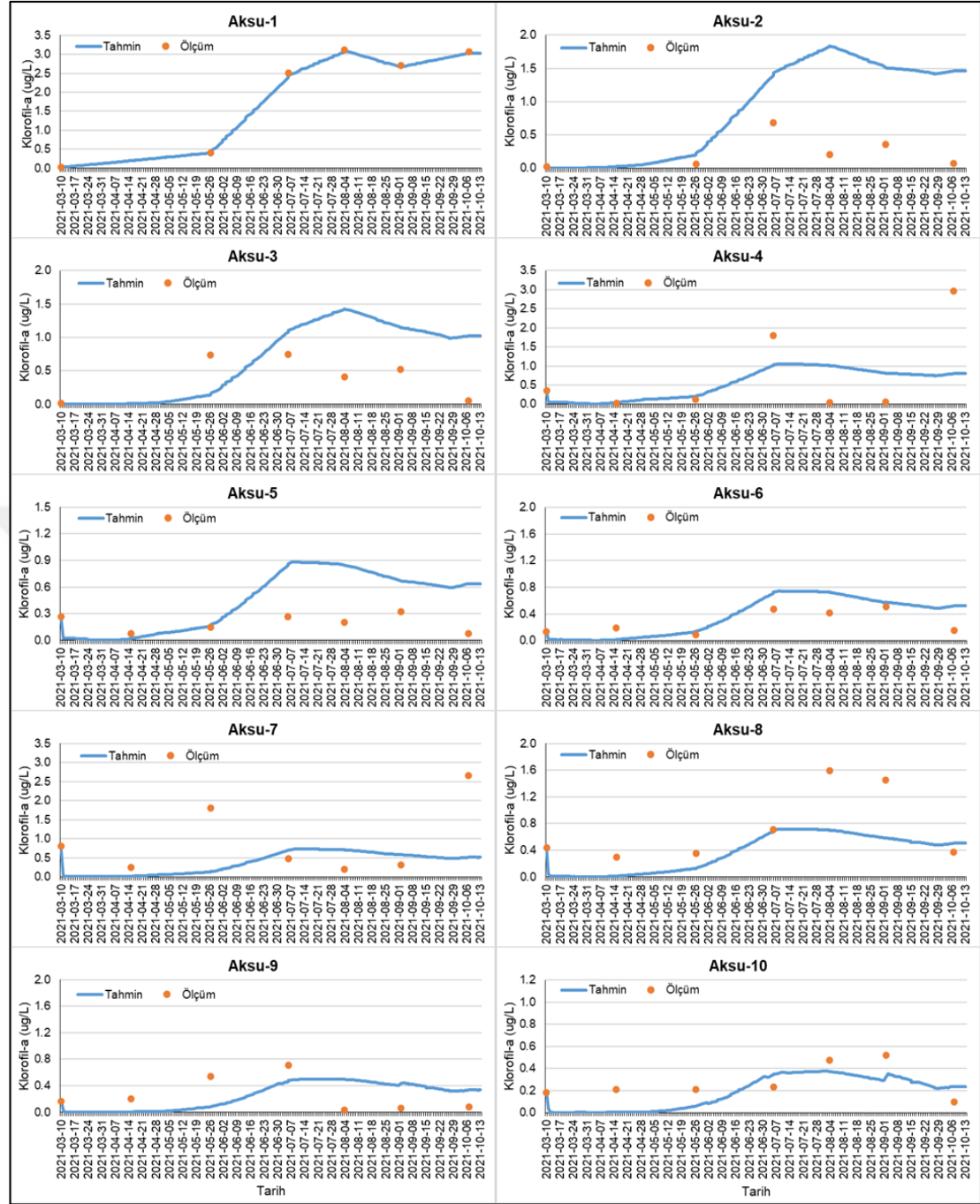
Şekil 4.27. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen nitrat azotu tahminleri ve ölçümleri

Nitrat azotu değerleri için de amonyum azotu gibi hem kalibrasyon hem de doğrulama dönemlerinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.



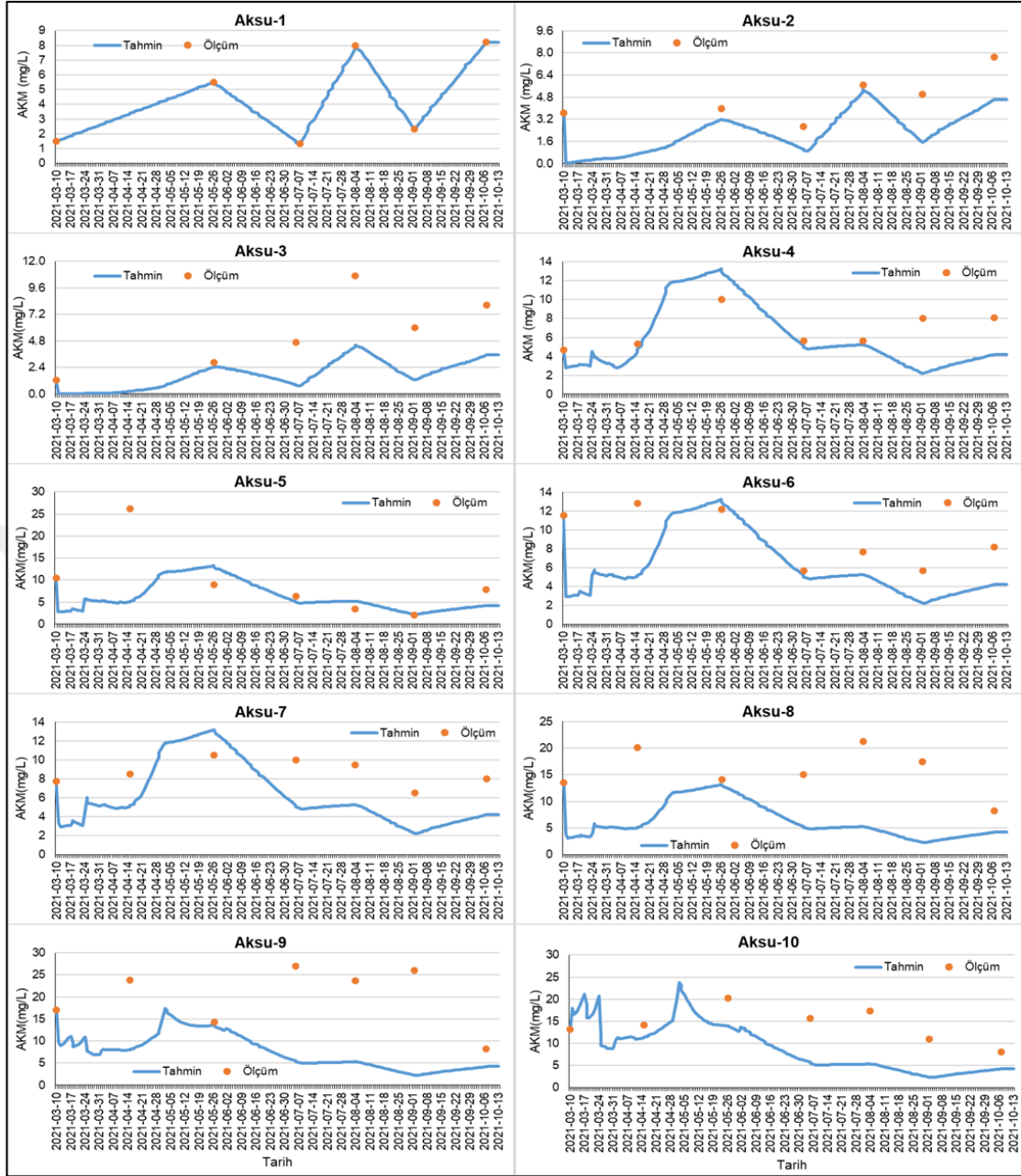
Şekil 4.28. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen inorganik fosfor tahminleri ve ölçümleri

Inorganik fosfor için hem kalibrasyon hem de doğrulama dönemlerinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek RMSE değeri 0,043 mg/L olarak Aksu 10'da elde edilmiştir.



Şekil 4.29. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen klorofil-a tahminleri ve ölçümleri

Doğrulama döneminde klorofil-a'nın tahmin ve ölçüm değerleri karşılaştırıldığında oldukça benzer sonuçlar elde edilmiştir. Aksu 2 ve Aksu 7 istasyonları için RMSE değerleri 1,04-1,06 $\mu\text{g/L}$ iken diğer istasyonlarda 0,04-0,69 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmiştir.



Şekil 4.30. Aksu Çayı'nın membadan (Aksu 1) mansaba doğru (Aksu 10) tüm istasyonlar için WASP8 modelinden doğrulama döneminde elde edilen AKM tahminleri ve ölçümleri

AKM için kalibrasyon dönemi ile benzer bir şekilde, doğrulama döneminde de yüksek RMSE değerleri elde edilmiştir. Buna karşın en küçük R^2 değeri ise 0,53-0,56 ile Aksu 5 ve Aksu 9'da elde edilmiştir.

Sonuç olarak Aksu Çayı üzerinde Eylül 2020 – Ekim 2021 döneminde yürütülmüş olan 12 aylık su kalitesi izleme çalışması sonucunda WASP8 modeli ile gerçekleştirilen su kalitesi simülasyonu uygulamasında AKM parametresi haricinde diğer tüm parametrelerde kalibrasyon ve doğrulama dönemleri için oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

4.5. Senaryo Analizi

Su kalitesi modelleme çalışmalarının kalibrasyon ve doğrulama aşamalarının tamamlanması sonrasında WASP8 ve MapShed modellerinin birlikte kullanımı ile Aksu Çayı için senaryo analizi çalışmaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen senaryo analizi ve sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

4.5.1. İklim değişikliği etkileri

Antalya Havzası için iklim değişikliği tahminleri ve su kaynakları üzerindeki etkileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında detaylı olarak incelenmiş ve raporlanmıştır. Bu çalışmaya ait Proje Nihai Raporu Haziran 2016 yılında yayınlanmıştır ve projenin web sayfasından ulaşılabilir. Söz konusu proje çalışmasında 1973-2012 referans dönemine kıyasla Antalya Havzası için 2021-2030 yılları için tahmin edilen ortalama sıcaklık artışı yaklaşık 1°C ve toplam yağış değişimi %-9,90 ile %+4,07 arasındadır (OSİB, 2016).

4.5.2. Yayılı kirlilik kontrolü

BMP seçenekleri için azot (N), fosfor (P), sediment (sed) ve patojen (Path) giderim verimleri için kullanılan veri giriş ekranı Şekil 4.31’de sunulmaktadır.

BMP Type	N	P	Sed	Path
BMP 1	0.29	0.50	0.35	
BMP 2	0.08	0.22	0.30	
BMP 3	0.07	0.10	0.17	
BMP 4	0.05	0.10	0.16	
BMP 5	0.00	0.00	0.00	
BMP 6	0.29	0.44		
BMP 7	0.30	0.30	0.38	
BMP 8	0.95	0.95	0.95	
Vegetated Buffer Strips	0.41	0.40	0.53	0.70
Streambank Fencing	0.56	0.78	0.76	1.00
Streambank Stabilization	0.95	0.95	0.95	
Unpaved Road (Kg/meter)	0.03	0.0052	3.79	
AWMS (Livestock)	0.75	0.75		0.75
AWMS (Poultry)	0.14	0.14		0.14
Runoff Control	0.15	0.15		0.15
Phytase in Feed		0.21		

Buttons: Urban BMP Editor, Reset Defaults, Export to JPEG, Save File, Close

Şekil 4.31. BMP seçenekleri için N, P, sediment ve patojen giderim verimleri için kullanılan veri giriş ekranı

MapShed modeli kullanılarak araziden gelen yayılı yük verisinin etkilerini değerlendirmek için Evans ve ark. (2008) yayınladıkları Pollution Reduction Impact Comparison Tool (PRedICT) kullanım klavuzunda yer alan bazı BMP seçenekleri

seçilmiştir. Çizelge 4.19’da WASP8 modeli ile entegre olarak çalışan MapShed modelinde kullanılan BMP uygulamaları verilmiştir.

Çizelge 4.19. MapShed modelinde kullanılan BMP seçenekleri

Açıklama - Tanım	Seçenek	Senaryo
Mera Yönetimi (Grazing Land Management)	BMP 7	S3
Örtü Bitkileri (Cover Crops)	BMP 1	S4
Koruyucu Toprak İşleme (Conservation Tillage)	BMP 2	
Tesviye Eğrili Tarım /Şerit Ekim (Contour Farming/Strip Cropping)	BMP 3	
Gübre Yönetimi (Nutrient Management)	BMP 6	

4.5.3. Noktasal kirlilik kontrolü

Aksu Çayı havzası içinde yer alan KUYAB AAT’dan kaynaklanan arıtılmış atıksu deşarjının %25 oranında artması ve azalması koşullarını içermektedir.

4.5.4. Su çekimi

Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı İklim Değişikliği ve Uyum raporuna göre: “Antalya Havzası için 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı 690,5 mm olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre azalma eğiliminde olduğu görülmekte olup havzanın 2071-2100 döneminde referans döneme göre %25 oranında daha az yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın güneydoğu kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.” Bu bilgiler ışığında su çekimlerinin %25 artması durumu için model çalıştırılmıştır.

Pozitif yönde bir değerlendirme için de yine Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’nün 2017-2019 yılları arasında yürütmüş olduğu “Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi” ele alınmıştır. Proje Raporu içerisinde yer alan “Antalya Havzası’nın Kullanılmış Su Potansiyeli ve Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi” ekinde Aksu Sulaması’nda üç farklı yöntem ile tarımsal sulamadan dönen su miktarı sırasıyla 31,03 hm³, 38,77 hm³ ve 67,76 hm³ olarak hesaplanmıştır. Detaylı bilgiler “Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi” EK-6’da mevcuttur. Aksu Sulaması’nda şebekeye verilen su miktarı ise son 6 yılın ortalamasına göre 207 hm³ olarak belirlenmiştir. Tarımsal sulamadan dönen su miktarını belirlemek için yapılan üç hesabın ortalaması 45,85 hm³ olup bu değer şebekeye alınan su miktarının %22’sine tekabül etmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda model çalışması için su çekimlerinin %22 azalma potansiyeli durumu irdelenmiştir.

Aksu Çayı için uygulanan tüm yönetim senaryoları Çizelge 4.20’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.20. Aksu Çayı için uygulanan yönetim senaryoları

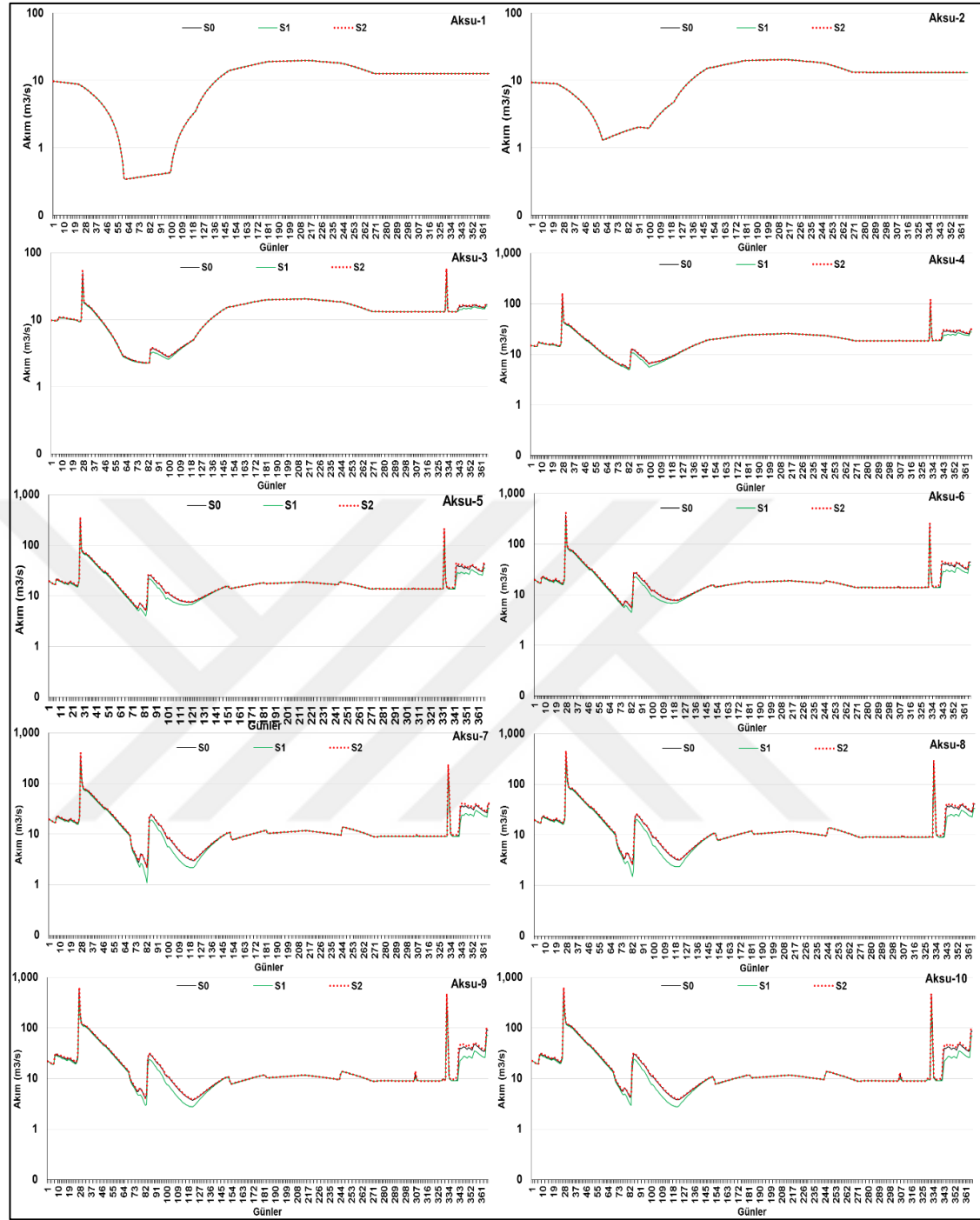
Senaryo	Senaryo açıklaması
S1	Aksu Çayı havza alanı içinde kalan tüm meteoroloji istasyonları için 2019-2021 yıllarına ait günlük minimum (T_{min}) ve günlük maksimum (T_{max}) ortalama sıcaklık değerleri için 1°C sıcaklık artışı ve 2021 yılına ait günlük yağış miktarlarında %10 azalma
S2	Aksu Çayı havza alanı içinde kalan tüm meteoroloji istasyonları için 2019-2021 yıllarına ait günlük minimum (T_{min}) ve günlük maksimum (T_{max}) ortalama sıcaklık değerleri için 1°C sıcaklık artışı ve 2021 yılına ait günlük yağış miktarlarında %4 artış
S3	MapShed modeli kapsamındaki BMP 7 mera yönetimi uygulaması
S4	MapShed modeli kapsamındaki BMP 1, BMP 2, BMP 3 ve BMP 6 uygulamaları
S5	S3 ve S4 senaryolarının birlikte uygulanması
S6	Aksu Çayı havzası içinde yer alan KUYAB AAT'den kaynaklanan artırılmış atıksu deşarjının %25 oranında azalması
S7	Aksu Çayı havzası içinde yer alan KUYAB AAT'den kaynaklanan artırılmış atıksu deşarjının %25 oranında artması
S8	Aksu Çayı havzası içindeki mevcut su çekimlerinin %25 oranında artması
S9	Aksu Çayı havzası içindeki mevcut su çekimlerinin %22 oranında azalması

4.6.Senaryo Analizi Sonuçları

S1 - S2 senaryoları iklim değişikliğinin, S3, S4 ve S5 senaryoları havza kaynaklı yayılı yüklerin, S6-S7 senaryoları noktasal kirliliğin ve S8-S9 senaryoları ise Aksu Çayı'nın su miktarı değişiminin etkilerini değerlendirmek için uygulanmıştır.

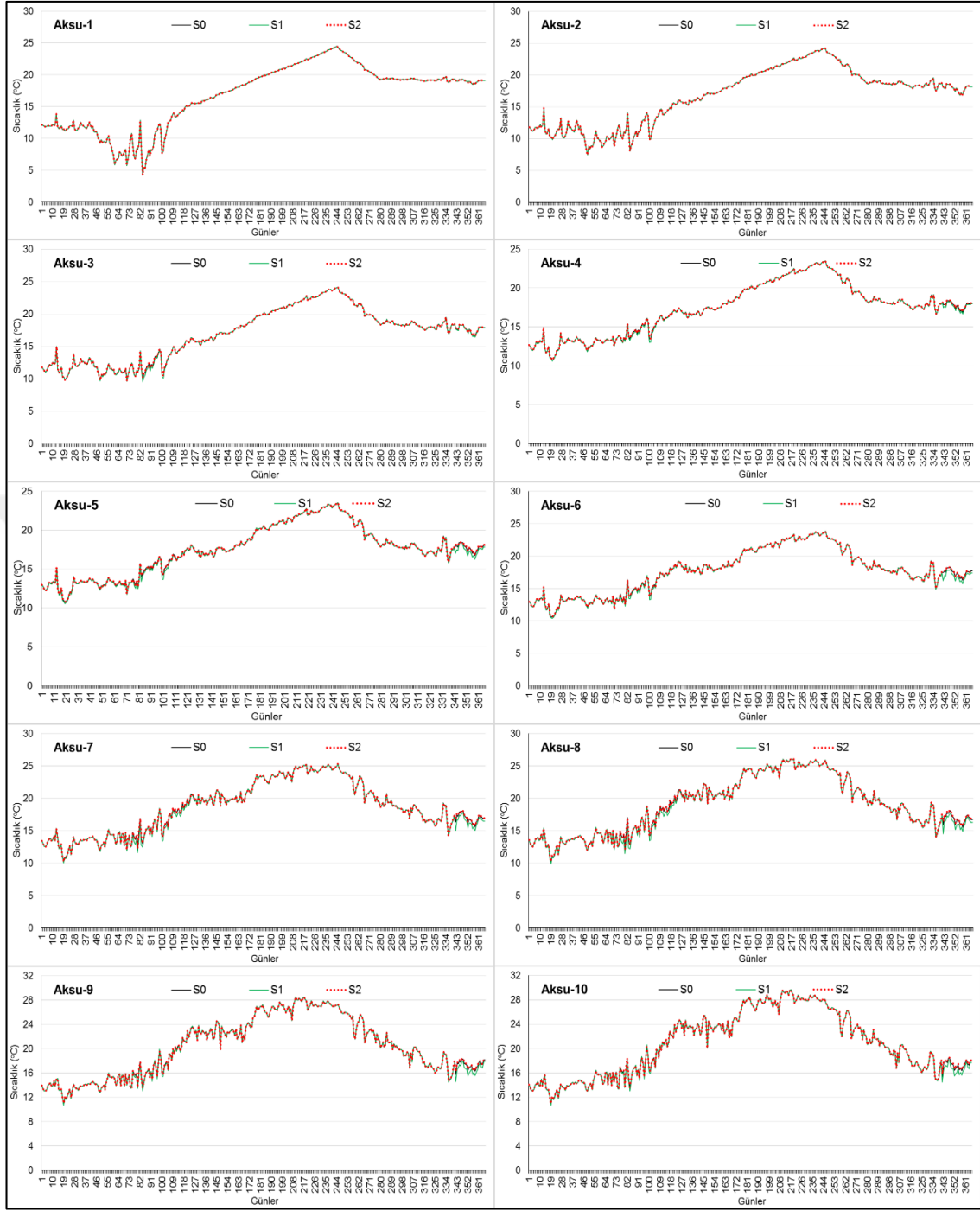
4.6.1. İklim değişikliği etkileri (Senaryo S1 ve S2)

Aksu Çayı'nda iklim değişikliğinin etkileri Şekiller 4.32 ve 4.40 aralığında verilmiştir.



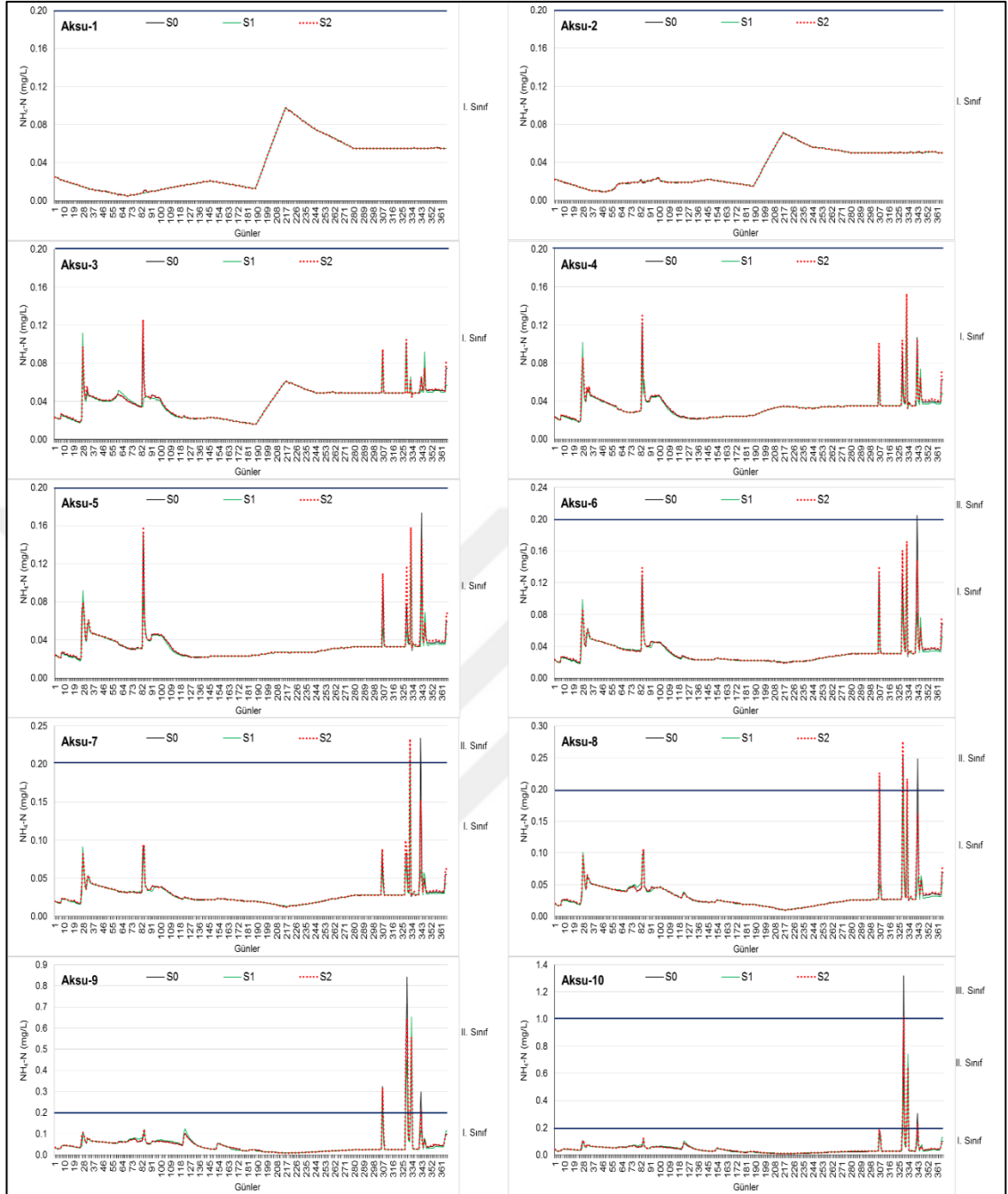
Şekil 4.32. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının akım değerleri üzerine etkisi

İklim değişikliğinin etkilerini belirlemek için uygulanan S1 ve S2 senaryoları için elde edilen akım değerleri incelendiğinde, yağışlı dönemlerde her üç durum (S0-S1-S2) için de maksimum değerlerin oluştuğu görülmektedir. Mevcut (S0) ve S2 senaryo durumlarında Aksu 3 istasyonundan akış yönünde mansaba doğru daha yüksek akım değerleri elde edilmiş iken yağış miktarının %10 azalma senaryosunda akım değerleri azalmıştır (Şekil 4.32).



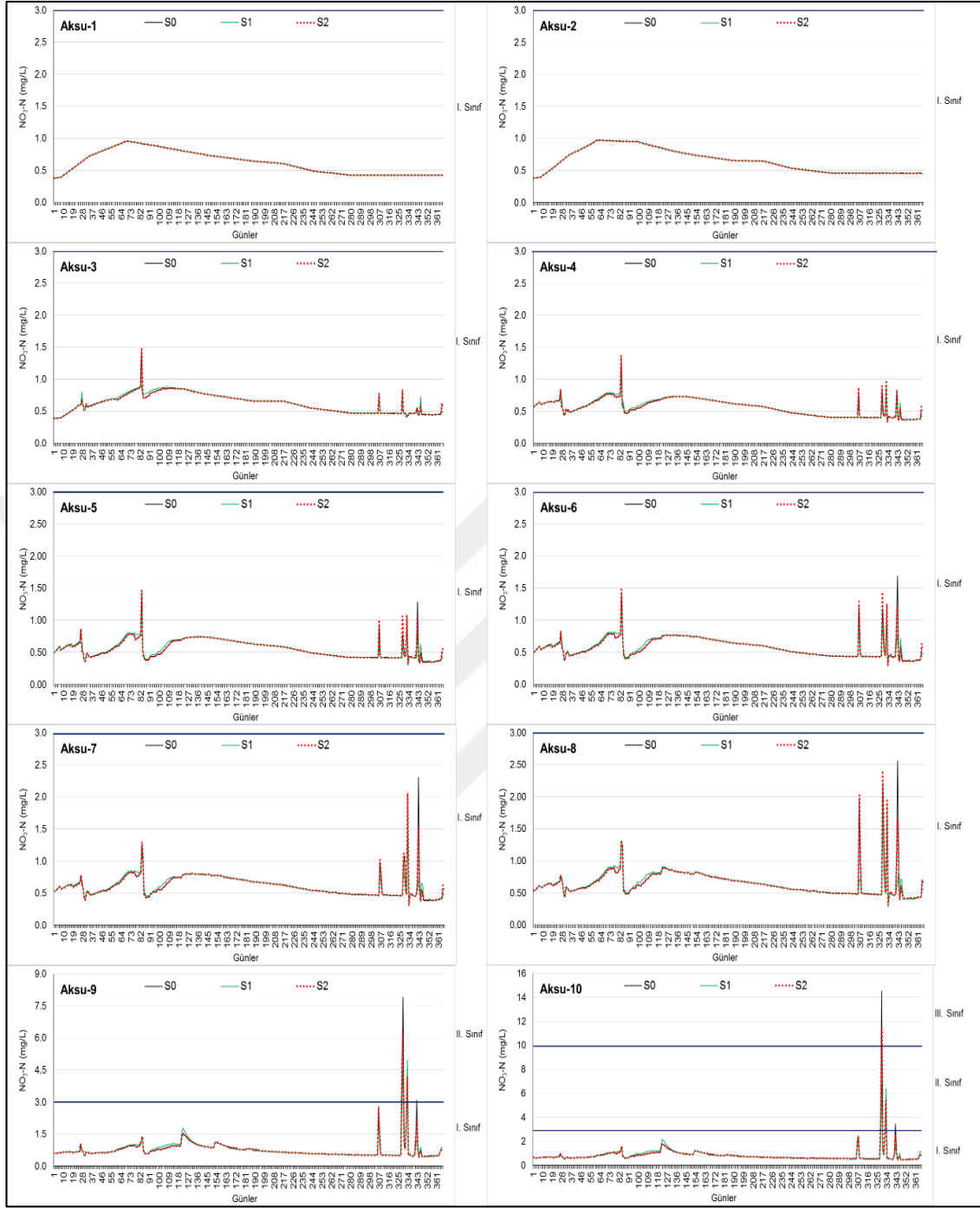
Şekil 4.33. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının sıcaklık değerleri üzerine etkisi

Sıcaklık parametresi açısından su sıcaklığının mevsimsel hava sıcaklıklarına bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. S1 ve S2 senaryolarında hava sıcaklığındaki 1 °C artış sebebi ile tüm izleme noktaları için sıcaklık değerlerinde oldukça sınırlı düzeyde artış gözlenmiştir (Şekil 4.33).



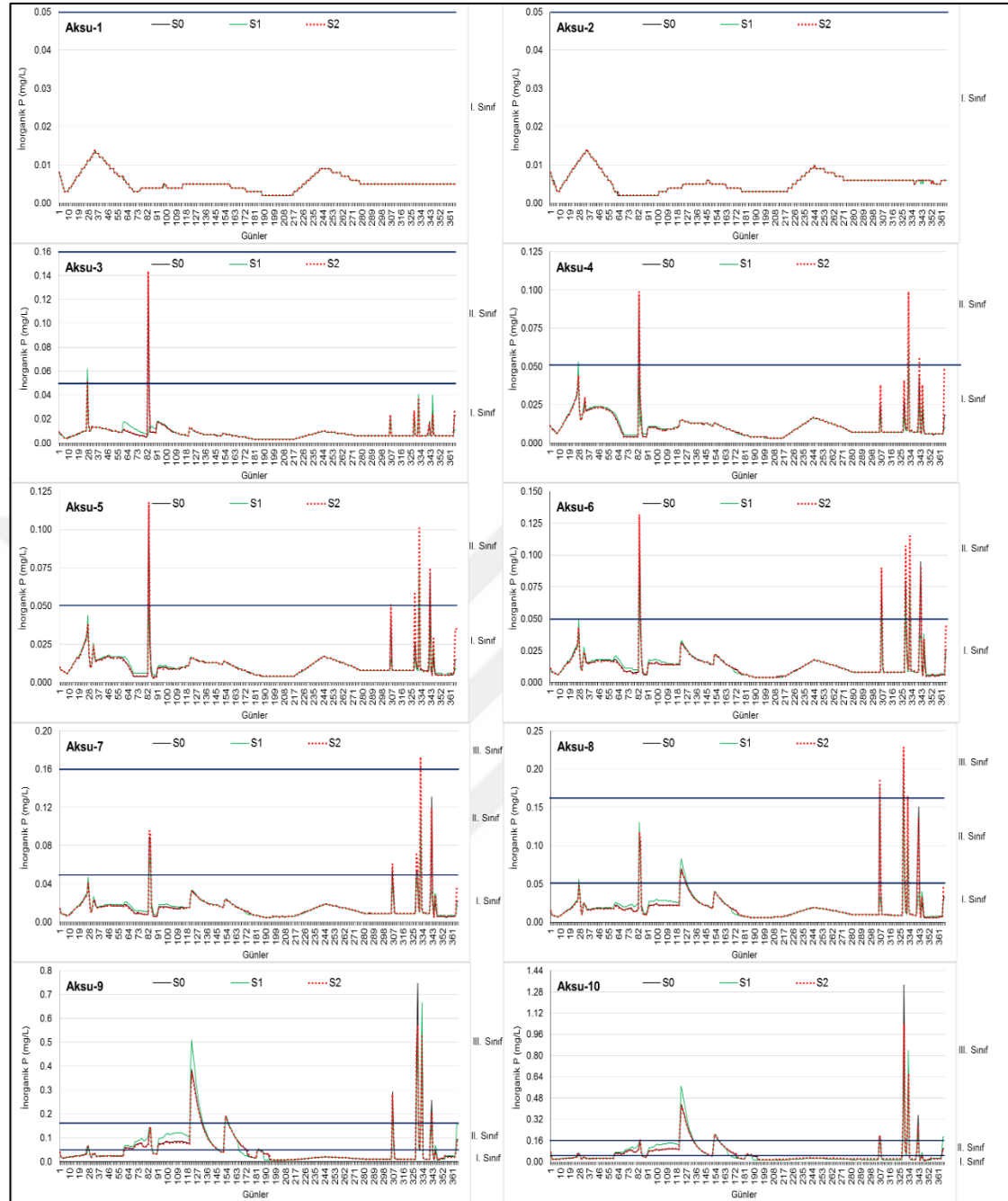
Şekil 4.34. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının $\text{NH}_4\text{-N}$ değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.34’de görüldüğü gibi Aksu Çayı’nda su kalitesi $\text{NH}_4\text{-N}$ açısından memba noktasından denize döküldüğü mansap noktasına doğru sınıf I’den sınıf III durumuna kötüleşmektedir. S1 senaryosu için yağış miktarının azalmasına bağlı olarak hem akım hem de yüzey akış değerlerinde düşüşler gerçekleşmekte iken S2 senaryosunda artan yağış miktarı ile hem akım hem de yüzey akış değerlerinde artışlar görülmektedir. Buna bağlı olarak S2 senaryosu için özellikle pik akım dönemlerinde, $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresi için tahmin değerlerinde belirgin artışlar gerçekleşmektedir.



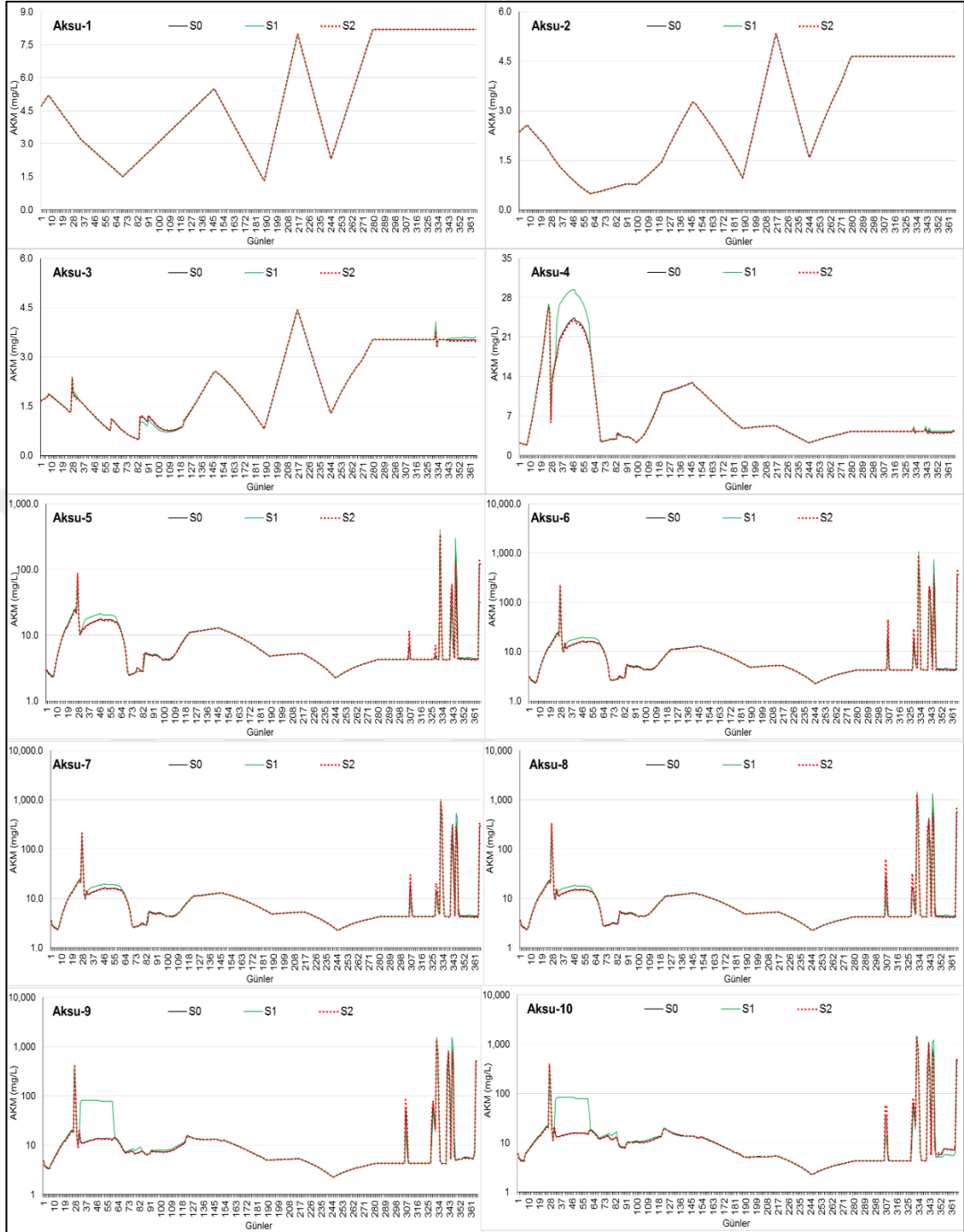
Şekil 4.35. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının NO₃-N değerleri üzerine etkisi

Aksu Çayı’nda su kalitesi NO₃-N açısından memba noktasından denize döküldüğü mansap noktasına doğru sınıf I’den sınıf III durumuna kötüleşmektedir. S2 senaryosunda artan yağış miktarı ile hem akım hem de yüzey akış değerlerinde artışlar görülmekte olup özellikle pik akım dönemlerinde, NO₃-N parametresi için tahmin değerlerinde belirgin artışlar gerçekleşmektedir (Şekil 4.35).



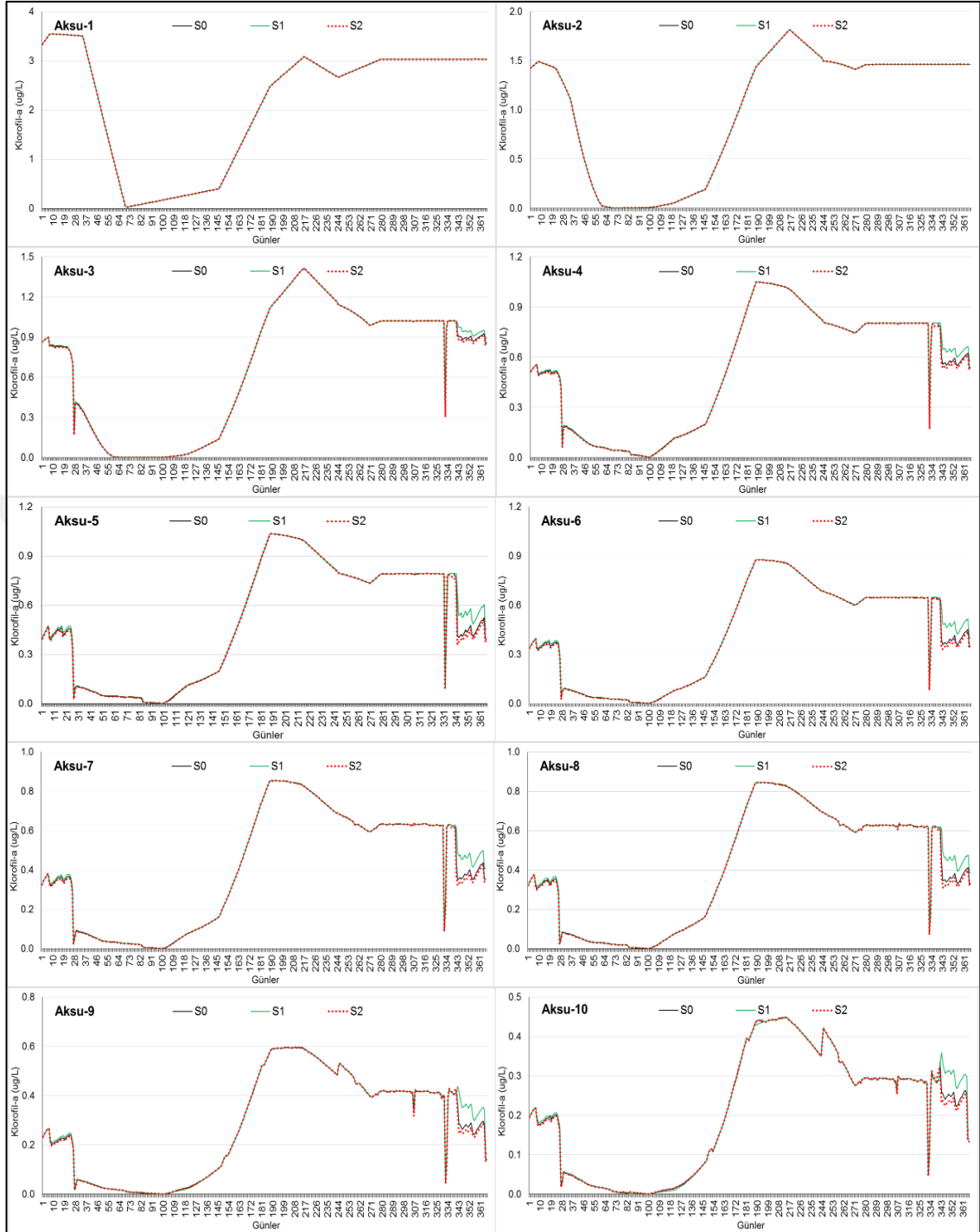
Şekil 4.36. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının İnorg-P değerleri üzerine etkisi

İnorg-P açısından bir yıllık simülasyon süresince sadece akarsuyun memba bölümünde yer alan Aksu-1 ve Aksu-2 izleme noktalarında I. sınıf su kalitesi görülmekte ve özellikle pik akım dönemlerinde akarsuyun orta bölümünde II. sınıf su kalitesi, Aksu-7 ile Aksu-10 arasındaki mansap bölümünde ise III. sınıf kalitesi görülmektedir. S2 senaryosunda artan yağış miktarı ile hem akım hem de yüzey akış değerlerinde artışlar görülmekte olup özellikle pik akım dönemlerinde, İnorg-P parametresi için tahmin değerlerinde belirgin artışlar gerçekleşmektedir (Şekil 4.36).



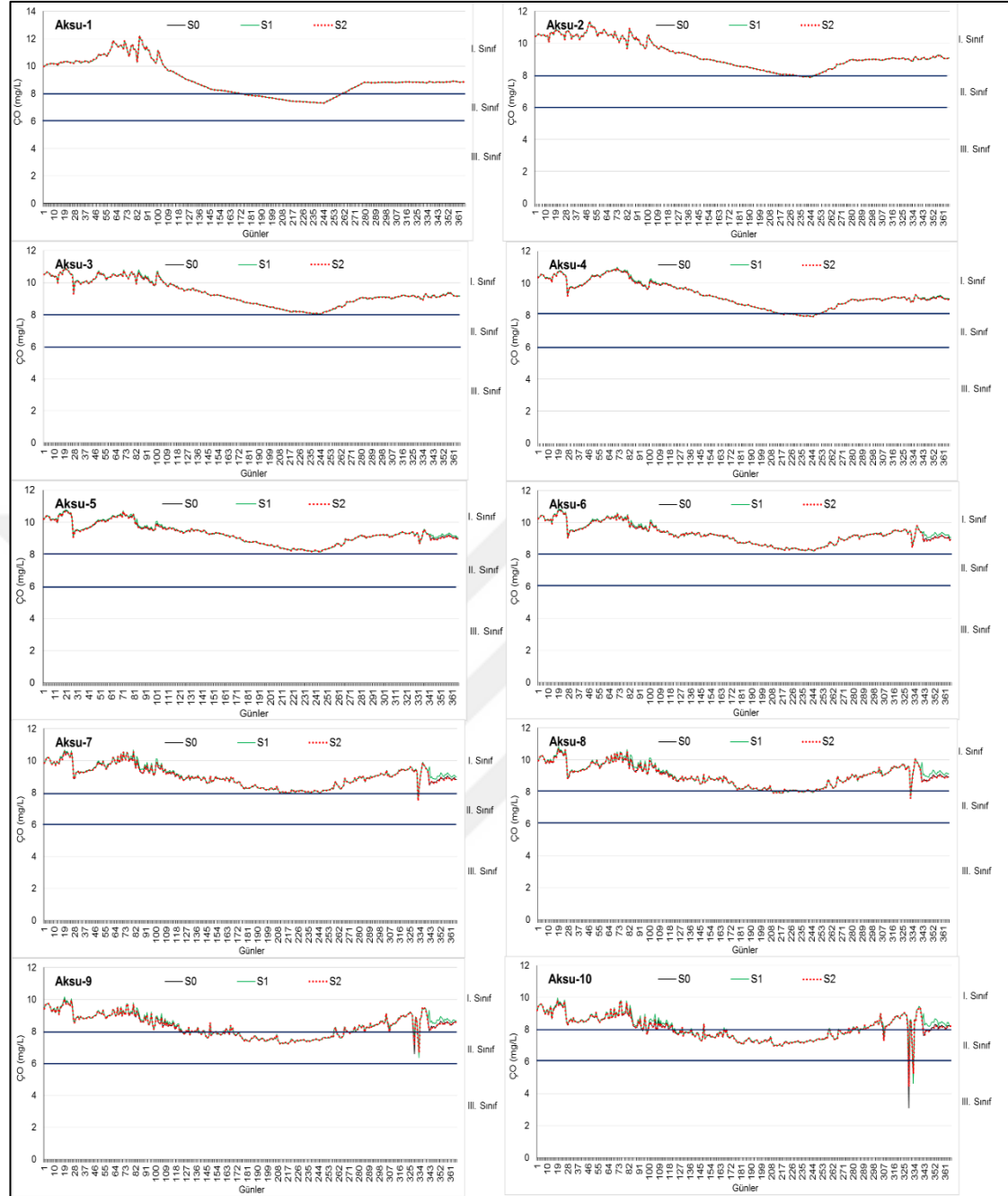
Şekil 4.37. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının AKM değerleri üzerine etkisi

AKM parametresi için S1 senaryosu için akım değerlerinin çok azaldığı dönemlerde göreceli artışlar görülürken S2 senaryosu için özellikle pik akım dönemlerinde çok belirgin artışlar söz konusudur (Şekil 4.37).



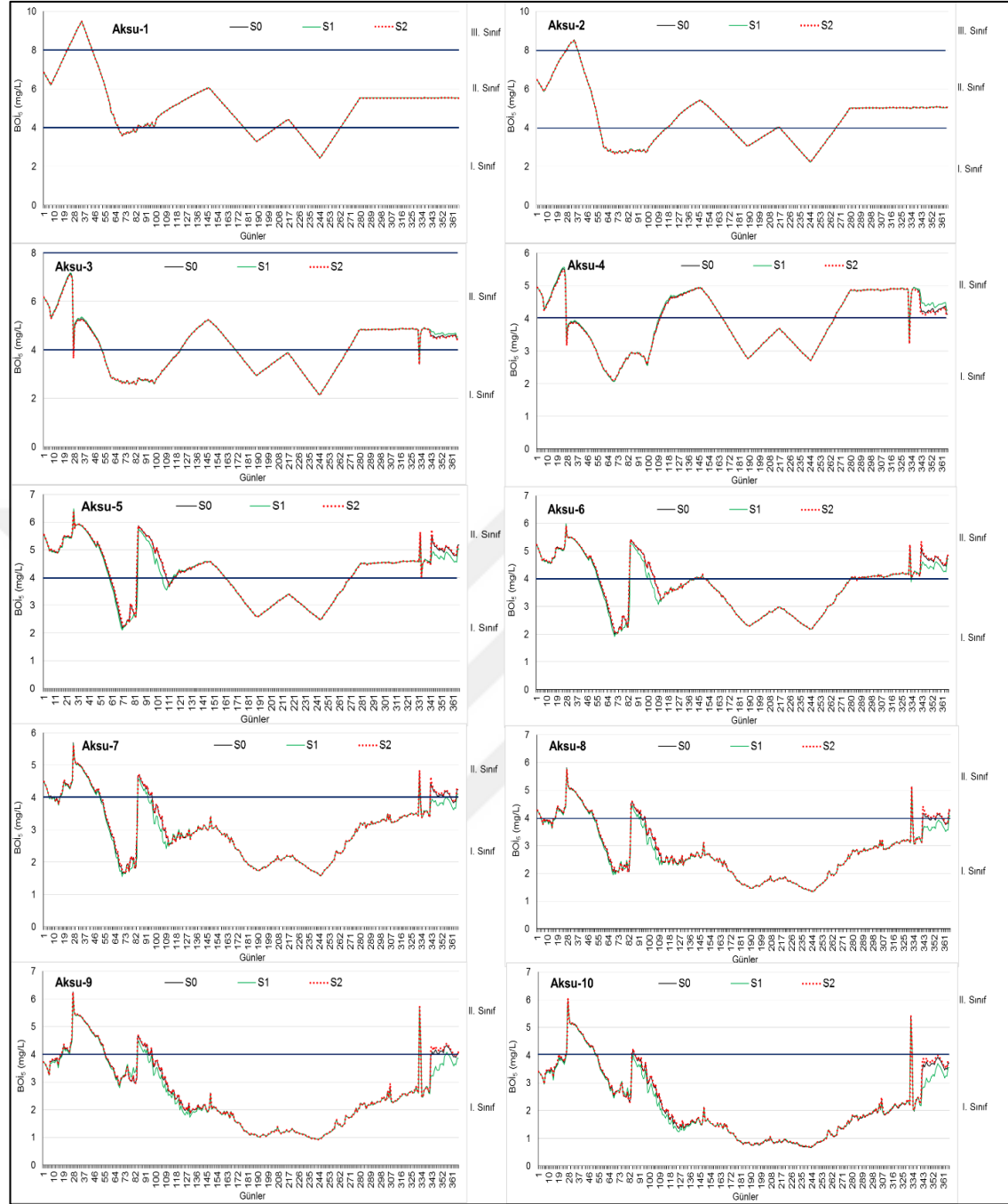
Şekil 4.38. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının klorofil-a değerleri üzerine etkisi

Tüm izleme noktalarında klorofil-a parametresi açısından S1 ve S2 senaryo sonuçları oldukça benzer olmasına karşın özellikle S1 senaryosu için kış dönemine ait klorofil-a tahminlerinde sınırlı artışlar görülmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.39. Aksu Çayı'nda iklim değişikliği senaryolarının ÇO değerleri üzerine etkisi

ÇO açısından S1 ve S2 senaryoları için mevcut duruma göre oldukça sınırlı değişimler gözlenmiştir. ÇO parametresi için S1 senaryosu sonuçlarında minimal düzeyde artış ve S2 senaryosu sonuçlarında ise minimal düzeyde azalma şeklinde değişimler gözlenmiştir (Şekil 4.39). S1 senaryosunda özellikle mansap noktasına yakın izleme noktalarında (Aksu 7 ile Aksu 10 arası) BOİ₅ parametresi için düşüş gözlenen sürelerde ÇO tahminlerinde göreceli artışlar, BOİ₅ parametresi için artış gözlenen sürelerde ise ÇO tahminlerinde düşüşler gerçekleşmiştir.



Şekil 4.40. Aksu Çayı’nda iklim değişikliği senaryolarının BOİ₅ değerleri üzerine etkisi

BOİ₅ açısından su kalitesi diğer parametrelere göre farklılık göstermektedir. Aksu 1 ve Aksu 2 istasyonlarındaki su kalitesi BOİ₅ için sınıf III iken diğer noktalarda sınıf II olarak belirlenmiştir. Yağışlı dönemlerde en yüksek konsantrasyonlara ulaşmıştır. S1 senaryosu için yağış olmayan dönemlerde hem akım hem de yüzey akış değerlerindeki düşüşlere bağlı olarak BOİ₅, NH₄-N, NO₃-N, inorg-P parametreleri için tahmin değerlerinde göreceli artışlar gerçekleşmektedir. Genel olarak yüksek yağışlara bağlı olarak gerçekleşen pik akım dönemlerinde yayılı kirlilik ile bağlantılı olan NH₄-N, NO₃-N, inorg-P ve AKM parametreleri için S1 senaryosuna ait tahminlerde mevcut duruma

göre çok belirgin azalmalar, S2 senaryosuna ait tahminlerde ise belirgin artışlar gerçekleşmektedir (Şekil 4.40).

4.6.2. Yayılı kirlilik kontrolü (Senaryo S3, S4 ve S5)

Yayılı kirlilik kontrolüne ilişkin değerlendirilmelerin yapıldığı bu bölümde MapShed modelinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

Senaryo S3: Mapshed modeli kapsamındaki BMP 7 mera yönetimi uygulaması

Mera yönetimini içeren S3 senaryosu, aşırı otlatma ve diğer aşırı kullanım sebebiyle oluşan erozyonu engellemek için yeterli bitki örtüsü sağlayan uygulamaların kullanılması ve dolayısıyla yağış sonrası oluşan yayılı kirliliğin önüne geçilmesini içermektedir.

Senaryo S4: MapShed modeli kapsamındaki BMP 1, BMP 2, BMP 3 ve BMP 6 uygulamaları

Bu senaryoda ise 4 farklı BMP uygulaması bir arada değerlendirilmiş ve sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Günümüzde, birçok tarımsal havzada, besin yüklerini kontrol etmeye odaklanan toprak ve besin yönetimini içeren yapısal BMP'ler mevcuttur. 2009 yılında yapılan bir çalışmada yapısal BMP'ler ya P içerikli alanların su kaynaklarına ulaşımını sağlayan hidrolojik yolların değiştirilmesi ya da bu alanlardan çözülmüş P (DP) katkısının azaltılmasına yönelmiştir (Rao vd. 2009). Bu senaryo çalışmasında 4 farklı BMP kullanılarak hem akış yollarının engellenmesi (BMP 1, BMP 2 ve BMP 3) hem de besin yükünün azaltılması (BMP 6) ele alınmıştır.

Senaryo S5: S3 ve S4 senaryolarının birlikte kullanımı

Yayılı kirliliğin etkisinin araştırıldığı bu senaryoda ise Senaryo 3 ve 4'ün birlikte uygulanması sonucu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.21 ve 4.22'de MapShed modeli ile S1, S2, S3, S4 ve S5 senaryo çalışmaları için elde edilen yıllık TN ve TP yük değişimleri verilmiştir (Muhammetoğlu 2022). İklim değişikliği etkilerini içeren S1 ve S2 senaryo sonuçlarına bakıldığında, yıllık toplam yağış miktarının mevcut duruma göre yaklaşık %10 seviyesinde azalması durumunda kaynaklara ait toplam yıllık TN ve TP yükleri yaklaşık %14 ile %11 seviyesinde azalmıştır. S1 senaryosu için orman ve otlak alanlardan kaynaklı TN yükü azalma miktarları sırasıyla yaklaşık %34,5 ve %30 ile en çok azalmanın görüldüğü kaynaklardır. Bununla beraber S2 senaryosu için otlak ve orman alanlarından kaynaklı yıllık TN yükü yaklaşık %12 ve %13 düzeyinde artış göstermiştir. Kaynaklara ait toplam yıllık yüklere bakıldığında S1 senaryosu (yağış miktarlarında %10 azalma) için yıllık TN ve TP yükleri sırasıyla yaklaşık %14 ve %11 düzeyinde azalma gösterirken, S2 senaryosu (yağış miktarlarında %4 artış) için yıllık TN ve TP yükleri sırasıyla %6 ve %4,5 seviyesinde artış göstermektedir.

Çizelge 4.21. Farklı senaryolar için yıllık TN yükleri için elde edilen değişimler (%) (Muhammetoğlu 2022)

	S1	S2	S3	S4	S5
Kaynaklar					
Otlak	-30,02	11,68	-43,00	0,00	-43,00
Tarım alanı	-20,10	8,61	0,00	-46,18	-46,18
Orman	-34,42	13,23	-0,30	-0,30	-0,30
Bozulmuş arazi	-17,74	7,67	0,05	0,05	0,05
Açık alan	-19,91	8,26	-0,15	0,00	0,00
Kayalık	-22,15	8,69	-1,36	-1,36	-1,36
Kentsel	-7,33	2,81	0,00	0,00	0,00
Hayvancılık	-8,29	3,54	-60,17	0,00	-60,17
Foseptik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kaynaklara ait toplam yük (kg/yıl)	-14,05	6,00	-12,78	-26,94	-39,71
Taşıma yolları					
Nehir yatağı	213,53	3,82	0,00	0,00	0,00
Yeraltısuyu	-13,98	4,71	0,00	-17,52	-17,52
Toplam yük (kg/yıl)	-13,61	5,44	-7,23	-22,82	-30,04
Alansal yük (kg/ha/yıl)	-13,61	5,44	-7,23	-22,82	-30,04

Çizelge 4.22. Farklı senaryolar için yıllık TP yükleri için elde edilen değişimler (%) (Muhammetoğlu 2022)

	S1	S2	S3	S4	S5
Kaynaklar					
Otlak	-28,27	11,27	-33,95	0,07	-33,95
Tarım alanı	-18,21	7,78	0,00	-30,34	-30,34
Orman	-23,36	9,46	-0,57	-0,57	-0,57
Bozulmuş arazi	-17,89	7,57	-0,07	-0,07	-0,07
Açık alan	-17,60	7,52	0,02	0,02	0,02
Kayalık	-18,67	7,79	-3,27	-3,27	-3,27
Kentsel	-7,55	2,94	0,00	0,00	0,00
Hayvancılık	-8,41	3,59	-56,26	0,00	-56,26
Foseptik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kaynaklara ait toplam yük (kg/yıl)	-10,66	4,55	-9,88	-14,92	-24,79
Taşıma yolları					
Nehir yatağı	209,93	3,92	-0,01	-0,01	-0,01
Yeraltısuyu	-13,89	4,70	0,00	-6,33	-6,33
Toplam yük (kg/yıl)	-9,85	4,55	-9,56	-14,62	-24,17
Alansal yük (kg/ha/yıl)	-9,85	4,55	-9,56	-14,62	-24,17

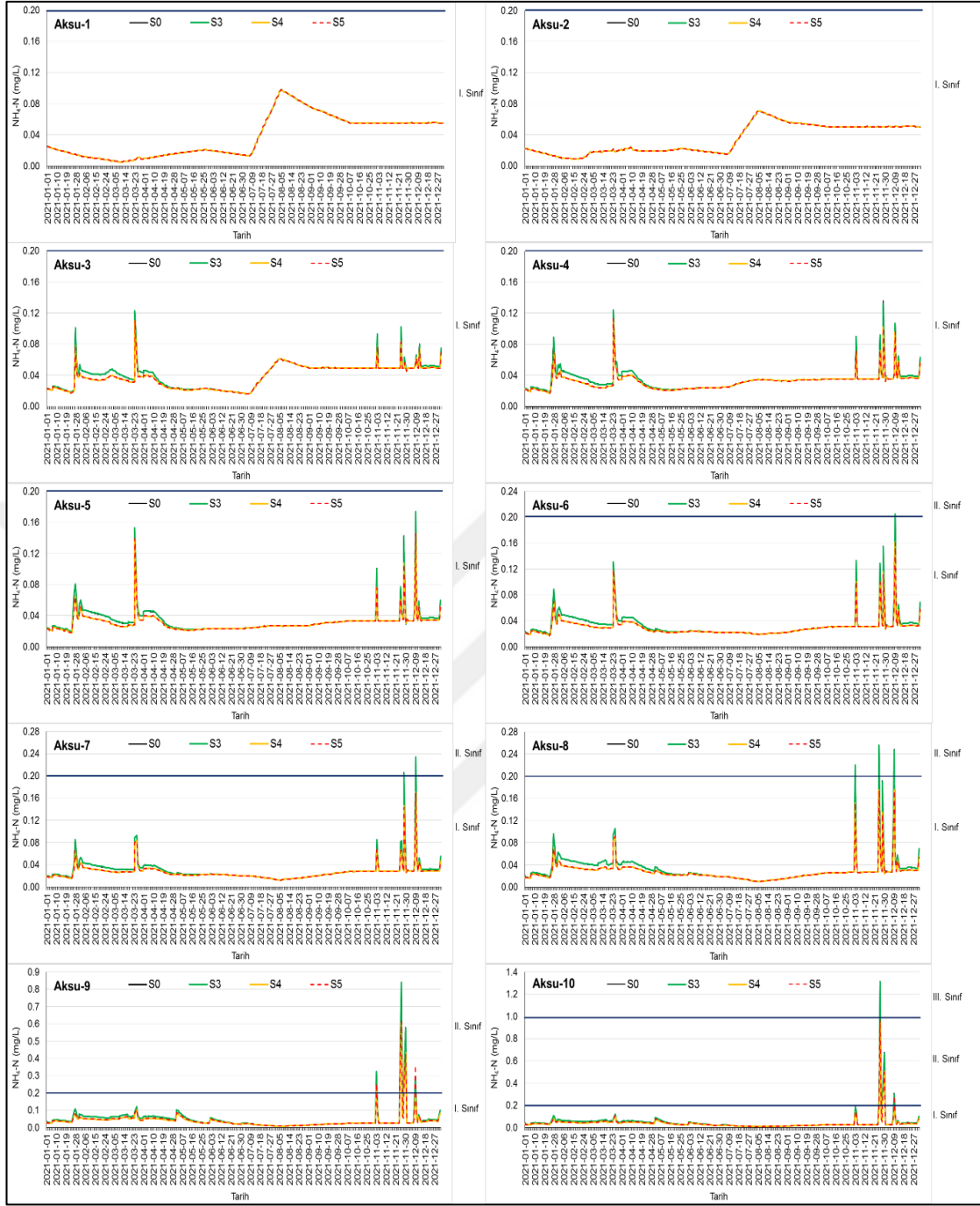
Mera yönetimini içeren S3 senaryosu için otlak alanlar ve hayvancılıktan kaynaklanan TN yükleri sırasıyla %43 ve %60 düzeyinde, TP yükleri ise %34 ve %56 düzeyinde azalmıştır. S3 senaryosunda kaynaklara ait yıllık toplam TN ve TP yükleri için elde edilen azalış sırasıyla yaklaşık %13 ve %10 seviyesindedir. Tarımsal BMP'lerin değerlendirildiği S4 senaryosunda ise tarım alanlarından kaynaklanan TN ve TP yükleri sırasıyla %46,18 ve %30,34 ile oldukça yüksek seviyede azalmıştır. S4 senaryosu neticesinde kaynaklara ait yıllık toplam TN ve TP yükleri sırasıyla yaklaşık %27 ve %15 düzeyinde azalma göstermiştir. S3 ve S4 senaryolarına ait sonuçlar karşılaştırıldığında, havzadan kaynaklanan yıllık toplam yükler taşınım yollarına ait yükler ile birlikte S3 senaryosunda TN ve TP için sırasıyla yaklaşık %7 ve %10 düzeyinde azalma gösterirken, S4 senaryosunda TN ve TP için sırasıyla yaklaşık %23 ve %15 düzeyinde azalma göstermiştir. Böylece, S4 senaryosu ile S3 senaryosuna kıyasla çok daha yüksek düzeyde yayılı yük kontrolü sağlanması mümkündür. S5 senaryosunda ise S3 senaryosu (mera yönetimi ve hayvancılık kontrolü) ile S4 senaryosu (tarımsal alanlar için tüm BMP'ler) birlikte uygulanmış olup kaynaklara ait yıllık toplam kirletici yükleri için elde edilen azalma oranları TN için yaklaşık %40 ve TP için %25 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak yayılı kaynaklı kirleticilerin Aksu Çayı'nın su kalitesi üzerine etkisinin değerlendirildiği senaryo çalışmasında en iyi sonuçlar S5 senaryosu için elde edilmiştir. Senaryo S5 ile havzadan kaynaklanan yıllık toplam yükler (taşınım yollarına ait yükler ile birlikte) TN için yaklaşık %30 ve TP için yaklaşık %24 düzeyinde azalma göstermiştir.

S3, S4 ve S5 senaryolarına ait tahmin sonuçları yayılı kirlilik kontrolüne yönelik olduğu için WASP8 model tahminleri sadece yayılı kirlilikten en çok etkilenen $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorg-P, AKM, TN ve TP parametreleri için Şekiller 4.41-4.46'da sunulmaktadır. Akarsuyun memba bölümünde yer alan Aksu 1 ve Aksu 2 izleme noktalarında yayılı kirlilik etkisi çok sınırlı olduğundan senaryolar için elde edilen tahmin sonuçları mevcut durum ile aynıdır. Yayılı kirlilik etkileri özellikle yağışlı dönemlerde belirgindir.

Özellikle yüksek yağışlara bağlı olarak gerçekleşen pik akım dönemlerinde (Ocak ve Kasım 2021 ayları) ve Karacaören Barajı'ndan çok az su bırakılan ve akarsu debisinin çok azaldığı dönemlerde (Mart 2021) $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorg-P ve AKM parametreleri için su kalitesindeki değişimler belirgindir.

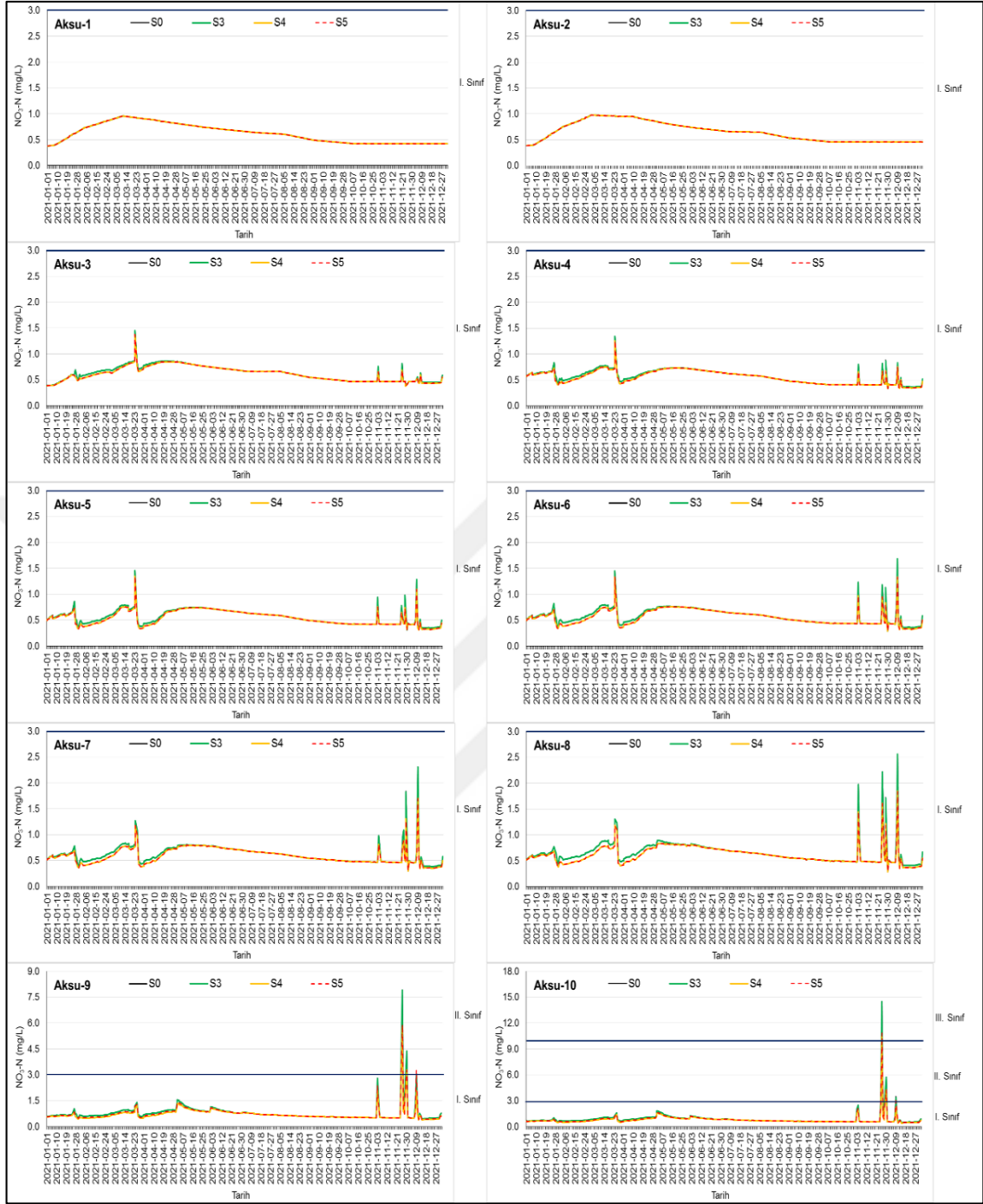
S3 senaryosu için elde edilen kirlilik azalımı mevcut duruma göre oldukça sınırlı değişim göstermektedir. Bu nedenle sunulan grafiklerde mevcut durum ve S3 senaryo sonuçları üst üste çakışmaktadır. Otlak alanlar ve çiftlik hayvanlarından kaynaklanan yayılı kirlilik kontrolü mevcut duruma göre oldukça sınırlı bir iyileşme sağlamaktadır.

Tarım alanlarından kaynaklanan yayılı kirlilik kontrolü (S4 senaryosu) tüm simülasyon süresince kirletici konsantrasyonlarında azalışa sebep olmuş ve özellikle çok yüksek yağış gözlenen günlerde oluşan pik konsantrasyonlarda çok daha belirgin düzeyde düşüşler söz konusudur. Yayılı kirlilik kontrolü için S3 ve S4 senaryo etkilerinin birlikte uygulanması durumunda ise yayılı kirlilik kaynaklı kirletici yükler en düşük seviyeye inmekte ve dolayısıyla Aksu Çayı için tahmin edilen $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorganik-P, AKM, TN ve TP konsantrasyonları mevcut duruma ve diğer senaryolara göre en düşük değerlerini almaktadır. Özellikle pik debilerin gerçekleştiği günler için kirletici konsantrasyonlarındaki düşüşler oldukça belirgindir.



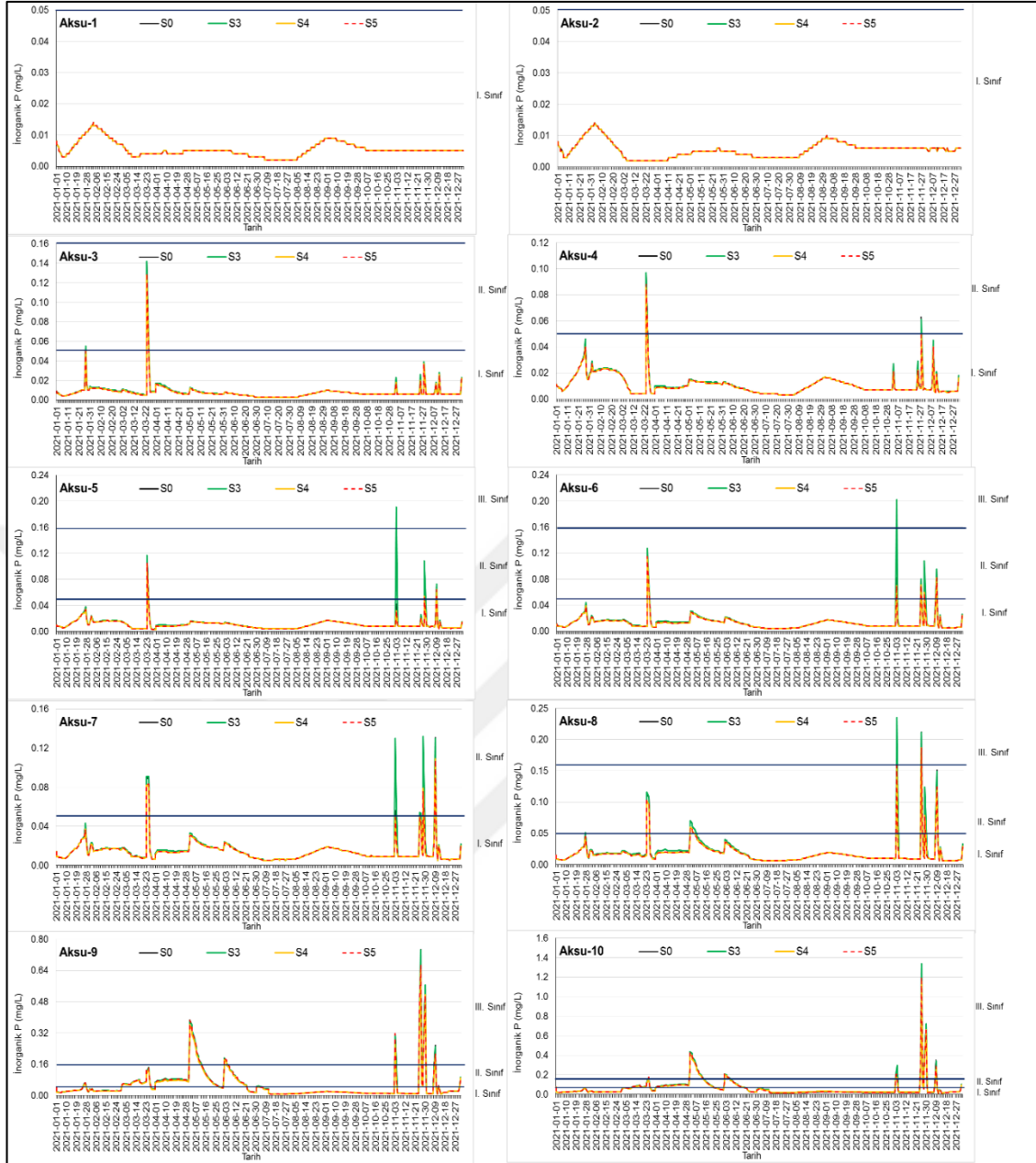
Şekil 4.41. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının $\text{NH}_4\text{-N}$ üzerine etkileri

$\text{NH}_4\text{-N}$ açısından bir yıllık simülasyon süresince Aksu 1 ile Aksu 5 izleme noktaları arasında I. sınıf düzeyinde olan su kalitesi özellikle kış aylarındaki pik akım dönemlerinde akarsuyun orta ve mansap bölümünde yer alan izleme noktalarında (Aksu 7 ile Aksu 9 arası) II. sınıfa gerilemekte ve mansap bölümünde III. sınıfa kaliteye kadar kötüleşme görülmektedir (Şekil 4.41).



Şekil 4.42. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının $\text{NO}_3\text{-N}$ üzerine etkileri

$\text{NO}_3\text{-N}$ açısından bir yıllık simülasyon süresince Aksu 1 ve Aksu 8 izleme noktaları arasında I. sınıf düzeyinde olan su kalitesi özellikle kış aylarındaki pik akım dönemlerinde akarsuyun mansap bölümünde yer alan Aksu 9 izleme noktasında II. sınıfa gerilemekte ve mansap bölümünde III. sınıf kaliteye kadar kötüleşme görülmektedir (Şekil 4.42).



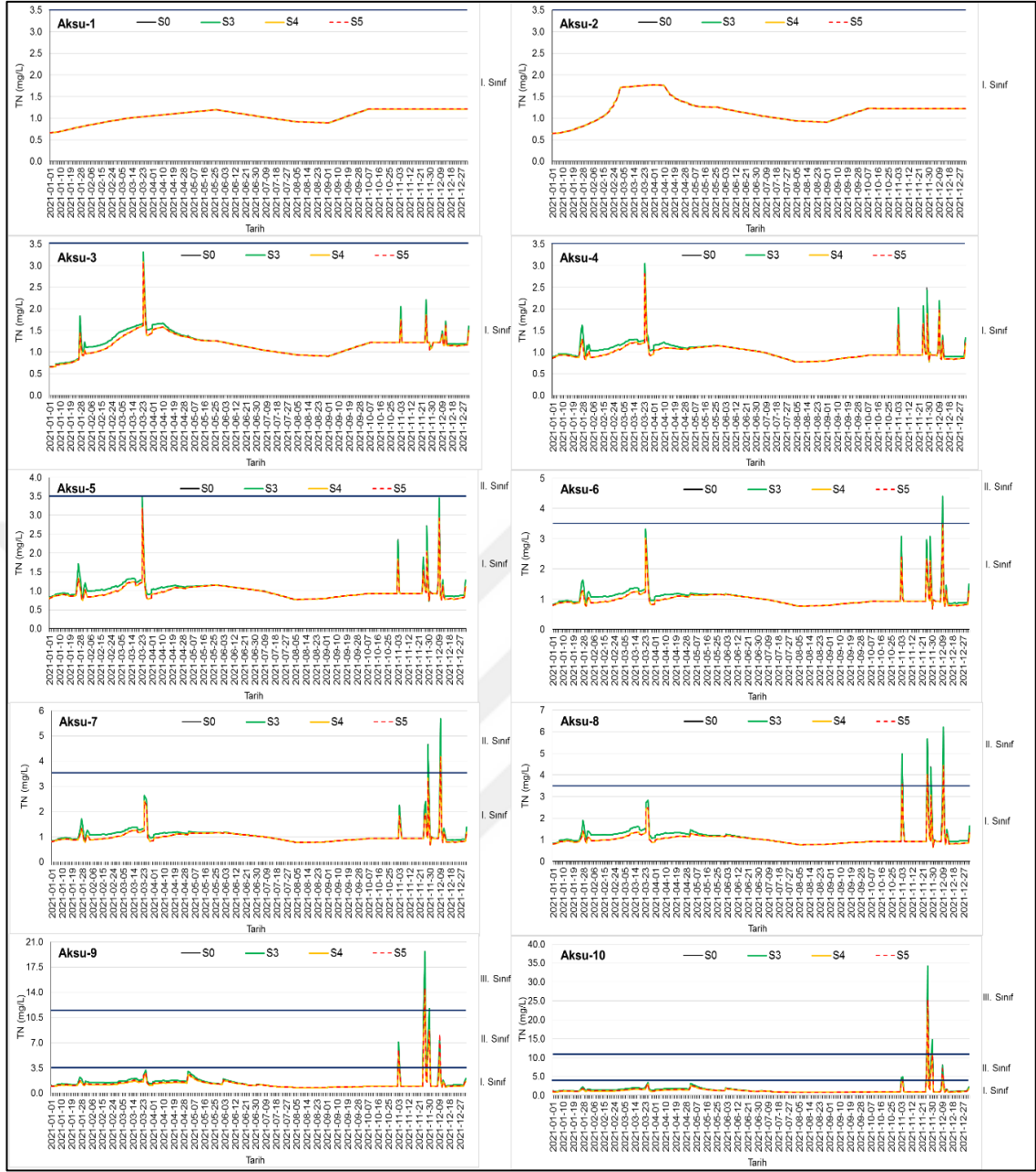
Şekil 4.43. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının İnorg-P üzerine etkileri

İnorg-P tahminleri ilkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki yağışlar sonrasında araziden gelen yayılı kirliliğe bağlı olarak tüm senaryolarda yıl boyunca en yüksek değerlere ulaşmıştır. İnorg-P açısından bir yıllık simülasyon süresince sadece akarsuyun memba bölümünde yer alan Aksu 1 ve Aksu 2 izleme noktalarında I. sınıf su kalitesi görülmekte ve özellikle pik/çok düşük akım dönemlerinde akarsuyun orta bölümünde (Aksu 3 ve Aksu 4 izleme noktaları) II. sınıf su kalitesi, Aksu 5 ile Aksu 10 arasındaki mansap bölümünde ise III. sınıf su kalitesi görülmektedir. Özellikle Aksu 10 mansap noktasında mevcut atıksu deşarj yükü ile inorganik-P konsantrasyonlarında belirgin bir artış söz konusudur. Özellikle S4 ve S5 senaryo uygulamaları yayılı kirliliğin kontrol edilmesinde etkili olmaktadır (Şekil 4.43).



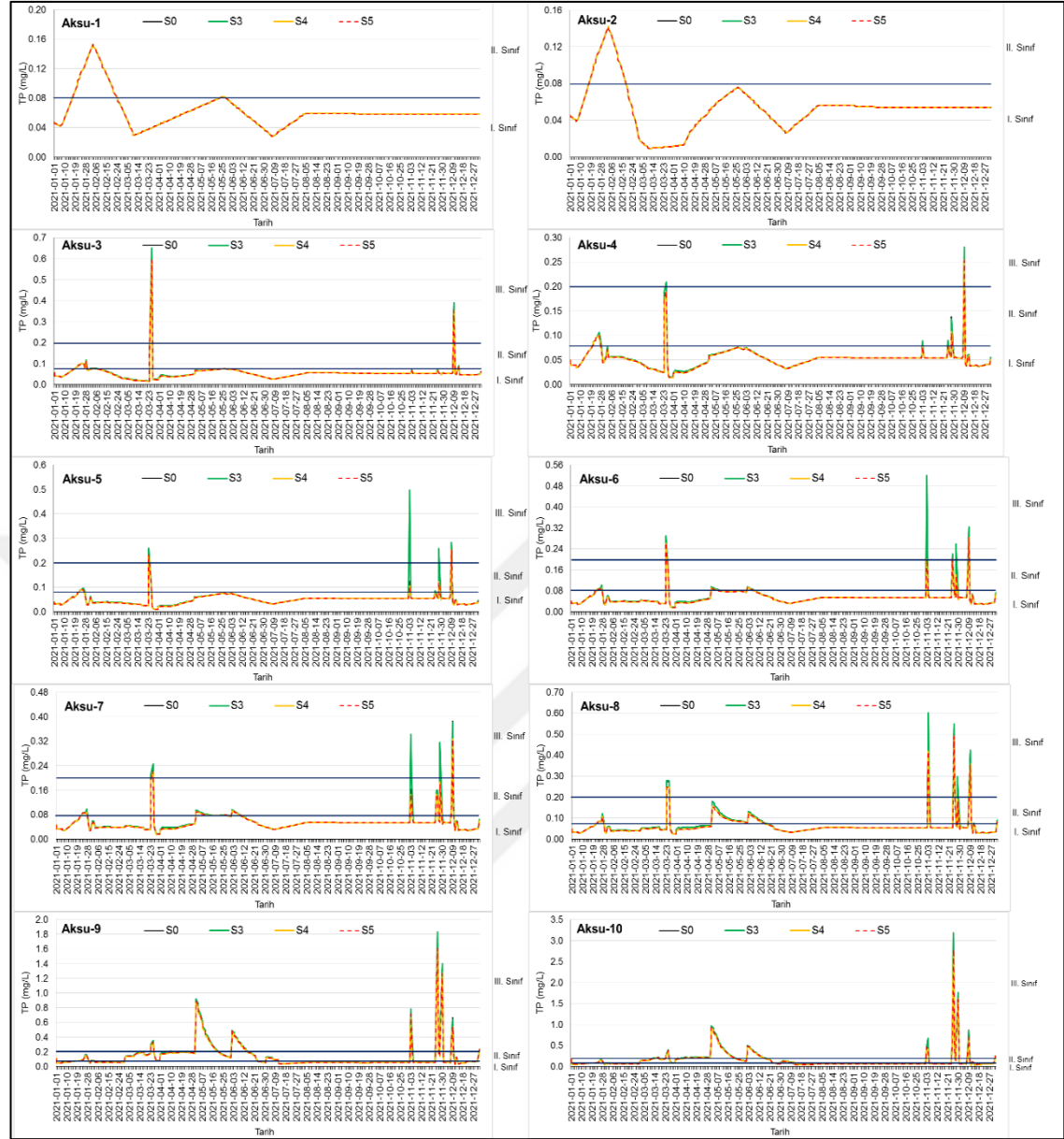
Şekil 4.44. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının AKM üzerine etkileri

AKM parametresi yağışın olmadığı dönemlerde tüm senaryolar ve mevcut durum için benzer sonuçlar sergilemiştir. Ancak yağışlı dönemlerde mera yönetiminin uygulandığı S3 senaryosunun etkisi çok sınırlı kalmış, S4 ve S5 senaryoları AKM konsantrasyonlarında düşüşleri sağlamıştır. AKM parametresi için pik akım dönemlerinde çok belirgin düşüşler görülmektedir (Şekil 4.44).



Şekil 4.45. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının TN üzerine etkileri

Aksu Çayı'nın mansap noktasına doğru ilerledikçe yerleşim ve hayvancılık faaliyetlerinin artması sonucu kirlilik miktarının artış gösterdiği görülmektedir. TN açısından bir yıllık simülasyon süresince Aksu-1 ile Aksu-5 izleme noktaları arasında I. sınıf düzeyinde olan su kalitesi özellikle kış aylarındaki pik akım dönemlerinde akarsuyun orta ve mansap bölümünde yer alan izleme noktalarında (Aksu 6 ile Aksu 8 arası) II. sınıfa gerilemekte ve mansap bölümünde III. sınıf kaliteye kadar kötüleşme görülmektedir. Özellikle Aksu-10 mansap noktasında mevcut atıksu deşarj yükü ile TN konsantrasyonlarında belirgin bir artış söz konusudur (Şekil 4.45).



Şekil 4.46. S3-S4 ve S5 yönetim senaryolarının TP üzerine etkileri

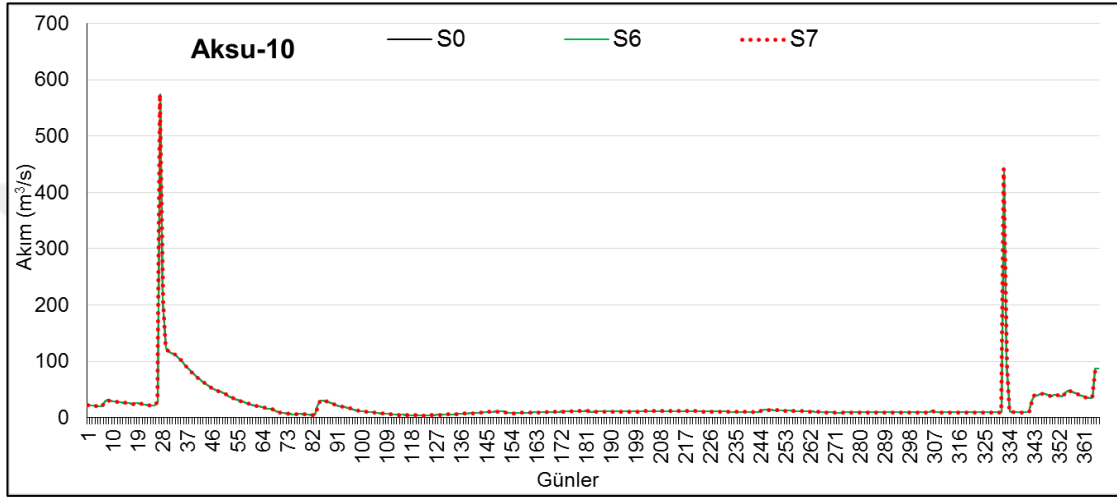
TP açısından bir yıllık simülasyon süresince akarsuyun memba bölümünde yer alan Aksu 1 ve Aksu 2 izleme noktalarında Ocak 2021 dönemindeki pik akım dönemi dışında I. sınıf düzeyinde olan su kalitesi mevcuttur. Ancak kış aylarındaki pik akım dönemlerinde ve akarsu debisinin çok az olduğu Mart döneminde su kalitesi akarsuyun orta ve mansap bölümünde yer alan izleme noktalarında (Aksu 3 ile Aksu 10 arası) III. sınıfa gerilemektedir. Özellikle Aksu 10 mansap noktasında mevcut atıksu deşarj yükü ile TP konsantrasyonlarında belirgin bir artış söz konusudur (Şekil 4.46).

Genel olarak yüksek yağışlara bağlı olarak gerçekleşen pik akım dönemlerinde yayılı kirlilik ile bağlantılı olan $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorganik-P, AKM ve TN ve TP parametrelerine ait tahminlerde mevcut duruma göre çok belirgin azalmalar

gerçekleşmektedir. S4 ve S5 senaryo sonuçları genel olarak çok benzerdir ve S3 senaryosunun mevcut duruma göre su kalitesi üzerindeki etkileri minimal düzeydedir.

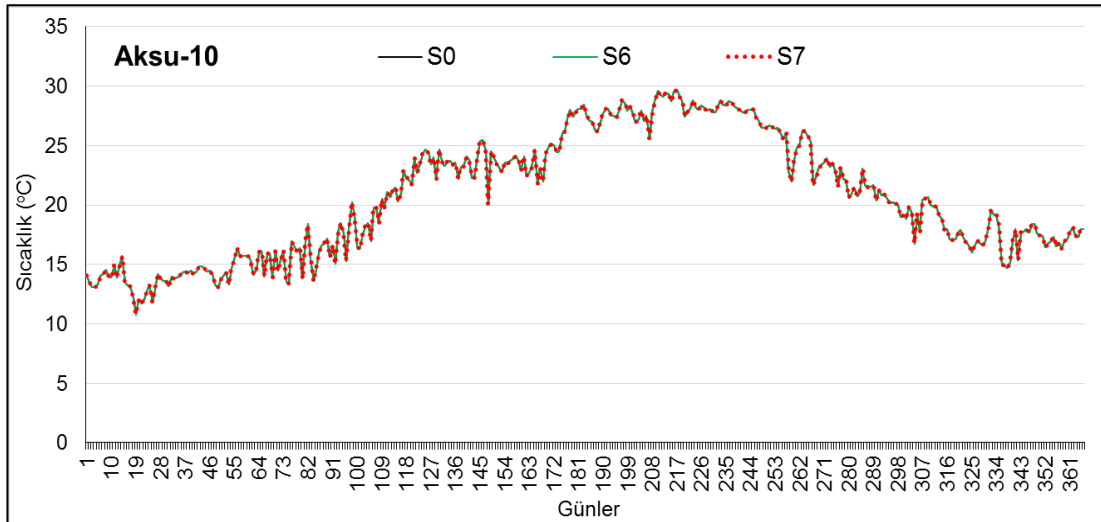
4.6.3. Noktasal kirlilik kontrolü (Senaryo S6 ve S7)

Aksu 10 istasyonu öncesinde noktasal kirlilik yükü olarak Kuyab Kundu AAT deşarj debilerinin %25 artırılması (Senaryo 6) ve %25 azaltılması (Senaryo 7) ile deşarj sonrası Aksu Çayı'nda gerçekleşecek değişiklikler için karşılaştırma yapılmıştır. S6 ve S7 senaryo sonuçları sadece Aksu 10 izleme noktası için mevcut durum ile birlikte Şekiller 4.47-4.52'de sunulmaktadır.



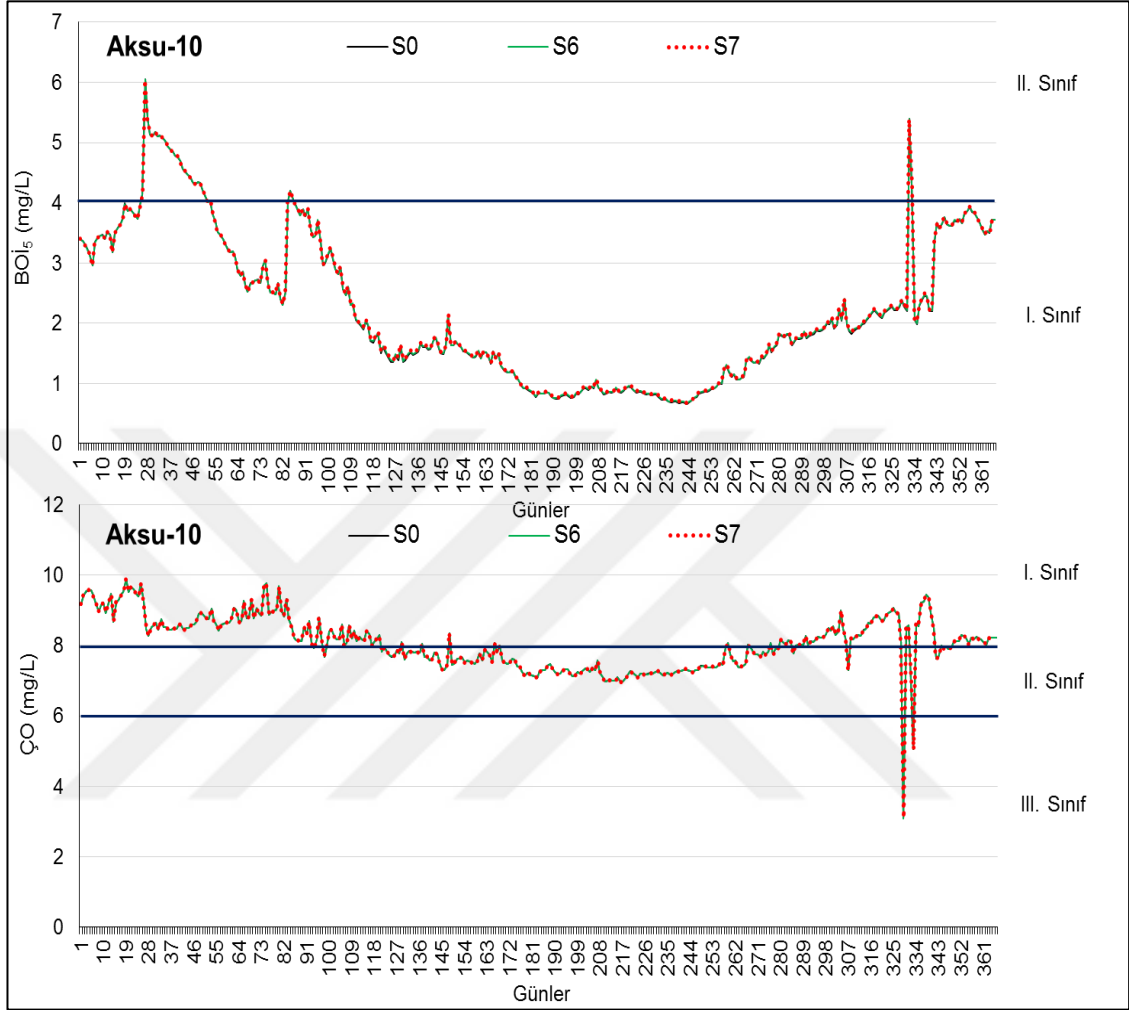
Şekil 4.47. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının akım üzerine etkileri

Aksu Çayı'nda 1 yıl süreli model uygulaması için maksimum akım değerleri, yağışların etkisi ile 2021 yılı Ocak ve Kasım aylarında gözlemlenmiştir (Şekil 4.47).



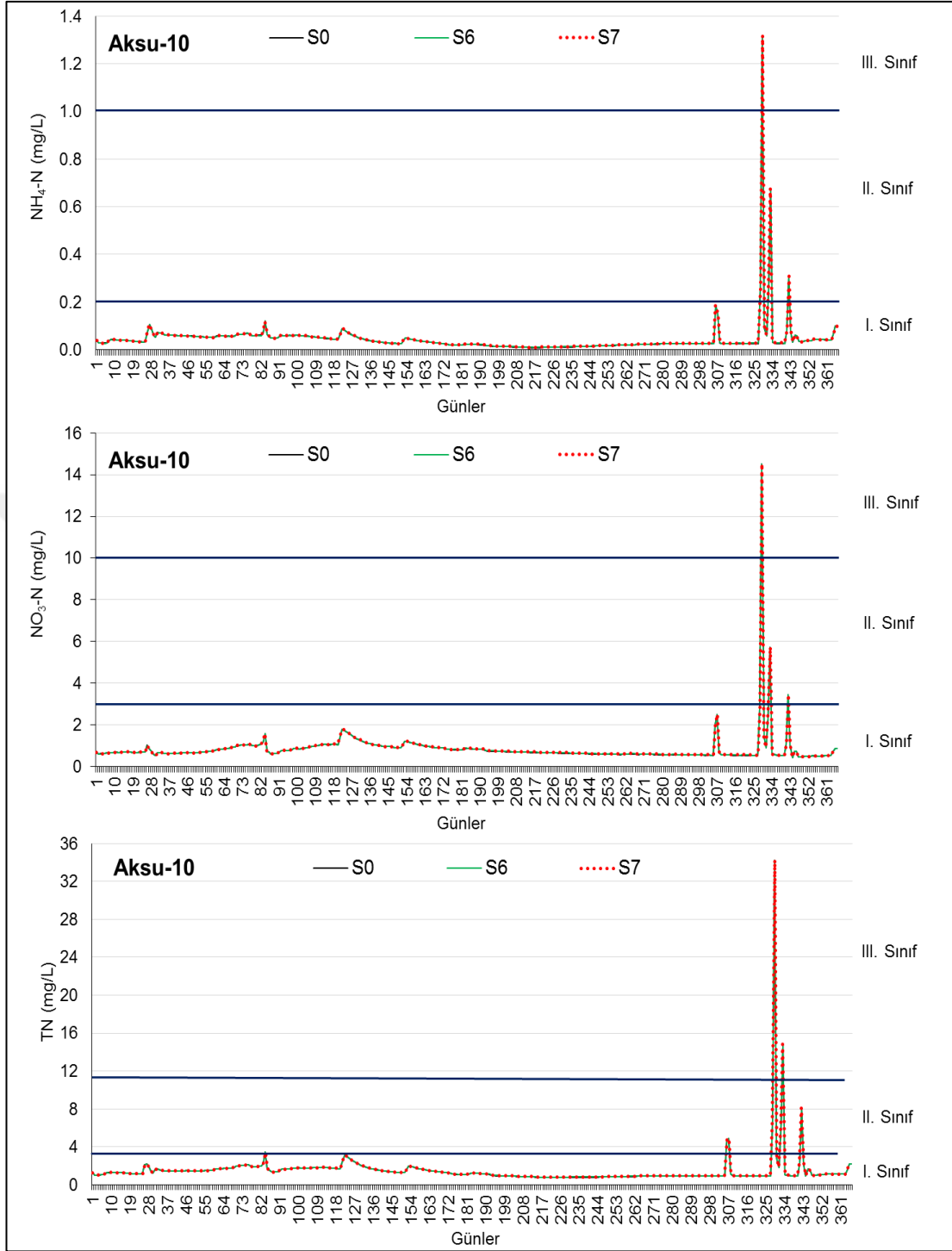
Şekil 4.48. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının sıcaklık üzerine etkileri

Mayıs ayı itibarı ile hava sıcaklığının artması ile su sıcaklıkları da yükselmekte ve maksimum su sıcaklıkları yaz aylarında görülürken, su sıcaklığı Ekim ayında düşmeye başlamaktadır (Şekil 4.48).



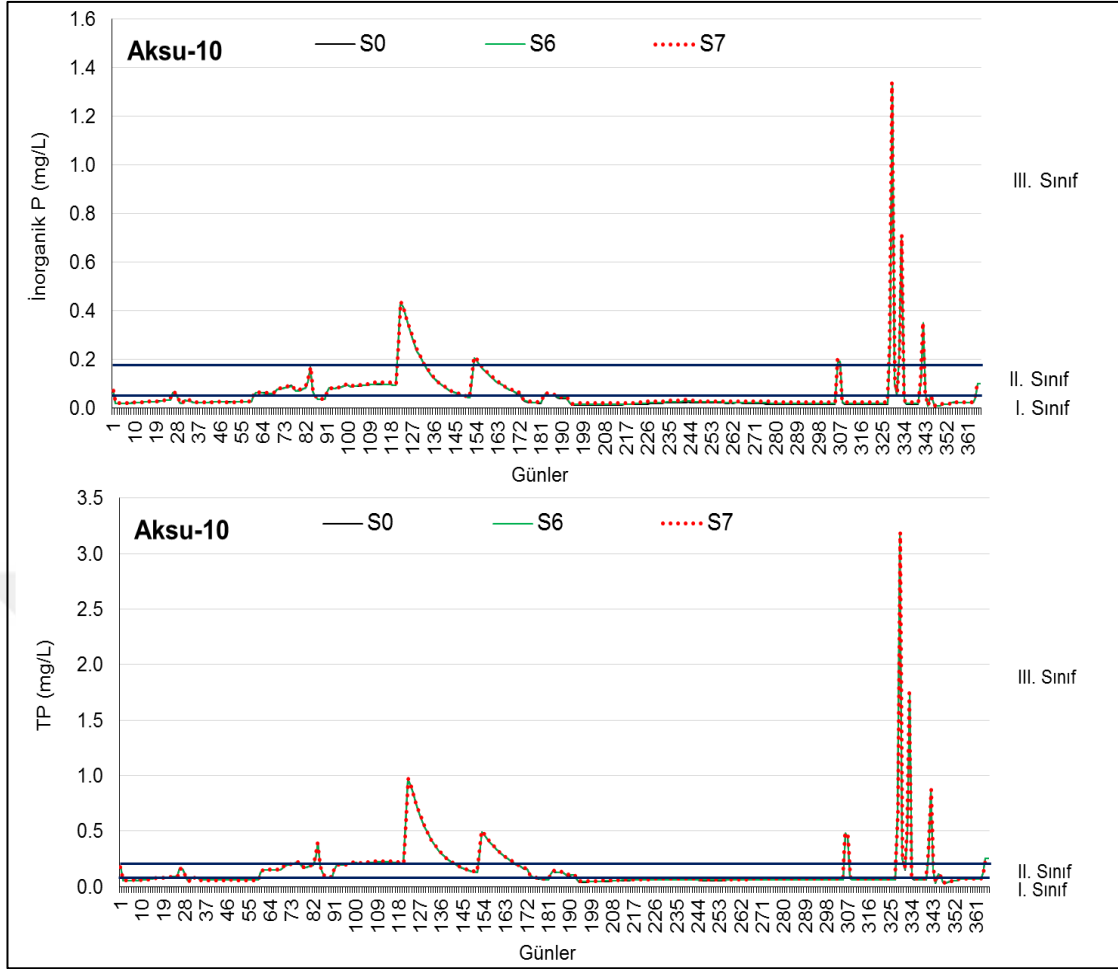
Şekil 4.49. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının BOİ₅ ve ÇO üzerine etkileri

BOİ₅ ve ÇO parametreleri açısından mevcut durum ile S6 ve S7 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir (Şekil 4.49). Su kalite sınıflarındaki değişimlerde daha çok yağış ve sıcaklığın etkili olduğu görülmüştür. Pik akım değerlerinin olduğu iki dönemde de ÇO değerlerindeki düşüşler ile birlikte I. sınıf su kalitesinden III. sınıf su kalitesine kötüleşme olduğu görülmektedir.



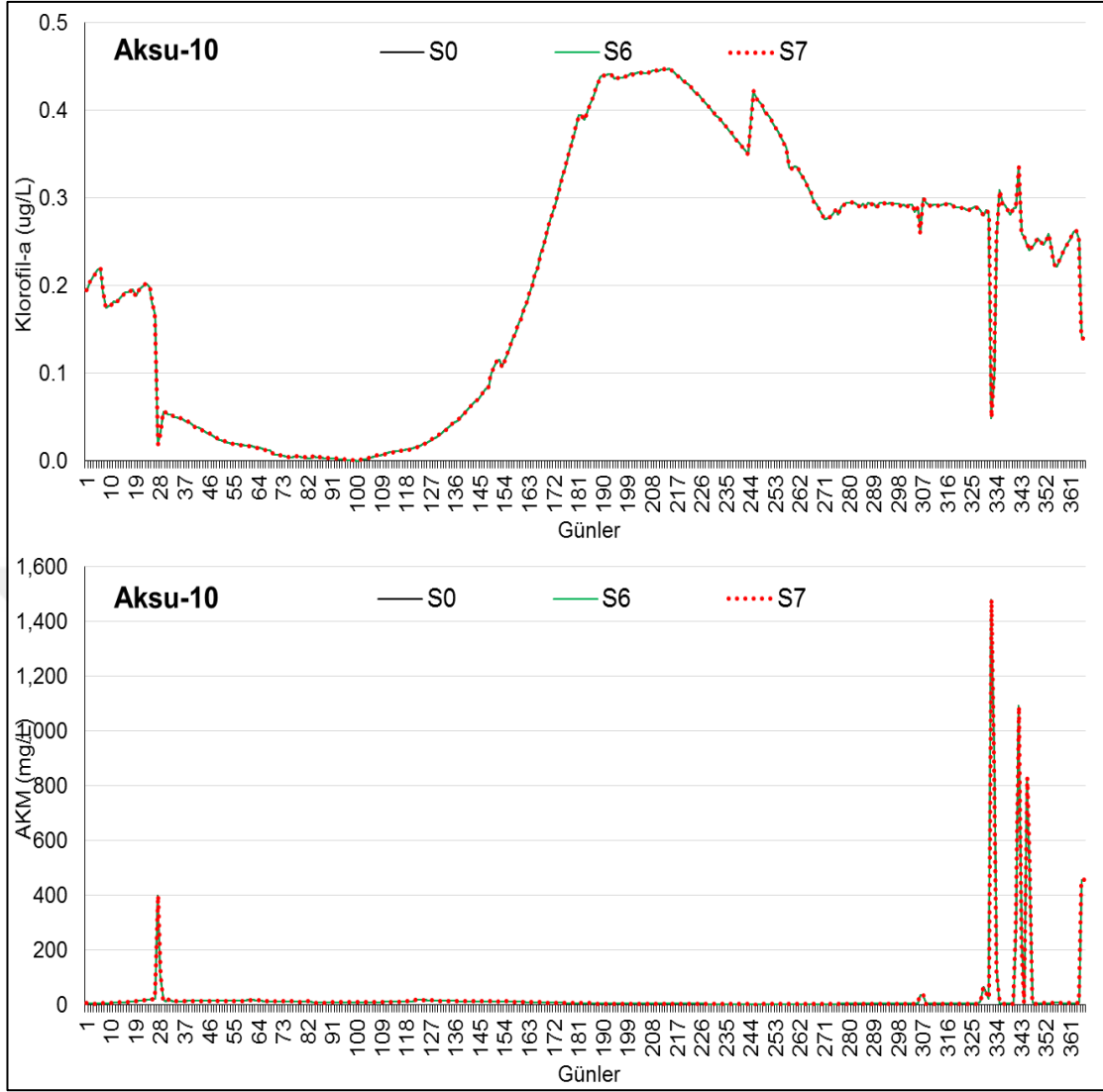
Şekil 4.50. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının azot formları üzerine etkileri

Azot formları açısından bakıldığında Kasım 2021 dönemimde yüksek yağışlara bağlı olarak hem mevcut durum hem de senaryolar için su kalite sınıflarında kötüleşmelerin olduğu görülmüştür (Şekil 4.50).



Şekil 4.51. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının fosfor formları üzerine etkileri

İnorganik P ve TP açısından Şekil 4.51’de görüldüğü gibi mevcut durum ile senaryolar arasında bir farklılık görülmemişken, Kasım 2021 dönemimdeki yüksek yağışlar su kalitesini belirgin düzeyde olumsuz şekilde etkilemektedir. Mansap nokta olan Aksu 10 izleme noktasında mevcut durum ve S6 ile S7 senaryo uygulamaları sonucunda bir yıllık simülasyon süresince pik akım ve düşük akım koşullarındaki su kalitesi BOI_5 parametresi için II. sınıf, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorganik-P, TN ve TP parametreleri için III. sınıf seviyesine kadar kötüleşmektedir.

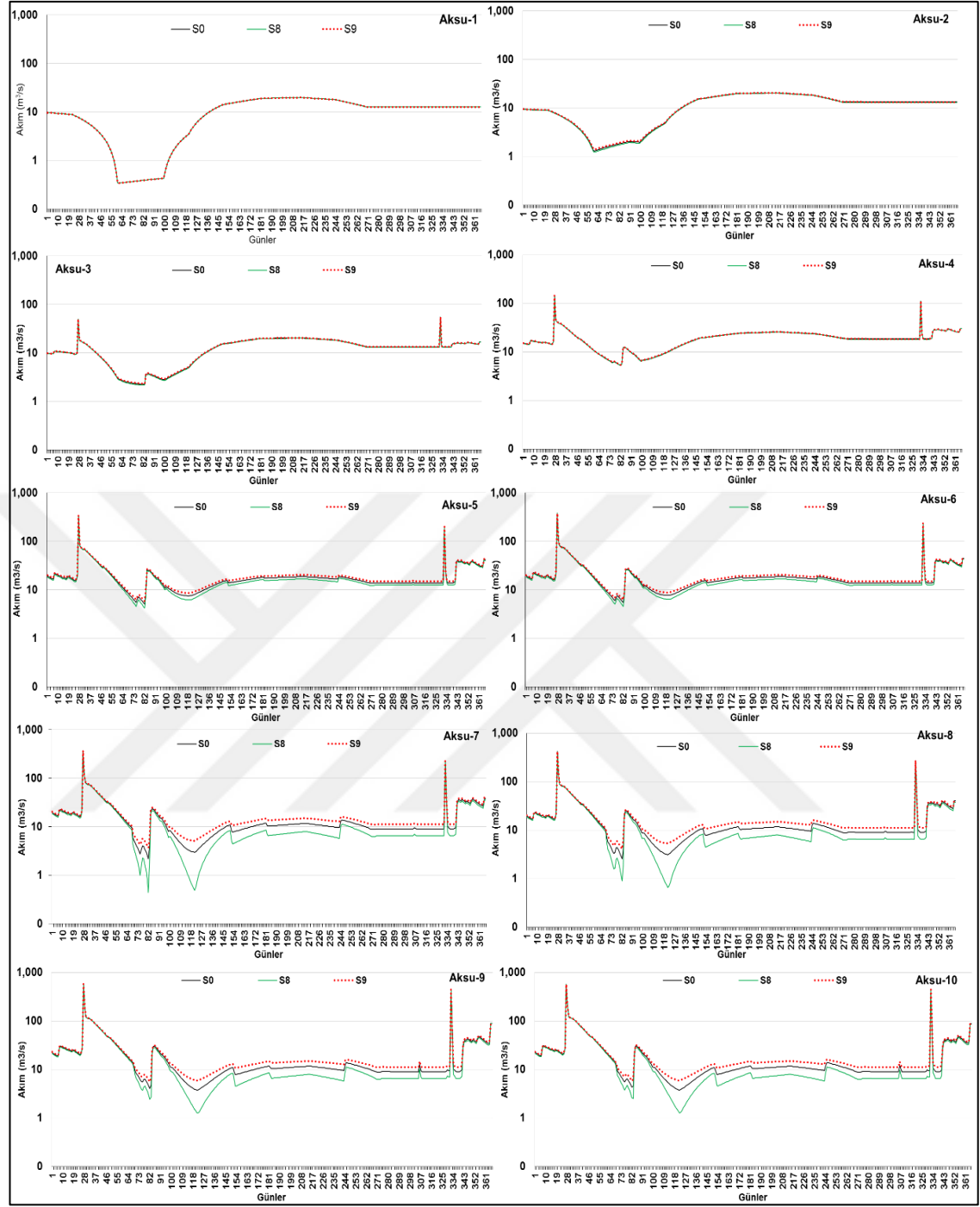


Şekil 4.52. Aksu 10 istasyonunda S6 ve S7 yönetim senaryolarının AKM ve klorofil-a üzerine etkileri

AKM, yağıştan en çok etkilenen su kalite parametresidir. Simülasyon süresince özellikle yağışlı dönemlerde AKM konsantrasyonları belirgin olarak (>1000 mg/L) artmaktadır. Klorofil-a değerlerinde ise kış mevsimi itibariyle azalışlar görülmüştür (Şekil 4.52).

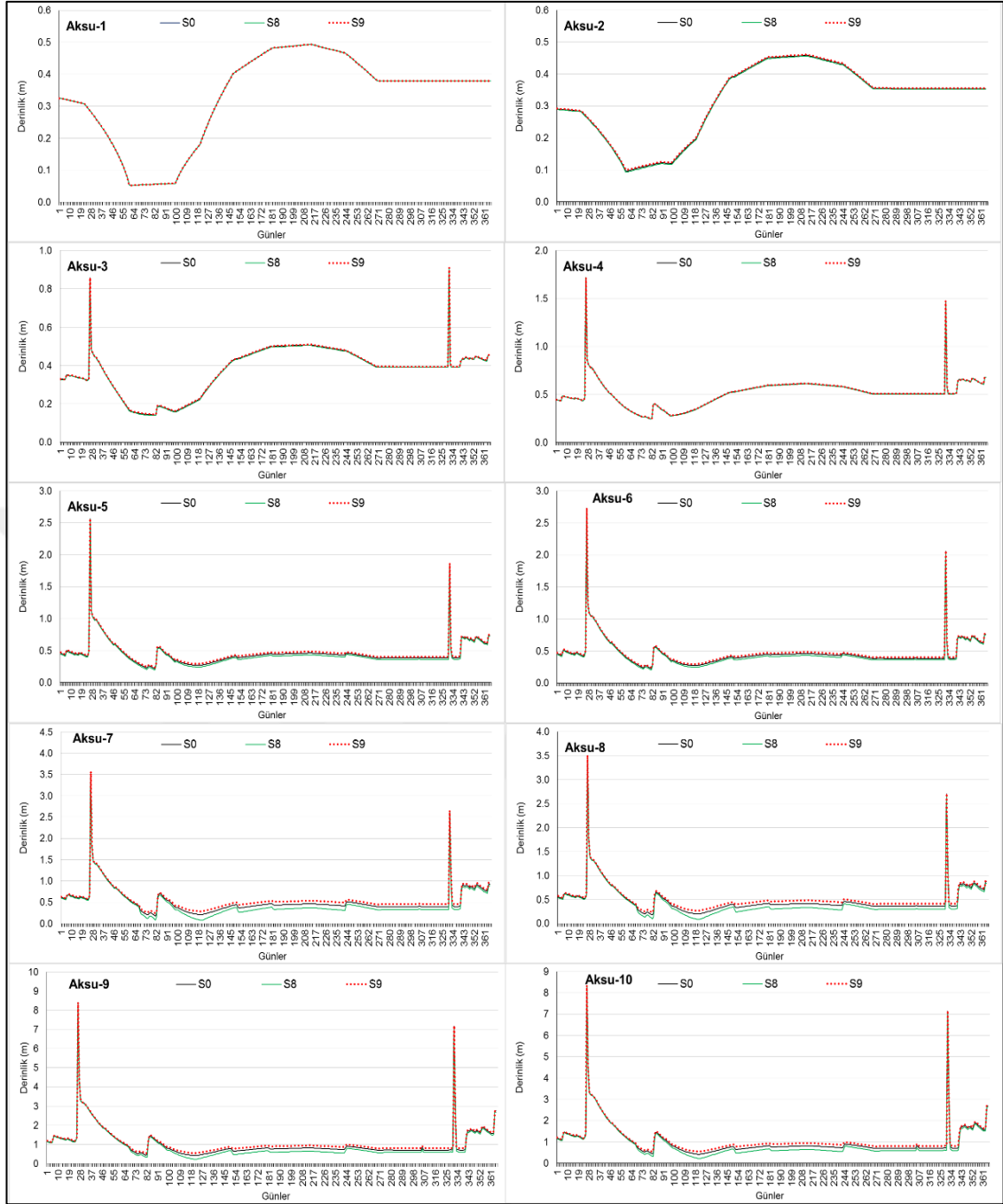
4.6.4. Su çekimleri (Senaryo S8 ve S9)

S8 senaryo çalışması için su çekimlerinin %25 oranında artma, S9 senaryo çalışması için de su çekimlerinin %22 azalma potansiyeli durumu irdelenmiştir. S8 ve S9 senaryo sonuçları mevcut durum ile birlikte Şekiller 4.53-4.63'te sunulmaktadır. Genel olarak Aksu Çayı'nda tarımsal sulama amaçlı su çekimleri Aksu 5 istasyonu ve mansabında gerçekleştirildiği için su kalite ve miktarı üzerindeki etkiler de akarsuyun mansap bölümünde (Aksu 7 ile Aksu 10 istasyonları arası) belirgindir.



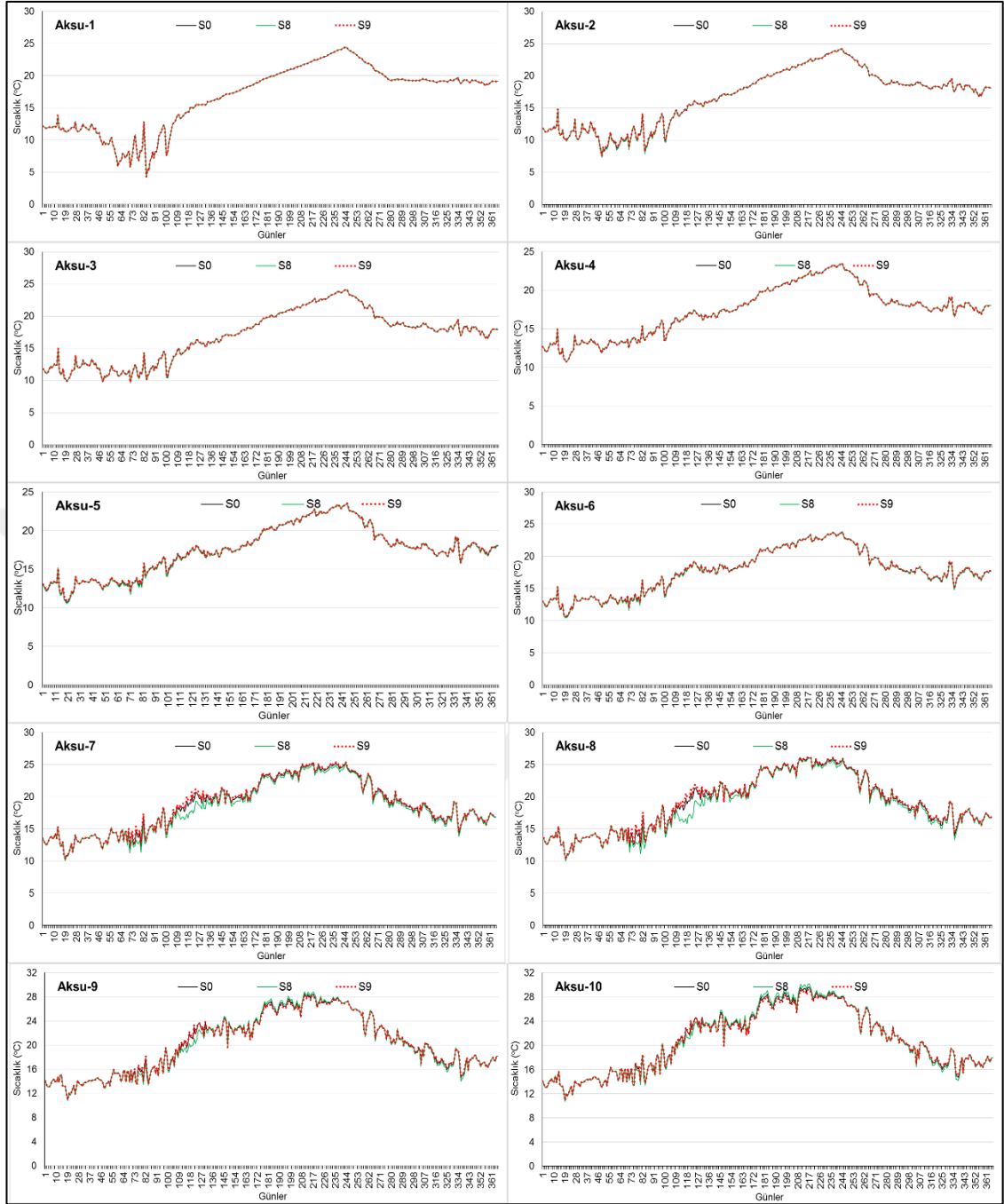
Şekil 4.53. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda akım parametresinin değişimi

Su çekimlerinin arttığı S8 senaryosu için en düşük akım değerleri gözlenirken su çekimlerinin azaldığı S9 senaryosunda mevcut durumdan daha yüksek akım değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.53).



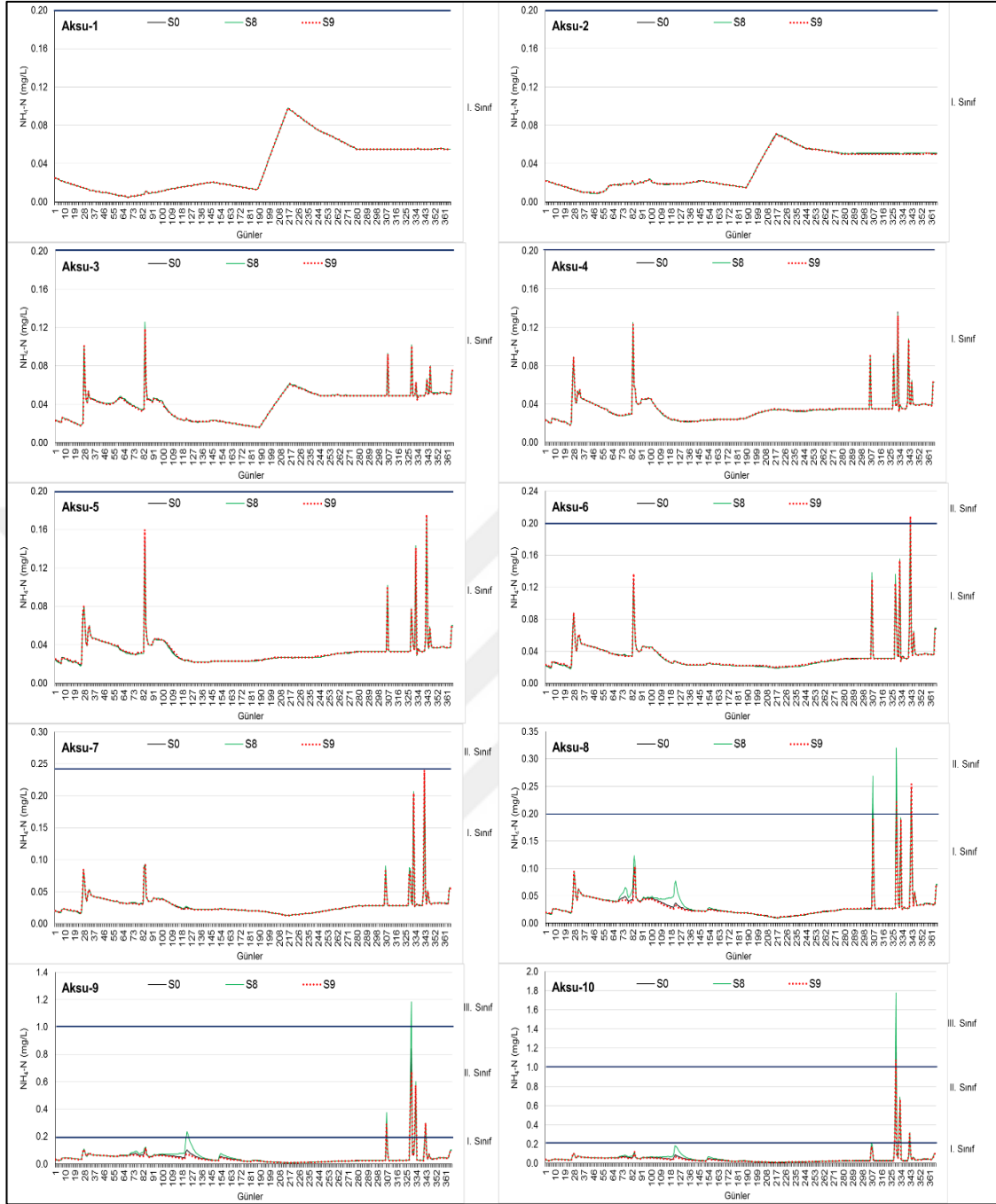
Şekil 4.54. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda derinlik parametresinin değişimi

S8 ve S9 senaryo sonuçlarına göre su talebi artışına bağlı olarak su derinliği mevcut duruma göre azalmakta, su talebi azalması durumunda ise su derinliği mevcut duruma göre artmaktadır. Özellikle Aksu-7 ile Aksu-10 arasındaki izleme noktaları boyunca su derinliği değerlerindeki değişimler daha belirgindir (Şekil 4.54). Pik debilerin gözlemlendiği Ocak ve Kasım 2021 dönemleri sonrasında her üç durumdada derinlik farkı gözlenmemiştir. Düşük akımların gözlemlendiği kurak dönem boyunca su çekiminin %25 artış göstereceği S8 senaryosu için minimum derinlikler elde edilmiştir. Su çekiminin %22 azalması durumunda (S9 senaryosu) ise akarsu derinliği kısmen artmaktadır.



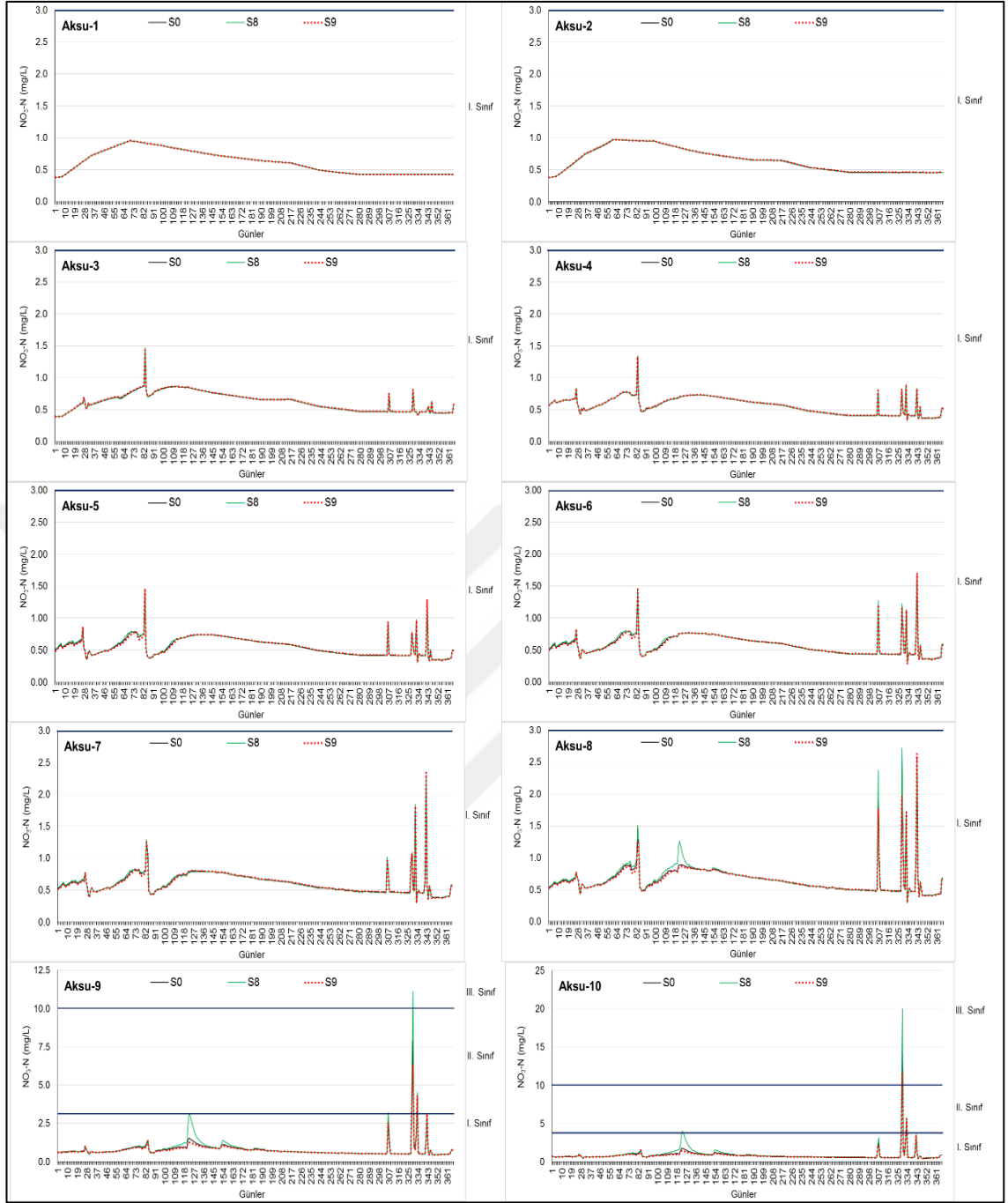
Şekil 4.55. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda sıcaklık parametresinin değişimi

Su sıcaklığı tahminleri Aksu-7 ile Aksu-10 arasındaki izleme noktalarında mevcut duruma göre farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.55). Genel olarak su derinliğinin artışı gösterdiği izleme noktaları ve dönemlerde su sıcaklığı düşmekte, su derinliğinin azaldığı izleme noktaları ve hava sıcaklığının arttığı dönemlerde su sıcaklığında artışlar görülmektedir.

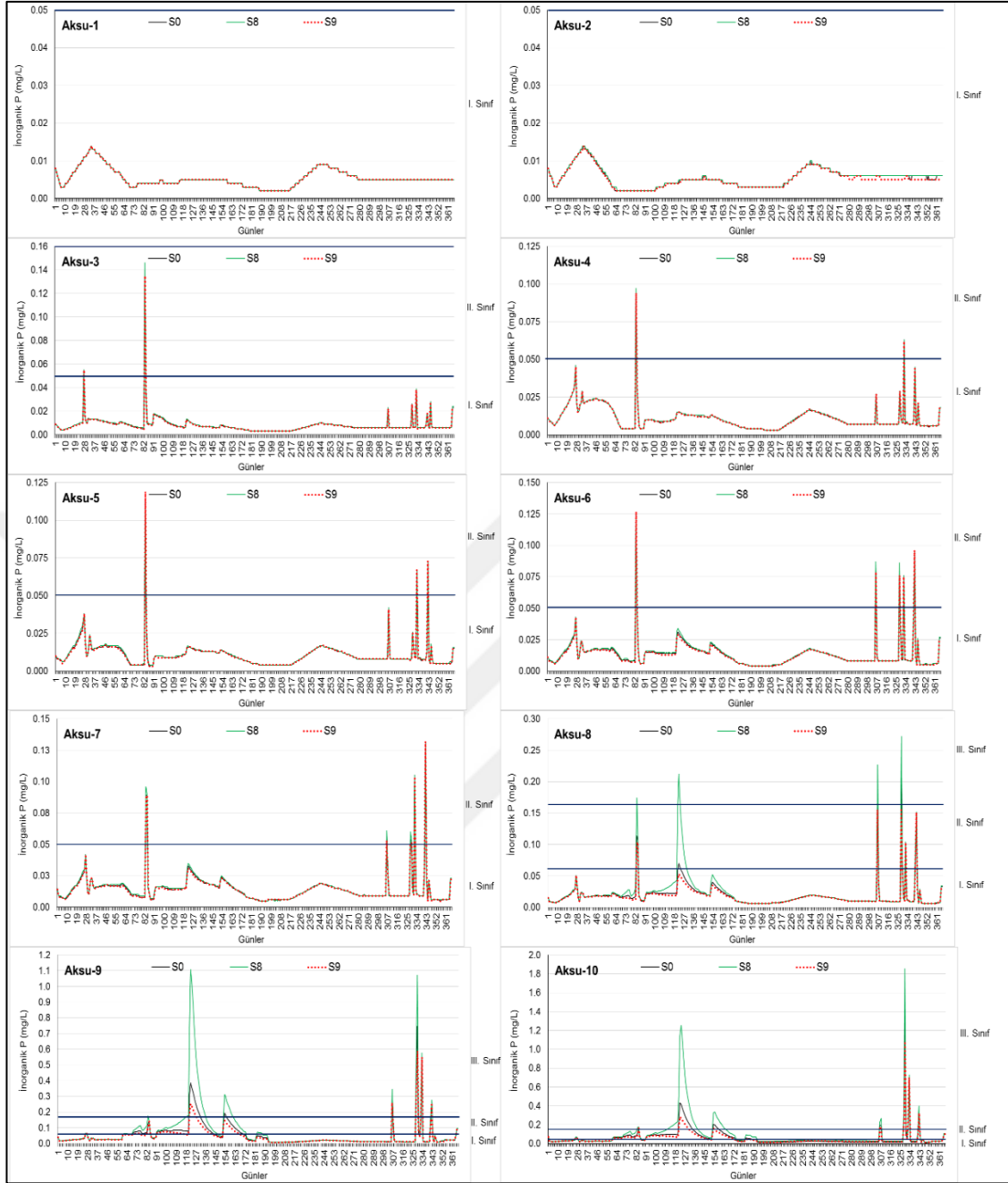


Şekil 4.56. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresinin değişimi

S8 senaryosu için Aksu 7 noktasından mansaba doğru $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarında mevcut duruma göre artışlar ve su kalitesinde kötüleşme görülmektedir. Bunun sebebi Aksu 9 istasyonu sonrası sisteme eklenen atıksu deşarjları, yağış döneminde akarsuya ulaşan yayılı kirlilik ve akarsuyun akım değerlerindeki azalma ile birlikte atık özümleme/seyreltme kapasitesinin de azalmasıdır (Şekil 4.56; 4.57).

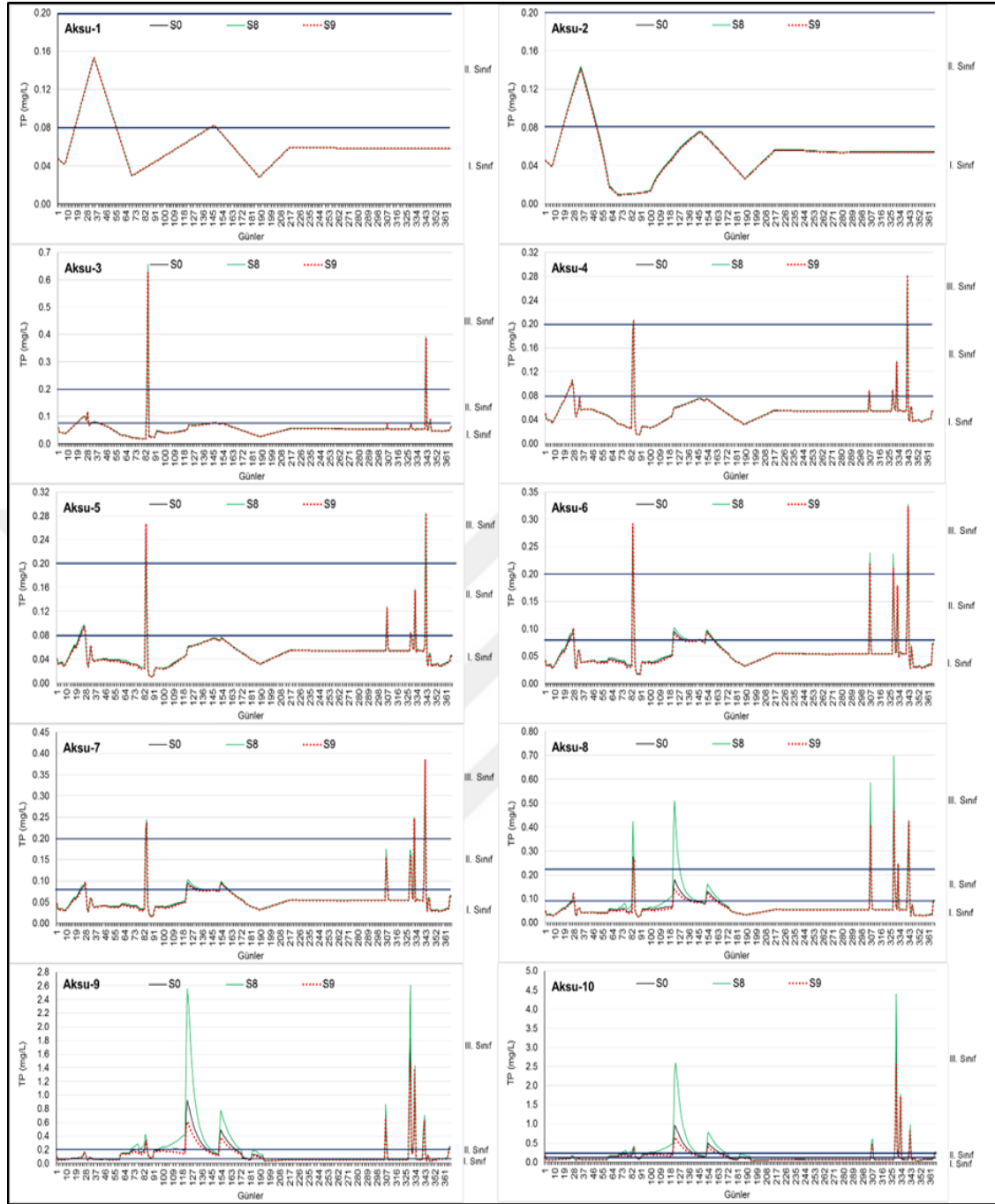


Şekil 4.57. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda $\text{NO}_3\text{-N}$ parametresinin değişimi



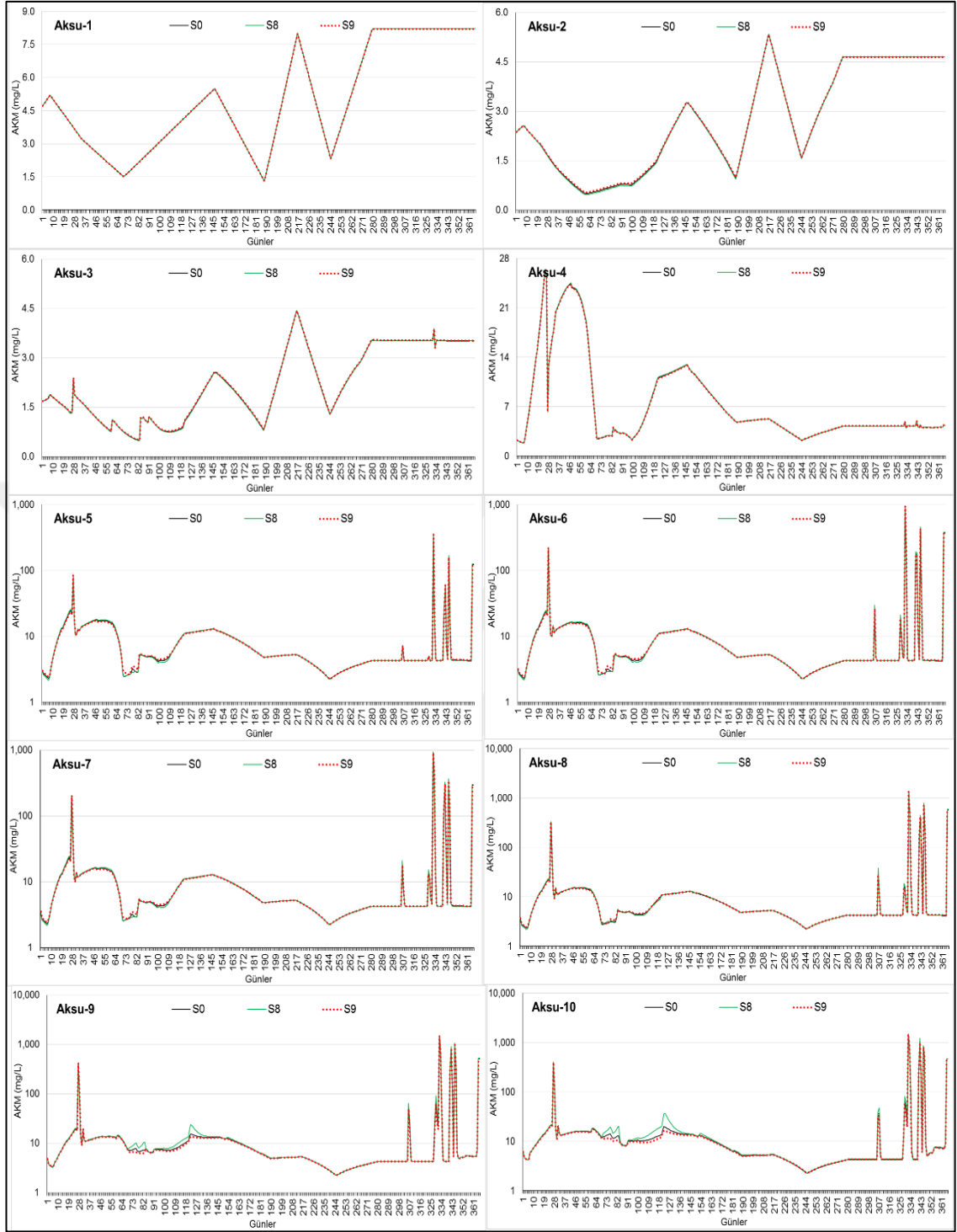
Şekil 4.58. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda İnorg-P parametresinin değişimi

S8 senaryosu için Aksu 7 noktasından mansaba doğru İnorg-P konsantrasyonlarında mevcut duruma göre artışlar ve su kalitesinde kötüleşme görülmektedir (Şekil 4.58). Bu durum, $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ parametrelerindeki durumla benzerlik göstermektedir.



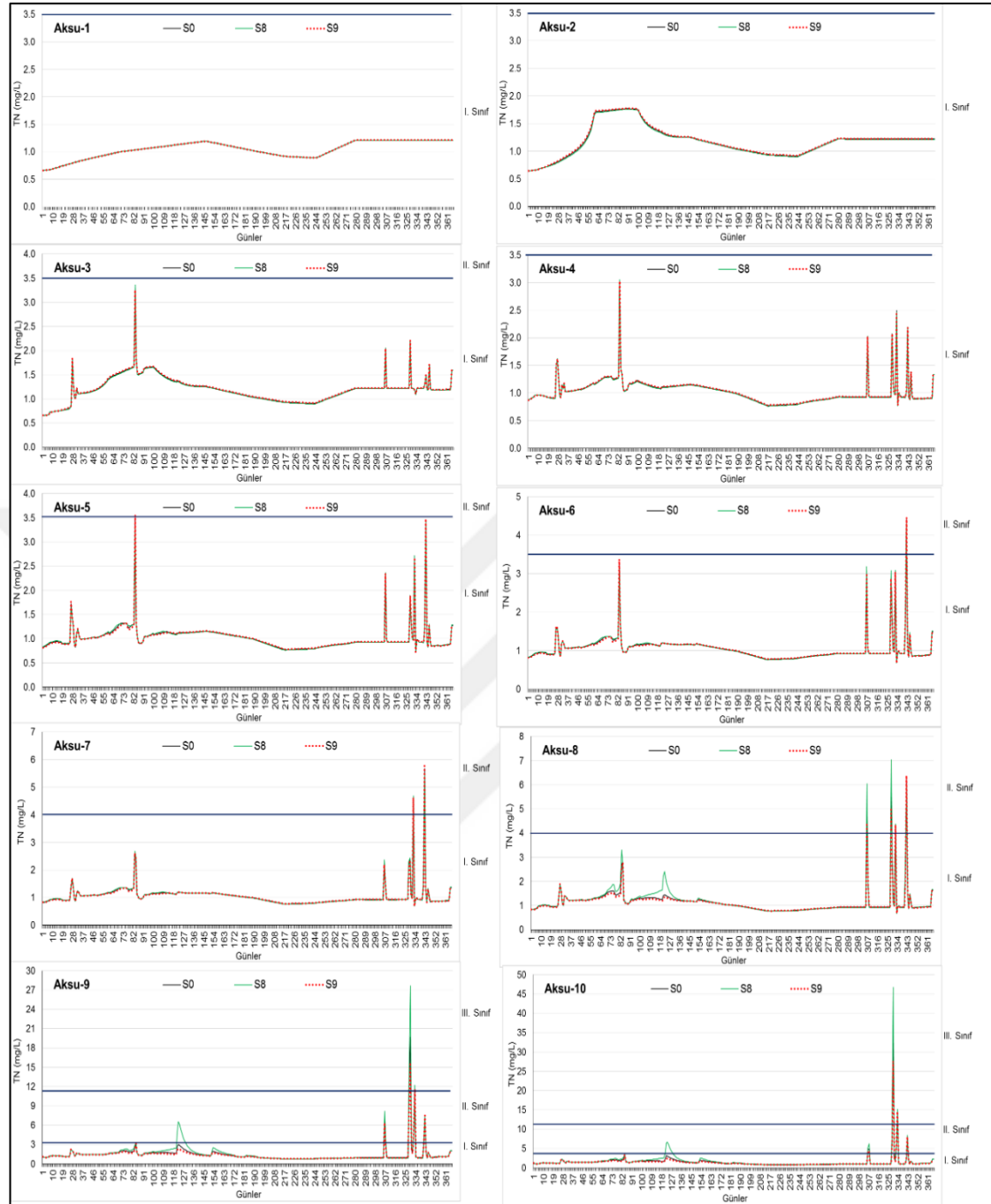
Şekil 4.59. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda TP parametresinin değişimi

TP parametresi açısından da S8 senaryosu için Aksu 7 noktasından mansaba doğru TP konsantrasyonlarında mevcut duruma göre belirgin artışlar ve su kalitesinde kötüleşme görülmektedir (Şekil 4.59).



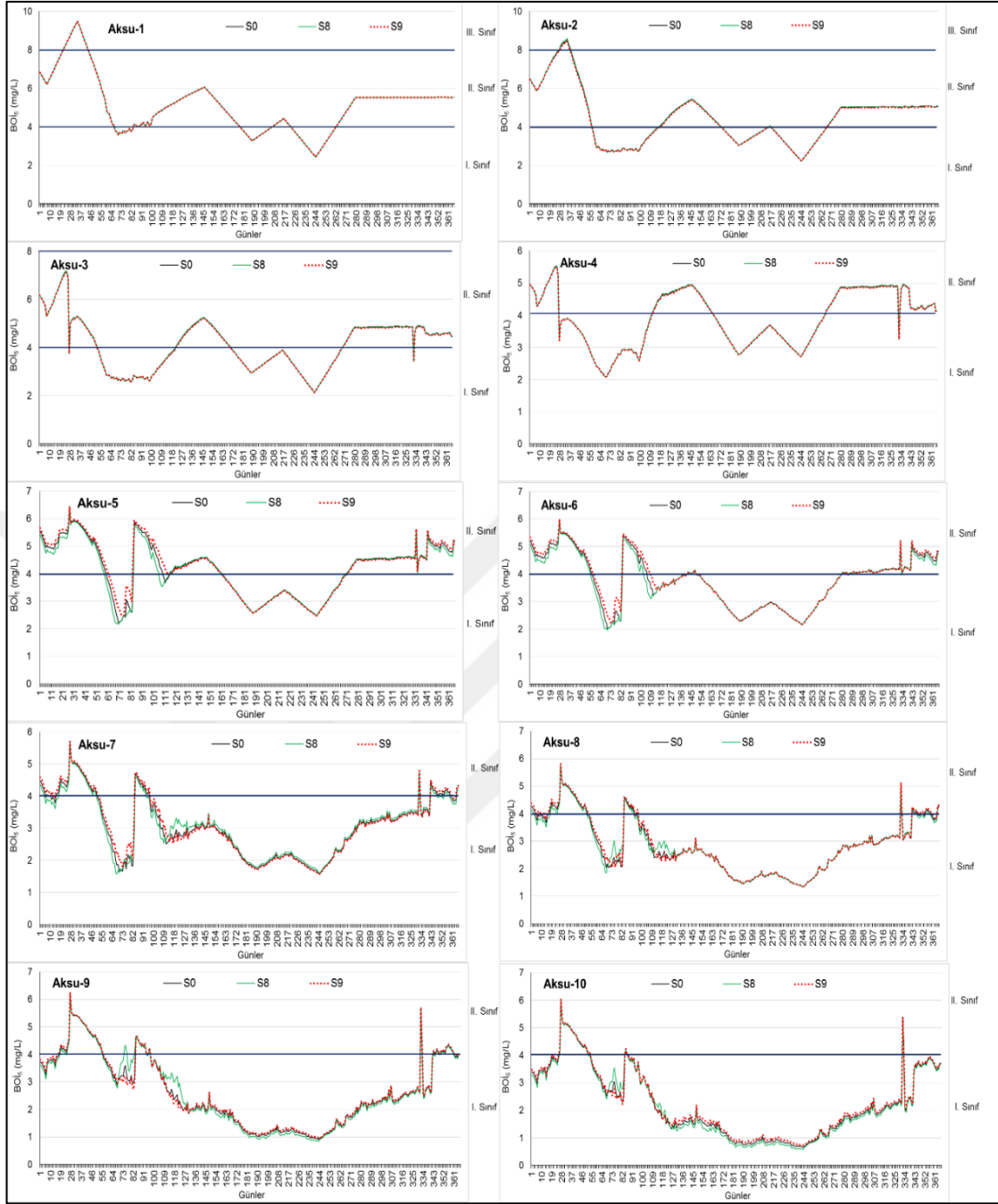
Şekil 4.60.S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda AKM parametresinin değişimi

AKM parametresi için genel olarak su talebi artış ve azalmasına bağlı su kalitesi değişimleri oldukça sınırlı olmakla birlikte pik ve düşük akım dönemlerinde S8 senaryosu koşulunda belirgin artışlar görülmektedir (Şekil 4.60).



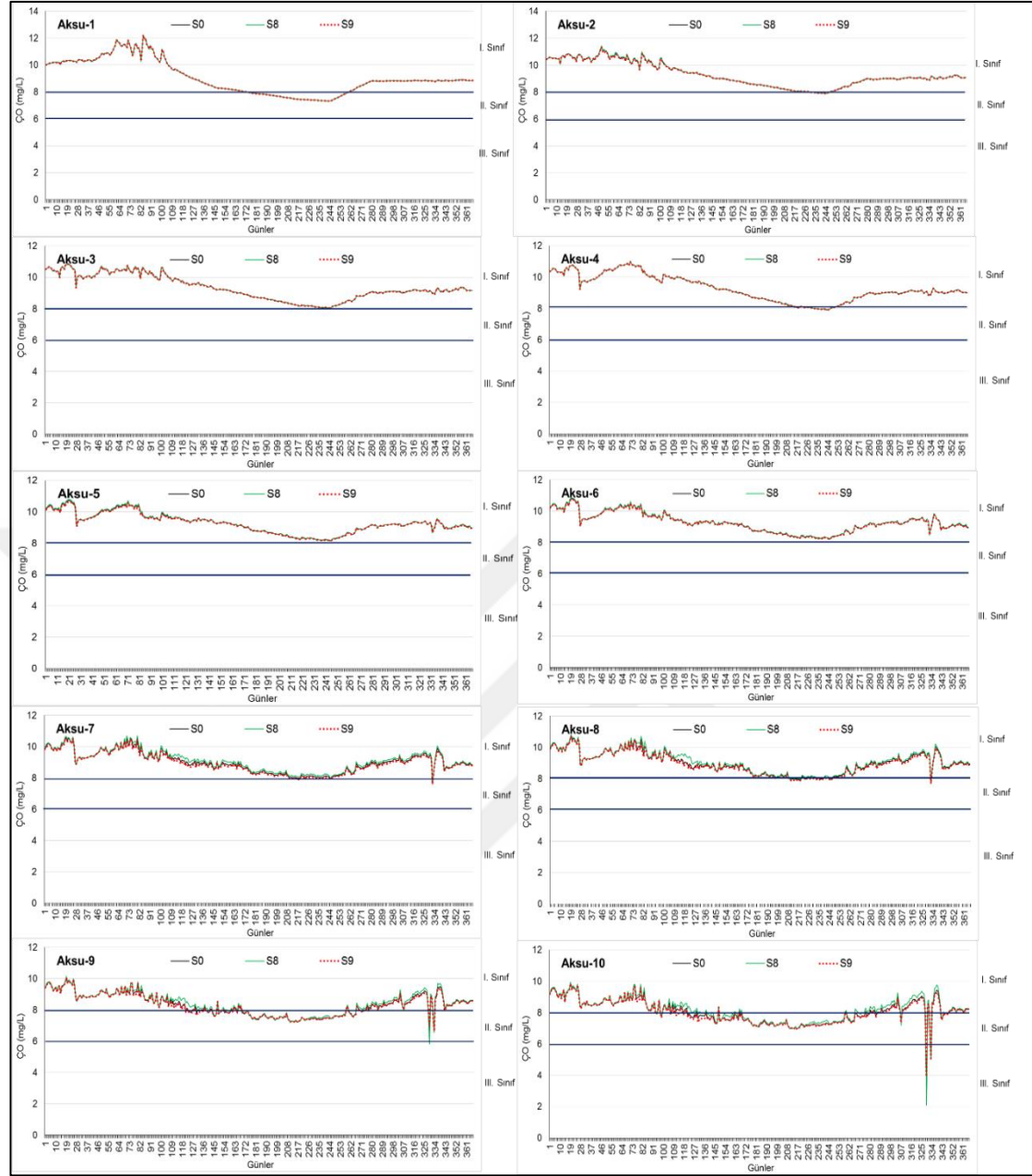
Şekil 4.61. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda TN parametresinin değişimi

TN parametresi açısından da S8 senaryosu için Aksu 7 noktasından mansaba doğru TN konsantrasyonlarında mevcut duruma göre belirgin artışlar ve su kalitesinde kötüleşme görülmektedir (Şekil 4.61).



Şekil 4.62. S8 ve S9 için Aksu Çayı'nda BOI_5 parametresinin değişimi

BOI_5 parametresi açısından Aksu 5 ile Aksu 10 izleme noktaları arasındaki akarsu kesitinde senaryo sonuçları arasında düşük düzeyde dönemsel farklılıklar görülmektedir (Şekil 4.62).



Şekil 4.63. S8 ve S9 için Aksu Çayı’nda ÇO parametresinin değişimi

Aksu Çayı’nda ÇO parametresi açısından membadan Aksu 6 istasyonuna kadar olan üst akarsu kesiminde yağış dönemleri de dahil olmak üzere ÇO miktarlarında dönemsel azalmalar olmasına karşın I. sınıf su kalitesi mevcuttur. Ancak Aksu 7 izleme noktası ve mansap bölümünde sonbahardaki yüksek yağışlı dönemde II. sınıf su kalitesi oluşmaktadır. Aksu 9 ve Aksu 10 izleme noktaları için S8 senaryosunun etkisi yağışlı dönemde belirgindir ve bu dönem için su kalitesi III. sınıfa düşmektedir (Şekil 4.63). BOİ₅ ve ÇO parametreleri su talebi değişimleri neticesinde hidrolik tabanlı değişimler (akım, su derinliği ve su hızı), su sıcaklığındaki değişimler ve diğer fizikokimyasal reaksiyonlar neticesinde birbiri ile ters yönde artış/azalma özelliği sergilemektedir. Bu parametreler açısından da düşük akım koşulları ve pik akım dönemlerindeki değişimler daha belirgindir.

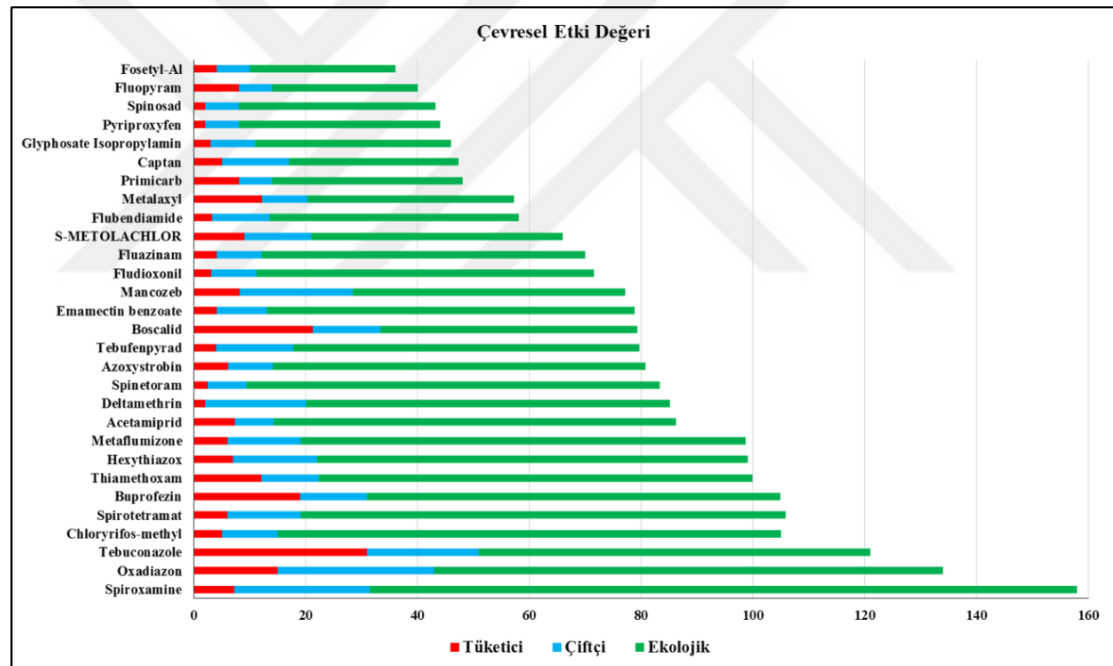
4.7. Pestisitlerin Çevresel Risk Analizi

4.7.1. EIQ modeli uygulaması

EIQ modeli, farklı pestisit uygulamalarının çevresel etkilerini karşılaştırmak için kullanılabilecek faydalı bir risk indikatörüdür. Çalışma alanı için belirlenen tüm hedef pestisit aktif maddelerinin EIQ Arazi Kullanım Oranı (EIQ_{Arazi}) değerleri, farklı mahsuller ve hedef zararlılar için önerilen uygulama dozları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Aksu Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılan pestisitlere ait EIQ_{Arazi} grafikleri Şekiller 4.65-4.72'de gösterilmiştir. EIQ_{tüketici} bileşeni, hedef olmayanlar (toprak, bitkiler ve yeraltı suyu) üzerindeki etkiyi açıklarken, EIQ_{çiftçi} ve EIQ_{ekoloji} bileşenleri sırasıyla çiftçiler üzerindeki etkiyi ve ekolojik etkiyi açıklar.

Aksu Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılan pestisitler

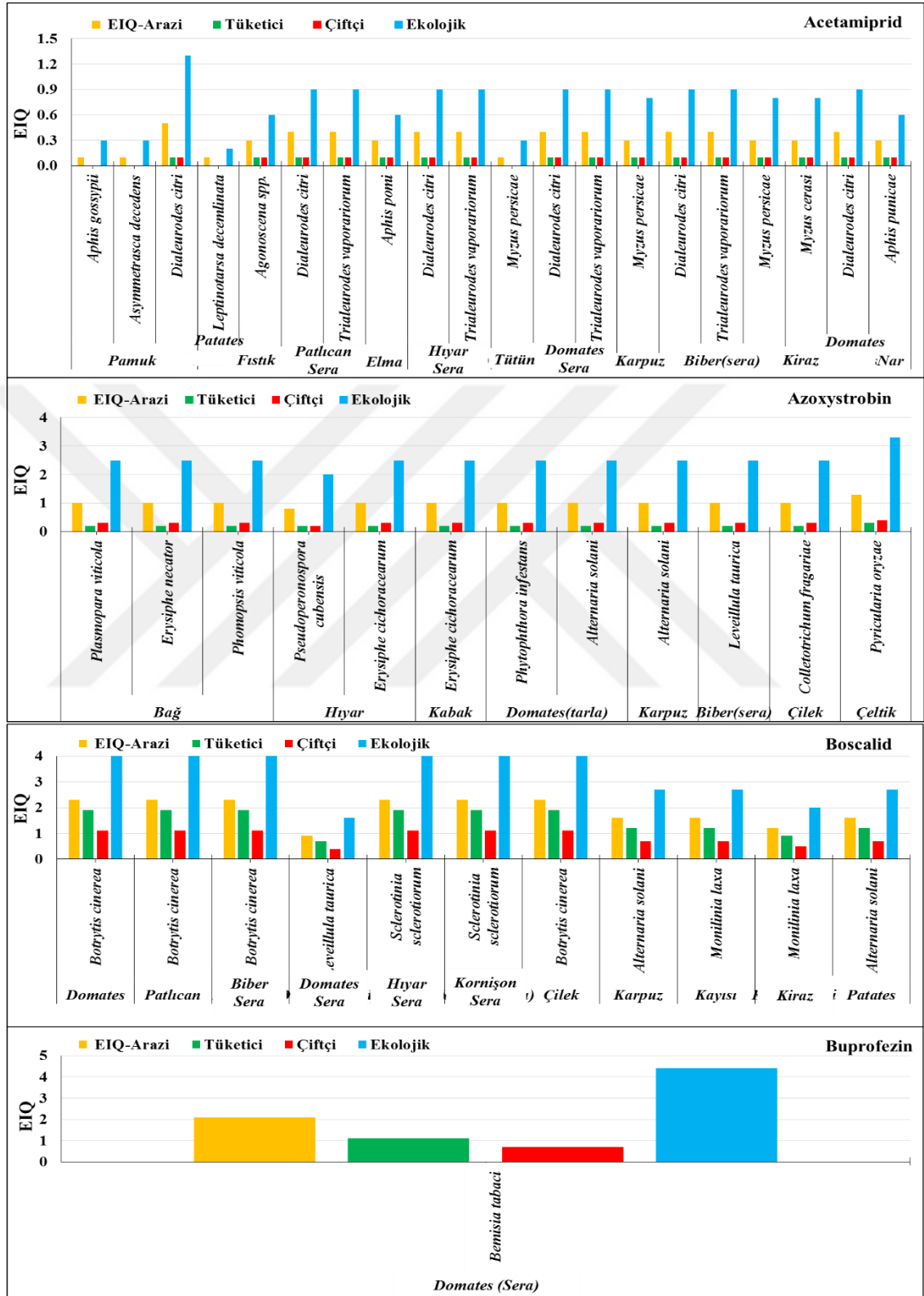
Aksu bölgesinde yoğun olarak kullanılan pestisitler için EIQ bileşen skorları toplamı 36-158 aralığında değişmektedir (Şekil 4.64). EIQ skorlarına göre en yüksek etkiye sahip pestisit Spiroxamine olarak belirlenmiştir.



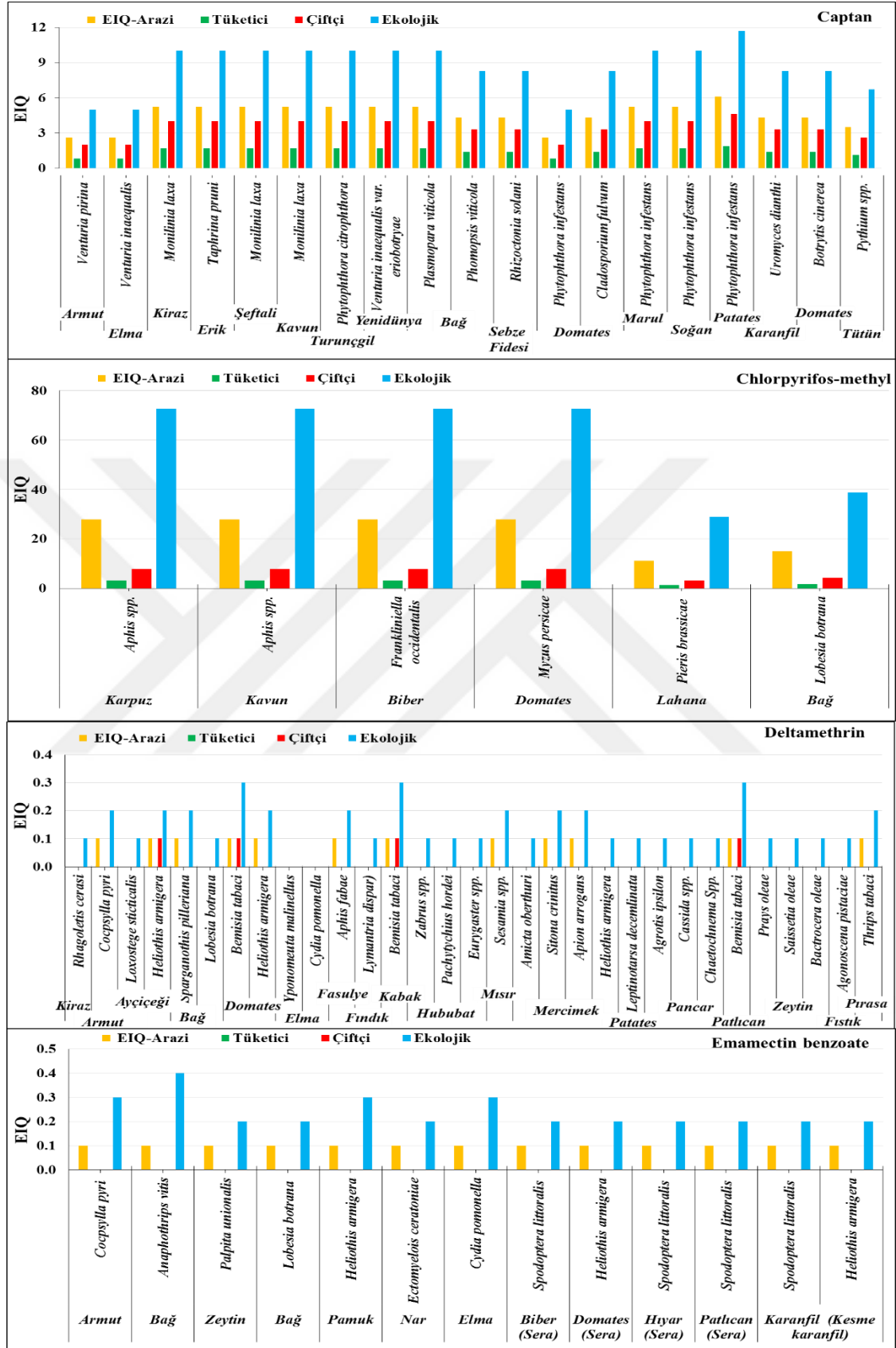
Şekil 4.64. Farklı pestisit aktif maddeleri için küçükten büyüğe EIQ bileşen skorları

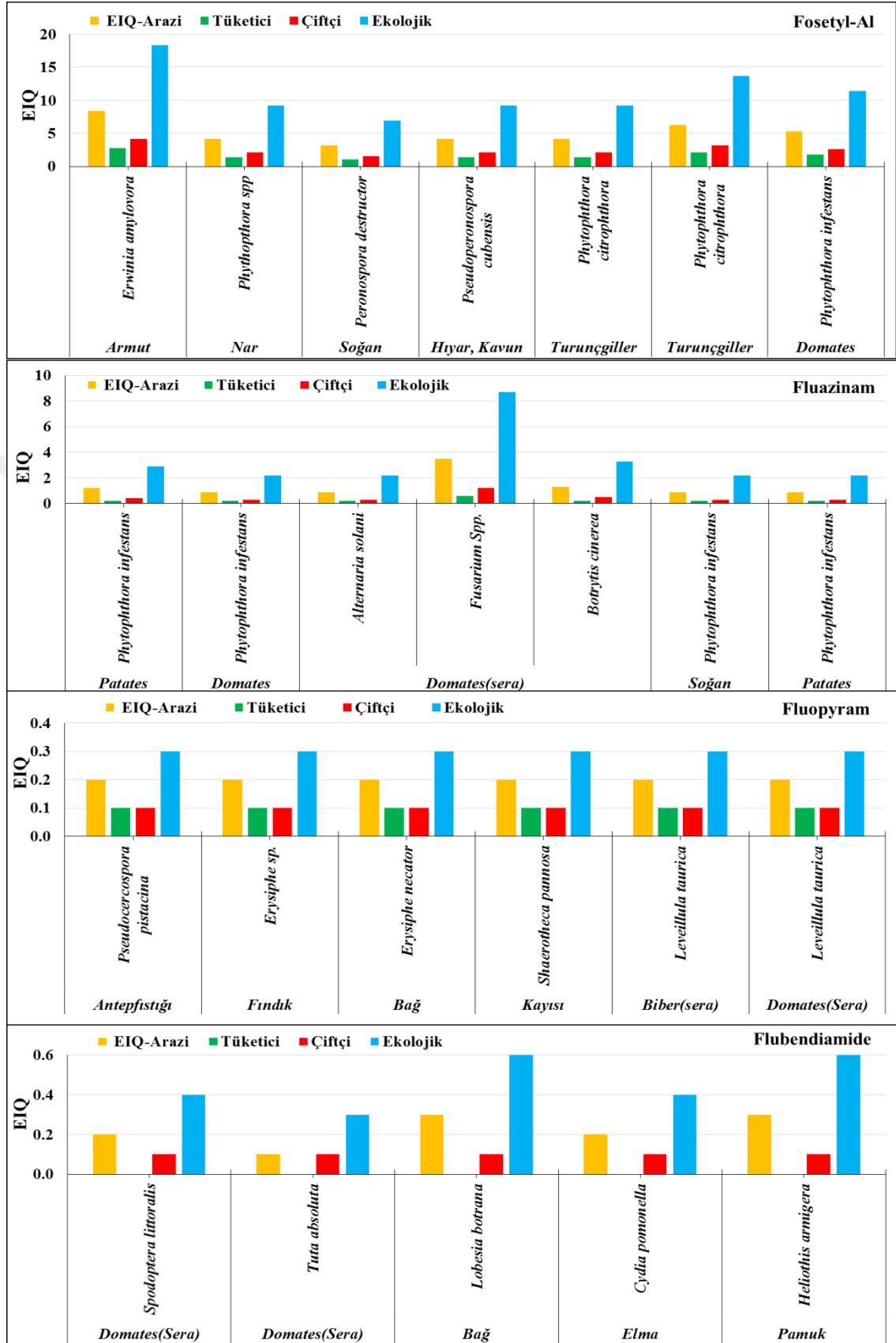
Aksu bölgesi tarım arazisinde üreticiler tarafından aynı ürün ve aynı zararlı için farklı pestisitlerin kullanıldığı görülmüştür. Örneğin pamuk yaprakkurdu (*Spodoptera littoralis*) zararlısı için üreticiler hem Emamectin benzoate hem de Metaflumizone ilaçlarının her ikisini de biber için kullanmaktadır. Sırasıyla EIQ_{Arazi} değeri 0,1 ve 1,6 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde hıyar ve patlıcan için de üreticiler Emamectin benzoate ve Metaflumizone ilaçlarını kullanmaktadır. Sonuç olarak üretici EIQ_{Arazi} değerini göz önüne aldığına çevresel açıdan Emamectin benzoate kullanması daha doğru olacaktır. Domates üretimi açısından pamuk yaprakkurdu (*Spodoptera littoralis*) zararlısı

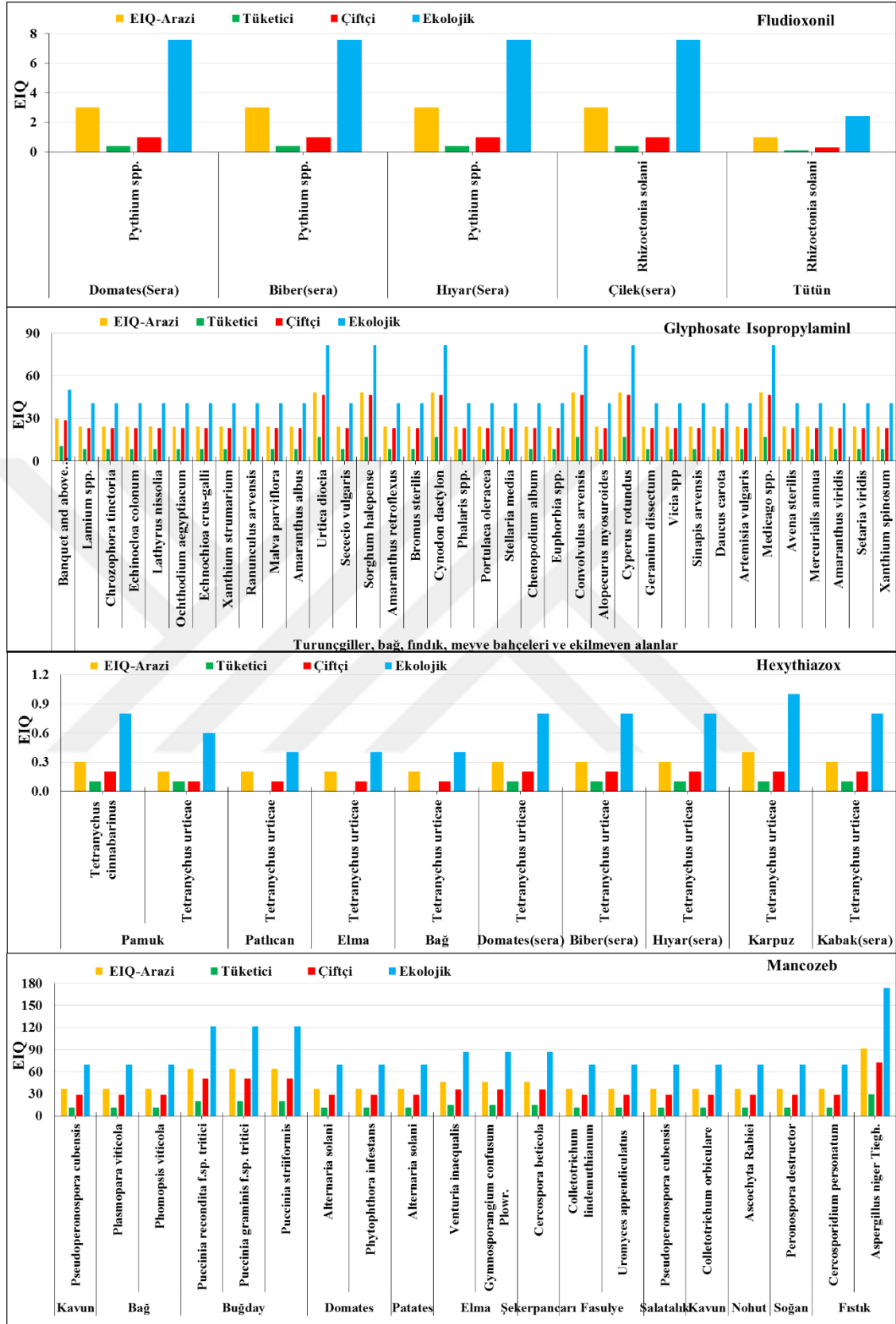
için Flubendiamide ve Spinosad kullanılmaktadır. Her ikisinin de çevresel risk değerleri sırasıyla 0,2 ve 0,3 olarak düşük seviyede hesaplanmıştır.



Şekil 4.65. Belirli pestisit türlerinin EIQArazi ve bileşen skorları

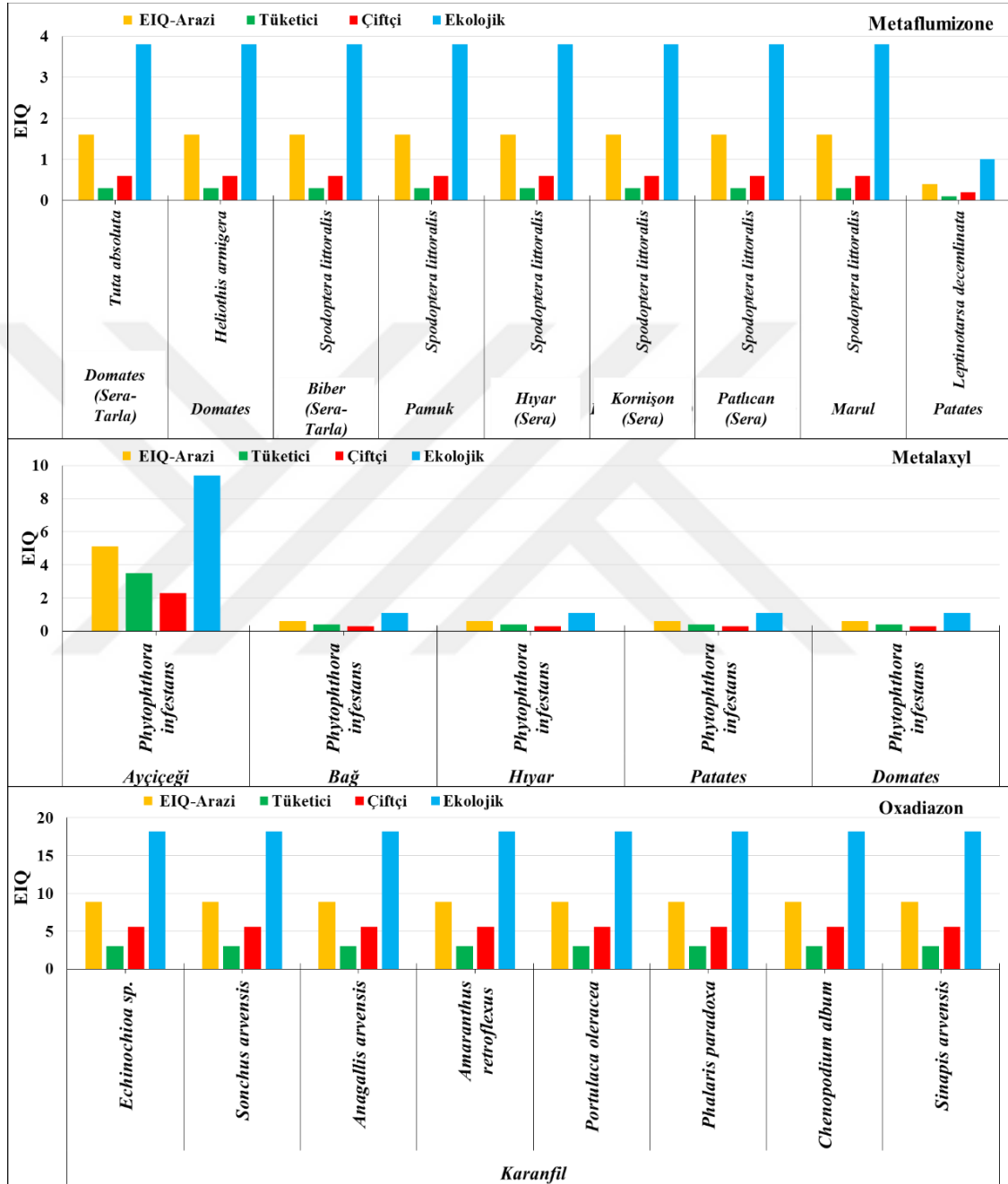
Şekil 4.66. Belirli pestisit türlerinin EIQ_{Arazi} ve bileşen skorları

Şekil 4.67. Belirli pestisit türlerinin EIQ_{Arazi} ve bileşen skorları

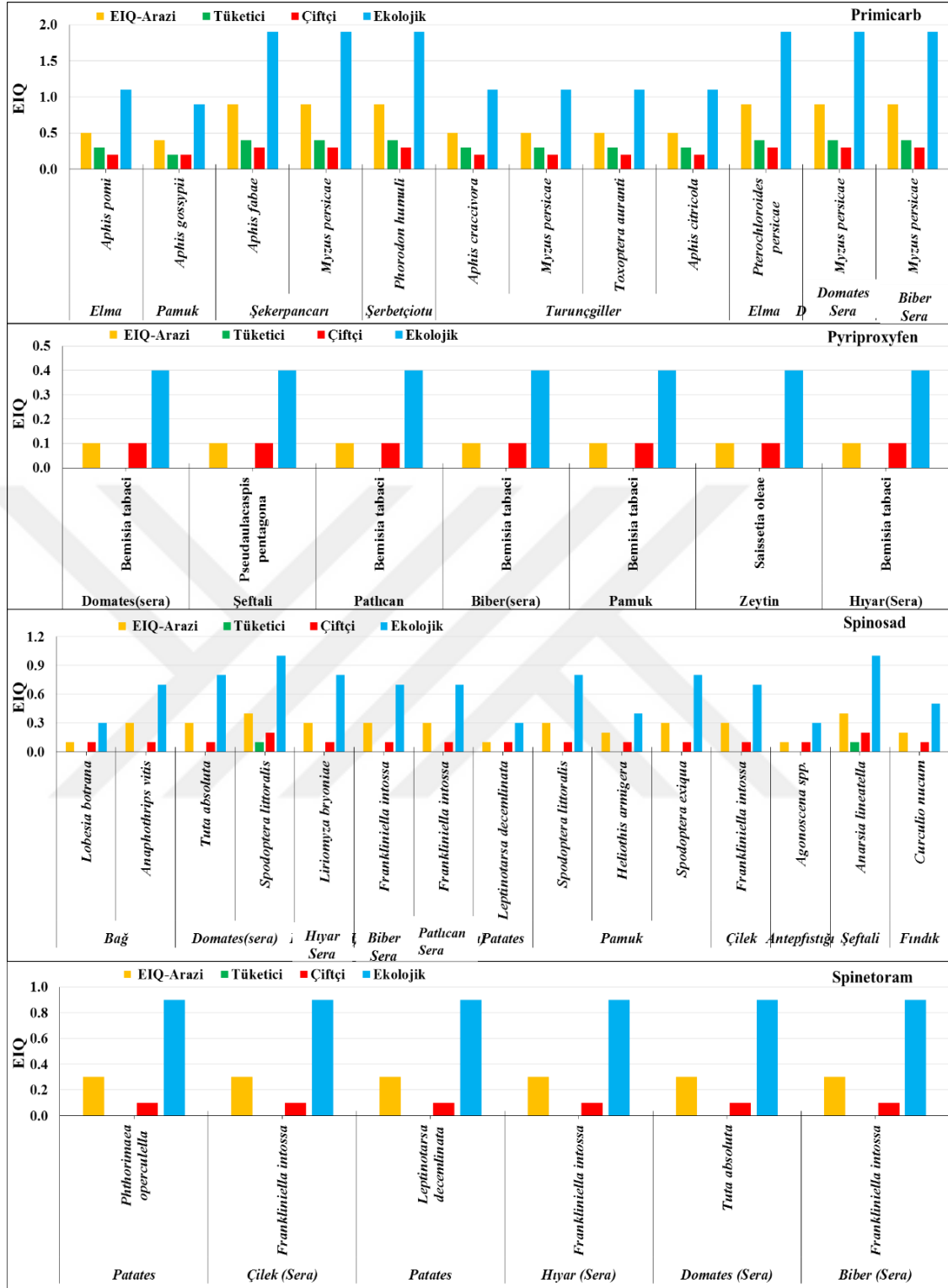


Şekil 4.68. Belirli pestisit türlerinin EIQArazi ve bileşen skorları

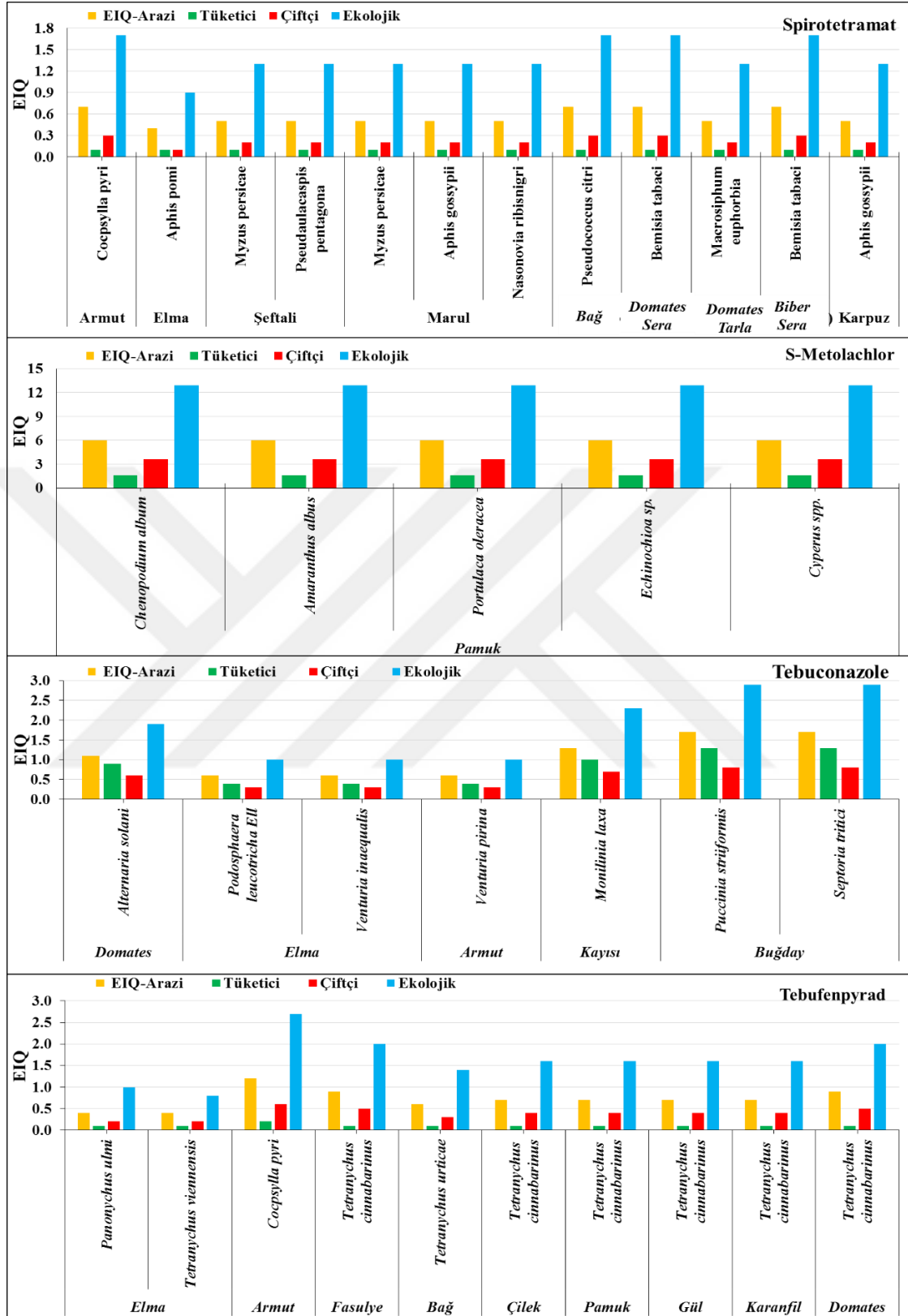
Domates üretiminde Mildiyö (*Phytophthora infestans*) zararlısının önlenmesi için oldukça çeşitli pestisit türleri (Metalaxyl (0,6), Azoxystrobin (1), Fluazinam (0,9), Captan (2,6), Fosetyl-Al (5,3) ve Mancozeb(36,6)) kullanılmaktadır. Şekil 4.68’de görüldüğü gibi Mancozeb 36,6 ile yüksek derecede çevresel etkiye sahipken diğer pestisitler düşük risk seviyesindedir.



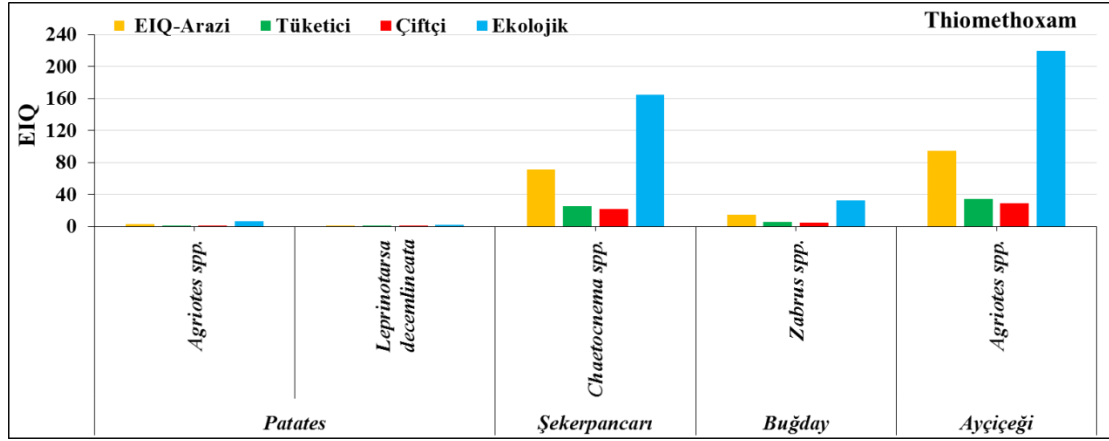
Şekil 4.69. Belirli pestisit türlerinin EIQArazi ve bileşen skorları



Şekil 4.70. Belirli pestisit türlerinin EIQArazi ve bileşen skorları

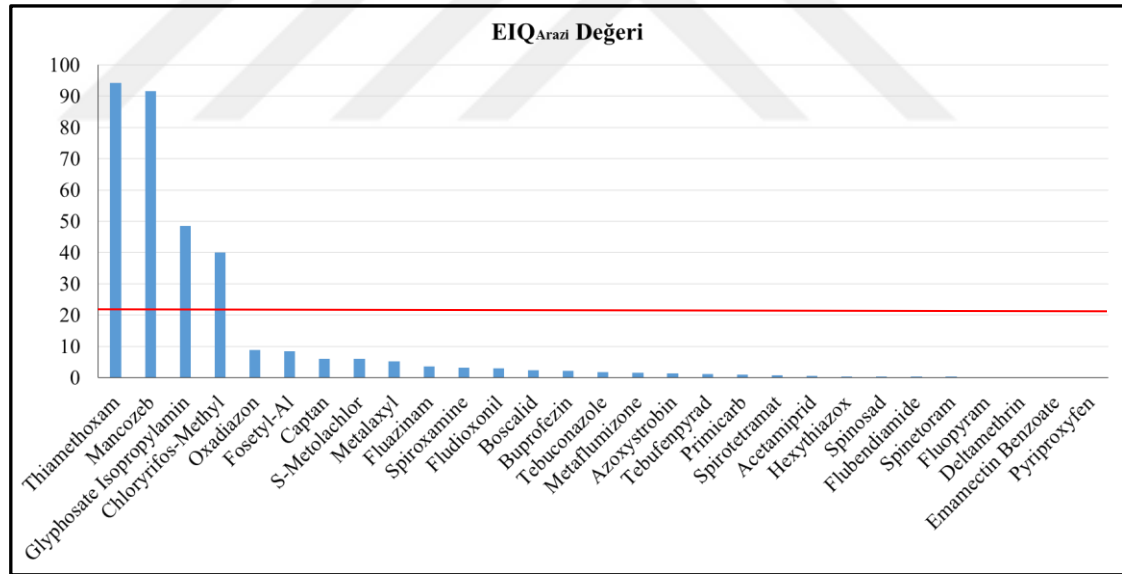


Şekil 4.71. Belirli pestisit türlerinin EIQArazi ve bileşen skorları



Şekil 4.72. Belirli pestisit türünün EIQArazi ve bileşen skorları

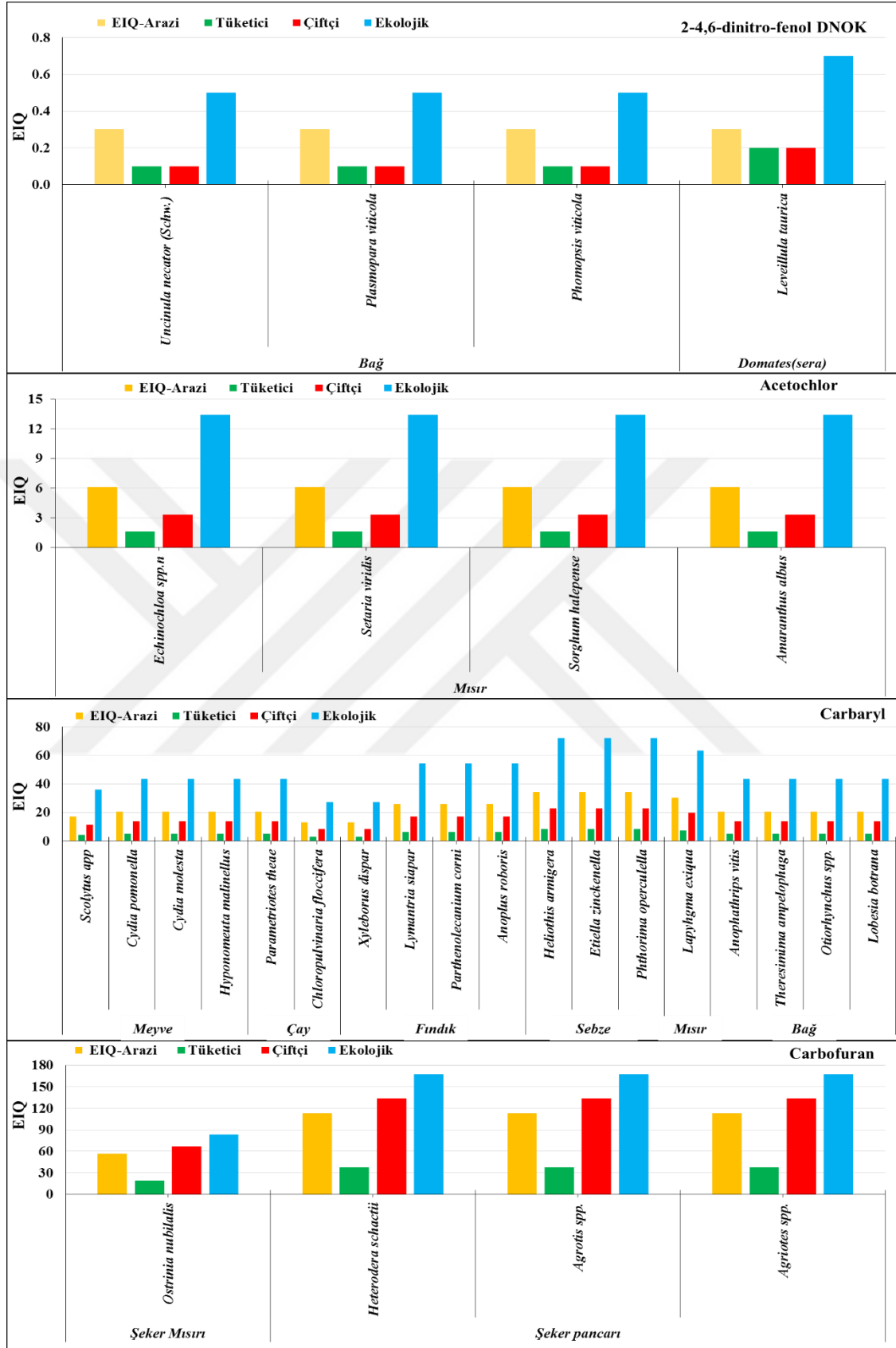
Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitler için EIQArazi değerleri 94,3-0,1 arasında değişmektedir. EIQArazi >20 değerleri yüksek çevresel etki, 10 ile 20 arasındaki değerler orta çevresel etki ve <10 değerleri düşük çevresel etki olarak kabul edilir (Beckie vd. 2014). Aksu bölgesinde farklı tarımsal ürünler ve bitki zararlıları için yaygın olarak kullanılan pestisitler için elde edilen en yüksek EIQArazi değerleri Şekil 4.73'te verilmekte olup Thiamethoxam, Mancozeb, Glyphosate Isopropylamin ve Chloryrifos-Methyl yüksek çevresel etkiye sahiptir.



Şekil 4.73. Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin EIQArazi değerleri

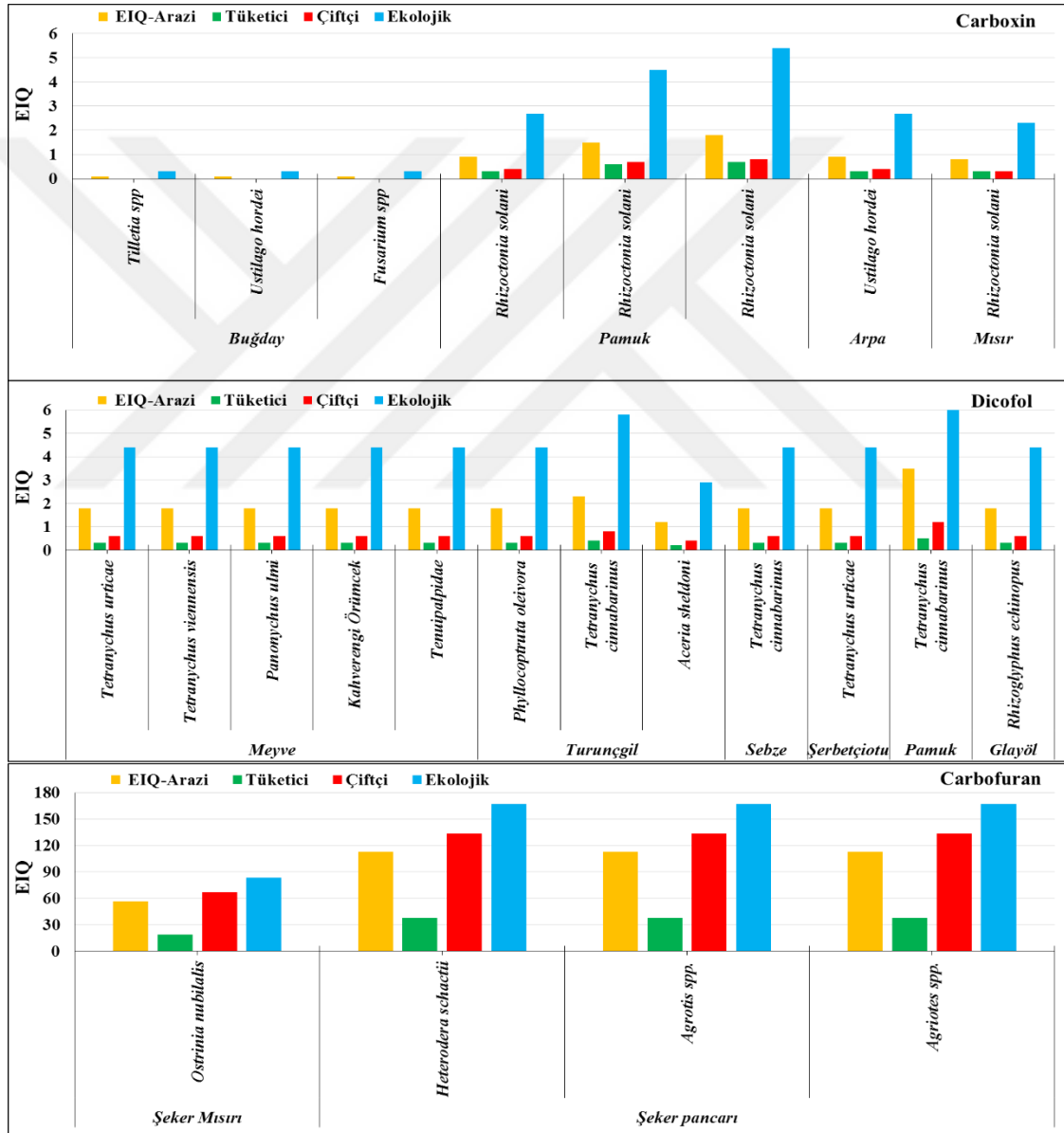
Aksu Çayı Su Kalitesi İzleme Çalışmalarında Tespit Edilen Pestisitler

Su kalitesi izleme çalışması kapsamında Aksu Çayı için 2020 yılı Kasım, 2021 yılı Ocak, Mart, Mayıs, Ağustos ve Ekim aylarında 6 izleme noktasında (Aksu 1, 4, 5, 8, 9, 10) örnekleme çalışmaları yapılmış ve alınan su numuneleri akredite bir laboratuvarında analiz edilmiştir. Analizler sonrasında pestisitlerin çevresel risk değerlendirmeleri için ilk olarak EIQArazi değerleri hesaplanmış ve elde edilen verilerle grafikler elde edilmiştir (Şekil 4.74-4.76).

Şekil 4.74. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisit türlerinin EIQ_{Arazi} ve bileşen skorları

Şekiller 4.74. ve 4.76'ya bakıldığında sırasıyla Acetochlor, Alachlor, Trifluralin ve Pendimethaline pestisitleri Horoziböği (*Amaranthus*) hastalığı için kullanılmıştır. EQ_{Arazi} değerlerine bakıldığında Pendimethaline 40,3 ile en yüksek risk değerine sahipken Trifluralin 3,6 ile düşük risk sınıfında belirlenmiştir.

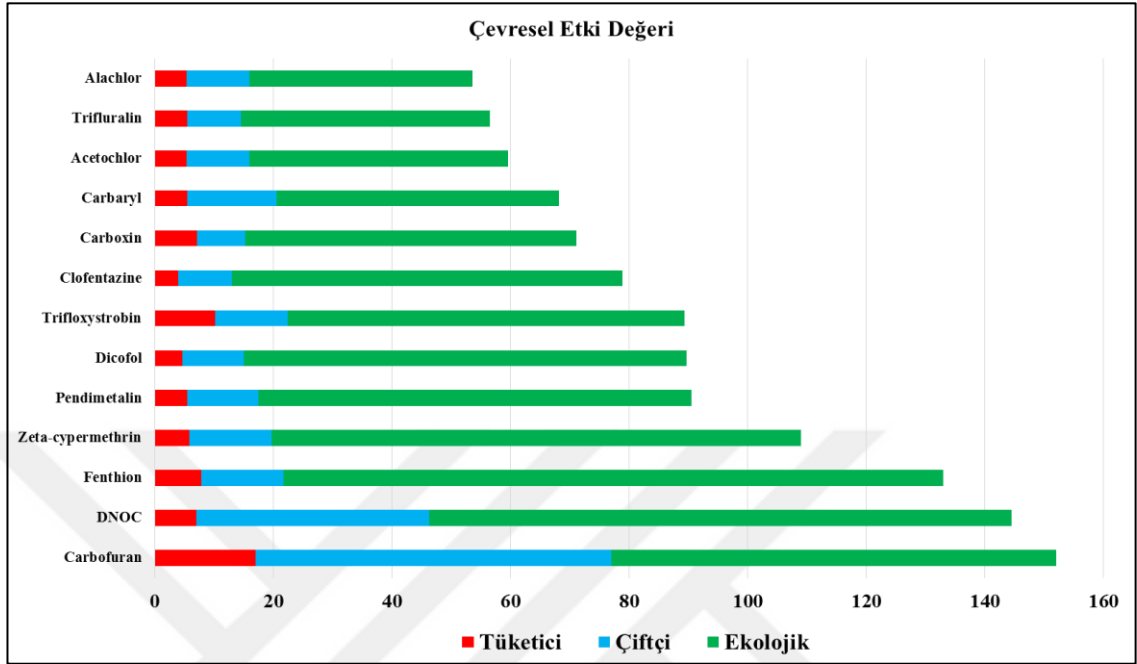
Darıcan (*Echinochloa spp.*; *Echinochloa crus-galli*) zararlısı için Acetochlor, Alachlor, Molinat ve Pendimethaline pestisitleri kullanılmıştır. Sırasıyla EQ_{Arazi} değerleri 6,1 ve 6,9 ile düşük ve 17,3 ile orta risk grubundayken 40,3 ile Pendimethalin yüksek çevresel risk değerindedir (Şekiller 4.74 ve 4.76). Zararlı ile mücadele için Pendimethalin yerine düşük risk seviyesindeki Acetochlor veya Alachlor kullanımı daha uygun olacaktır.



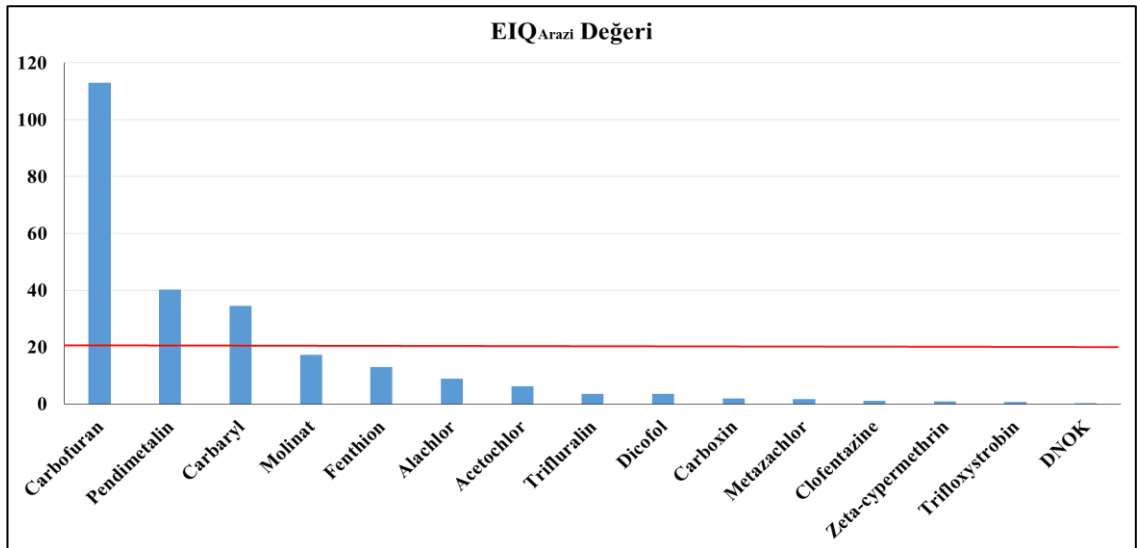
Şekil 4.75. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisit türlerinin EQ_{Arazi} ve bileşen skorları

Şekil 4.76. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisit türlerinin EIQ_{Arazi} ve bileşen skorları

Aksu Çayı'nda gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmaları ile tespit edilen pestisitler için EIQ bileşen skorları Şekil 4.77'de, EIQ arazi kullanım değerleri (EIQ_{Arazi}) Şekil 4.78'de gösterilmektedir.



Şekil 4.77. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisit aktif maddelerinin küçükten büyüğe EIQ bileşen skorları



Şekil 4.78. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitlerin EIQ_{Arazi} değerleri

Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitlerin EIQ_{Arazi} değerlerine bakıldığında Carbofuran, Pendimethaline ve Carbaryl'in yüksek çevresel etkiye sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.78).

4.7.2. PERI modeli uygulaması

Aksu Bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin PERI skor değerleri

Antalya Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin PERI skor değerlerini belirlemek için kullanılan parametre değerleri Çizelge 4.23'te ve PERI skor değerleri Çizelge 4.24'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.23. PERI skor hesabı için kullanılan pestisitlere ait parametre değerleri

Pestisit aktif maddeleri	GUS	K _{ow}	K _H	LC ₅₀ (mg/arı)	LC ₅₀ Solucan (mg/kg)	LC ₅₀ Daphnia (mg/L)	LC ₅₀ Alg (mg/L)
Acetamiprid	0,94	0,8	5,3*10 ⁻⁸	>0,1	9	49,8	98,3
Azoxystrobin	1,64	2,5	7,3*10 ⁻⁹	25	283	80	0,12
Boscalid	2,68	2,96	5,18*10 ⁻⁵	>0,2	>500	5,33	3,75
Buprofezin	1,21	4,5	20,1*10 ⁻³	>0,2	>500	>0,42	>0,40
Captan	0,97	2,5	3*10 ⁻⁴	>0,2	> 259,7	7,1	1,18
Chloryrifos-methyl	0,08	4	0,235	0,002	182	0,0006	0,57
Deltamethrin	-3,98	4,6	3*10 ⁻²	0,001	>645	0,00056	>0,00047
Emamectin benzoate	-0,07	5	1,7*10 ⁻⁴	0,00036	>500	0,001	0,0072
Fluazinam	1	4,87	5,93*10 ⁻²	>0,2	>500	0,22	0,16
Flubendamide	3,98	4,14	-	>0,2	>500	0,06	0,069
Fludioxonil	-1,35	4,12	5,40*10 ⁻⁵	>0,1	>1000	0,4	0,024
Fluopyram	3,23	3,3	2,98*10 ⁻⁵	>0,1	>1000	>100	>1,13
Fosetyl-Al	-2,7	-2,4	3,24*10 ⁻⁵	0,2	harmless	>100	21,9
Glyphosate Isopropylamin	0,21	-4,16	4,6*10 ⁻¹⁰	>0,1	>5600	>471	>72,9
Hexythiazox	0,03	2,67	1,19*10 ⁻²	>0,2	>52,9	>0,36	>0,4
Mancozeb	-1,45	2,3	6,17*10 ⁻²	>0,08	>299	0,073	0,044
Metaflumzone	-0,56	4,6	0,11	>0,1	>500	>0,311	>0,311
Metalaxyl	2,06	1,75	1,60*10 ⁻⁵	>0,2	>1000	3,47	0,42
Oxadiazon	1,97	5,33	3,80*10 ⁻²	>0,1	>500	>2,4	0,004
Primicarb	1,35	1,7	3,30*10 ⁻⁵	<0,02	653	0,017	140
Pyriproxyfen	0,69	3,69	2,15*10 ⁻⁵			>40	
S-Metolachlor	2,32	3,05	2,20*10 ⁻³	>0,2	570	11,2	0,017
Spinetoram	0,27	4,2	4*10 ⁻³	<0,01	>500	0,228	0,0779
Spinosad	-0,62	4,5	1,89*10 ⁻⁷	0,00003	>458	>1	6,1
Spirotetramat	-0,24	2,51	6,99*10 ⁻⁸	>0,1	>1000	>42,7	0,96
Spiroxamine	-0,28	2,89	3,80*10 ⁻⁴	<0,004	>500	6,1	0,003
Tebuconazole	1,86	3,7	1*10 ⁻⁵	>0,2	1381	2,79	1,96
Tebufenpyrad	0,25	4,93	1,10*10 ⁻³	>0,067	20,5	0,046	0,052
Thiamethoxam	3,58	-0,13	4,7*10 ⁻¹⁰	0,024	>1000	>100	>100

Çizelge 4.24. Antalya Aksu bölgesinde yaygın kullanılan pestisitlerin PERI skor değerleri

Pestisit aktif maddeleri	GUS Skor	K_H Skor	K_{ow} Skor	Arı Skor	Solucan Skor	Dafnia Skor	Alg Skor	PERI Skor
Flubendiamide	5	1	5	4	2	5	5	7,00
Fluopyram	5	1	5	5	2	1	3	6,38
Oxadiazon	4	1	5	5	2	3	5	5,88
S-Metolachlor	4	1	5	4	2	2	5	5,63
Tebuconazole	4	1	5	5	1	3	3	5,50
Thiamethoxam	5	1	1	5	2	1	1	5,23
Buprofezin	3	1	5	4	2	4	4	4,75
Metalaxyl	4	1	1	4	2	3	4	4,33
Boscalid	4	1	1	4	2	3	3	4,30
Tebufenpyrad	2	1	5	5	3	5	5	4,25
Spinetoram	2	1	5	5	2	4	5	4,00
Fluazinam	2	1	5	4	2	4	4	3,75
Primicarb	3	1	1	5	2	5	1	3,33
Azoxystrobin	3	1	1	2	2	2	4	3,25
Deltamethrin	1	1	5	5	2	5	5	3,13
Emamectin benzoate	1	1	5	5	2	5	5	3,13
Chlorpyrifos-methyl	1	1	5	5	2	5	4	3,00
Fludioxonil	1	1	5	5	2	4	5	3,00
Metaflumizone	1	1	5	5	2	4	4	2,88
Spinosad	1	1	5	5	2	3	3	2,63
Pyriproxyfen	2	1	5			2		2,50
Hexythiazox	2	1	1	4	3	4	4	2,38
Acetamiprid	2	1	1	4	4	2	2	2,30
Captan	2	1	1	4	2	3	3	2,30
Glyphosate Isopropylamin	2	1	1	5	1	1	2	2,23
Mancozeb	1	1	1	5	2	5	5	1,43
Spiroxamine	1	1	1	5	2	3	5	1,38
Spirotetramat	1	1	1	5	2	2	4	1,33
Fosetyl-Al	1	1	1	4	1	1	2	1,20

PERI skorları ile en yüksek risk değeri 7,00 ile Flubendiamide, en düşük risk değeri ise 1,20 ile Fosetyl-Al pestisit aktif maddeleri için belirlenmiştir. Antalya Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin PERI çevresel etki skorları incelendiğinde, Flubendiamide, Fluopyram, Oxadiazon, S-Metolachlor, Tebuconazole ve Thiamethoxam aktif maddelerinin diğer pestisitlere göre yüksek, Fosetyl-Al aktif maddesinin 1,2 ile en düşük çevresel riske sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.24).

Aksu Çayı su kalitesi izleme çalışmalarında tespit edilen pestisitlerin PERI skor değerleri

Aksu Çayı su kalitesi izleme çalışmalarında tespit edilen pestisitlerin değerlendirmesinde de ikinci yöntem olarak PERI kullanılmıştır. Arazi çalışmaları sonrası belirlenen pestisitlerin PERI skor değerlerini belirlemek için kullanılan parametre değerleri Çizelge 4.25'te, PERI skorları ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. PERI skor hesabı için kullanılan pestisitlere ait parametre değerleri

Pestisit aktif maddeleri	GUS	K _{ow}	K _H	LC ₅₀ Arı mg/arı	LC ₅₀ Solucan mg/kg	LC ₅₀ Dafnia mg/L	LC ₅₀ Alg mg/L
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOC	1.98	2.39	1.42*10 ⁻¹	0.204	16	>1.1	>3.4
4,4'-DDD	-2.46	6.02	4*10 ⁻⁶			>0.009	
Alachlor	0.8	3.09	3.2*10 ⁻³	0.016	386.6	10	0.966
Aldrin	-0.62	6.5	1.72*10 ⁻¹	0.0035	60	0.028	
Asetochlor	1.67	4.14	2.1*10 ⁻³	>0.2	105.5	8.3	0.0036
Beta- HCH							
Carbofuran	2.36	1.8	5*10 ⁻⁵	0.00036	224	0.008	6.5
Carboxin	2.01	2.3	3.20*10 ⁻⁵	0.181	> 250	>57	0.48
Clofentazine	0.36	4.09	0.00536	>0.85	>215	>72	34
Delta-HCH							
Dicofol	0.36	4.3	2.45*10 ⁻²	0.00019	43.1	0.14	0.075
Fentiyon	1.26	4.84	2.40*10 ⁻²	>0.0031	375	0.0057	1.79
Carbaryl	2.02	2.36	9.2*10 ⁻⁵	0.00014	< 4	0.0064	0.6
Metazachlor	1.75	2.49	5.9*10 ⁻⁵	>0.1	500	33	0.0162
Molinat	1.89	2.86	6.87*10 ⁻¹	>0.011	289	14.9	0.5
Pendimethaline	-0.28	5.4	1.27	0.1	>1000	0.147	0.004
Pentakloro-benzen	1.52	4.31	1.59*10 ⁻³				0.05
Theta-cypermethrin							
Trifloxystrobin	0.15	4.5	2.30*10 ⁻³	>200	>500	0.011	0.0053
Trifluralin	0.13	5.27	10.2	>0.1	>500	0.245	0.0122
Zeta-cypermethrin	-1.09	6.6	2.31*10 ⁻³	0.00002	37.5	0.00014	>1

PERI skorları 7,88–3,13 arasında değişmektedir. En yüksek PERI skoru Trifluralin, en düşük skor ise Zeta-cypermethrin için elde edilmiştir (Çizelge 4.26).

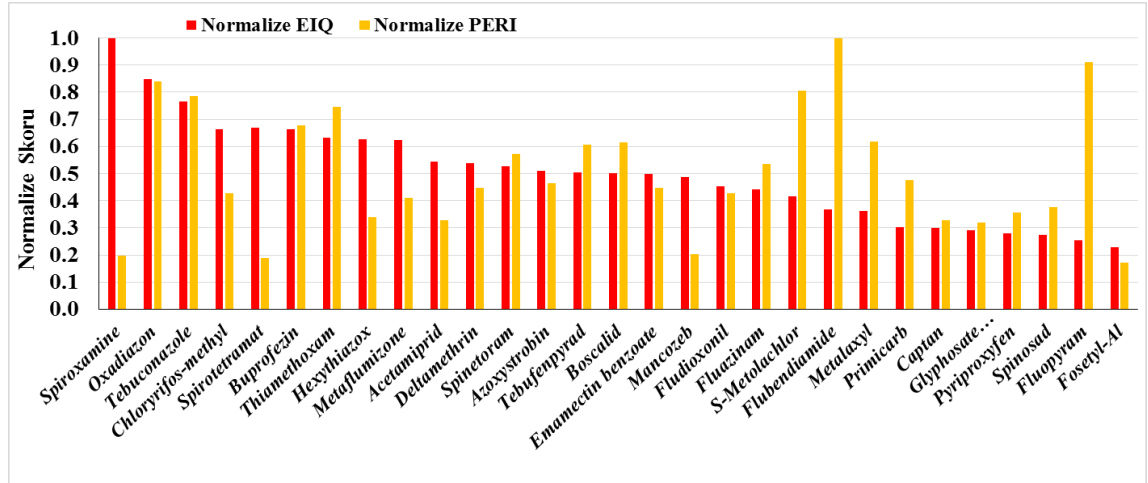
Çizelge 4.26. Aksu Çayı su kalitesi izleme çalışmalarında tespit edilen pestisitlerin PERI skor değerleri

Pestisit aktif maddeleri	GUS Skor	K _H Skor	K _{ow} Skor	Arı Skor	Solucan Skor	Dafnia Skor	Alg Skor	PERI Skor
Trifluralin	2	3	5	4	2	4	5	7.9
Pentakloro-benzen	3	1	5				5	5.5
Fentiyon	3	1	5	5	2	5	3	4.9
Asetochlor	3	1	5	4	2	3	5	4.8
Carbaryl	4	1	1	5	4	5	4	4.5
Carbofuran	4	1	1	5	2	5	3	4.4
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOC	4	1	1	4	3	3	4	4.4
Molinate	4	1	1	5	2	2	4	4.3
Carboxin	4	1	1	4	2	2	4	4.3
Dicofol	2	1	5	5	3	4	5	4.1
Pendimethaline	1	2	5	5	1	4	5	3.9
Alachlor	2	1	5	5	2	3	4	3.8
Trifloxystrobin	2	1	5	1	2	5	5	3.6
4,4'-DDD	1	1	5			5		3.5
Metazachlor	3	1	1	4	2	2	5	3.3
Clofentazine	2	1	5	4	2	2	2	3.3
Aldrin	1	1	5	5	3	5		3.2
Zeta-cypermethrin	1	1	5	5	4	5	3	3.1

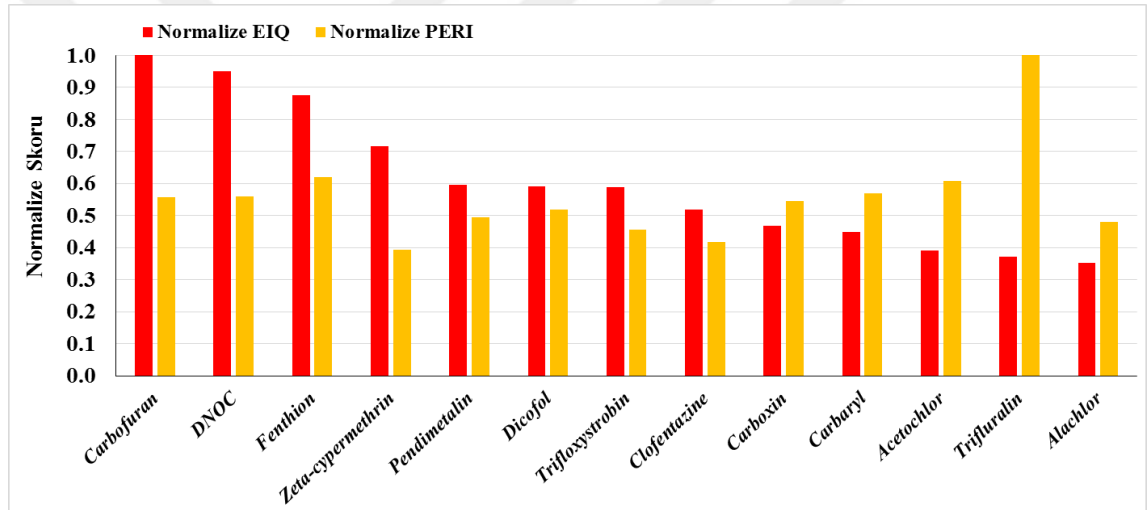
Trifluralin, Fentiyon, Asetochlor, Carbaryl ve Carbofuran aktif maddelerini içeren pestisitlerin Türkiye’de kullanımı yasaklanmış olmasına karşın bu maddeler Aksu Çayı’nda tespit edilmiştir ve PERI skor değerleri de oldukça yüksektir (Çizelge 4.26).

4.7.3. EIQ ve PERI modellerine ait sonuçların karşılaştırılması

Antalya Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin aktif maddeleri için EIQ ve PERI skorları normalize edilerek karşılaştırıldığında, yakın değerlendirme sonuçlarına ulaşılmıştır. Her iki yöntem ile de Oxadiazon, Tebuconazole ve Buprofezin için normalize edilmiş skorlarla 1’e yakın değerler elde edilmiştir. EIQ indikatörü ile Spiroxamine için elde edilen normalize skor 1 iken PERI için normalize edilen skor değeri oldukça düşüktür. Buna karşın Flubendiamide, Fluopyram ve S-Metolachlor aktif bileşenlerinin PERI indikatörü ile elde edilen normalize skor değerleri 1 ve 1’e çok yakinken EIQ indikatörü ile elde edilen normalize skor değerleri oldukça düşüktür. Her iki indikatörden Fosetyl-Al için elde edilen normalize skor değerleri 0,23 ve 0,17 ile oldukça düşük değerlerde kalmıştır (Şekil 4.79).



Şekil 4.79. Aksu bölgesinde yaygın olarak kullanılan pestisitlerin EIQ ve PERI risk göstergelerinin normalize edilmiş skorları



Şekil 4.80. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitlerin EIQ ve PERI risk göstergelerinin normalize edilmiş skorları

Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitler açısından EIQ indikatörü ile elde edilen normalize edilmiş skorlar içinde Carbofuran, DNOC, Fenthion ve Zeta-cypermethrin aktif bileşenleri en yüksek değerleri almıştır. Buna karşın PERI indikatörü ile elde edilen normalize edilmiş skorlar içinde Trifluralin hariç 0,6 ile 0,4 aralığında ortalama değerler yer almıştır (Şekil 4.80).

İki yöntemin sonuçları arasındaki farklılıkların nedeni, uygulanan risk göstergelerinin farklı çevresel bölümleri dikkate almasından kaynaklanmaktadır. PERI indikatörü, çevresel riskleri hesaplamak için üç farklı çevresel bölümü (yeraltı suyu, yüzey suyu ve hava) dikkate alırken, EIQ indikatörü aynı zamanda çiftlik işçisi bileşenini de hesaba katmaktadır. Pestisitler için elde edilen çevresel risk skorları değerlendirilerek daha düşük çevresel risk oluşturabilecek pestisitlerin tarım uygulamaları için seçilmesine önem verilmesi önerilmektedir.

5. SONUÇLAR

Her geçen gün artan dünya nüfusu, su ve gıda talebinde de artışlara sebep olmaktadır. İklim değişikliğinin etkileri ve yetersiz çevre koruma önlemleri, su kıtlığı ve kirlilik sorunlarına neden olmakta ve su kaynakları üzerinde miktar ve kalite açısından oluşan baskıyı her geçen yıl arttırmaktadır. Gıda talebini karşılamak amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler, su kirliliği sorunu yaratmakta ve nehir ekosistemlerinin devamlılığını tehdit etmektedir. Ülkemizde son yıllarda yerüstü su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı konusunda pek çok çalışma yürütülmektedir. Tez çalışması kapsamında ise nehir su kalitesinin deterministik modelleme ve ekolojik risk analizi yöntemleri ile değerlendirilmesi ve yönetimi konuları ele alınmıştır. Tez çalışmasının uygulama alanı olarak Aşağı Aksu Çayı seçilmiştir.

Aksu Çayı, Antalya için oldukça önemli bir su kaynağıdır. Bunun yanı sıra Karacaören I ve II Baraj Göllerinin Özel Hükümler kapsamında içme ve kullanma suyu amaçlı kullanımı için planlamalar yapılmaktadır. Bölgenin temel ekonomik kaynağı olan tarım, Aksu Çayı havzası içerisinde yoğun olarak gerçekleştirilen bir faaliyet alanıdır. Aksu Çayı'nın alt havzalarındaki baskılar; evsel atıksu deşarjları, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirlleticiler (pestisit ve gübre kullanımı) ile tarımsal amaçlı kontrolsüz su kullanımıdır. Aksu Çayı'nın denize döküldüğü bölgenin yoğun turizm faaliyetlerini barındırması, su kaynağının bütünsel olarak dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Aksu Çayı'ndaki su kalitesi ve miktarının havza temelli bir yaklaşımla yönetilmesi gerekmekte olup yayılı ve noktasal kirlilik kaynakları su durumunun bozulmasında büyük etki yaratmaktadır. Tez çalışması kapsamında Aşağı Aksu Çayı havzasındaki su durumunun irdelenmesi amacı ile gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmaları için 12 ölçüm ve örnekleme noktası seçilmiştir. Çalışma alanının memba kısmı Karacaören-2 Baraj Gölü'nün çıkış ağzı, mansabı ise Akdeniz'e döküldüğü noktadır. Tez çalışmasında Aksu Çayı'nın kalitesini ve miktarını etkileyen başlıca etmenler; i) noktasal kirlilik kaynağı olarak KUYAB AAT deşarj suyu, ii) yayılı kirlilik kaynağı olarak tarım, hayvancılık ve fosseptikler, iii) tarımsal faaliyetler için su çekimleri ve iv) iklim değişikliğinin etkileridir. Su kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetim seçeneklerinin oluşturulabilmesi için WASP8 ve MapShed modelleri entegre edilerek kullanılmıştır.

Eylül 2020 - Ekim 2021 döneminde yürütülen 12 aylık saha çalışmaları süresince Küçük Aksu Dere (YK 2)'sinde genellikle durgun su durumu gözlemlendiğinden ölçüm ve örnekleme yapılmamıştır. Aksu Çayı'nda iletkenlik değerleri (Aksu 10 izleme noktası dışında) 300-528 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişim gösterirken Aksu 10 izleme noktası için en düşük değer kış mevsiminde (493 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde (5359 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ölçülmüştür. YSKY'ye göre sadece Aksu 10 izleme istasyonu Sınıf III su kalitesinde yer alırken çoğu izleme istasyonu Sınıf II su kalitesinde yer almıştır. En yüksek bulanıklık ve AKM parametre değerleri genel olarak Aksu YK1 izleme noktasında kış mevsiminde ölçülmüştür. Yan kolların katılımı ve nehir yatağının taban yapısının değişimiyle birlikte AKM ve bulanıklık değerlerinde artışlar görülmüştür. ÇO konsantrasyonu ve ÇO doygunluk değerleri açısından Aksu Çayı su kalitesinin genel olarak Sınıf I olduğu belirlenmiştir. Sadece Aksu 1 izleme noktası için su kalitesi Sınıf II olarak tespit edilmiştir. Aksu 1 izleme noktası, Karacaören 2 Baraj Gölü çıkışına yakın bir konumda yer aldığı için BOI_5 ve sıcaklık parametrelerine ait izleme sonuçları, diğer

izleme noktalarına göre farklılıklar göstermiştir. Aksu 1 istasyonunda su sıcaklığının diğer istasyonlara göre ortalama 5°C daha düşük ölçülmesi, Karacaören 2 Baraj Gölü'nden gelen dip suyunun etkisini göstermiştir. BOI₅ parametresine ait izleme sonuçlarının Aksu 1 noktasında yüksek olması, benzer şekilde baraj gölünün etkisini göstermektedir. Karacaören 2 Baraj Gölü'nde bir yıl süre ile gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmaları neticesinde maksimum ve ortalama BOI₅ konsantrasyonu değerleri sırasıyla 9,08±2,38 ve 5,11±2,38 mg/L olarak belirlenmiştir (Yenilmez 2022). Belirtilen çalışmada sunulan BOI₅ konsantrasyonu değerleri ile tez çalışmasında Aksu 1 izleme noktası için elde edilen maksimum ve ortalama BOI₅ konsantrasyonu değerleri benzerlik göstermiştir. TN ve NO₃-N parametreleri açısından Aksu Çayı'nda tüm istasyonlar ve tüm dönemler için su kalitesi Sınıf I olarak tespit edilmiştir. Ancak NH₄-N parametresi için Aksu 2 ve Aksu 3 istasyonları dışındaki tüm istasyonlar için su kalitesi Sınıf II olarak belirlenmiştir. TP miktarı için en düşük değer 0,014 mg P/L olarak Aksu 3'te, en yüksek değer ise 1,820 mg P/L olarak Aksu 8'de tayin edilmiştir. Aksu Çayı'nda genel olarak TP parametresi açısından su kalitesi Sınıf II ve Sınıf III olarak tespit edilmiştir.

WASP modeli uygulaması için veri temini aşamasında debi ve izleme noktalarındaki genişlik, kesit alan, ortalama akış hızı ve ortalama derinlik değerleri DSI 13. Bölge Müdürlüğü'nden, meteorolojik veriler (günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, günlük ortalama rüzgar hızları, günlük ortalama nispi nem, günlük ortalama bulutluluk, aylık toplam yağış, aylık toplam açık yüzey buharlaşma) ise Aksu Çayı Havzası'nda yer alan toplam 10 adet meteoroloji istasyonu için Antalya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü'nden ve noktasal kirlilik kaynağı olan KUYAB AAT'nin tesis çıkış suyu kalitesine ait analiz sonuçları ve deşarj debileri KUYAB Tesis İşletme Birimi'nden elde edilmiştir.

WASP8 modeli kalibrasyon ve doğrulama dönemlerine ait sonuçlar oldukça başarılıdır. Kalibrasyon ve doğrulama çalışmalarında düşük RMSE ve yüksek R² değerleri elde edilmiştir. Kalibrasyon ve doğrulama dönemi için hesaplanan min. ve max. RMSE değerleri sıcaklık için 0.24-3.66°C, BOI₅ için 0.23-3.61 mg/L, ÇO için 0.45-1.57 mg/L, NH₄-N için 0.01-0.12 mg/L, NO₃-N için 0.02-0.75 mg/L, İnorg-P için 0.0004-0.050 mg/L, Clh-a için 0.03-4.03 µg/L ve AKM için 0.02-21.53 mg/L'dir. Hesaplanan min. ve max. R² değerleri sıcaklık için 0.97-1.00, BOI₅ için 0.59-1.00, ÇO için 0.98-1.00, NH₄-N için 0.41-1.00, NO₃-N için 0.52-1.00, İnorg-P için 0.39-0.99 mg/L, Clh-a için 0.33-1.00 µg/L ve AKM için 0.30-1.00'dir.

Aksu Çayı su durumunun irdelenmesi amacıyla toplam dokuz adet senaryo tanımlanmıştır. Bu senaryolar ile iklim değişikliğinin etkileri, yayılı kirlilik kontrolü, noktasal kirlilik kontrolü ve su çekimlerine yönelik alternatif uygulamaların etkileri incelenmiştir. İlk olarak iklim değişikliğinin etkilerini belirlemek için S1 ve S2 senaryoları uygulanmış ve model tahminleri elde edilmiştir. S1 senaryosunda mevcut duruma kıyasla 2019-2021 yıllarına ait günlük minimum (Tmin) ve günlük maksimum (Tmax) ortalama sıcaklık değerleri için 1°C sıcaklık artışı ve 2021 yılına ait günlük yağış miktarlarında %10 azalma koşulu dikkate alınmıştır. S1 senaryosu için yağış olmayan dönemlerde hem akım hem de yüzey akış değerlerindeki düşüşlere bağlı olarak BOI₅, NH₄-N, NO₃-N, inorg-P parametreleri için tahmin değerlerinde göreceli artışlar gerçekleşmektedir. Genel olarak yüksek yağışlara bağlı olarak gerçekleşen pik akım dönemlerinde ise yayılı kirlilik ile bağlantılı olan NH₄-N, NO₃-N, inorg-P ve AKM parametreleri için S1 senaryosuna ait tahminlerde mevcut duruma göre çok belirgin

azalmalar, S2 senaryosuna (sıcaklık değerleri için 1°C sıcaklık artışı ve 2021 yılına ait günlük yağış miktarlarında %4 artış koşulu) ait tahminlerde ise belirgin artışlar gerçekleşmektedir. İklim değişikliği etkilerini içeren S1 ve S2 senaryo sonuçlarına bakıldığında, yıllık toplam yağış miktarının mevcut duruma göre yaklaşık %10 seviyesinde azalması durumunda kaynaklara ait toplam yıllık TN ve TP yükleri yaklaşık %14 ve %11 seviyesinde azalmıştır. S1 senaryosu için orman ve otlak alanlardan kaynaklı TN yükü azalma miktarları sırasıyla yaklaşık %34,5 ve %30 ile en çok azalmanın görüldüğü kaynaklardır. Bununla beraber S2 senaryosu için otlak ve orman alanlarından kaynaklı yıllık TN yükü yaklaşık %12 ve %13 düzeyinde artış göstermiştir. S1 senaryosu (yağış miktarlarında %10 azalma) için yıllık TN ve TP yükleri sırasıyla yaklaşık %14 ve %11 düzeyinde azalma gösterirken, S2 senaryosu (yağış miktarlarında %4 artış) için yıllık TN ve TP yükleri sırasıyla %6 ve %4,5 seviyesinde artış göstermektedir.

Mera yönetimini içeren S3 senaryosu için otlak alanlar ve hayvancılıktan kaynaklanan TN yükleri sırasıyla %43 ve %60 düzeyinde, TP yükleri ise %34 ve %56 düzeyinde azalmıştır. S3 senaryosunda kaynaklara ait yıllık toplam TN ve TP yükleri için elde edilen azalış sırasıyla yaklaşık %13 ve %10 seviyesindedir. Tarımsal BMP'lerin değerlendirildiği S4 senaryosunda ise tarım alanlarından kaynaklanan TN ve TP yükleri sırasıyla yaklaşık %46 ve %30 ile oldukça yüksek seviyede azalmıştır. S4 senaryosu neticesinde kaynaklara ait yıllık toplam TN ve TP yükleri sırasıyla yaklaşık %27 ve %15 düzeyinde azalma göstermiştir. Havzadan kaynaklanan yıllık toplam yükler taşınım yollarına ait yükler ile birlikte S3 senaryosunda TN ve TP için sırasıyla yaklaşık %7 ve %10 düzeyinde azalma gösterirken, S4 senaryosunda TN ve TP için sırasıyla yaklaşık %23 ve %15 düzeyinde azalma göstermiştir. Böylece, S4 senaryosu ile S3 senaryosuna kıyasla çok daha yüksek düzeyde yayılı yük kontrolü sağlanması mümkündür. S5 senaryosunda ise S3 senaryosu (mera yönetimi ve hayvan atık kontrolü) ile S4 senaryosu (tarımsal alanlar için tüm BMP'ler) birlikte uygulanmış olup kaynaklara ait yıllık toplam kirletici yükleri için elde edilen azalma oranları TN için yaklaşık %40 ve TP için %25 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak yayılı kaynaklı kirleticilerin Aksu Çayı'nın su kalitesi üzerine etkisinin değerlendirildiği senaryo çalışmasında en iyi sonuçlar S5 senaryosu için elde edilmiştir. Senaryo S5 ile havzadan kaynaklanan yıllık toplam yükler (taşınım yollarına ait yükler ile birlikte) TN için yaklaşık %30 ve TP için yaklaşık %24 düzeyinde azalma göstermiştir.

Noktasal kirlilik yaratan KUYAB AAT'nin etkisini değerlendiren S6 ve S7 senaryolarına ait sonuçlar açısından mevcut duruma kıyasla su kalite parametrelerinde belirgin farklar görülmemiştir. Ancak bakteriyolojik (toplam koliform, fekal koliform, *E. coli* ve fekal streptokok) analiz sonuçları özellikle atıksu deşarjı sonrasında belirgin bir artış sergilemiştir. Bu durum Aksu Çayı'nın denize döküldüğü alandaki deniz suyunun bakteriyolojik kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir. Ek olarak atıksu kaynaklı olarak Aksu Çayı'nın mansap bölümündeki besin konsantrasyonlarındaki artış kıyı sularında ötrofikasyon riski oluşturmaktadır.

Genel olarak Aksu Çayı'nda tarımsal sulama amaçlı su çekimleri Aksu 5 istasyonu ve mansabında gerçekleştirildiği için su kalite ve miktarı üzerindeki etkiler de akarsuyun mansap bölümünde (Aksu 7 ile Aksu 10 istasyonları arası) belirgindir. Pik debilerin gözlemlendiği Ocak ve Kasım 2021 dönemleri sonrasında her üç durumda da derinlik farkı gözlenmemiştir. Düşük akımların gözlemlendiği kurak dönem boyunca su

çekiminin %25 artış göstereceği S8 senaryosu için minimum derinlikler elde edilmiştir. Su çekiminin %22 azalması durumunda (S9 senaryosu) ise akarsu derinliği kısmen artmaktadır. Su çekimlerinin artması sonucunda Aksu Çayı'nda su kalitesi değişimleri oldukça sınırlı olmakla birlikte pik ve düşük akım dönemlerinde S8 senaryosu koşulunda belirgin artışlar görülmüştür.

Tez çalışmasının ikinci bileşeni olarak pestisitlerin çevresel riskleri ele alınmıştır. Bu amaçla Aksu Çayı'nda iki aylık periyotlar halinde pestisitlere yönelik su kalitesi izleme çalışması yapılmıştır. Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitlerin zamansal dağılımına bakıldığında en yüksek sayıdaki aktif madde Mart 2021 izleme döneminde 44 olarak tespit edilirken, pestisit tespit sayıları Mayıs 2021 için 37, Ocak 2021 için 24, Ekim 2021 için 21, Ağustos 2021 için 15 ve Kasım 2020 için 14 olarak belirlenmiştir. Tespit edilen pestisitlerin zamansal dağılımı çoğunlukla pestisitlerin en fazla miktarda uygulandığı ilkbahar mevsimine ve yüksek yağış/yüzey akışı dönemine denk gelmektedir.

Pestisitlerin çevresel risklerini değerlendirmek için EIQ ve PERI risk indikatörleri kullanılmıştır. EIQ risk değerlendirme aracı ile farklı pestisit aktif maddelerinin aynı zararlı için kullanımı sonucunda oluşabilecek çevresel riskler için risk skorları elde edilmiş ve üreticilere daha az çevresel risk oluşturabilecek pestisitler için öneriler sunulmuştur. Aksu Çayı havzasında biber üreticileri pamuk yaprakkurdu (*Spodoptera littoralis*) zararlısı için yaygın olarak Emamectin benzoate veya Metaflumizone pestisitlerini kullanmaktadır ve bu pestisitler için EIQ_{Arazi} değerleri sırasıyla 0,1 ve 1,6 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde hıyar ve patlıcan için de üreticiler Emamectin benzoate ve Metaflumizone ilaçlarını yaygın olarak kullanmaktadır. Ancak EIQ_{Arazi} değerleri göz önüne alındığında çevresel risk skoru daha düşük olan Emamectin benzoate içeren pestisitlerin kullanımı tercih edilmelidir. Aksu Çayı'nda tespit edilen Acetochlor, Alachlor, Trifluralin ve Pendimethaline pestisitleri üreticiler tarafından Horozibiği (*Amaranthus*) hastalığı ile mücadele etmek için kullanılmaktadır. Bu uygulama için EIQ_{Arazi} değerlerine bakıldığında, Pendimethaline 40,3 skoru ile en yüksek risk değerine sahipken, Trifluralin ise 3,6 skoru ile düşük risk sınıfında belirlenmiştir. Trifluralin, Fentiyon, Acetochlor, Carbaryl ve Carbofuran Türkiye'de kullanımı yasaklanmış olan pestisitler olmasına karşın Aksu Çayı'nda tespit edilmiş ve PERI risk indikatörü ile elde edilen skor değerleri de oldukça yüksek bulunmuştur. İzleme çalışmasında en sık tespit edilen pestisit aktif maddeleri Pendimethaline, Metazachlor ve Zeta-cypermethrin olmuştur. Acetochlor, Alachlor, Carbaryl, Carbofuran, Fenthion, Metazachlor, Molinat, Trifluralin ve Dicofol Türkiye'de yasaklı olmasına rağmen tespit edilen pestisit aktif maddeleri arasında yer almıştır. 4,4'-DDD ve 4,4'-DDT pestisitlerinin Türkiye'de kullanımı yıllar önce yasaklanmış olmasına rağmen tüm izleme çalışması boyunca bir kez tespit edilmiştir. Genel olarak, Kasım 2020-Ekim 2021 izleme dönemi, Aksu Çayı Havzası ve Antalya şehri için kurak bir yıl olarak rapor edildiğinden, yüzey akışı ve yeraltı suyu beslenimi gibi kirlетici taşıma süreçleri genel olarak pestisitlerin taşınmasında düşük etki yaratmıştır. Bu duruma bağlı olarak, izleme dönemi süresince Aksu Çayı'ndan alınan örneklerde önemli bir pestisit kirliliği gözlenmemiştir. Tez çalışmasında hem Aksu Bölgesinde kullanılan hem de Aksu Çayı'nda tespit edilen pestisitler için çevresel risk değerlendirme çalışmaları yapılmış ve daha az çevresel etkiye sahip olan pestisitler belirlenmiştir. Pestisitlerin değerlendirilmesinde sadece çevresel risk faktörleri dikkate alınmıştır. Pestisit fiyatları satış yapan bayiler arasında oldukça

geniş aralıkta değişmekte olduğu için pestisit fiyatları değerlendirme kapsamına alınmamış ve maliyet esaslı bir karşılaştırma yapılmamıştır.

Sonuç olarak, tez çalışmasında MapShed ve WASP8 modellerinin entegre olarak kullanımı, Aksu Çayı'nda akım dinamikleri ve su kalitesi değişimlerini simüle etmede başarılı olmuştur. Senaryo analizine ilişkin simülasyonlarda yayılı kirlilik kontrolüne yönelik BMP'ler, noktasal kaynaklı deşarjların kontrolü ve sulama amaçlı su çekimlerine yönelik çeşitli yönetim stratejileri irdelenmiştir. Bu bağlamda, tez çalışması ile yayılı kirlilik kontrolü için çeşitli BMP'lerin verimliliğini değerlendirmek amacı ile WASP8 ve MapShed modellerinin entegre edilerek uygulanması, literatüre yeni bir yöntemsel katkı sunmaktadır. Pestisitlerin çevresel risklerinin iki farklı risk indikatörü ile irdelenmesi sonucunda ise sadece çevresel risk faktörleri dikkate alınarak daha düşük çevresel etkiye sahip pestisitlerin kullanılması konusunda öneriler ortaya konulmuştur.



6. KAYNAKLAR

- Adanır, S. 2018. Aşağı Aksu Çayı Havzasındaki Jeolojik Birimlerin Geçirimlilik Özellikleri ve SCS Yöntemi ile Yağış- Akış İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı (Danışman: Prof. Dr. Mahmut Mutlutürk)
- Alister, C. and Kogan, M. 2005. ERI. Environmental risk index. A simple proposal to select agrochemicals for agricultural use. *Crop Protection*, 25:202–11
- Alp, E. 2015. Yayılı Kirlilik: Kentsel ve Tarım Kaynaklı, Teorik ve Uygulamalı Havza Modellemesi Eğitimi, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 19-20 Mart 2015.
- Ambrose, R. B. Wool, T. and Martin, J. L. 1993. WASP5, User's manual. US Environmental Protection Agency. *Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia, GA, EPA/600/3-87-039*.
- Andrew, J.T. and Sauquet, E. 2017. Climate change impacts and water management adaptation in two Mediterranean-climate watersheds: Learning from the Durance and Sacramento rivers. *Water*, 9(2): 126.
- APHA. 1998. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Bai, J., Zhao, J., Zhang, Z. and Tian, Z. 2022. Assessment and a review of research on surface water quality modeling. *Ecological Modelling*, 466, 109888.
- Barfoot, P. and Brookes, G. 2014. Key global environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2012. GM Crops and Food. *Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*, 5 (2), 149–160.
- Bassil, K. L., Vakil, C., Sanborn, M., Cole, D. C., Kaur, J. S. and Kerr, K. J. 2007. Cancer health effects of pesticides: systematic review. *Canadian Family Physician*, 53(10), 1704-1711.
- Baun, A., Eriksson, E. and Ledin, A. 2006. A methodology for ranking and hazard identification of xenobiotic organic compounds in urban stormwater. *Science of The Total Environment*, 370:29–38.
- Beckie, H. J., Sikkema, P. H., Soltani, N., Blackshaw, R. E., and Johnson, E. N. 2014. Environmental impact of glyphosate-resistant weeds in Canada. *Weed Science*, 62(2), 385-392. 1
- Beegle, D. and L. Lanyon, 1994. Understanding the nutrient management process. *Journal of Soil and Water conservation*, 49(2), S23-S23.
- Bergkvist, P. 2004. Pesticide risk indicators at national level and farm level. *A Swedish approach*, 6(04).
- Bolognesi, C. 2003. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 543(3), 251-272.
- Bouchard, D., Knightes, C., Chang, X., and Avant, B. 2017. Simulating multiwalled carbon nanotube transport in surface water systems using the water quality analysis simulation program (WASP). *Environmental Science and Technology*, 51(19), 11174-11184.

- Braca, G., Bussetini, M., Ducci, D., Lastoria, B., and Mariani, S. 2019. Evaluation of national and regional groundwater resources under climate change scenarios using a GIS-based water budget procedure. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30: 109-123.
- Bressers, E. 2014. Implementation of runoff within the Environmental Yardstick for Pesticides. Centre for Land Management, Wageningen University, Netherlands.
- Bucak, T., Trolle, D., Andersen, H. E., Thodsen, H., Erdoğan, Ş., Levi, E. E., Filiz, N., Jeppesen, E. and Beklioğlu, M. 2017. Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. *Science of the Total Environment*, 581: 413-425.
- Buès, Robert, et al. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102.2 155-162.
- Bueno, M.R. and Cunha J.P.A.D. 2020. Environmental risk for aquatic and terrestrial organisms associated with drift from pesticides used in soybean crops. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 92.
- Calvache, M.L., C. Duque and D. Pulido-Velazquez. 2020. Summary editorial: impacts of global change on groundwater in western Mediterranean countries. *Environmental Earth Sciences*, 79(24): 531
- Camacho, R. A., Martin, J. L., Watson, B., Paul, M. J., Zheng, L., and Stribling, J. B. 2015. Modeling the factors controlling phytoplankton in the St. Louis Bay Estuary, Mississippi and evaluating estuarine responses to nutrient load modifications. *Journal of Environmental Engineering*, 141(3), 04014067.
- Camacho, R. A., Martin, J. L., Wool, T., and Singh, V. P. 2018. A framework for uncertainty and risk analysis in total maximum daily load applications. *Environmental Modelling & Software*, 101, 218-235.
- Carbonari, C. A., & Velini, E. D. 2021. Risk assessment of herbicides compared to other pesticides in Brazil. *Advances in Weed Science*, 39, e21202032.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8, 559-568.
- Carr, M.K., Sadeghian, A., Lindenschmidt, K.E., et al., 2020. Impacts of varying dam outflow elevations on water temperature, dissolved oxygen, and nutrient distributions in a large prairie reservoir. *Environmental Engineering Science*. 37, 78–97.
- CLM 2014a. Sustainability Performance Assessment Version 2.0. Towards consistent measurement of sustainability at the farm level. April 2014, CLM 843-2014.
- CLM 2014b. CLM Milieumeetlat, Hoe werkt het? Open teelten.
<http://www.milieumeetlat.nl/nl/hoe-werkt-het-open-teelt.html>
- Coffey, R., Cummins, E., Cormican, M., Flaherty, V. O., and Kelly, S. 2007. Microbial exposure assessment of waterborne pathogens. *Human and Ecological Risk Assessment*, 13(6), 1313-1351.

- Colborn, T., Vom Saal, F. S., and Soto, A. M. 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*, 101(5), 378-384.
- Davis GA and Swanson M. 1994. Comparative Evaluation of Chemical Ranking and Scoring Methodologies. University of Tennessee Center of Clean Products and Clean Technologies, Knoxville, TN, USA
- Deihimfard, R., et al. 2014. Evaluating risk from insecticide use at the field and regional scales in Iran. *Crop Protection* 65: 29-36.
- De Schamphelleire M, Spanoghe P, Brusselman E, et al. 2007. Risk assessment of pesticide spray drift damage in Belgium. *Crop Prot* 26(4): 602–11
- Devos, Y., Cougnon, M., Vergucht, S., Bulcke, R., Haesaert, G., Steurbaut, W. And Reheul, D. 2008. Environmental impact of herbicide regimes used with genetically modified herbicide-resistant maize. *Transgenic research*, 17, 1059-1077.
- Dilks, D. W., and James, R. T. 2011. Parameter uncertainty in a highly parameterized model of Lake Okeechobee. *Lake and Reservoir Management*, 27(4), 376-389.
- Dinar, A. and Quinn, N. W. 2022. Developing a Decision Support System for Regional Agricultural Nonpoint Salinity Pollution Management: Application to the San Joaquin River, California. *Water*, 14(15), 2384.
- Drissia, T. K. and Anitha, A. B. 2015. Effect of landuse change on discharge using Mapshed model in sub basins of Bharathapuzha river basin. 20th International Conference on Hydraulics. *Water Resources and River Engineering*, 10-12.
- Dugan, S. T., Muhammetoglu, A., and Uslu, A. 2023. A combined approach for the estimation of groundwater leaching potential and environmental impacts of pesticides for agricultural lands. *Science of the Total Environment*, 901, 165892.
- Eshenaur, B., Grant, J., Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J. and Tette, J. 2023. Environmental Impact Quotient: “A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides.” New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. 1992–2020. www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ.
- Evans, B.M., Lehning, D.W., Corradini, K.J., Petersen, G.W., Nizeyimana, E., Hamlett, J.M., Robillard, P.D. and Day, R.L. 2002. A comprehensive GIS-based modelling approach for predicting nutrient loads in watersheds. *J. Spatial Hydrology*, 2:2, www.spatialhydrology.com.
- Evans, B. M., Lehning, D. W., and Corradini, K. J. 2008. PRedICT Version 7.1: users guide. *Penn State Institute of Energy and Environment*.
- Evans, M. E. and Corradini, K.J. 2016. MapShed Version 1.5, Users Guide, Penn State Institutes of Energy and the Environment, The Pennsylvania State University, University Park, PA, 16802, 144 pp.
- Fan, C., Ko, C. H. and Wang, W. S. 2009. An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1824-1832.

- Feola, G., Rahn, E., Binder, C.R. 2011. Suitability of pesticide risk indicators for less developed countries: a comparison. *Agric. Ecosyst. Environ.* 142, 238e245.
- Giraldo, S.E. and Fuentes, H.R. 2004. Development of a contaminant ranking model in Florida (USA) and its transfer to protect groundwater supplies in Latin American & Caribbean. Sustainable Engineering and Construction Management Track–Paper No. 123. Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2004). Miami, Florida, USA.
- Giuntoli, I. Vidal, J. P. Prudhomme, C. Hannah, D. M. 2015. Future hydrological extremes: the uncertainty from multiple global climate and global hydrological models. *Earth System Dynamics*, 6(1): 267-285.
- Gosling, S. N. et al. 2017. A comparison of changes in river runoff from multiple global and catchment-scale hydrological models under global warming scenarios of 1 C, 2 C and 3 C. *Climatic Change*, 141: 577-595.
- Grant, J.A. 2021. Calculator for Field Use EIQ (Environmental Impact Quotient). New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. 2010-2020. <https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/>.
- Gustafson, D. 1989. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environ. Toxicol. Chem.* 8, 339–357. <https://doi.org/10.1002/etc.5620080411>.
- Gutsche, V. and Rossberg, D. 1997. SYNOPS 1.1: a model to assess and to compare the environmental risk potential of active ingredients in plant protection products. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 64(2), 181-188.
- Gutsche, V. and Strassemer, J. 2007. SYNOPS—Ein Model zur Bewertung des UmweltRisiko-potentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 59, 197–210.
- Guyennon, N. F., Salerno, I. P. and Romano, E. 2017. Climate change adaptation in a Mediterranean semi-arid catchment: testing managed aquifer recharge and increased surface reservoir capacity. *Water*, 9(9): 689
- Halfon, E., Galassi, S., Bruggemann, R., and Provini, A. 1996. Selection of priority properties to assess environmental hazard of pesticides. *Chemosphere* 33(8):1543–62
- Heydari, S. M. Aris, T. N. M. Yaakob, R. and Hamdan, H. 2019. Hydrological Modeling of Murray River Basin Using The Hydrological Simulation Program-FORTRAN Model. In *2019 IEEE 7th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC)* (pp. 237-241). IEEE.
- Holtzapffel, R., Mewett, O., Wesley, V., and Hattersley, P. 2008. Genetically modified crops: tools for insect pest and weed control in cotton and canola. *Australian Government Bureau of Rural Sciences, Canberra*, pp81.
- Iqbal, M., M., Shoaib, M., Agwanda, P., and Lee, J., L. 2018. Modeling approach for water-quality management to control pollution concentration: A case study of Ravi River, Punjab, Pakistan. *Water*, 10(8), 1068.

- IPCC. 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Editör.) IPCC, Geneva, Switzerland
- IPCC. 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Editör.) IPCC, Geneva, Switzerland
- IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pörtner, H., O., et. al. Cambridge University Press. In Press.
- Jayasiri, M. M., Yadav, S., Propper, C. R., Kumar, V., Dayawansa, N. D. and Singleton, G. R. 2022. Assessing potential environmental impacts of pesticide usage in paddy ecosystems: a case study in the Deduru Oya River Basin, Sri Lanka. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41(2), 343-355.
- Juraske, R., Antón, A., Castells, F., and Huijbregts, M. 2007. PestScreen: A screening approach for scoring and ranking pesticides by their environmental and toxicological concern. *Environment International*, 33(7), 886-893.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö., O., ve Çavuşoğlu, K. 2005. Aksu Çayı'nın su kalitesi değişimi üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 37-45.
- Kaçıkoç, M. and Beyhan, M. 2014. Hydrodynamic and water quality modeling of Lake Eğirdir. *Clean-Soil, Air, Water*, 42(11), 1573-1582.
- Kalkınma Planları. 2014;2019;2024. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Kalkınma Planları. <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Yorulmaz, B. 2008a. Aksu Çayı'nda (Isparta-Antalya) Epilitik Alg Çeşitliliği Ve Akarsuyun Fizikokimyasal Yapısı Arasındaki İlişki. *Ekoloji* 17: 15-22.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M.Z., Zeybek, M. 2008b. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi Ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi* 20 (1): 23-33.
- Kalyoncu, H., Barlas, M. ve Ertan, Ö. 2009. Aksu Çayı'nın su kalitesinin biotik indekslere (diatomlara ve omurgasızlara göre) ve fizikokimyasal parametrelere göre incelenmesi, organizmaların su kalitesi ile ilişkileri. *Tübbav Bilim Dergisi*, 2(1), 14-25.
- Kayode, O. O. and Muthukrishna, V. K. 2018. Assessment of some existing water quality models. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17(3), 939-948.
- Khawairakpam, E., Khosa, R., Gosain, A. and Nema, A. 2020. Habitat suitability analysis of Pengba fish in Loktak Lake and its river basin. *Ecohydrology*, 13(1), 2164.
- Kim, S., Kim, S., Hwang, S., Lee, H., Kwak, J., Song, J., H., Jun, S., M. and Kang, M., S. 2023: Impact assessment of water-level management on water quality in an estuary reservoir using a watershed-reservoir linkage model. *Agricultural Water*

- Management*, 280: 108234.
- Kniss, A. R., and Coburn, C. W. 2015. Quantitative evaluation of the environmental impact quotient (EIQ) for comparing herbicides. *PloS one*, 10(6), e0131200.
- Koutroulis, A. G. Grillakis, M. G. Daliakopoulos, I. N. Tsanis, I. K., and Jacob, D. 2016. Cross sectoral impacts on water availability at +2 C and +3 C for east Mediterranean island states: The case of Crete. *Journal of Hydrology*, 532: 16-28.
- Kovach, J. Petzoldt, C. Degnil, J. and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin. Number 139, pp. 1-8, ISSN 0362-0069.
- Kudsk, P. Jørgensen, L.N. and Ørum, J.E. 2018. Pesticide Load—A new Danish pesticide risk indicator with multiple applications. *Land Use Policy*, 70 (2018): 384-393.
- Labite, H. Butler, F. and Cummins, E. 2011. A review and evaluation of plant protection product ranking tools used in agriculture. *Human and Ecological Risk Assessment*, 17.2: 300-327.
- Ledin, A. Eriksson, E. Flygare, S. Runesson, L. Baun, A. and Mikkelsen, P. S. 2007. Selection of stormwater priority pollutants in the City of Malmö, Sweden. *Hal Science*.
- Ledin, A. Eriksson, E. and Wahlberg, C. 2008. Selection of priority pollutants for Stockholm city—Real life application of CHIAT. In: Th'evenotD(ed), DayWater: An Adaptive Decision Support System for Urban Stormwater Management, pp 201–11. IWA Publishing. ISBN 9781843391609. London, UK
- Lerche, D. and Sørensen, PB. 2003. Evaluation of the ranking probabilities for partial orders based on random linear extensions. *Chemosphere* 53(8):981–92
- Lerche, D. Matsuzaki, S. Sørensen, P. Carlsen, L. and Nielsen, O. 2004. Ranking of chemical substances based on the Japanese Pollutant Release and Transfer Register using partial order theory and random linear extensions. *Chemosphere* 55(7):1005–25
- Levitan, L. Merwin, I. and Kovach, J. 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 55(3), 153-168.
- Levitan L. 2000. How “to” and “why”: Assessing the enviro-social impacts of pesticides. *Crop Prot* 19:629–36
- Liu, C.J. Yu, M.H. Jia, L.W. et al. 2019. Impacts of physical alterations on salt transport during the dry season in the Modaomen Estuary, Pearl River Delta. China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 227 (14).
- Liu, Y. Theller, L. O. Pijanowski, B. C. and Engel, B. A. 2016. Optimal selection and placement of green infrastructure to reduce impacts of land use change and climate change on hydrology and water quality: An application to the Trail Creek Watershed, Indiana. *Science of the Total Environment*, 553, 149-163.
- Low, F., Lin, H. M., Gerrard, J. A., Cressey, P. J. and Shaw, I. C. 2004. Ranking the risk of pesticide dietary intake. *Pest Management Science*, 60(9), 842-848.
- Marchane, A., Trambly, Y., Hanich, L., Ruelland, D. and Jarlan, L. 2017. Climate

- change impacts on surface water resources in the Rheraya catchment (High Atlas, Morocco). *Hydrological Sciences Journal*, 62(6): 979-995.
- Marcos-Garcia, P. Lopez-Nicolas, A. and Pulido-Velazquez, M. 2017. Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin. *Journal of Hydrology*, 554: 292-305.
- Markiewicz, A. et al. 2017. Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of the Total Environment*, 1162-1174.
- Marx, A. et al., 2018: Climate change alters low flows in Europe under global warming of 1.5, 2, and 3°C. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(2): 1017–1032,
- Masia, S. Sušnik, J. Marras, S. Mereu, S. Spano, D. and Trabucco, A. 2018. Assessment of irrigated agriculture vulnerability under climate change in Southern Italy. *Water*, 10(2): 209.
- Masson-Delmotte, V. P., Zhai, P., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., ... & Scheel Monteiro, P. M. 2021. Ipcc, 2021: Summary for policymakers. in: Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
- Muhammetoglu, A. ve Soyupak, S. 2000. A Three-Dimensional Water Quality-Macrophyte Interaction Model for Shallow Lakes. *Ecological Modelling*, 133.
- Muhammetoglu, A and Uslu, B. 2007. Application of environmental impact quotient model to Kumluca region, Turkey to determine environmental impacts of pesticides. *Water Science and Technology*, 56(1), 139-145.
- Muhammetoglu, A. Durmaz, S. and Uslu, B. 2010. Evaluation of the environmental impact of pesticides by application of three risk indicators. *Environmental Forensics*, 11(1-2), 179-186.
- Muhammetoglu, A., Keyikoglu, R., Cil, A., Muhammetoglu, H. 2019. Integrated management of pesticides in an intensive agricultural area: a case study in Altinova, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 599.
- Muhammetoglu, A., Kocer, M. A. T., ve Durmaz, S. 2022. Evaluation of different management scenarios for trout farm effluents using dynamic water quality modeling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4), 312.
- Muhammetoglu, A. 2022. River Water Quality Assessment and Management Using Deterministic Modelling, Water Quality Indices and Statistical Analysis, TUBITAK Bilateral Project (Project No: 119Y267) Final Report (In Turkish).
- Myers, D. N. and Sylvester, M. D. 1997. National field manual for the collection of water-quality data—Biological indicators: US Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A7, variously paged.
- Nguyen, V. T. and Nguyen, H. H. 2017. Development of a Modeling Tool for Watershed Systems. In *World Environmental and Water Resources Congress*, (pp. 373-383).
- Novotny, V. and Olem, O.H. 1994. Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold, New York.

- OECD. 2004a;b. Guidance Document on the Use of Multimedia Model for Estimating Overall Environmental Persistence and Long-Range Transport; Series on Testing and Assessment 45; OECD Environment, Health and Safety Publications, Paris, France.
- Okkan, U. and Kirdemir, U. 2018: Investigation of the behavior of an agricultural operated dam reservoir under RCP scenarios of AR5-IPCC. *Water Resources Management*, 32(8): 2847–2866.
- Oliver, D. P., Kookana, R. S., Miller, R. B., and Correll, R. L. 2016. Comparative environmental impact assessment of herbicides used on genetically modified and non-genetically modified herbicide-tolerant canola crops using two risk indicators. *Science of the Total Environment*, 557, 754-763.
- Oo, H. T., Zin, W. W. and Kyi, C. T. 2020. Analysis of streamflow response to changing climate conditions using SWAT model. *Civil Engineering Journal*, 6(2), 194-209.
- Özonat, Ç. 2018. Planning process for drinking water resource protection: a case study of Kartalkaya dam basin. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 2(1), 36-57.
- Padovani L, Trevisan M, and Capri E. 2004. A calculation procedure to assess potential environmental risk of pesticides at the farm level. *Ecol Indicat* 4:111–23.
- Park, R. A. 1974. A generalized model for simulating lake ecosystems. *Simulation*, 23(2), 33-50.
- Park, R. A., Clough, J. S., and Wellman, M. C. 2008. AQUATOX: Modeling environmental fate and ecological effects in aquatic ecosystems. *Ecological Modelling*, 213(1), 1-15.
- Pavlis, M., Cummins, E., and McDonnell, K. 2010. Groundwater vulnerability assessment of plant protection products: A review. *Human Ecological Risk Assessment* 16(3):621–650
- Payraudeau, S. and Van Der Werf, H. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: A review of methods. *Agriculture Ecosystems Environment*, 107(1–2):1–19
- Pokhrel, B. and Paudel, K. P. 2014. *Assessing the Efficiency of Alternative Best Management Practices to Reduce Nonpoint Source Pollution in the Mississippi-Atchafalaya River Basin (MARB)* (No. 329-2016-13334, pp. 1-21).
- Pokhrel, B. K. and Paudel, K. P. 2019. Assessing the efficiency of alternative best management practices to reduce nonpoint source pollution in a rural watershed located in Louisiana, USA. *Water*, 11(8), 1714.
- PPDB 2023. Pesticide Properties Data Base, Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire.
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/11.htm>
- Qi, Z., Kang, G., Chu, C., Qiu, Y., Xu, Z., and Wang, Y. 2017. Comparison of SWAT and GWLF model simulation performance in humid south and semi-arid north of China. *Water*, 9(8), 567.
- Ranasinghe, R., et. al. 2021. Climate change information for regional impact and for risk

- assessment. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp. 1767-1926. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rashleigh, B. 2003. Application of AQUATOX, a process-based model for ecological assessment, to Contentnea Creek in North Carolina. *Journal of Freshwater Ecology*. 18, 515–522.
- Recchia, L., Sarri, D., Rimediotti, M., Boncinelli, P., Cini, E., and Vieri, M. 2018. Towards the environmental sustainability assessment for the viticulture. *Journal of Agricultural Engineering*, 49(1), 19-28.
- Reus, J. and Leendertse, PC. 2000. The environmental yardstick for pesticides: A practical indicator used in the Netherlands. *Crop Protection*. 19(8–10):637–41
- Reus, J., et al. 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 90(2):177–87
- Ritter, W.F. and A. Shirmohammadi, 2001. Agricultural Non-point Source Pollution: Watershed Management and Hydrology. Lewis Publishers, New York.
- Roudier, P., Andersson, J., Donnelly, C., Feyen, L., Greuell, W., Ludwig, F. 2016. Projections of future floods and hydrological droughts in Europe under a+ 2 C global warming. *Climatic Change*, 135(2): 341-355.
- S´anchez-Bayo F, Baskaran S, and Kennedy IR. 2002. Ecological relative risk (EcoRR): Another approach for risk assessment of pesticides in agriculture. *Agric Ecosyst Environ* 91:37–57
- Smith, V.H., Tilman, G.D., Nekola, J.C., 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100:179-196.
- Soullignac, F., Anneville, O., Bouffard, D., et al. 2019. Contribution of 3D coupled hydrodynamic-ecological modeling to assess the representativeness of a sampling protocol for lake water quality assessment. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*. (420), 42.
- Stenrød, M., Heggen, H. E., Bolli, R. I., and Eklo, O. M. 2008. Testing and comparison of three pesticide risk indicator models under Norwegian conditions—a case study in the Skuterud and Heiabekken catchments. *Agriculture, ecosystems & environment*, 123(1-3), 15-29.
- Strassemeyer, J., Daehmlow, D., Dominic, A. R., Lorenz, S., and Golla, B. 2017. SYNOPS-WEB, an online tool for environmental risk assessment to evaluate pesticide strategies on field level. *Crop Protection*, 97, 28-44.
- Swanson MB, Davis GA, Kincaid LE, et al. 1997. A screening method for ranking and scoring chemical by potential human health and environment impacts. *Environ Toxicol Chem* 16(2):372–83.
- TOB 2020. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/iklimkitap2020.pdf>

- TOB 2023. Bitki Üretim Veritabanı. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Dairesi Başkanlığı. <https://bku.tarimorman.gov.tr/Arama/Index>
- Tramblay, Y., et al. 2020. Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Science Review*, 210: 103348
- Van der Werf, H.M.G. and Zimmer C. 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere*, Vol. 36, No. 10, pp. 2225-2249.
- Van Zelm R, Huijbregts MAJ, and D. Van de Meent D. 2009. USES-LCA 2.0—A global nested multi-media fate, exposure, and effects model, *Int J Life Cycle Assess* 14(3):282–84
- Verhoeven, J. T. W., and Wossink, G. A. A. 1994. An environmental yardstick in farm economic modelling of future pesticide use: the case of arable farming. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 42(4), 331-341.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenko, J., Melillo, J.M., 1997a. Human Domination Of Earth's Ecosystems. *Science*, 277:494-499.
- Vitousek, P.M., Aber, J., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.H., Tilman, G.D., 1997b. Human Alteration Of The Global Nitrogen Cycle: Causes And Consequences. *Ecological Applications* 7:737-750
- Walter, M. F., Steenhuis, T. S., and Haith, D. A. 1979. Nonpoint source pollution control by soil and water conservation practices. *Transactions of the ASAE*, 22(4), 834-0840.
- Ward, S., Shea, D and Cope G. 2005. Development of a Standardized Process for Ranking and Prioritizing Contaminants in the Contaminant Assessment Process. Available at http://www.fws.gov/raleigh/pdfs/SRP_1205Final.pdf (accessed June 12, 2009)
- Whitehead, P. G., Wilson, E. J., and Butterfield, D. 1998. A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I—model structure and process equations. *Science of the Total Environment*, 210, 547-558.
- Wool, T. 2020. WASP 8: The Next Generation in the 50-year Evolution of USEPA's Water Quality Model. *Water*, 12, 1398.
- Yagow, G. 2004. Using GWLF for development of “reference watershed approach” TMDLs. In *2004 ASAE Annual Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Yenilmez, F. and Aksoy, A. 2013. Comparison of phosphorus reduction alternatives in control of nutrient concentrations in Lake Uluabat (Bursa, Turkey): Partial versus full sediment dredging. *Limnologica*, 43(1), 1-9.
- Yenilmez, F. 2022. Statistical Evaluation of Water Quality and Meteorological Conditions in Karacaören-II Dam Lake. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 5(1), 97-104.
- Yeste, P., Rosa-Cánovas, J. J., Romero-Jiménez, E., Ojeda, M. G. V., Gámiz-Fortis, S. R., Castro-Díez, Y., and Esteban-Parra, M. J. 2021. Projected hydrologic changes over the north of the Iberian Peninsula using a Euro-CORDEX multi-model

ensemble. *Science of The Total Environment*, 777: 146126.

YSYK, 2021.Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 16 Haziran 2021Tarihli ve 31513 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Yuan, L., Sinshaw, T., and Forshay, K. J. 2020. Review of watershed-scale water quality and nonpoint source pollution models. *Geosciences*, 10(1), 25.

Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, 11 Şubat 2014 Tarihli ve 28910 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.



7. EKLER

Ek.1. Tez çalışması kapsamında izleme çalışması gerçekleştirilen pestisitlere ait özellikler

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler (µg/L)	Analiz Metodu
4,4'-DDD	72-54-8	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,025	0,025	İşletme İçi Metot 352
Aldrin	309-00-2	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,01	-	İşletme İçi Metot 352
Asetochlor	34256-82-1	Belirli	Herbisit	0,0017	0,005	0,3	10,1	İşletme İçi Metot 352
Azinfos-metil	86-50-0	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,05	0,4	İşletme İçi Metot 314
DDT (toplam)	50-29-3	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,01	0,65	İşletme İçi Metot 352
2,4-DDT	789-02-6		Organoklor pestisit	0,0017	0,005		İ	İşletme İçi Metot 352
4,4-DDT	50-29-3		Organoklor pestisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Diazinon	333-41-5	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,9	4	İşletme İçi Metot 314
Dieldrin	60-57-1	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,02	0,93	İşletme İçi Metot 352
Difenilamin	122-39-4	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	37	100	İşletme İçi Metot 314
Endrin	72-20-8	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,01	-	İşletme İçi Metot 352
Fenitrotyon (ISO); O,O-dimetil O-4-nitro-m-tolil fosforotiyoat	122-14-5	Belirli	İnsektisit	0,033	0,1	3,5	103	İşletme İçi Metot 314
Fentiyon	55-38-9	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,05	1,1	İşletme İçi Metot 314
İsodrin	465-73-6	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,01	-	İşletme İçi Metot 352
Klorotalonil	1897-45-6	Belirli	Fungisit	0,0017	0,005	0,3	4,2	İşletme İçi Metot 352
Linuron	330-55-2	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	3	7	İşletme İçi Metot 314
Permetrin	52645-53-1	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,12	0,12	İşletme İçi Metot 314
Piriprosifen	95737-68-1	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,02	7,5	İşletme İçi Metot 314

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Triadimenol; α-ter-bütil-β-(4-klorofenoksi)-1H-1,2,4-triazol-1-etanol	55219-65-3	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	32	250	İşletme İçi Metot 314
Prokloraz; N-propil-N-[2-(2,4,6-triklorofenoksi)etil]-1H-imidazol-1-karboksamid	67747-09-5	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	11	13	İşletme İçi Metot 314
Propetamfos	31218-83-4	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,05	0,7	İşletme İçi Metot 314
2,4-d; (2,4-diklorofenoksi)	94-75-7	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	5,3	583	İşletme İçi Metot 314
2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOK	534-52-1	Belirli	Herbisit	0,33	1	20	23	EPA 3510 C EPA 8270 E
Asetamiprid	135410-20-7	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Atrazin-desetil	6190-65-4	Belirli	Herbisit	0,033	0,1	0,3	3	İşletme İçi Metot 314
Azoksistrobin	131860-33-8	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,2	6	İşletme İçi Metot 314
Bentazon	25057-89-0	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	4,5	832	İşletme İçi Metot 314
Lindan	58-89-9	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	1,4	4	İşletme İçi Metot 352
Boskalid	188425-85-6	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	19	113	İşletme İçi Metot 314
Bromofos-etil	4824-78-6	Belirli	İnsektisit	0,0017	0,005	0,01	0,1	İşletme İçi Metot 352
Bromofos-metil	2104-96-3	Belirli	İnsektisit	0,0017	0,005	0,001	0,1	İşletme İçi Metot 352
Bromopropilat	18181-80-1	Belirli	Pestisit	0,0017	0,005	0,12	23	İşletme İçi Metot 352
Bromoksinil	1689-84-5	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	36	262	İşletme İçi Metot 314
Buprofezin	69327-76-0	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	3,5	3,5	İşletme İçi Metot 314

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Butralin	33629-47-9	Belirli	İnsektisit	0,17	0,5	0,1	4,1	İşletme İçi Metot 314
Kadusafos	95465-99-9	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,01	0,02	İşletme İçi Metot 314
Captan	133-06-2	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	1,6	8,5	EPA 3510 C EPA 8270 E
Klorantraniliprol	500008-45-7	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,09	1,4	İşletme İçi Metot 314
Klorobenzilat	510-15-6	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	6	60	İşletme İçi Metot 352
Cis-Klordan	5103-71-9	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	Klordan 42	Klordan 42	İşletme İçi Metot 352
Trans-Klordan	5103-74-2		Organoklor pestisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Klorfenapir	122453-73-0	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,007	0,4	İşletme İçi Metot 352
Kloridazon; pirazon	1698-60-8	Belirli	Organoklor pestisit	0,007	0,02	6	6	İşletme İçi Metot 314
Klorsulfuron	64902-72-3	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	0,02	0,6	İşletme İçi Metot 314
*Clofentezin	74115-24-5	Belirli	Akarisit	0,017	0,05	0,12	0,5	İşletme İçi Metot 314
Klopiralid	1702-17-6	Belirli	Herbisit	0,033	0,1	200	200	İşletme İçi Metot 314
Klotianidin	210880-92-5	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	1,2	1,2	İşletme İçi Metot 314
*Siflutrin	68359-37-5	Belirli	İnsektisit	0,17	0,5	0,001	0,003	İşletme İçi Metot 314
Siprodinil	121552-61-2	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	4,3	21	İşletme İçi Metot 314
Siromazin	66215-27-8	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,2	16	İşletme İçi Metot 314
4,4'-DDE	72-55-9	Belirli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,02	0,2	İşletme İçi Metot 352
Diklobenil	1194-65-6	Belirli	Herbisit	0,0017	0,005	0,6	187	İşletme İçi Metot 352

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Dietofenkarb	87130-20-9	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,7	910	İşletme İçi Metot 314
Difenokonazol	119446-68-3	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,2	5,5	İşletme İçi Metot 314
Diflubenzuron	35367-38-5	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,13	0,13	İşletme İçi Metot 314
Diflufenikan	83164-33-4	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,01	0,01	İşletme İçi Metot 314
Dimetenamid	87674-68-8	Belirli	İnsektisit	0,17	0,5	0,4	1,5	İşletme İçi Metot 314
Dimetoat	60-51-5	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	15	15	İşletme İçi Metot 314
Dimetomorf	110488-70-5	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	3,5	61	İşletme İçi Metot 314
Dinobuton	973-21-7	Belirli	Fungisit	0,0017	0,005	0,05	0,5	İşletme İçi Metot 352
Epoksikonazol	133855-98-8	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,8	0,8	İşletme İçi Metot 314
Etalfluralin	55283-68-6	Belirli	Herbisit	0,0017	0,005	0,3	0,5	İşletme İçi Metot 352
Etofumesat	26225-79-6	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	48	324	İşletme İçi Metot 314
Etoprofos	13194-48-4	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,21	6,4	İşletme İçi Metot 314
Fenamifos	22224-92-6	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,01	0,08	İşletme İçi Metot 314
Fenarimol	60168-88-9	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	0,07	0,07	İşletme İçi Metot 314
Feneksamid	126833-17-8	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	28	28	İşletme İçi Metot 314
Fenpropatrin	39515-41-8	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,01	0,01	İşletme İçi Metot 314
Fenpropimorf	67564-91-4	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,1	30	İşletme İçi Metot 314
Fluazifop-p-butil	79241-46-6	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	4,8	53	İşletme İçi Metot 314
Fludioksonil	131341-86-1	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	1,2	3,1	İşletme İçi Metot 314
Fluopiram	658066-35-4	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	50	275	İşletme İçi Metot 314
Flukinkonazol	136426-54-5	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	3,1	3,1	İşletme İçi Metot 314
Fluroksipir	69377-81-7	Belirli	Herbisit	0,083	0,25	5600	5600	İşletme İçi Metot 314
Flutolanil	66332-96-5	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	55	975	İşletme İçi Metot 314

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Flutriafol	76674-21-0	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	25	79	İşletme İçi Metot 314
Fostiazat	98886-44-3	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Hekzakonazol	79983-71-4	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	11	115	İşletme İçi Metot 314
Hekzitiazoks	78587-05-0	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,4	0,4	İşletme İçi Metot 314
Imazalil	35554-44-0	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	50	73	İşletme İçi Metot 314
Imazapir	81334-34-1	Belirli	Herbisit	0,17	0,5	1900	1900	İşletme İçi Metot 314
*Imidakloprid	138261-41-3	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	0,14	1,4	İşletme İçi Metot
Lenasil	8/1/2164	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	1	1	İşletme İçi Metot 314
Malation	121-75-5	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Mandipropamid	374726-62-2	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	46	250	İşletme İçi Metot 314
Mesotrion	104206-82-8	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	44	705	İşletme İçi Metot 314
Metalaksil	57837-19-1	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	17	5320	İşletme İçi Metot 314
Metamitron	41394-05-2	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	2	4,5	İşletme İçi Metot 314
Metazachlor	67129-08-2	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Metamidofos	10265-92-6	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,2	0,2	İşletme İçi Metot 314
Metidation	950-37-8	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Metomil	16752-77-5	Belirli	İnsektisit	0,017	0,05	42	42	İşletme İçi Metot 314
Metoksifenozyd	161050-58-4	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	11	110	İşletme İçi Metot 314
Metazachlor	51218-45-2	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	3,3	88	İşletme İçi Metot 314
Metrafenon	220899-03-6	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	12	13	İşletme İçi Metot 314
Molinat	2212-67-1	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	136	460	İşletme İçi Metot 314
Monokrotofos	6923-22-4	Belirli	İnsektisit	0,033	0,1	0,4	45	İşletme İçi Metot 314
Miklobutanil	88671-89-0	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	9,6	9,6	İşletme İçi Metot 314
Nikosulfuron	111991-09-4	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	0,05	0,2	İşletme İçi Metot 314

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
*Nitrofen	1836-75-5	Belirli	Herbisit	0,0017	0,005	0,2	90	İşletme İçi Metot 352
Ometoat	1113-02-6	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	16	16	İşletme İçi Metot 314
Okzadiazon	19666-30-9	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	0,3	9	İşletme İçi Metot 314
Okzadiksil	77732-09-3	Belirli	Fungisit	0,0017	0,005	306	306	İşletme İçi Metot 352
Paration-metil	298-00-0	Belirli	İnsektisit	0,0017	0,005	1,4	2,5	İşletme İçi Metot 352
Penkonazol	66246-88-6	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	1,2	1,9	İşletme İçi Metot 314
Pendimethaline	40487-42-1	Belirli	Herbisit	0,017	0,05	0,5	8	İşletme İçi Metot 314
Fentoat	3/7/2597	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,05	0,5	İşletme İçi Metot 314
*Pikloram	2/1/1918	Belirli	Herbisit	0,17	0,5	55	1401	İşletme İçi Metot 314
Pirimikarb	23103-98-2	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	3,3	21	İşletme İçi Metot 314
Prosimidon	32809-16-8	Belirli	Fungisit	0,0017	0,005	12	12	İşletme İçi Metot 352
Prometrin	7287-19-6	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	0,3	2	İşletme İçi Metot 314
Propamokarb HCL	25606-41-1	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	2240	3914	İşletme İçi Metot 314
Propazin	139-40-2	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	0,3	4,1	İşletme İçi Metot 314
Profam	122-42-9	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	1	989	İşletme İçi Metot 314
Propikonazol	60207-90-1	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	0,7	50	İşletme İçi Metot 314
Propizamid	23950-58-5	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	23	112	İşletme İçi Metot 314
Protiofos	34643-46-4	Belirli	İnsektisit	0,033	0,1	0,1	16	İşletme İçi Metot 314
Piraklostrobin	175013-18-0	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	0,08	0,08	İşletme İçi Metot 314
Piridaben	96489-71-3	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,25	0,25	İşletme İçi Metot 314
Pirimetanil	53112-28-0	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	12	139	İşletme İçi Metot 314
Kuinalfos	13593-03-8	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,2	1,4	İşletme İçi Metot 314
Kuizalofop-p-etil	100646-51-3	Belirli	Herbisit	0,033	0,1	1	1	İşletme İçi Metot 314

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Spiroksamin	118134-30-8	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	42	42	İşletme İçi Metot 314
Tebukonazol	107534-96-3	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	23	121	İşletme İçi Metot 314
Tebuturon	34014-18-1	Belirli	Herbisit	0,17	0,5	0,18	7,4	İşletme İçi Metot 314
*Teknazen	117-18-0	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	1	10	İşletme İçi Metot 314
Teflutrin	79538-32-2	Belirli	İnsektisit	0,0017	0,005	0,002	0,002	İşletme İçi Metot 352
Terbutilazin	5915-41-3	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	0,2	3,5	İşletme İçi Metot 314
Tiabendazol	148-79-8	Belirli	Fungisit	0,017	0,05	0,5	28	İşletme İçi Metot 314
Tiakloprid	111988-49-9	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,13	2	İşletme İçi Metot 314
Tiametokzam	153719-23-4	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	20	20	İşletme İçi Metot 314
Tiometon	640-15-3	Belirli	İnsektisit	0,033	0,1	0,01	47	İşletme İçi Metot 314
Tiofanat-metil	23564-05-8	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Tolklofos-metil	57018-04-9	Belirli	Fungisit	0,033	0,1	1,2	7	İşletme İçi Metot 314
Tolfenpirad	129558-76-5	Belirli	İnsektisit	0,007	0,02	0,2	0,2	İşletme İçi Metot 314
Triasulfuron	82097-50-5	Belirli	Herbisit	0,007	0,02	0,012	0,12	İşletme İçi Metot 314
Tribenuron-metil	101200-48-0	Belirli	Herbisit	0,033	0,1	0,04	0,08	İşletme İçi Metot 314
Trifloksistrobin	141517-21-7	Belirli	Fungisit	0,007	0,02	42	42	İşletme İçi Metot 314
Triflumuron	64628-44-0	Belirli	İnsektisit	0,033	0,1	0,23	0,23	İşletme İçi Metot 314
Vinklozolin	50471-44-8	Belirli	Fungisit	0,0017	0,005	1,1	84	İşletme İçi Metot 352

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Alpha-Endosulfan	Endosulfan 115-29-7	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	Endosulfan 0,005	Endosulfan 0,01	İşletme İçi Metot 352
Beta- Endosulfan			Organoklor pestisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Alpha-HCH	Hekzaklorosiklo hekzan 608-73-1	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	Hekzaklorosiklohekzan 0,02	Hekzaklorosiklohekzan 0,04	İşletme İçi Metot 352
Beta- HCH			Organoklor pestisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Delta-HCH			Organoklor pestisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Alaklor	15972-60-8	Öncelikli	Herbisit	0,007	0,02	0,3	0,7	İşletme İçi Metot 314
Atrazin	1912-24-9	Öncelikli	Herbisit	0,007	0,02	0,6	2	İşletme İçi Metot 314
Klorfenvinfos	470-90-6	Öncelikli	İnsektisit	0,007	0,02	0,1	0,3	İşletme İçi Metot 314
Klorpirifos (Klorpirifos-etil)	2921-88-2	Öncelikli	İnsektisit	0,017	0,05	0,03	0,1	İşletme İçi Metot 314
Diuron	330-54-1	Öncelikli	Herbisit	0,007	0,02	0,2	1,8	İşletme İçi Metot 314
Endosulfan	115-29-7	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,005	0,01	İşletme İçi Metot 352
Hekzakloro-benzen	118-74-1	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	-	0,05	İşletme İçi Metot 352
Hekzakloro-siklohekzan	608-73-1	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,02	0,04	İşletme İçi Metot 352
Isoproturon	34123-59-6	Öncelikli	Herbisit	0,017	0,05	0,3	1	İşletme İçi Metot 314
Pentakloro-benzen	608-93-5	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	0,007	-	İşletme İçi Metot 352

Parametre	CAS No	Kirletici Grubu	Çeşidi	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	YO-ÇKS Nehirler µg/L	MAK-ÇKS Nehirler µg/L	Analiz Metodu
Simazin	122-34-9	Öncelikli	Herbisit	0,017	0,05	1	4	İşletme İçi Metot 314
Trifluralin	1582-09-8	Öncelikli	Herbisit	0,0017	0,005	0,03	-	İşletme İçi Metot 352
Dicofol	115-32-2	Öncelikli	Organoklor pestisit	0,0017	0,005	1,3x10 ⁻³	-	İşletme İçi Metot 352
Kinoksifen	124495-18-7	Öncelikli	Fungisit	0,007	0,02	0,15	2,7	İşletme İçi Metot 314
Aklonifen	74070-46-5	Öncelikli	Herbisit	0,033	0,1	0,12	0,12	İşletme İçi Metot 314
Bifenoks	42576-02-3	Öncelikli	Herbisit	0,033	0,1	0,012	0,04	İşletme İçi Metot 352
*Sibutrin	28159-98-0	Öncelikli	Biosit	0,17	0,5	0,0025	0,016	İşletme İçi Metot 314
Sipermetrin	52315-07-8	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005	8x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁴	İşletme İçi Metot 352
Alpha-cypermethrin	67375-30-8	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Beta-cypermethrin	65731-84-2	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Teta-cypermethrin	71697-59-1	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Zeta-cypermethrin	52315-07-8	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005			İşletme İçi Metot 352
Diklorvos	62-73-7	Öncelikli	İnsektisit	0,017	0,05	6x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴	İşletme İçi Metot 314
Heptaklor	76-448	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005	2x10 ⁻⁷	3x10 ⁻⁴	İşletme İçi Metot 352
heptaklor epoksit	1024-57-3	Öncelikli	İnsektisit	0,0017	0,005	2x10 ⁻⁷	3x10 ⁻⁴	İşletme İçi Metot 352
Terbutrin	886-50-0	Öncelikli	Herbisit	0,033	0,1	0,065	0,34	İşletme İçi Metot 314

EK.2 Antalya Bölgesinde Yaygın olarak kullanılan Pestisitlere ait özellikler**Aktif Madde: Acetamiprid** (aktif madde: %20)**Pestisit ticari adı:** HEKPLAN**Formülasyon:** 20 SP Suda Çözünen Toz (SP)**Ürün grubu:** Bitki Koruma**Kategori:** İnsektisit (Böcek İlacı)

Acetamiprid'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Pamuk	Pamuk yaprakbiti (<i>Aphis gossypii</i>)	10 g/da (nimf, ergin)	-
	Yaprakpireleri (<i>Empoasca decipiens</i> , <i>Asymmetrasca decedens</i>)		
	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	40 g/da (larva, ergin)	
Patates	Patates böceği (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	6 g/da (larva, ergin)	7 gün
Domates (Tarla)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	30 g/da (larva, ergin)	3 gün
Domates (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	30 g/100 L su (larva, ergin)	3 gün
	Sera beyazsineği (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)		
A.fıstığı	Antepfıstığı psillidi (<i>Agonoscena pistaciae</i>)	20 g/ 100 L (ergin, nimf)	7 gün
Patlıcan (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	30 g/100 L (larva, ergin)	1 gün
	Sera beyazsineği (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)		
Elma	Elma yeşil yaprakbiti (<i>Aphis pomi</i>)	20 g/ 100 L (ergin, nimf)	14 gün
Hıyar (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	30 g/100 L (larva, ergin)	3 gün
	Sera beyazsineği (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)		
Tütün	Şeftali yaprakbiti (<i>Myzus persicae</i>)	10 g/da (nimf, ergin)	10 gün
Karpuz	Şeftali yaprakbiti (<i>Myzus persicae</i>)	25 g/da (nimf, ergin)	7 gün
Biber (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	30 g/100 L (larva, ergin)	3 gün
	Sera beyazsineği (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)		
	Şeftali yaprakbiti (<i>Myzus persicae</i>)	25 g/100 L (nimf, ergin)	
Kiraz	Kiraz siyah yaprakbiti (<i>Myzus cerasi</i>)	25 g/100 L (nimf, ergin)	7 gün
Nar	Nar yaprakbiti (<i>Aphis punicae</i>)	20 g/100 L su (nimf, ergin)	14 gün

Parametre (Acetamiprid)	Değer
Fare akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	450
Tavşan dermal LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Kuş akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balık akut oral LC ₅₀ (mg/l)	>100
Arı akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	MT

MT = moderately toxic

Aktif Madde: Azoxystrobin (aktif madde: 250 g/L)

Pestisit ticari adı: CAİRA

Formulasyon: Süspansiyon Konsantre (SC)

Ürün grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Azoxystrobin'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Bağ	Bağ Mildiyö (Plasmopara viticola) Külleme (Erysiphe necator) Ölü Kol (Phomopsis viticola)	75 ml/100 L	21 gün
Hıyar	Kabakgillerde Mildiyö (Pseudoperonospora cubensis)	60 ml/100 L	3 gün
	Kabakgillerde Külleme (Erysiphe cichoracearum, Sphaerotecha fuliginea)	75 ml/100 L	3 gün
Kabak	Kabakgillerde Külleme (Erysiphe cichoracearum, Sphaerotecha fuliginea)	75 ml/100 L	3 gün
Domates (Tarla)	Mildiyö (Phytophthora infestans) Erken Yaprak Yanıklığı (Alternaria cucumerina)	75 ml/100 L	3 gün
Karpuz	Alternaria Yaprak Yanıklığı (Alternaria cucumerina)	75 ml/da	3 gün
Biber (Sera)	Külleme (Leveillula taurica)	75 ml/100 L	3 gün
Çilek	Antraknoz (Colletotrichum fragariae, C.gloeosporioides, C. acutatum)	75 ml/da	1 gün
Çeltik	Çeltik yanıklığı (Pyricularia oryzae)	100 ml/da	28 gün

Parametre (Azoxystrobin)	Değer
Memeli akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Arılar akut LD ₅₀ (mg/kg)	>200
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,47
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	PNT

PNT = nispeten toksik değildir (nispeten az sayıda önlem gereklidir).

Aktif Madde: Boscalid (aktif madde: %18,5)

Pestisit Ticari Adı: COLONISE SC

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Boscalid'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Domates, Patlıcan, Biber(sera)	Kurşuni Kuf (Botrytis cinerea)	150g/100L	3 gün
Domates(sera)	Patlıcangillerde Külleme (Leveillula taurica)	60g/100L	3 gün
Hıyar(sera) Kornişon(sera)	Beyaz Çürüklük (Sclerotinia sclerotiorum)	150g/100L	3 gün
Çilek	Kurşuni Kuf (Botrytis cinerea)	150g/100L	3 gün
Karpuz	Alternaria Yaprak Yanıklığı (Alternaria cucumerina)	100g/da	3 gün
Kayısı	Sert çekirdekli meyvelerde çiçek monilyası (Sclerotinia laxa)	100g/100L	7 gün
Kiraz, Şeftali	Sert çekirdekli meyvelerde çiçek monilyası (Sclerotinia laxa)	75g/100L	7 gün
Patates	Erken yaprak yanıklığı (Alternaria solani)	100g/da	3 gün

Parametre (Boscalid)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Kuşlar LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	2,7
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>200

Aktif Madde: Buprofezin (50 g/L Buprofezin + 6.2 g/L Deltamethrin)

Pestisit Ticari Adı: HEKTAŞ ALBEDO

Formülasyon: Emülsiyon konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Buprofezin'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Domates (Sera)	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci) Sera beyazsineği (Trialeurodes vaporariorum)	600 ml/da Larva, pupa, ergin	3 gün

Parametre (Buprofezin)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,1-1
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>100
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	PNT

Aktif Madde: Captan (aktif madde: %50)

Pestisit Ticari Adı: CAPTAN'H

Formülasyon: Islanabilir Toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Captan'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Armut	Karaleke (<i>Venturia pirina</i>)	150 g/100 L	3 gün
Elma	Karaleke (<i>Venturia inaequalis</i>)	150 g/100 L	3 gün
Erik	Cep hastalığı (<i>Taphrina pruni</i>)	300 g/100 L	3 gün
Şeftali	Sert çekirdekli meyvelerde çiçek monilyası (<i>Monilia laxa</i> ; <i>Sclerotinia laxa</i>)	300 /100L	3 gün
Kiraz, Vişne	Sert çekirdekli meyvelerde çiçek monilyası (<i>Monilia laxa</i> = <i>Sclerotinia laxa</i>)	300 g/100 L	3 gün
Şeftali, Kayısı	Sert çekirdekli meyvelerde yaprak delen (<i>Wilsonomyces carpophilus</i>)	300 g/100L	3 gün
Turunçgiller	Turunçgil meyvelerinde kahverengi çürüklük ve gövde zamklanması (<i>Phytophthora citrophthora</i>)	300 g/100L	7 gün
Yeni Dünya	Karaleke (<i>Venturia inaequalis</i> var. <i>eriobotryae</i>)	300 g/100 L	3 gün
Bağ	Mildiyö (<i>Plasmopara viticola</i>)	300 g/100 L	3 gün
	Ölököl (<i>Phomopsis viticola</i>)	250 g/100 L	3 gün
Sebze fideleri	Kök çürüklüğü (Çökerten) (<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Alternaria</i> spp., <i>Sclerotinia</i> spp., <i>Phytophthora</i> spp.)	200-250 g/100 L	-
Domates	Mildiyö (<i>Phytophthora infestans</i>)	300 g/100 L	7 gün
	Yaprak küfü (<i>Cladosporium fulvum</i>)	250 g/100 L	7 gün
Marul	Mildiyö (<i>Bremia lactucae</i>)	300 g/100 L	7 gün
Soğan	Mildiyö (<i>Peronospora destructor</i>)	300 g/100 L	7 gün
Patates	Mildiyö (<i>Phytophthora infestans</i>)	350 g/100 L	7 gün
Karanfil (Süs bitkisi)	Pas (<i>Uromyces carpyophyllus</i>)	250 g/100 L	7 gün
Domates	Sebzelerde kurşuni küf (<i>Botrytis cinerea</i>)	250 g/100 L	7 gün
Tütün (Fidelik)	Çökerten (<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Alternaria</i> spp., <i>Sclerotinia</i> spp.)	200 g/100 L	-

Parametre (Captan)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,186
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>200

Aktif Madde: Chlorpyrifos-methyl (aktif madde: 227 g/L)

Pestisit Ticari Adı: HEKTAŞ LİNUS

Formülasyon: Emülsiyon konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Chlorpyrifos-methyl'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Elma	Elma İçkurdu (Cydia pomonella)	300 ml/100L	21 gün
Şeftali	Şeftali güvesi (Anarsia lineatella)	300ml/ 100L	14 gün
Şekerpancarı	Bozkurt (agrotis spp.)	325ml/da	56 gün
Buğday	Ekin güvesi (Scythris temperatella)	200 ml/da	56 gün
	Hububat hortumu böceği (pachytychius hordei)	375 ml/da	
	Ekin Kamburböceği (Zabrus spp.)	400ml/da	
Bağ	Salkım güvesi (Lobesia botrana)	200 ml/100 L	7 gün
Lahana	Lahana kelebeği (Pieris brassicae)	150 ml/100 L	7 gün
Boş Ambar İlaçlaması	Buğday biti (Sitophilus granarius) Kırma biti (Tribolium confusum) Ekin kambur biti (Rhyzopertha dominica)	425 ml/100 m2	7 gün
Kuru Meyve Zararlıları	Kuru incir kurdu (Ephestia cautella) Kuru meyve güvesi (Plodia interpunctella) Tütün güvesi (Ephestia elutella) Kuru üzüm güvesi (Ephestia figuliella) İç fındık güvesi (Paralipsa gularis) Ekşilik böcekleri (Carpophilus spp.) Testereli böcek (Oryzaephilus surinamensis) Kuru meyve akarı (Carpoglyphus lactis)	425 ml/100 m2	7 gün
Karpuz	Yaprakbitleri (Aphis spp.)	375 ml/da	7 gün
Kavun	Yaprakbitleri (Aphis spp.)	375 ml/da	7 gün
Biber	Çiçektripsi (Frankliniella occidentalis)	375 ml/da	7 gün
Domates	Şeftali yaprakbiti (Myzus persicae)	375 ml/da	7 gün

Parametre(Chlorpyrifos-Methyl)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	1
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,88
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>50

Aktif Madde: Deltamethrin (aktif madde: 25 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Deric2,5 EC

Formülasyon: Süspansiyon konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Deltamethrin'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Kiraz	Kiraz sineği	25 ml/100 L	3 gün
Domates (Sera)	Sebzelerde beyazsinek	100 ml/100 L	3 gün
Antepfıstığı	Antepfıstığı psillidi	30 ml/100 L	3 gün
Armut Ayçiçeği	Armut psillidi	50 ml/100 L	3 gün
	Ayçiçeğinde Çayır tırtılı	25 ml/100 L	
	Yeşilkurt	75 ml/100 L	
Bağ	Dürmece	50 ml/100 L	3 gün
	Salkım güvesi	30 ml/100 L	3 gün
Domates (Sera)	Yeşilkurt	50 ml/da	3 gün
Elma	Elma ağkurdu	5 ml/100 L	3 gün
	Elma içkurdu	15 ml/100 L	3 gün
Fasulye	Bakla yaprakbiti	50 ml/da	3 gün
Fındık	Kırtırtılı	30 ml/100 L	3 gün
Hububat	Ekin kamburböceği	20 ml / da (satih ilaçlaması)	3 gün
	Hububat hortumlu böceği	30 ml/da	3 gün
	Süne	30 ml/da 1-3 Nimf dönemi	3 gün
Kabak	Tütün beyazsineği	100 ml/da	3 gün
Mercimek	Mercimekte Apion	50 ml/da	3 gün
Mısır	Mısır koçankurdu	50 ml/da (15 gün ara ile 3 ilaçlama)	3 gün
Nohut, Mercimek	Mantolu Böcek	30 ml/da	3 gün
	Mercimek hortumluböceği	50 ml/da	3 gün
	Mercimekte Apion	50 ml/da	3 gün
	Yeşilkurt	20 ml/da	3 gün
Patates	Patates böceği	30 ml/da	3 gün
Patlıcan (Tarla)	Tütün beyazsineği	100 ml/da (Larva-Pupa-Ergin)	3 gün
Şekerpancarı	Bozkurt	25 ml/da	3 gün
	Kalkan böcekleri	25 ml/da	3 gün
	Pancar pireleri	25 ml/da	3 gün
Zeytin	Zeytin güvesi	30 ml/100 L	3 gün
	Zeytin karakoşnili	25 ml/100 L	3 gün
	Zeytin sineği	25 ml/100L	3 gün
Pirasa	Tütün tripsi	50 ml/da	3 gün
Parametre (Deltamethrin)		Değer	
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)		>5000	
Kuşlar LD ₅₀ (mg/kg)		>4640	
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)		>910	
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)		>0,4	

Aktif Madde: Fluazinam (aktif madde: 500 g/L)

Pestisit Ticari Adı: FMC BRAVE

Formülasyon: Süspansiyon konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Fluazinam'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Patates	Mildiyö (Phytophthora infestans)	50 ml/da	7 gün

Aktif Madde: Fluazinam (aktif madde: 375 g/L)

Pestisit Ticari Adı: FMC FIADO

Formülasyon: Süspansiyon konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Fluazinam'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Domates	Mildiyö (Phytophthora infestans)	50 ml/da	3 gün
Domates (sera)	Kurşuni küf (Botrytis cinerea)	75 ml/100 L	3 gün
	Erken yaprak yanıklığı (Alternaria solani)	50ml/ 100L	3gün
	Toprak Kökenli Fungal Patojenler (Fusarium Gpp. Phytophthora Spp)	200ml/da	3 gün
Soğan	Mildiyö (Phytophthora infestans)	50 ml/da	7 gün
Patates	Mildiyö (Phytophthora infestans)	50 ml/da	7 gün

Parametre (Deltamethrin)	Değer
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Kuşlar LD ₅₀ (mg/kg)	>1000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,091
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>200

Aktif Madde: Flubendiamide (aktif madde: %20)

Pestisit Ticari Adı: TAKUMI

Formülasyon: Suda dağılabilen granül (WG)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Flubendiamide'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Domates (sera)	Pamuk yaprak kurdu (Spodoptera littoralis)	20 g/100 l su, larva	1 gün
Domates (sera)	Domates güvesi (Tuta absoluta)	15 g/100 l su, larva	1 gün
Bağ	Salkım güvesi (Lobesia botrana)	30 g/100 l su, larva	Üzüm: 14 gün Bağ yaprağı: 7 gün
Elma	Elma içkurdu (Cydia pomonella)	20 g/100 l su, larva	14 gün
Pamuk	Yeşilkurt (Helicoverpa armigera)	30 g/da, larva	21 gün

Parametre (Flubendiamide)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	>0,548
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>0,2

Aktif Madde: Fluopyram (aktif madde: 250 g/L)

Pestisit Ticari Adı: LUSEN SC500-Bayer

Formülasyon: Süspansiyon konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Fluopyram'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Antepfıstığı	Karazenk Hastalığı (Pseudocercospora pistacina)	20 ml/100 L su	10 gün
Fındık	Fındık külleme Hastalığı (Erysiphe sp.)	20ml/da	10 gün
Bağ	Bağ külleme (Erysiphe necator)	20 ml/100 L su	14 gün
Kayısı	Çiçek monilyası (Monilia laxa)	25ml/100 l su	3gün
Biber(sera)	Pathlıcangillerde Külleme (Leveillula taurica)	20 ml/100 L su	3 gün
Domates(sera)	Pathlıcangillerde Külleme (Leveillula taurica)	20 ml/100 L su	3 gün

Parametre (Fluopyram)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	21,7
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	

Aktif Madde: Fluxapyroxad (150 g/L Pyraclostrobin + 75 g/L Fluxapyroxad)

Pestisit Ticari Adı: Priaxor EC

Formülasyon: Emülsiyon konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Fluxapyroxad'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Buğday	Tahıl küllemesi (<i>Erysiphe graminis</i> f.sp. tritici)	75 ml/da	42 gün
Buğday	Septorya yaprak lekesi (<i>Septoria tritici</i>)	75 ml/da	42 gün
Buğday	Kahverengi pas (<i>Puccinia recondita</i> f.sp. tritici)	75 ml/da	42 gün
Buğday	Sarı pas (<i>Puccinia striiformis</i>)	75 ml/da	42 gün
Buğday	Tahıl fide yanıklığı, kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalıkları (<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Bipolaris sorokiniana</i> , <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>)	125 ml/da	42 gün
Arpa	Tahıl fide yanıklığı, kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalıkları (<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Bipolaris sorokiniana</i> , <i>pseudocercospora herpotrichoides</i>)	125 ml/da	42 gün
Arpa	Arpa yaprak pası (<i>Puccinia hordei</i>)	75 ml/da	42 gün
Arpa	Arpa yaprak yanıklığı (<i>Rhynchosporium secalis</i>)	75 ml/da	42 gün
Şeker pancarı	Yaprak lekesi (<i>Cercospora beticola</i>)	75 ml/da	28 gün
Şeker pancarı	Çökerten (Kök yanıklığı) (<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> spp.)	125 ml/da	28 gün
Mısır	Mısırdaki Kuzey ve Güney Yaprak Yanıklığı <i>Setosphaeria turcica</i> [<i>Exserohilum</i> (=Helminthosporium) <i>turcicum</i>] <i>Cochliobolus heterostrophus</i> [<i>Bipolaris</i> (=Helminthosporium) <i>maydis</i>]	75 ml/da	-

Parametre (Fluxapyroxad)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	3,48
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	

Aktif Madde: Emamectin benzoate (aktif madde: %5)

Pestisit Ticari Adı: Surrender 5SG

Formülasyon: Suda eriyebilen granül (SG)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Emamectin benzoate'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Armut	Armut psillidi	35 g/100 L	7 gün
Bağ	Bağ tripsleri	50 g/100 L	Üzüm 14 gün Yaprak 14 gün
Zeytin	Zeytin fidantırtılı	30 g/100 L	14 gün
Bağ	Salkım güvesi	25 g/100 L	Üzüm 14 gün, Yaprak 10 gün
Pamuk	Yeşilkurt	40 g/da	-
Nar	Harnup güvesi	30 g/100	14 gün
Elma	Elma içkurdu	40 g/100 L	7 gün
Biber (Sera)	Pamuk yaprakkurdu	30 g/da	7 gün
Domates (Sera)	Yeşilkurt	30 g/100 L	7 gün
Hıyar (Sera)	Pamuk yaprakkurdu	30 g/100 L	7 gün
Patlıcan (Sera)	Pamuk yaprakkurdu	30 g/100 L	7 gün
Karanfil (Kesme karanfil)	Pamuk yaprakkurdu	30 g/100 L	-
	Yeşilkurt		

Parametre (Emamectin benzoate)	Değer
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)	56-63
Kuş LD ₅₀ (mg/kg)	76
Balıklara LC ₅₀ (µg/l)	174
Daphnia LC ₅₀ (µg/l)	0,99

Aktif Madde: Fosetyl-Al (aktif madde: %80)

Pestisit Ticari Adı: Allegro

Formülasyon: Islanabilir toz (wp)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Fosetyl-Al'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Armut Nar	Ateş yanıklığı	400 g/100 L	14 gün
	Toprak kökenli patojenler-kök boğazı çürüklüğü	200 g/100 L	
Soğan	Soğan mildiyösü	150 g/100 L	14 gün
Hıyar, Kavun	Kabakgillerde mildiyö	200 g/100 L	3 gün
Turunçgiller	Kahverengi çürüklük ve gövde zamklanması	200 g/100 L	14 gün
Turunçgiller	Hasat sonrası kahverengi meyve çürüklüğü hastalığı	300 g / 100 L	14 gün
Domates	Mildiyö	250 g/100 L	7 gün

Parametre (Fosetyl-Al)	Değer
Sıcan akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>7080
Kuş LD ₅₀ (mg/kg)	>8000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	173,2
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>0,462

Aktif Madde: Glyphosate Isopropylamin Tuzu (aktif madde: 480 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Best Stopper (İmal)

Formülasyon: Emülsiyon konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit

Glyphosate Isopropylamin Tuzu'nun uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Banketler, su ve drenaj kanalları	Banket ve su üstü yabancı otları (Yabancı ot)	1000-1500 ml/da	-
Kara demiryolu kenarları, havalanları, fabrika bahçeleri, tarihi alanlar, tarla kenarları	Çalimsı ve odunsu bitkiler,	1000 ml/da	-
Turunçgiller, bağ, fındık, meyve bahçeleri ve ekili olmayan alanlar	Ballıbaba, Bambul otu, Benekli darıcan, Çimensi müedümük, Mısır hardalı, Darıcan, Domuz pıtrağı, Tarla düğün çiçeği Küçük çiçekli ebeğümeci, Horozibiği, Büyük ısırgan, Kanarya otu = İmam kavuğu, , Kırmızı köklü tilkikuyruğu, Kısır brom = Kraç çayırı, Kuş yemi, Semizotu, Kuşotu = Serçe dili, Sirken, Sütlege, Tilkikuyruğu, Turnagagası, Yabani fiğ, Yabani hardal, Yabani havuç, Yabani pelin otu, Yabani yoncalar, Kısır yabancı yulaf	300 ml/da	-
Turunçgiller, bağ, fındık, meyve bahçeleri ve ekili olmayan alanlar	Kanyaş, Tarla sarmaşığı, Topalak, Köpekdişi ayrığı,	600ml/da	-
Parametre (Glyphosate Isopropylamin Tuzu)		Değer	
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)		5600	
Deri tavşan LD ₅₀ (mg/kg)		>5000	
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)		86mg/L	
Sıçan LC ₅₀ (mg/kg)		>4,98 mg/L	

Aktif Madde: Hexythiazox (aktif madde: 50 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Twister 5 EC

Formülasyon: Emülsiyon konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Akarisit (Kırmızıörümcek İlacı)

Hexythiazox'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Pamuk	Pamuk kırmızıörümceği (Tetranychus cinnabarinus)	100 ml/da (Yumurta, larva, nimf)	-
	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	75 ml/da (Larva, nimf)	
Patlıcan	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	50 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	1 gün
Elma	Avrupa kırmızıörümceği (Panonychus ulmi)	50 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	7 gün
Bağ	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	50 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	7 gün
Domates (Sera)	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	100 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	3 gün
Biber (Sera)	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	100 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	3 gün
Hıyar (Sera)	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	100 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	3 gün
Karpuz	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	125 ml/da (Yumurta, larva, nimf)	3 gün
Kabak (Sera)	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	100 ml/ 100 L su (Yumurta, larva, nimf)	3 gün

Parametre (Hexythiazox)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
ADI (Günlük alınabilir miktar) (mg/kg)	0.03
US EPA zehirlilik sınıflandırması	IV

Aktif Madde: Mancozeb (aktif madde: %80)

Pestisit Ticari Adı: Dikotan M 45

Formülasyon: Islanabilir toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Mancozeb'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Kavun (tarla-sera)	Kabakgillerde mildiyö	200 g/100 L	28 gün
Şekerpancarı	Yaprak leke hastalığı	250 g/100 L	28 gün
Bağ	Bağ mildiyösü	200 g/100 L	21 gün
	Bağda ölükol	200 g/100 L	21 gün
Buğday	Kahverengi pas	350 g/da	28 gün
	Kara pas	350 g/da	28 gün
	Sarı pas	350 g/da	28 gün
Domates	Mildiyö	200 g/100 L	28 gün
Domates-Patlıcan-Patates	Erken yaprak yanıklığı	200 g/100 L	28 gün
Elma	Elma karalekesi	250 g/100 L	21 gün
	Elma memeli pası	250 g/100 L	21 gün
Fasulye	Fasulye antraknozu	200 g/100 L	28 gün
	Fasulye pası	200 g/100 L	28 gün
Hıyar	Kabakgillerde mildiyö	200 g/100 L	14 gün
Kavun, Karpuz	Kabakgillerde antraknoz	200 g/100 L	7 gün
Nohut	Nohut antraknozu	200 gr / 100 L, 200 gr/ 100 kg	28 gün
Sebze fideleri	Çökerten ve kök çürüklüğü	200 gr /100 kg	-
Soğan	Soğan mildiyösü	200 gr / 100 L	28 gün
Şerbetciotu	Şerbetciotu mildiyösü	150 gr / 100 L	42 gün
Yerfıstığı	Yaprak lekesi	200 gr / 100 L	14 gün
	Kökboğazı çürüklüğü	500 gr / 100 kg	-

Parametre (Mancozeb)	Değer
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	3,6
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>5500
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>209

Aktif Madde: Metaflumizone (aktif madde: 240 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Alverde

Formülasyon: Süspansiyon konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek ilacı)

Metaflumizone'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Domates (Sera ve tarla)	Domates güvesi (Tuta absoluta)	100 ml/da larva	3 gün
Domates	Yeşilkurt (Helicoverpa armigera)	100 ml/da larva	3 gün
Pamuk	Yeşilkurt (Helicoverpa armigera)	100 ml/da larva	21 gün
Biber (Sera ve tarla)	Pamuk yaprakkurdu (Spodoptera littoralis)	100 ml/da larva	1 gün
Hıyar/Kornişon (Sera)	Pamuk yaprakkurdu (Spodoptera littoralis)	100 ml/100 L larva	3 gün
Patlıcan (Sera)	Pamuk yaprakkurdu (Spodoptera littoralis)	100 ml/100 L larva	3 gün
Marul	Pamuk yaprakkurdu (Spodoptera littoralis)	100 ml/da larva	3 gün
Patates	Patates böceği (Leptinotarsa decemlineata)	25 ml/da larva	7 gün

Parametre (Metaflumizone)	Değer
Sıçan oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,343
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2025
Daphnia LC ₅₀ (mg/l)	>0,331

Aktif Madde: Metalaxyl (aktif madde: %35)

Pestisit Ticari Adı: BARRİER 35 DS

Formülasyon: Kuru tohum ilacı (DS)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar ilacı)

Metalaxyl'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi
Ayçiçeği	Mildiyö (Plasmopara helianthi)	500 gr/100 kg tohumu

Aktif Madde: Metalaxyl (aktif madde: %8)

Pestisit Ticari Adı: UPL MANCOLAXYL

Formülasyon: Islanır toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Metalaxyl'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Domates	Mildiyö (Phytophthora infestans)	250g/da	10 gün
Bağ	Mildiyösü (Plasmopara viticola)	250g/100L	14 gün
Hıyar	Kabakgillerde Mildiyö (Pseudoperonospora cubensis)	250g/100L	7 gün
Patates	Mildiyö (Phytophthora infestans)	250g/da	14 gün

Parametre (Metalaxyl)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	375
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	>100
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	981
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>97,3

Aktif Madde: S-Metolachlo (aktif madde: 930mg/L)

Pestisit Ticari Adı: Manchesteris

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit

Metalaxyl'in uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Pamuk	Sirken	215 ml/da	-
	Horozibiği		
	Semizotu		
	Darıcan		
	Topalak		

Parametre (S-Metolachlor)	Değer
Solucan LC ₅₀ (mg/kg)	570
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	1,2 mg/L
Kuşlara LD ₅₀ (ppm)	>5620
Arılara LD ₅₀ (mg/arı)	>0,085

Aktif Madde: Oxadiazon (aktif madde: 250 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Tayrex-Star

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit

Oxadiazon'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Karanfil	Darıcan, Eşek marulu, Farekulağı, Kırmızı köklü tilkikuyruğu, Semizotu, Kuşotu = Serçe dili, Sirken, Yabani hardal	400 ml/da	-

Parametre (Oxadiazon)	Değer
Alg EC ₅₀ (mg/L)	3
Balıklara LC ₅₀ (mg/L)	1,2 mg/L
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>10000
Sıçan LD ₅₀ (mg/arı)	>5000

Aktif Madde: Pirimicarb (aktif madde: %50)

Pestisit Ticari Adı: PANZHER

Formülasyon: Islanabilir toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Pirimicarb'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Turunçgil	Turunçgil siyah yaprakbiti (Toxoptera aurantii)	30g/100L (nimf, ergin)	21 gün
	Turunçgil yeşil yaprakbiti (Aphis citricola)		
	Şeftali yaprakbiti (Myzus persicae)		
	Börülce yaprakbiti (Aphis craccivora)		
Elma	Elma yeşil yaprakbiti (Aphis Pomi)	30g/100L (nimf, ergin)	21 gün
	Şeftali gövde kanlıbiti (Pterochloroides persicae)	50g/100L (ergin)	21 gün
Şerbetçiotu	Şerbetçiotu yaprakbiti (Phorodon humuli)	50g/100L (nimf, ergin)	7 gün
Pamuk	Pamuk yaprakbiti (Aphis gossypii)	25g/da (nimf, ergin)	7 gün
Şekerpancarı	Bakla yaprakbiti (Aphis fabae)	50g/da (nimf, ergin)	7 gün
	Şeftali yaprakbiti (Myzus persicae)		

Aktif Madde: Pirimicarb (aktif madde: %50)

Pestisit Ticari Adı: Kormicarb 50 WP

Formülasyon: Islanabilir toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Pirimicarb'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Süs Bitkileri	Gül yaprakbiti (Macrosiphum rosae)	50g/100L	-
Yağ gülü	Gül yaprakbiti (Macrosiphum rosae)	50g/100L	-

Parametre (Pirimicarb)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	192,31
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,1<LC50<1
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	-
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	-

Aktif Madde: Pyriproxyfen (aktif madde: 100 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Muligan

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Pirimicarb'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Domates (Sera)	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci)	50 ml/100 L su (larva)	1 gün
Şeftali	Dut kabuklubiti (Pseudaulacaspis pentagona)	50 ml/100 L su (larva)	14 gün
Patlıcan	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci)	50 ml/100 L su (larva)	3 gün
Biber (Sera)	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci)	50 ml/100 L su (larva)	3 gün
Pamuk	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci)	50 ml/100 L su (larva)	28 gün
Zeytin	Zeytin karakoşnili (Saissetia oleae)	50 ml/100 L su (larva)	14 gün
Hıyar (Sera)	Tütün beyazsineği (Bemisia tabaci)	50 ml/100 L su (larva)	1 gün

Parametre (Pyriproxyfen)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	5000
Memelilerde dermal LD ₅₀ (mg/kg)	2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,27
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	863
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	100
US EPA zehirlilik sınıflandırması	III

Aktif Madde: Spinetoram (aktif madde: 120 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Radianti 120 SC

Formülasyon: Süspansiyon Konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Spinetoram'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Patates	Patates güvesi	50 ml/da	3 gün
Çilek (Sera)	Çiçek tripsleri	50 ml/da	3 gün
Patates	Patates böceği	50 ml/da	3 gün
Hıyar (Sera)	Çiçek tripsi	50 ml/da	3 gün
Domates Sera)	Domates güvesi	50 ml/100 L su (larva)	3 gün
Biber (Sera)	Çiçek tripsi	50 ml/100 L su (larva)	3 gün

Parametre (Spinetoram)	Değer
Sıçan LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	10
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2250
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	32

Aktif Madde: Spinosad (aktif madde: 480 g/L)

Pestisit Ticari Adı: OREAD

Formülasyon: Süspansiyon Konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Spinosad'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Bağ	Salkım güvesi (<i>Lobesia botrana</i>)	10 ml/100 L su (larva)	7 gün
	Bağ tripsleri (<i>Anaphothrips vitis</i> , <i>Drepanothrips reuteri</i> , <i>Haplothrips globiceps</i>)	20 ml/100 L su (larva,ergin)	14 gün
Domates (Sera)	Domates güvesi (<i>Tuta absoluta</i>)	25 ml/100 L su (larva)	3 gün
	Pamuk yaprakkurdu (<i>Spodoptera littoralis</i>)	30 ml/100 L su (larva)	
Hıyar (Sera)	Yaprak galerisineikleri (<i>Liriomyza trifolii</i> , <i>Liriomyza bryoniae</i> , <i>Liriomyza huidobrensis</i>)	25 ml OREAD+125 ml HEKTOLINEUM /100 L su (larva)	3 gün
Biber (Sera)	Çiçek tripsi (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	20 ml/da (larva,ergin)	3 gün
Patlıcan (Sera)	Çiçek tripsi (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	20 ml/da (larva,ergin)	3 gün
Patates	Patates böceği (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	10 ml/da (larva,ergin)	3 gün
Pamuk	Pamuk yaprakkurdu (<i>Spodoptera littoralis</i>)	25 ml/da (larva)	28 gün
	Yeşilkurt (<i>Helicoverpa armigera</i>)	12,5 ml/da (larva)	
	Çizgili yaprakkurdu (<i>Spodoptera exigua</i>)	25 ml/da (larva)	
Çilek	Çiçek tripsi(<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Frankliniella intonsa</i>)	20 ml/da (larva,ergin)	3 gün
A.fıstığı	Antepfıstığı psillidi(<i>Agonoscena pistaciae</i>)	10 ml OREAD+125 ml HEKTOLINEUM /100 L su (nimf,ergin)	14 gün
Şeftali	Şeftali güvesi(<i>Anarsia lineatella</i>)	30 ml/100 L su (larva)	14 gün
Fındık	Fındık kurdu(<i>Curculio nucum</i>)	15 ml/da (ergin)	14 gün

Parametre (Spinosad)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	27
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>0,37

Aktif Madde: Spiroxamine (aktif madde: 500 g/L)

Pestisit Ticari Adı: UPL SHELTER

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Spiroxamine'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Bağ	Bağ Küllemesi (<i>Erysiphe necator</i>)	60 ml/100 L	14 gün

Parametre (Spiroksamine)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>1000
Memelilerde dermal oral LD ₅₀ (mg/kg)	>4000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	6.57

Aktif Madde: Spirotetramat (aktif madde: 100 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Hektaş Zodiac

Formülasyon: Süspansiyon Konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Spirotetramat'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu ve Dönemi	Süre
Armut	Armut psillidi (<i>Cacopsylla pyri</i>)	100 ml/100 L su (nimf, ergin)	21 gün
Elma	Elma yeşil yaprakbiti (<i>Aphis pomi</i>)	50 ml/100 L su (nimf, ergin)	21 gün
Şeftali	Şeftali yaprakbiti (<i>Myzus persicae</i>)	75 ml/100 L su (nimf, ergin)	21 gün
	Dut kabukbiti (<i>Pseudaulacaspis pentagona</i>)	75 ml/100 L su (larva)	
Marul	Şeftali yaprakbiti (<i>Myzus persicae</i>)	75 ml/da (nimf,ergin)	7 gün
	Pamuk yaprakbiti (<i>Aphis gossypii</i>)	75 ml/da (nimf,ergin)	
	Marul yaprakbiti (<i>Nasonovia ribisnigri</i>)	75 ml/da (nimf,ergin)	
Bağ*	Turunçgil unlubiti (<i>Planococcus citri</i>)	100 ml/100 L su (nimf,ergin)	14 gün
Domates (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	100 ml/100 L su (larva,pupa)	3 gün
Domates (Tarla)	Patates yaprakbiti (<i>Macrosiphum euphorbia</i>)	75ml/da (nimf,ergin)	3 gün
Biber (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	100 ml/100 L su (larva,pupa)	3 gün
Patlıcan (Sera)	Tütün beyazsineği (<i>Bemisia tabaci</i>)	100 ml/100 L su (larva,pupa)	3 gün
Pamuk	Pamuk yaprakbiti (<i>Aphis gossypii</i>)	100ml/da (nimf, ergin)	-
Karpuz	Pamuk yaprakbiti (<i>Aphis gossypii</i>)	75 ml/da (nimf,ergin)	3 gün

Parametre (Spirotetramat)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Memelilerde dermal oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	2,54

Aktif Madde: Tebuconazole (aktif madde: %25)

Pestisit Ticari Adı: MİRACLE 25 WP

Formülasyon: Islanabilir toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Tebuconazole'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Domates	Erken yaprak yanıklığı (Alternaria solani)	50 g/100 L su	7 gün
Elma	Külleme (Podosphaera leucotricha)	25 g/100 L su	14 gün
	Karaleke (Venturia inaequalis)	25 g/100 L su	14 gün
Armut	Karaleke (Venturia prinia)	25 g/100 L su	14 gün
Kayısı	Sert Çekirdekli meyvelerde çiçek monilyası (Monilinia laxa)	60 g/100 L su	14 gün
Buğday	Sarı pas (Puccinia striiformis)	75 g/da	35 gün
	Septorya yaprak lekesi (Septoria tritici)		

Parametre (Tebuconazole)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	1700
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	4,4
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	1988
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	>83,04

Aktif Madde: Tebufenpyrad (aktif madde: %20)

Pestisit Ticari Adı: CROSHE

Formülasyon: Islanabilir toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit + Akarisit (Böcek ve Kırmızıörümcek İlacı)

Tebufenpyrad'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Elma	Avrupa kırmızıörümceği (Panonychus ulmi)	37,5 g/100 L su	7 gün
	Akdiken akarı (Tetranychus viennensis)	30 g/100 L su	
Armut	Armut psillidi (Cacopsylla pyri)	100 g/100 L su	7 gün
Fasulye	Pamuk kırmızıörümceği (Tetranychus cinnabarinus)	75 g/100 L su	7 gün
Bağ*	İki noktalı kırmızıörümcek (Tetranychus urticae)	50 g/100 L su	7 gün
Çilek	Pamuk kırmızıörümceği (Tetranychus cinnabarinus)	60 g/100 L su	7 gün
Pamuk	Kırmızıörümcekler (Tetranychus spp.)	60 g/da	7 gün
Gül	Pamuk kırmızıörümceği (Tetranychus cinnabarinus)	60 g/100 L su	7 gün
Karanfil	Kırmızıörümcekler (Tetranychus spp.)	60 g/100 L su	7 gün
Domates	Kırmızıörümcekler (Tetranychus spp.)	75 g/da	3 gün

Parametre (Tebufenpyrad)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	595
Memelilerde dermal oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,073

Aktif Madde: Thiamethoxam (aktif madde: 350 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Cayenne

Formülasyon: Tohum ilaçlaması için akıcı konsantre (FS)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Thiamethoxam'ın uygulama şablonu ve ekotoksikolojik değeri

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Patates	Tel kurtları (Agriotes spp.)	30 ml/100 kg tohumu	56 gün
	Patates böceği (Leprinetarsa decemlineata)	10 ml/100 kg tohumu	
Şekerpancarı	Pancar piresi (Chaetocnema spp.) Toprakaltı zararlı kompleksi (Telkurtları- Agriotes spp.) Yaykuyruklular, Kırkayaklar	750 ml/100 kg tohumu	56 gün
Buğday	Ekin kambur böceği (Zabrus spp.)	150 ml/100 kg tohumu	-
Ayçiçeği	Tel kurtları (Agriotes spp.)	1000 ml/100 kg tohumu	120 gün

Parametre (Thiamethoxam)	Değer
Memelilerde akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>500
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	>104,2
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	430
Arılara LD ₅₀ (mg/kg)	0,004

EK.3 Aksu Çayı’nda Tespit Edilen Pestisitlere ait özellikler**Aktif Madde: 2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOC (aktif madde: g/L)****Pestisit Ticari Adı:****Formülasyon:** Islanabilir Toz (WP)**Ürün Grubu:** Bitki Koruma**Kategori:** Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Bağ	Bağ Küllemesi (Erysiphe necator)	80ml/100L	21 gün
	Bağ mildiyösü (Plasmopara viticola)		
	Bağda ölükol (Phomopsis viticola)		
Domates (sera)	Patlıcangillerde külleme (Leveillula taurica)	100 ml/100L	3 gün

Parametre (2-metil-4,6-dinitro-fenol DNOC)	Değer
Memelilerde (sıçan) oral LD ₅₀ (mg/kg)	25
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	>0,23
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	3977
Arılara LD ₅₀ (mg/arı)	0,204

Aktif Madde: Alachlor (aktif madde: 480 g/L)**Pestisit Ticari Adı:** Sorhocam**Formülasyon:** Emülsiyon Konsantre (EC)**Ürün Grubu:** Bitki Koruma**Kategori:** Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Mısır	Dar Yapraklı Yabancı Otlar Darıcan (<i>Echinochloa colonum</i>) Geniş Yapraklı Yabancı Otlar Horoz ibiği (<i>Amaranthus spp.</i>) Semiz otu (<i>Portulaca oleracea</i>)	500 ml/da	
Pamuk	Topalak	400 ml/da	
	Darıcan		
	Çatalotu		
	Sirken		
	Semizotu		
	Kipridarı		
Ayçiçeği	Papatya	520 ml/da	
	Eşek marulu, Yer fesleğini, Köpek üzümü		

Parametre (Alachlor)	Değer
Memelilerde (sıçan) oral LD ₅₀ (mg/kg)	930
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	1,8
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	1536
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	16

Aktif Madde: Acetochlor (aktif madde: 768 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Guardsman

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Mısır	Dar Yapraklı Yabancı Otlar Darıcan (<i>Echinochloa colonum</i>) Kirpi darı (<i>Setaria verticillata</i>) Kaynaş,geliç (<i>Sorghum halepense</i>) Geniş Yapraklı Yabancı Otlar Horoz ibiği (<i>Amaranthus spp.</i>) Sirken (<i>Chenopodium album</i>) Semiz otu (<i>Portulaca oleracea</i>)	200 ml/da Çıkış Öncesi	

Parametre (Acetochlor)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	1929
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,36
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	928
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>200

Aktif Madde: Aldrin (HHDN) (aktif madde: g/L)

Pestisit Ticari Adı: LGC

Formülasyon: -

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Parametre (Aldrin (HHDN))	Değer
Memelilerde (sıçan) oral LD ₅₀ (mg/kg)	39
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,0046
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	6,6
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	0,35

Aktif Madde: Carbaryl (aktif madde: %85)

Pestisit Ticari Adı: Tafvin

Formülasyon: Islanabilir Toz (WP)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Meyve	Küçük Kabuk Yazıcı Böcekleri (<i>Scolytus</i> spp)	100 g/100 l su, Ergin	7 gün
	Elma İç Kurdu (<i>Cydia pomonella</i>)	120 g /100 l su, Larva	
	Doğu Meyve Güvesi (<i>Cydia molesta</i>)		
	Elma ağ kurdu (<i>Hyponomeuta malinellus</i>)		
Çay	Filiz güvesi (<i>Parametriotes theae</i>) Çay Koşnili (<i>Chloropulvinaria floccifera</i>)	120 g/100 l su, Larva 75 g/100 l su	7 gün
Fındık	Dalkıran (<i>Xyleborus dispar</i>) Kır Tırtılı (<i>Lymantria siapar</i>)	75 g/100 l su,Ergin 150 g/da	-
	Fındık Koşnilleri (<i>Parthenolecanium corni</i>) Fındık Teke Böceği (<i>Obera linearis</i>)	150 g/da Yumurta (75 g/100 l su)Ergin	-
	Fındık Kurdu (<i>Balaninus nucum</i>) Fındık Yaprak Deleni(<i>Anoplus roboris</i>)	150 g/ da Ergin 75 g/100 l su	-
Sebzeler	Yeşil Kurt (<i>Heliothis armigera</i>) Kapsül Kurdu (<i>Etiella zinckenella</i>) Patates Güvesi (<i>Phthorima operculella</i>)	200 g/da 200 g/ 100 L	7 gün
Mısır	Mısırdaki Çizgili Yaprak Kurdu (<i>Lapyhgma exiqua</i>) Mısır Kurdu (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	175 g/da, Larva 175 g/da, Larva	-
Bağ	Bağ Thripsleri (<i>Anophathrips vitis</i> , <i>Drepanothrips rueteri</i> , <i>Haplothrips globiceps</i>)	120 g/100 l su, Ergin, Nimf	7 gün
	Bağ Gözkurdu (<i>Theresimima ampelophage</i>)	120 g/100 l su, Larva (gözler uyanırken)	
	Bağ Maymuncukları ve asma hortumlu böceği (<i>Otiorrychus</i> spp, <i>Magamecus shevketi</i>)	120 g/100 l su Ergin	
	Salkım Güvesi (<i>Lobesia botrana</i>)	120 g/100 l su Larva	

Parametre (Carbaryl)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	614
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	2,6
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	0,14

Aktif Madde: Carbofuran (aktif madde: %5)

Pestisit Ticari Adı: Frunex 5G

Formülasyon: Granür

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Son Uygulama ile Hasat Arasındaki Süre
Mısır	Mısır Kurdu	2,5 kg/da	-
Şeker Pancarı	Pancar Nemotodu	5 kg/ da	-
	Bozkurt		
	Tel Kurtları		

Parametre (Carbofuran)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	7
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,18
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	0,71
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	0,36

Aktif Madde: Carboxin (200 g/L) + Thiram (200 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Vitavax 200 FF, Plavax 200 FF

Formülasyon: Akıcı konsantre (FS)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungusit (Mantar İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Son Uygulama ile Hasat Arasındaki Süre
Buğday	Sürme (<i>Tilletia foetida</i> , <i>Tilletia caries</i>)	300 ml/100 kg tohumu	-
	Rastık (<i>Ustilago tritici</i>) Tahıl fide yanıklığı, kök ve kök boğazı çürüklüğü (<i>Fusarium</i> spp.)		
Pamuk	Fide kök çürüklüğü (<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Pythium</i> spp.)	400 ml/100 kg tohumu (delinte edilmiş pamuk tohumuna) 500 ml/100 kg tohumu (az havlı pamuk tohumuna) 600 ml/100 kg tohumu (çok havlı pamuk tohumuna)	-

Arpa	Kapalı rastık (<i>Ustilago rastık</i>)	300 ml/-100 kg tohumu	-
Mısır	Tohum ve kök çürüklüğü, fide yanıklığı (<i>Fusarium verticilloides</i> , <i>Fusarium moniliforme</i>)	250 ml/ 100 kg mısır tohumu	-

Parametre (Carboxin)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	2588
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	2,3
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2150
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	181

Aktif Madde: Clofentezine (aktif madde: 500 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Exclar 500 SC, Lybeer, Apollo

Formülasyon: Süspansiyon Konsantre (SC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Akarisit (Kırmızı Örümcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Elma	Avrupa Kırmızıörümceği (<i>Panonychus ulmi</i>)	20 ml/100 L su	28 gün
	İki Noktalı Kırmızıörümcek (<i>Tetranychus urticae</i>)		
	Akdiken Akarı (<i>Tetranychus viennensis</i>)		
Bağ*	İki Noktalı Kırmızıörümcek (<i>Tetranychus urticae</i>)	25 ml/100 L su	56 gün
Patlıcan Fasulye Hıyar	Kırmızıörümcekler (<i>Tetranychus</i> spp.)	30 ml/100 L su	3 gün
Şeftali	İki Noktalı Kırmızıörümcek (<i>Tetranychus urticae</i>)	40 ml/100 L su	21 gün
Pamuk	İki Noktalı Kırmızıörümcek (<i>Tetranychus urticae</i>)	40 ml/da	-
Soya	Pamuk Kırmızıörümceği (<i>Tetranychus cinnabarinus</i>)	40 ml/da	-

Parametre (Clofentezine)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5200
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	>0,01
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>6501
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>85

Aktif Madde: Dicofol (aktif madde: 195 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Keltafol

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Akarisit (Kırmızı Örümcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Meyve	İki Noktalı Kırmızı Örümcek (<i>Tetranychus urticae</i>) Akdiken Akarı (<i>Tetranychus viennensis</i>) Avrupa Kırmızı Örümceği (<i>Panonychus ulmi</i>) Kahverengi Örümcek (<i>Bryobia rubrioculus</i>) Yassı Akar (<i>Cenopalpus pulcher</i>)	150 ml/100 l su, Nimf,Ergin	7 gün
Turunçgil	Pas Böcüsü (<i>Phyllocoptrata oleivora</i>) Kırmızı Örümcek (<i>Panonychus citri</i>) Tomurcuk Akarı (<i>Aceria sheldoni</i>)	150 ml/100 l su, Nimf-Ergin 200 ml/100 l su, Nimf-Ergin 100 ml/100 l su, Nimf-Ergin	7 gün
Sebze	Kırmızı Örümcek (<i>Tetranychus spp.</i>)	150 ml/ l su, Nimf-Ergin	14 gün
Şerbetçiotu	İki Noktalı Kırmızı Örümcek (<i>T.urticae</i>)	150 ml/100 l su, Nimf-Ergin	--
Pamuk	Kırmızı Örümcek (<i>T. cinnabarinus</i> , <i>T. urticae</i>)	300 ml/da, Nimf-Ergin	--
Glayöl	Çiçek Soğan akarı (<i>Rhizoglyphus echinopus</i>)	150 ml/100 l su (Soğanlar ilaçlı suya bandırılır)	--

Parametre (Dicofol)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	578
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,51
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	1418
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	19

Aktif Madde: Fenthion (aktif madde: 525 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Agrofen

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Anason	Anoson Güvesi (<i>Depressaria daucivorella</i>)	100 ml/100 l su Larva	21 gün
Armut	Armut Kaplanı (<i>Stephanitis pyri</i>)	150 ml/100 l su Nimf-Ergin	21 gün
Şeftali	Şeftali Virgül Kabuklu Biti (<i>Coccothymus halli</i>)	150 ml/100 l su Larva	21 gün
Elma	Elma İç Kurdu(<i>Cydia pomonella</i>)	150 ml/100 l su Larva	21 gün
Bağ	Bağ Üvezi (<i>Erythroneura adanae</i>)	150 ml/100 l su Nimf-Ergin	21 gün
Bezelye	Tohum Böceği (<i>Bruchus pisorum</i>)	200 ml/100 l su Larva,Ergin	14 gün
Karpuz	Karpuz Telli Böceği (<i>Epilachna chrysomelina</i>)	100-150 ml/100 l su Larva,Ergin	14 gün
Kavun	Kavun sineği (<i>Myiopardalis pardalina</i>)	1. ilaçlama : 120 ml/da 2. ilaçlama : 130 ml/da,Larva	14 gün
Meyve	Testereli Arılar (<i>Hoplocampa spp.</i>) Sarı ağaç kurdu(<i>Zeuzera pyrina</i>) Yaprak bitleri (<i>Aphis spp.</i>)	150 ml/100 l su Larva 150 ml/100 l su Larva 150 ml/100 l su Nimf,Ergin	21 gün
Zeytin	Zeytin Sineği (<i>Dacus oleae</i>) Zeytin Güvesi (<i>Prays oleae</i>) Zeytin Pamuklu Biti (<i>Euphyllura olivina</i>) Zeytin Çiçek Sapsokanı (<i>Calocoris trivialis</i>) Zeytin Kırılgaç Böceği (<i>Hysteropterum grylloides</i>) Zeytin Kurdu (<i>Coenorhinus cribripennis</i>)	100 ml/100 l su Larva 150 ml/100 l su Larva 150 ml/100 l su Nimf 150 ml/100 l su Nimf,Ergin 150 ml/100 L.su Nimf 150 ml/100 L.su ,Ergin	21 gün

Parametre (Fenthion)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	250
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,8
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	7,2
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>3,1

Aktif Madde: Methazachlor (aktif madde: 375 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Cloud

Formülasyon: Süspansiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Kanola	Tavşanbıyığı (<i>Poa annua</i>) Hakiki papatya (<i>Matricaria recutita</i>) Kuş otu (<i>Stellaria media</i>) Çoban=Zühre tarağı (<i>Scandix pecten-veneris</i>) Tarla köpek papatyası (<i>Anthemis arvensis</i>) Yabani yulaf (<i>Avena fatua</i>) Çobançantası (<i>Capsella bursa-pastoris</i>) Şahtere (<i>Fumaria officinalis</i>) Karaçim (<i>Lolium spp.</i>) Yavşan Otu (<i>Veronica hederifolia</i>) Boynuz otu (<i>Cerastium arvense</i>)	Ekim sonrası, Çıkış öncesi 200 ml/da	

Parametre (Methazachlor)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	8,5
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>0,1

Aktif Madde: Molinate (aktif madde: 720 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Pladram 72 EC, Orlate EC

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Çeltik	Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Dipotu (Su sümbülü) (<i>Potamogeton pectinatus</i>) Kaşıkotu (Kurbağa kaşığı) (<i>Alisma, Plantago aquatica</i>)	500-600 ml/da	-

Parametre (Molinate)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	483
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	16
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	389
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>11

Aktif Madde: Pendimethalin (aktif madde: 330 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Amid 330 EC

Formülasyon: Emülsiyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Ayçiçeği Pamuk Soğan Patates	Tilkikuyruğu (<i>Alopecurus myosuroides</i>) Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i>) Farekulağı (<i>Anagallis arvensis</i>) Rüzgar otu (<i>Apera spicaventi</i>) Kara pazı (<i>Atriplex patula</i>) Çobançantası (<i>Capsella bursa-pastoris</i>) Sirken (<i>Chenopodium album</i>) Bambul otu (<i>Chrozophora tinctoria</i>) Çatal otu (<i>Digitaria sanguinalis</i>) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Sütleğen (<i>Euphorbia</i> spp.) Boz ot (<i>Heliotropium europaeum</i>) Ballıbaba (<i>Lamium amplexicaule</i>) Papatya (<i>Matricaria</i> spp.) Gelincik (<i>Papaver rhoeas</i>) Semizotu (<i>Portulaca oleracea</i>) Çobandeğneği (<i>Polygonum</i> spp.) Çayır salkım otu (<i>Poa pratensis</i>) Kirpi darı (<i>Setaria</i> spp.) Yapışkan ot (<i>Setaria verticillata</i>) Bülbül otu (<i>Sisymbrium officinale</i>) Kuş otu (<i>Stellaria media</i>) Köpek üzümü (<i>Solanum nigrum</i>) Kanyaş/ Geliç (<i>Sorghum halepense</i>) tohumdan Tarla akça çiçeği (<i>Thlaspi arvense</i>) Isırgan otu (<i>Urtica urens</i>)	500 ml/da Ekim öncesi Çıkış öncesi	-
Mısır Domates	Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i>) Sirken (<i>Chenopodium album</i>) Semizotu (<i>Portulaca oleracea</i>) Köpek üzümü (<i>Solanum nigrum</i>)	500 ml/da Dikim öncesi	-

Parametre (Pendimethalin)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	4665
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,196
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	1421
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	0,1

Aktif Madde: Trifloxystrobin (aktif madde: %50)

Pestisit Ticari Adı: Dynomo 50 WG

Formülasyon: Suda Dağılabilen Granül (WG)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Fungisit (Mantar İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Turunçgiller	Turunçgil kahverengi leke hastalığı	20 g/100L	28 gün
Çeltik	Çeltik yanıklığı	20 g/da	35 gün
Karpuz	Karpuz alternarya yaprak yanıklığı	20 g/da	3 gün
Kayısı	Yaprak delen (çil) hastalığı	12,5 g/100 L	14 gün
Şerbetçiotu	Şerbetçiotu küllemesi	15 g/100L	21 gün
Domates Biber	Patlıcangiller külleme	15 g/100L	3 gün

Parametre (Trifloxystrobin)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,022
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2000
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>0,2

Aktif Madde: Trifluralin (aktif madde: 480 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Tiralin 48 EC

Formülasyon: Emüsyon Konsantre (EC)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: Herbisit (Yabancı Ot İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Ayçiçeği	Horozibiği	20 ml/da	Ekimden önce toprağa karıştırılır
Pamuk	Sirken		
Domates	Çoban çantası		
Soğan	Semizotu		
Patlıcan	Köpek Lahanası		
Fasulye	Yavşan otu		
Havuç	Serçedili Şahtare		
Kimyon	Gelincik		

Parametre (Trifluralin)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	>5000
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,088
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>2250
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	>100

Aktif Madde: Zeta-cypermethrin (aktif madde: 100 g/L)

Pestisit Ticari Adı: Fuji 10 EW

Formülasyon: Suda emülsiyeye (EW)

Ürün Grubu: Bitki Koruma

Kategori: İnsektisit (Böcek İlacı)

Bitki Adı	Zararlı Organizma Adı	Uygulama Dozu	Süre
Mısır	Koçan kurdu (<i>Sesamia spp.</i>) Mısır kurdu (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	40 ml/da, larva	7 gün
Elma	Elma iç kurdu (<i>Cydia pomonella</i>)	15 ml/100 L su	7 gün
Bağ	Salkım güvesi (<i>Lobesia botrana</i>)	20 ml/100 L su	7 gün
Fındık	Fındık kurdu (<i>Curculio nucum</i>)	20 ml/da	7 gün
Pamuk	Yeşil kurt (<i>Helicoverpa armigera</i>)	125 ml/da	7 gün
Domates	Yeşil kurt (<i>Helicoverpa armigera</i>)	50 ml/da	7 gün

Parametre (Zeta-cypermethrin)	Değer
Memelilerde (sıçan) akut oral LD ₅₀ (mg/kg)	86
Balıklara LC ₅₀ (mg/l)	0,00069
Kuşlara LD ₅₀ (mg/kg)	>5124
Arılara LD ₅₀ (µg/arı)	0,002

ÖZGEÇMİŞ

SEÇİL TÜZÜN DUĞAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2018- 2024	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2006-2009	Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir
Lisans 2002-2006	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırmacı 2011-Devam Ediyor	Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretme ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya
----------------------------------	---

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Muhammetoglu A., Akdegirmen O., **Tuzun Dugan S.**, Orhan P., Uslu A. Evaluation of best management practices for identification of critical source areas and control of nonpoint source pollution in a coastal watershed. (değerlendirme aşamasında)
2. Uslu A., **Tuzun Dugan S.**, El Hmadi A., Muhammetoglu A. Comparative evaluation of spatiotemporal variations of surface water quality using a regulatory approach, water quality indices, and GIS in the Acısu Creek Watershed, Turkey. (değerlendirme aşamasında)
3. Muhammetoglu A., Orhan P., Akdegirmen O., **Tuzun Dugan S.**, Muhammetoglu, H. (2023). An integrated modeling approach to assess Best Management Practices (BMPs) for improving stream water quality using the MapShed and WASP8 models”. Water Resour Manage (2023). <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03655-1>
4. **Tuzun Dugan S.**, Muhammetoglu A., Uslu Aysenur. (2023). A combined approach for the estimation of groundwater leaching potential and environmental impacts of pesticides for agricultural lands, Science of The Total Environment, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165892>.

5. Muhammetoglu A., Akdegirmen O., **Tuzun Dugan S.**, Orhan, P., Kocer M.A.T., Muhammetoglu H. (2022). Assessment of pressures and impacts on water quality of a small Mediterranean stream using an integrated approach”, Desalination and Water Treatment, 2022, 260, 241-252. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28606>
6. **Tuzun S.**, and Sponza DT. (2019). Effect of Increasing Streptomycin Loading Rates on the Removal of Toxicity in Sequential Anaerobic ABR/ Aerobic CSTR Reactor System. Austin Chemical Engineering, May 25, 2019.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. **Tuzun Dugan S.**, Muhammetoglu A. (2023). Evaluation of environmental risks of pesticides: Case Study of the Lower Aksu Stream Basin, Turkey” 10th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) & SECOTOX Conference, Greece (hybrid), 5-9 June, 2023.
2. **Tuzun Dugan S.**, Akdegirmen O., Muhammetoglu A. (2022). Evaluation of water status at Aksu Stream in Antalya, Turkey using WASP8 deterministic water quality model, 3rd IAHR Young Professionals Congress, 29 Nov - 2 Dec 2022, (online)
3. **Tuzun Dugan S.**, Uslu A., Orhan P., Muhammetoglu A., Yesiltas M., Kocer M.A.T., Muhammetoglu H. (2022). Evaluation of Aksu Stream water quality under the influence of anthropogenic pollution and climate change, Youth in the forefront: before and after World Water Forum. Online Youth Water Congress: “Emerging water challenges since COVID-19”, Greece, 6-8 April 2022.
4. Orhan P., **Tuzun Dugan S.**, Yesiltas M., Kocer M.A.T., Coban H., Muhammetoglu A., Muhammetoglu H (2021). Application of WASP8 Deterministic Water Quality Model to Acisu Creek in Antalya, Turkey, Fifth International Conference on Natural Resources and Sustainable Environmental Management (NRSEM-2021), Turkish Republic of Northern Cyprus, 8-12 November 2021.
5. Uslu A., **Tuzun Dugan S.**, Yesiltas M., Kocer M.A.T., Muhammetoğlu A., Muhammetoğlu H. (2021). Evaluation of Water Quality Status at Aksu Stream and Acisu Creek in Antalya Using National Sanitation Foundation Index, Fifth International Conference on Natural Resources and Sustainable Environmental Management (NRSEM-2021), Turkish Republic of Northern Cyprus, 8-12 November 2021.

6. Uslu A., **Tuzun Dugan S.**, Yesiltas M., Kocer M.A.T., Muhammetoğlu A., Muhammetoğlu H.(2021). Evaluation of water quality at Lower Aksu Stream Catchment using a water quality index, 8th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2021) and SECOTOX Conference, Thessaloniki, Greece, 20-24 July 2021.
7. Orhan P., **Tuzun Dugan S.**, Kocer M.A.T., Muhammetoğlu A., Muhammetoğlu H. (2021). Investigation of pressures and impacts on water pollution of a stream in Antalya River Basin, 8th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2021) and SECOTOX Conference, Thessaloniki, Greece, 20-24 July 2021.
8. **Tuzun Dugan S.**, Koçer M.A.T. (2016). A Preliminary Calibration Study Of Early Morning Dissolved Oxygen Modelling In Carp Ponds. Poster Presentation. FABA 2016: International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, 3-5 November 2016, Antalya/TURKEY Abstract Book, p.540, ISBN: 978-605-9175-59-3.

Ulusal Dergilerde Yayınlanmış Makaleler

1. **Tüzün S.**, Sponza D.T. (2010). Streptomisin anaerobik perdeli reaktör de arıtımı ve toksisite giderimi. ITU Journal Series E: Water Pollution Control 2010 (1): 3-14.
2. Koçer M.A.T., **Tüzün Duğan S.** (2015). Göl ve Baraj Göllerinde Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Çevresel Taşıma Kapasitesi Tahmininde Kullanılan Statik Modeller: Belirsizlik ve Hata Kaynakları, Araştırma Gereksinimleri. II. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 20-22 Mayıs 2015, Egridir/Isparta.
3. Koçer M.A.T., **Tüzün Duğan S.**, Yeşiltas M., Özkan L., Eymirli G., Uysal A. T., Avcıoğlu G., Özdemir G. P., Çelik D. E. (2019). Türkiye’de Çift Kabuklu Üretim Alanlarının Sınıflandırılması: İzmir Üretim Alanları. Sözlü Bildiri. 20. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 26-29 Eylül, Mersin.

Ulusal Dergilerde Yayınlanmış Makaleler

1. Yeşiltas M., Koçer M.A.T., Başdemir D., Pak F., Aktaş Ö., Dal İ., Yeşiltas M. C., Koray T., Erkan S., **Tüzün Duğan S.**, Aydın C. M., Karakuş M., Yalın B., Emre Y. (2019). Antalya Körfezi Yüzey Fitoplankton Kompozisyonunun Belirlenmesi. Poster Sunum. 20. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 26-29 Eylül, Mersin.

Uluslararası/ulusal yayınevleri ya da kuruluşlarca basılmış kitaplar, kitaplarda editörlük veya bölüm yazarlığı:

1. Orhan P., **Tuzun Dugan S.**, Yesiltas M., Kocer M.A.T., Coban H., Muhammetoglu A., Muhammetoglu H. (2022). Application of WASP8 Deterministic Water Quality Model to Acısu Creek in Antalya, Turkey. In: Gökçekuş, H., Kassem, Y. (eds) Climate Change, Natural Resources and Sustainable Environmental Management. NRSEM 2021. Environmental Earth Sciences. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04375-8_17. Online ISBN 978-3-031-04375-8

