



**KELKİT HAVZASI EKOLOJİK RİSK
DEĞERLENDİRMESİ**

Orhan Mete KILIÇ

Doktora Tezi

Toprak Anabilim Dalı

Doç.Dr. Hakan Mete Doğan

2015

Her hakkı saklıdır.

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİMDALI

DOKTORA TEZİ

KELKİT HAVZASI EKOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

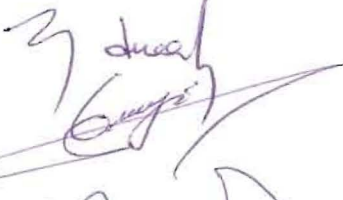
Orhan Mete KILIÇ

TOKAT
2015

Her hakkı saklıdır.

Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN danışmanlığında, Orhan Mete KILIÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 15/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Toprak Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Alper DURAK

İmza : 

Üye : Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Kadir SALTALI

İmza :

Üye : Doç. Dr. İrfan OĞUZ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ekrem BUHAN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN

Enstitü Müdürü

14/07/2015

Bu proje Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (**Proje No: 2012/113**).

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlâk kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Orhan Mete KILIÇ

ÖZET

Doktora Tezi

KELKİT HAVZASI EKOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Orhan Mete KILIÇ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN

Kelkit havzası arazi ve su kaynakları bakımından ülkemizin önemli alanlarından biridir. Bu çalışmanın amacı, yeni ekolojik modelleme yaklaşımı çerçevesinde Kelkit Havzası'nın Ekolojik problemlerine yol açabilen stres faktörlerini belirlemek ve belirlenen ekolojik risk alanları için gerekli önlemleri tartışmaktır. Bu amaçlar için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) araçları ile önemli ekosistem parametrelerinden faydalanılmıştır. Kelkit havzası için belirlenen potansiyel stres faktörleri erozyon, kuraklık, su kirliliği ve net birincil üretim (NBÜ) değerleridir. Havza erozyon ve kuraklık durumunu belirlemek için sırasıyla USLE modeli ve kuraklık indeksinden faydalanılmıştır. Kuraklık indeksi için gerekli olan meteorolojik veriler FAO'un LOCCLIM yazılımından türetilmiştir. NBÜ haritaları ise MODIS uydu görüntülerinden üretilen haritaların sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Su kalitesi parametreleri Kelkit Nehri'nden alınan mevsimsel su örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarından elde edilmiştir. USLE modeline göre; havzadaki yıllık toprak kaybı 0 ile 619 t.ha⁻¹yıl⁻¹ arasında değişen değerler almış ve ortalama yıllık toprak kaybı 4.63 t.ha⁻¹yıl⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Erozyon haritası çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek sınıflarını içeren beş sınıfta özetlenmiştir ve toplam alanın % 80,56 'sı çok düşük sınıfında yer almıştır. Kelkit Havzasının kuraklık haritası UNESCO kuraklık sınıflamasına göre haritalanmış ve az kurak, orta kurak ve kurak değil olarak sınıflandırılmıştır. NBÜ haritaları verimlilik durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Su kalitesi parametrelerine göre, Kelkit Havzası alt havzaları belirlenmiş ve her bir alt havza için bir kalite sınıfı değeri atanmıştır. Havzada su kalitesi sınıflarından ilk üç sınıf bulunurken, dördüncü sınıf bulunmamıştır. Ekosistem stres faktörü haritaları ArcMap 10.2 de üretilmiştir. Her stres faktörü haritası ekolojik risk üzerindeki potansiyel etkisine göre 0 ile 1 arasında derecelendirilmiştir. CBS'de stres faktörü haritaları birbiri ile toplanmış ve bunların aritmetik ortalaması ekolojik risk haritası üretmek için hesaplanmıştır. Oluşturulan risk haritasının 0.12 ve 0.37 risk skorları arasında değişen değerler aldığı gözlemlenmiştir. Ekolojik risk haritası çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere beş sınıfta sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış ekolojik risk haritasına göre, Kelkit Havzası'nın azınlığı orta risk sınıfında bulunurken, çoğunluğu düşük risk sınıfında yer almıştır. Riskin etkisine göre uygun yönetim kararları önerilmiştir. Bu çalışma havza bazlı ekosistem çalışmalarında UA ve CBS teknolojilerinin ekolojik modellerle uyumlu ve etkin bir şekilde çalıştığını ortaya koymuştur. Üretilen uzaysal veri tabanı alandaki ekosistem parametrelerinin zamansal-uzaysal değişiminin değerlendirilmesi için ileride yapılacak olan çalışmalara yararlı bilgiler sunmaktadır.

2015, 141 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kelkit, Ekolojik Risk, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama.

ABSTRACT

PhD. Thesis

ECOLOGICAL RISK ASSESMENT of KELKİT BASİN

Orhan Mete KILIÇ

Gaziosmanpaşa University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Associate Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN

Kelkit basin is one of the most important areas of our country in terms of land and water resources. The objectives of this study are determining the stress factors, that can lead to ecological problems of Kelkit Basin within the frame of new ecological modelling approach, and discussing necessary precautions for the determined ecological risk areas. For these aims, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) tools and important ecosystem parameters were utilized. Potential stress factors identified for Kelkit Basin are erosion, drought, water pollution and net primary production (NPP). To determine basin erosion and drought status, USLE model and drought index were utilized, respectively. Meteorological data required for drought index is derived from the Food and Agriculture Organization's (FAO) LOCCLIM software. NPP maps were obtained by digitizing the maps produced from MODIS satellite images. Water quality parameters were obtained from the laboratory analysis results of seasonal water samples collected from Kelkit River. According to USLE model, annual soil loss values changed between 0 and 619 4.63 t.ha⁻¹year⁻¹ and the mean annual soil loss of the basin was determined as 4.63 t.ha⁻¹year⁻¹. Erosion Map was summarized as five classes including very low, moderate, high, very high classes, and 80.56 % of the basin area take place in very low class. The drought map of Kelkit Basin was mapped according to UNESCO classification system, and summarized in three classes including low drought, moderate drought and no drought. NPP maps were classified according to productivity status. According to the water quality parameters, sub-basins of Kelkit Basin were determined, and a quality class values for each sub-basin was assigned. In the basin, the first three water quality classes were found, while the fourth water quality class was absent. Ecosystem stress factor maps were generated in ArcMap 10.2. Each stress factor map were scored between 0 and 1 according to its potential effect on ecological risk. Stress factor maps were added with each others, and their arithmetic average was calculated to produce ecological risk map in GIS. It was observed that, ecological risk map changed between 0.12 and 0.37. Ecological risk map was classified in five classes including very low, low, moderate, high, and very high. According to classified ecological risk map, majority of the Kelkit Basin took place in low risk class, while minority of the basin were found in moderate risk class. According to the effects of the risk, appropriate risk management decisions were proposed. This study has been put forward that GIS and RS tools work together ecological models coherently and efficiently in the watershed-based ecosystem studies. Produced spatial database will present useful information for the next studies about the evaluation of spatio-temporal change of ecosystem parameters in the basin.

2015, 141 pages

Keywords: Kelkit, Ecological Risk Assessment, GIS, Remote Sensing.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden bitimine kadar engin bilgisi ve deneyimlerini benden esirgemeyen her zaman yakın ilgisini ve desteğini gördüğüm danışman hocam Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN' a, tez çalışmam boyunca desteğini eksik etmeyen Yrd. Doç. Dr. Ekrem BUHAN'a, laboratuvar analizleri boyunca bana yardımcı olan Yrd. Doç.Dr. Fatih POLAT, Halit TURAN, Doğaç Sencer YILMAZ'a her zaman desteklerini arkamda hissettiğim ailem ve değerli katkılarından dolayı Bilimsel Araştırma Komisyonuna teşekkürlerimi sunarım.

Orhan Mete KILIÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1. Ekolojik Risk Değerlendirmesi	5
2.1 Ekolojik Risk.....	8
2.2.Ekolojik Risk Oluşturan Etmenler	9
2.2.1 Toprak Erozyonu	12
2.2.2 Kuraklık	14
2.2.3. Net Birincil Üretim.....	16
2.2.4. Su Kalitesi	17
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri	19
2.4.Uzaktan Algılama.....	22
3. MATERYAL VE METOD	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Çalışma Alanı	25
3.1.2. İklim	27
3.1.3. Çalışma Alanı Bitki Örtüsü	28
3.1.4. Çalışma Alanı Toprak Yapısı	29
3.1.5. Çalışma Alanı Jeolojisi.....	32
3.2. Metodoloji	37
3.3. Araştırma Verileri	37
3.3.1. Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) Uydu Görüntüleri	38
3.3.2 DEM (digital elevation model - sayısal yükseklik modeli) Görüntüsü.....	38
3.3.3. Arazi Kullanım Türü Haritasının Oluşturulması	40
3.3.4. NDVI (Normalized Difference Vegetative Indeks) Haritasının Oluşturulması	43
3.3.5 Net Birincil Üretim (NBÜ).....	44

	Sayfa
3.3.6 Kelkit Havzası Kuraklık Modellemesi	45
3.3.7. Erozyon Risk Alanlarının USLE Modeli ile Haritalanması	46
3.4. Arazi Çalışmaları	49
3.4.1 Ön Arazi Etüdları	49
3.4.2. Toprak Örneklemleri	52
3.4.3 Su Örneklemleri.....	52
3.5. Laboratuvar Çalışmaları.....	54
3.5.1. Toprak Analizleri.....	55
3.5.2 Fiziksel ve Kimyasal Su Kalite Analizleri	56
3.6. İstatiksel Analizler	58
4. BULGULAR.....	58
4.1. Kelkit Havzası Normalleştirilmiş Farklı Vejetasyon İndeks (NDVI) Haritası	58
4.2. Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri Haritası.	59
4.2. Kelkit Havzası Net Birincil Üretim Haritası	65
4.3. Kelkit Havzası Kuraklık Modellemesi.....	66
4.4. USLE İle Erozyon Modelleme.....	68
4.4.1. USLE R Faktörünün Belirlenmesi.....	68
4.4.2. USLE K Faktörünün Belirlenmesi	68
4.4.3 USLE C Faktörünün Belirlenmesi.....	73
4.4.4 USLE Eğim Uzunluğu ve Dikliği (L-S) Faktörlerinin Belirlenmesi.....	74
4.4.5 USLE Toprak Koruma (P) Faktörünün Belirlenmesi.....	77
4.4.6. Kelkit Havzası Usle Faktörlerinin Çarpılması ve Erozyon Alanlarının Belirlenmesi.....	77
4.5. Kelkit Havzası Toprak Özelliklerinin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları.....	79
4.6. Kelkit Havzası Toprak Özelliklerinin Haritalanması	82
4.7 Kelkit Havzası Su Kalitesinin Değişimi	87
4.8. Ekolojik Risk Değerlendirmesinde Kullanılan Baskı Unsurlarının Risk Karakterizasyonu ve Ekolojik Risk Modelleme	117
5. SONUÇLAR.....	124
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	143

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ekolojik risk değerlendirme yapısının şeması.....	6
Şekil 2.2. Ekolojik risk değerlendirmesinde analiz aşaması.....	8
Şekil 2.3. Risk Karakterizasyonu.....	9
Şekil 2.4. Erozyon oluşumuna etki eden faktörler.....	11
Şekil 2.5. Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri.....	20
Şekil 2.6. UA sürecinin gösterimi.....	22
Şekil 3.1 Kelkit Havzası Topoğrafik Haritası.....	25
Şekil 3.2. Kelkit Havzası iklim haritaları.....	29
Şekil 3.3. Kelkit Havzası Büyük Toprak Grupları.....	30
Şekil 3.4 Kelkit Havzası 1\100.000 ölçekli jeoloji haritası.....	34
Şekil 3.5. Landsat 8 uydu görüntüsü.....	39
Şekil 3.6 Gerçek ve potansiyel toprak kaybının hesaplanması.....	46
Şekil 3.7. Kelkit Havzası Toprak Örnekleme Noktaları.....	51
Şekil 3.8. Kelkit Nehri Su Örnekleme Noktaları.....	53
Şekil 3.9. Kelkit Havzası Su Toplama Alt Havzaları.....	53
Şekil 4.1 Kelkit Havzası NDVI İndeks Haritası.....	59
Şekil 4.2. Arazi Kullanım Türlerinin Hazırlanmasında kullanılan yardımcı veri katmanları.....	60
Şekil 4.3. Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri Haritası.....	61
Şekil 4.4 Kelkit Havzası NBÜ Haritası.....	63
Şekil 4.5 Kelkit havzası ortalama yağış ve potansiyel evapotranspirasyon haritaları.....	65
Şekil 4.6 Kelkit Havzası Kuraklık Haritası.....	66
Şekil 4.7. Kelkit Havzası Unesco Kuraklık Sınıfları.....	66
Şekil 4.8. Kelkit Havzası Kuraklık Sınıfları Alan Dağılımı.....	67
Şekil 4.9 Kelkit Havzası R faktör haritası.....	69
Şekil 4.10 Kelkit Havzası K faktör Haritası.....	70
Şekil 4.11 Rusle C faktör haritası.....	72
Şekil 4.12 Kelkit Havzası Rusle LS faktör haritaları.....	74
Şekil 4.13 Kelkit Havzası Rusle Toprak Kaybı.....	75
Şekil 4.14 Kelkit Havzası Sınıflandırılmış Toprak Kaybı Haritası.....	76
Şekil 4.15 Kelkit Havzası erozyon sınıfları alansal dağılımı.....	77
Şekil 4.16 Şebinkarahisar İlçesi erozyon bölgesi, erozyon sonucu nehirlerle taşınan sedimentler.....	78
Şekil 4.17 Kelkit Havzası CaCO ₃ , pH, EC haritaları.....	82
Şekil 4.18 Kelkit Havzası % silt, kil, kum haritaları.....	83
Şekil 4.19 Kelkit Havzası % OM, Total N, P ₂ O ₅ haritaları.....	84
Şekil 4.20. Çalışma süresince ölçülen sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	85
Şekil 4.21. Çalışma süresince ölçülen sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı haritası.....	86
Şekil 4.22. Çalışma süresince ölçülen pH değerlerinin istasyonlara göre dağılımı...	87

Şekil 4.23. Çalışma süresince ölçülen pH değerlerinin istasyonlara göre dağılım haritası.....	87
Şekil 4.24. Çalışma süresince ölçülen çözünmüş oksijen miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	89
Şekil 4.25. Çalışma süresince ölçülen çözünmüş oksijen miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	89
Şekil 4.26. Çalışma süresince ölçülen oksijen doygunluğunun istasyonlara göre dağılımı.....	90
Şekil 4.27. Çalışma süresince ölçülen oksijen doygunluğunun istasyonlara göre dağılımı.....	90
Şekil 4.28. Çalışma süresince ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	91
Şekil 4.29. Çalışma süresince ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	92
Şekil 4.30. Çalışma süresince ölçülen toplam çözünmüş katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	93
Şekil 4.31. Çalışma süresince ölçülen toplam çözünmüş katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılım haritası.....	94
Şekil 4.32. Çalışma süresince ölçülen tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	94
Şekil 4.33. Çalışma süresince ölçülen tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre dağılım haritası.....	95
Şekil 4.34. Çalışma süresince ölçülen redoks potansiyeli değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	96
Şekil 4.35. Çalışma süresince ölçülen redoks potansiyeli değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	96
Şekil 4.36. Çalışma süresince tayin edilen askıda katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	97
Şekil 4.37. Çalışma süresince tayin edilen askıda katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	98
Şekil 4.38. Çalışma süresince ölçülen bulanıklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	98
Şekil 4.39. Çalışma süresince ölçülen bulanıklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı.....	99
Şekil 4.40. Çalışma süresince tayin edilen amonyum azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	100
Şekil 4.41. Çalışma süresince tayin edilen amonyum azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılım haritası.....	101
Şekil 4.42. Çalışma süresince tayin edilen nitrit azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	102
Şekil 4.43. Çalışma süresince tayin edilen nitrit azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	102
Şekil 4.44. Çalışma süresince tayin edilen nitrat azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	103
Şekil 4.45. Çalışma süresince tayin edilen nitrat azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	103

Şekil 4.46. Çalışma süresince tayin edilen ortofosfat fosforu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	103
Şekil 4.47. Çalışma süresince tayin edilen ortofosfat fosforu miktarlarının istasyonlara göre dağılım haritası.....	104
Şekil 4.48. Çalışma süresince tayin edilen toplam fosfor miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	104
Şekil 4.49. Çalışma süresince tayin edilen toplam fosfor miktarlarının istasyonlara göre dağılım haritası.....	104
Şekil 4.50. Çalışma süresince tayin edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	105
Şekil 4.51. Çalışma süresince tayin edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarlarının istasyonlara göre dağılımı.....	105
Şekil 4.52. Çalışma süresince tayin edilen toplam koliform bakteri sayısının istasyonlara göre dağılımı.....	106
Şekil 4.53. Çalışma süresince tayin edilen toplam koliform bakteri sayısının istasyonlara göre dağılımı.....	106
Şekil 4.54. İzlenen istasyonlara dayalı kümeleme analizi dendogramı.....	110
Şekil 4.55. Faktör analizinde özdeğerler ve değerlerinin değişimi.....	113
Şekil 4.56. Ana bileşenler analizinde özdeğerlerin değişimi.....	114
Şekil 4.57. Aktif örneklerin korelasyonuna dayalı olarak temel bileşenler analiziyle elde edilen ilk iki faktörün parametreler grafiği.....	115
Şekil 4.58. Aktif örneklerin korelasyonuna dayalı olarak temel bileşenler analiziyle elde edilen ilk iki faktörünün istasyonlar grafiği.....	115
Şekil 4.59. Su kalite yönetmeliğine göre kalite sınıflarına ayrılan alt havzalar.....	117
Şekil 4.60. Sınıflandırılan NBÜ haritası.....	119
Şekil 4.61. Kuraklık skor haritası.....	119
Şekil 4.62. Erozyon riski skor haritası.....	120
Şekil 4.63. Kelkit Havzası ekolojik risk haritası.....	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Kelkit Havzası İlçeleri Yüzölçümleri.....	26
Çizelge 3.2. Kelkit Havzası Büyük Toprak Grupları Alansal Dağılımı.....	30
Çizelge 3.3. Kelkit Havzası Jeolojik Formasyonlar.....	35
Çizelge 3.4. Landsat 8 OLI uydusu band özellikleri.....	37
Çizelge 3.5. Kullanılan Landsat 8 Uydu Tarihleri.....	38
Çizelge 3.6. Unesco Kuraklık Sınıfları.....	44
Çizelge 3.7 Kelkit Nehri İstasyon Bilgileri.....	52
Çizelge 4.1 Kelkit Havzası NDVI İndeks Değerleri ve Yoğunluk Durumu	58
Çizelge 4.2 Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri ve Kapladıkları Alanlar.....	62
Çizelge 4.3 Kelkit Havzası Kuraklık Sınıfları.....	67
Çizelge 4.4 K faktör aşınabilirlik sınıfları.....	70
Çizelge 4.5 Kelkit Havzası K faktör Sınıflarının Dağılımı.....	71
Çizelge 4.6 Arazi kullanım türlerine göre belirlenen C faktör değerleri.....	72
Çizelge 4.7. Kelkit Havzası erozyon sınıfları ve dağılımı.....	77
Çizelge 4.8 Kelkit Havzası toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları....	79
Çizelge 4.9. Tarih faktörüne sıcaklık tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	85
Çizelge 4.10. Tarih faktörüne pH tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	86
Çizelge 4.11. Tarih faktörüne çözünmüş oksijen tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	88
Çizelge 4.12. Tarih faktörüne oksijen doygunluğu tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	88
Çizelge 4.13. Tarih faktörüne elektriksel iletkenlik tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	91
Çizelge 4.14. Tarih faktörüne çözünmüş katı madde tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	92
Çizelge 4.15. Tarih faktörüne tuzluluk tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	92
Çizelge 4.16 Çalışma süresince izlenen parametreler arasındaki korelasyonların matrisi.....	108
Çizelge 4.17. Tarih faktörüne redoks potansiyeli tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	95
Çizelge 4.18. Tarih faktörüne askıda katı madde miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	97
Çizelge 4.19. Tarih faktörüne bulanıklık tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	97
Çizelge 4.20. Tarih faktörüne amonyum azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	99
Çizelge 4.21. Tarih faktörüne nitrit azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	101
Çizelge 4.22 Tarih faktörüne nitrat azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti.....	102

Çizelge 4.23. Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) izlenen örnekleme noktalarının çevresel kalite sınıflandırma matrisi.....	109
Çizelge 4.24. İzlenen parametrelerin minimum ve maksimum değerlerine dayalı ana bileşenler çıkarımlı faktör analizi sonuçları özeti.....	112
Çizelge 4.25. İzlenen parametrelerin Varimax metoduyla dönüştürülmüş faktör yükleri.....	113
Çizelge 4.26. Aktif değişkenlerin minimum ve maksimum değerlerine dayalı ana bileşenler analizi sonuçları özeti.....	114
Çizelge 4.27. Kelkit Alt Havzaları Kalite Sınıfları.....	116
Çizelge 4.28 Alt Havzaların Ekolojik Risk Skoru ve Alansal Dağılımı.....	118
Çizelge 4.29. Net birincil üretim skorları ve alansal dağılımı.....	118
Çizelge 4.30. Kuraklık Risk Skorları.....	118
Çizelge 4.31. Erozyon riski skor değerleri.....	120
Çizelge 4.32. Ekolojik Risk Sınıfları.	121

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar : Açıklamalar

ERD	:Ekolojik Risk Değerlendirmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
UA	: Uzaktan Algılama
RUSLE	: Revize Edilmiş Toprak Kaybı Eşitliği
PCA	: Temel Bileşenler Analizi
FA	: Faktör Analizi
DCA	: Eğilimsiz Kanonik Analiz
VK	: Varyasyon Katsayısı
BOD	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
DF	: Serbestlik Derecesi
NBÜ	: Net Birincil Üretim
Kİ	: Kuraklık İndeksi
TDS	: Çözünmüş Askıda Katı Madde
AKM	: Askıda Katı Madde
DO	: Çözünmüş Oksijen
%DO	: Oksijen Doygunluğu
EC	: Elektriksel İletkenlik
km ²	: Kilometre kare
mm	: Milimetre
PET	: Potansiyel Evapotranspirasyon

1.GİRİŞ

Ondokuzuncu yüzyılda gerçekleşen sanayi devrimi ve ekonomik gelişmelerle birlikte insanların yaşam kalitesini artırmak adına atılan adımlar, doğada ve çevrede geri dönüşmesi zor olan ciddi tahribatlara yol açmıştır. (Lubchenco 1998., Vitousek ve ark. 1997). Dünya nüfusunun şimdiki hızıyla artmaya devam etmesiyle 2050 yılında 10 milyara 2100 yılında ise 40 milyara ulaşması tahmin edilmektedir (Anonim, 1992). Artan nüfusa paralel olarak insanların ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla doğal kaynak ihtiyacı gün yüzüne çıkacak ve kaynakların bugün ki hızıyla tüketilmeye devam edilmesi ile birlikte gelecek yüzyılın gündemine çevre ile ilgili olarak iki temel problem yer edinecektir. Bunlardan birincisi; çevrenin daha çok kirlenmesi ve tahrip edilmesi, ikincisi ise; tüketimin artmasıyla birlikte doğal kaynakların gün geçtikçe tükenmesi olacaktır (Gökdayı, 1996).

Ekosistemdeki hayatın tümü doğal kaynakların bütünlüğü ile doğrudan ilişkilidir. Doğanın bütünlüğü içinde canlı ve cansız varlıklar birbirlerini sürekli olarak etkilemektedir. Orman alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi ve ormansızlaşma, aşırı otlatma, fazla gübre kullanımı, herbisit ve pestisitler gibi tarım ilaçlarının kullanımı, kentleşme ve atmosfer bileşiminde meydana gelen bozulmalar yoluyla insanlar doğal çevreyi doğrudan veya dolaylı olarak değiştirmektedirler. Bu değişimler, toprak erozyonu, çölleşme, arazi kalitesinin bozulması, biyoçeşitlilik kaybı, asit birikimi, göllerde ve nehirlerde ötrofikasyon, ozon tabakasında meydana gelen olumsuz etkiler gibi ciddi çevresel sorunlara sebep olmaktadır (Matson ve ark., 1997; Noble ve Dirzo, 1997; Tilman ve ark., 2001). Ekosistemin bileşenlerindeki bu olumsuz değişimler, o ekosistemde yaşayan canlı türlerini doğrudan etkilemekte, hangi cins ve tür canlının yaşayabileceğini belirlemektedir.

Sanayi ve teknolojilerin gelişmesiyle birlikte karbondioksit, metan, kloroflorokarbon, ozon gibi sera gazlarının emisyonlarında meydana gelen artış, küresel ısınmaya yol açmaktadır. Dünyamızın sıcak yüzeyinden yansıyan uzun dalga boylu elektromanyetik radyasyonun bir bölümü, uzaya yansımada önce atmosferdeki sera gazları tarafından emilir ve sonra tekrardan uzaya salınır. Atmosferdeki bu doğal sera gazları dünyanın yaşanabilir bir ortam olmasını sağlamak adına yer kürenin sıcaklığını

dengelemektedir. Ancak bu sera gazlarının miktarının artması gezegenimizin normalden daha fazla ısınmasına yol açmaktadır. Bu artışın kaynağı ise % 49 enerji kullanımı, % 24 endüstri, % 14 ormansızlaşma, % 13 tarımsal faaliyetlerdir (Türkeş ve ark., 2000). Bu antropojen faaliyetler sonucu artan sera gazı emisyonları sıcaklık artışı ile birlikte yağış, nem, hava hareketleri gibi normal olmayan koşulları da beraberinde getirir. Bu da ekosistem ve yaşayan canlılar için potansiyel tehlike oluşturan küresel iklim değişikliği olarak karşımıza çıkar (Demir, 2009).

Sürdürülebilir büyüme ve kalkınma planlarının yapıldığı günümüz dünyasında doğal varlıkların bir hammadde olarak kullanılması ve üretim-tüketimden kaynaklanan çevre kirliliği büyük ekolojik krizlere neden olmaktadır (Gümrükçüoğlu, 2008). Tatlı su kaynaklarının giderek zarar görmesi bu krizlerden sadece biridir. Ülkemizde birçok nedenden dolayı kontrol altında tutulamayan evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar, günümüzde pek çok su havzasında kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı bilinmektedir (Mansuroğlu, 2004; Nas ve ark. 2004; Akın, 2007). Öte yandan nüfusun az, sanayileşmenin olmadığı veya az olduğu yörelerde ise tehlikeli boyutlarda su kirlenmesi görülmemektedir. Hızla artan çarpık yapılaşmanın sonucu olarak kanalizasyon sistemlerinden ve çöp depolama sahalarından kaynaklanan kirli sızıntı suları da yeraltı suyu kirliliğinde önemli bir faktör olarak göze çarpmaktadır (Mansuroğlu, 2004; Yüksel ve ark. 1997). Nehirler, dünyadaki yüzeysel tatlı suların %2'sini barındırmakta ve su döngüsünde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir su yönetimi için nehir sularının iyi yönetilmesi ve bunun için de kirliliğinin çok iyi tespit ve takip edilmesi gerekmektedir.

Doğal kaynaklar sürdürülebilirliğinin ötesinde kullanıldığında kaybolmaya mahkûmdurlar. İnsanların kendi yaşam alanları olan doğal kaynakları tahrip etme ve ortadan kaldırma potansiyelleri olmasının yanında, sürdürülebilir ve sağlıklı bir doğal ortamın devamlılığını sağlama kapasiteleri de bulunmaktadır. Toprak erozyonu, çölleşme, arazi kalitesinin bozulması, biyoçeşitlilik kaybı, asit birikimi, göllerde ve nehirlerde ötrofikasyon, ozon tabakasındaki incelmeler, küresel iklim değişikliği gibi ekolojik tehditler, ekolojik ölçümleri ve verileri karar alma birimlerinin ihtiyaçlarıyla ilişkilendirebilecek esnek problem çözme yaklaşımları ihtiyacını ortaya koymuştur.

Ekolojik risk değerlendirmesi (ERD) bu ekolojik tehditlere karşı bir çözüm yolu olarak önerilmektedir (Anonim, 1999).

ERD süreci, çevresel karar vermeye yararlı olacak biçimde baskı unsurları ve ekolojik etkiler arasındaki ilişkileri anlamaya ve tahmin etmeye yardımcı olması için verileri, bilgileri, tahminleri ve belirsizlikleri sistematik bir biçimde değerlendirmek ve düzenlemek için kullanılır. Değerlendirme, kimyasal, fiziksel, biyolojik baskı unsurlarını içerebilir, bir veya birkaç baskı unsuru değerlendirilebilir (USEPA, 1998).

ERD, çeşitli ekosistemlere uygulanabilen en önemli evre yönetim araçlarından biridir (Lemly, 1997; Yin ve ark., 1999; Wenger ve ark., 2000; Serveiss, 2002). Bu alanda yapılan çalışmaların çoğu ekolojik risk değerlendirme yönteminin faydalı bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır (Adams ve Power, 1997). Ekolojik risk değerlendirme, Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D.) ve Avrupa Birliği'nde gerekli yasal ve kurumsal altyapıya sahip, iyi geliştirilmiş bir araç olarak değerlendirilmektedir (USEPA, 1994; Van Leeuwen, 1997; USEPA, 1998). Ekolojik risk değerlendirmenin uygulandığı alanlara örnek olarak, nehirler (USEPA, 2000), ormanlar (Hogsett ve ark., 1997), sulak alanlar (USEPA, 1996; Serveiss, 2002), körfezler (Harris ve ark., 1994), içme suyu havzaları (Lemly, 1997) ve taşkın alanları (Kooistra ve ark., 2001) verilebilir. Ekolojik risk değerlendirmenin bu ekosistemlere uygulanmasını geliştirmek için coğrafi bilgi sistemini (CBS) araç olarak daha fazla kullanmayı sağlayacak çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır (Hogsett ve ark., 1997; Lemly, 1997; Kooistra ve ark., 2001; Preston, 2002; Solomon ve Sibley, 2002).

Büyük ölçekli ekolojik risk analizi gibi bir çalışma geçtiğimiz yüzyılın son çeyreğine kadar imkansız olarak görölmekteydi. Fakat gelişen bilgisayar yazılımları ve teknolojileri ile birlikte, uzaktan algılama (UA) ve CBS günümüzde yeryüzüne ait verilerin çok daha hızlı, etkin ve ekonomik bir şekilde temin edilmesini, yorumlanmasını, analizini, sunulmasını ve depolanmasını sağlamaktadır (Lobell ve ark., 2002; Erdoğan, 2012; Önder ve ark. 2009).

Küresel düzeydeki çevresel olaylar ve bölgesel antropojenik etmenlerden kaynaklanan doğal yapının değişimiyle çevresel tehditler olarak süregelen tüm bu ekolojik olaylar, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de doğal kaynaklar üzerinde niteliksel

olarak olumsuz etkilere yol açmaktadır. Ulusal ölçekte doğru ve etkin çevresel, politik ve stratejik planlama kararları için öncelikle söz konusu ekolojik süreçlerin mevcut durumlarının detaylı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu gerçeğe rağmen ekolojik sorunların geldiği bu noktada Türkiye'nin söz konusu ekolojik tehditler için hali hazırda ulusal bir risk haritası bulunmamaktadır. (Erdoğan, 2012).

Bu çalışmanın temel amacı, ülkemizin hem su kaynakları hem de biyoçeşitlilik bakımından oldukça zengin olan Kelkit Havzasında toprak ve su kaynakları için tehdit oluşturabilecek baskı unsurlarının ekolojik risk değerlendirme süreci içerisinde belirlenmesi, CBS ve UA teknikleri yardımıyla havza için mekânsal bir ekolojik risk haritası üretilmesi ve bu sorunların çözümleri için gerekli tedbirlerin ve planların tartışılmasıdır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

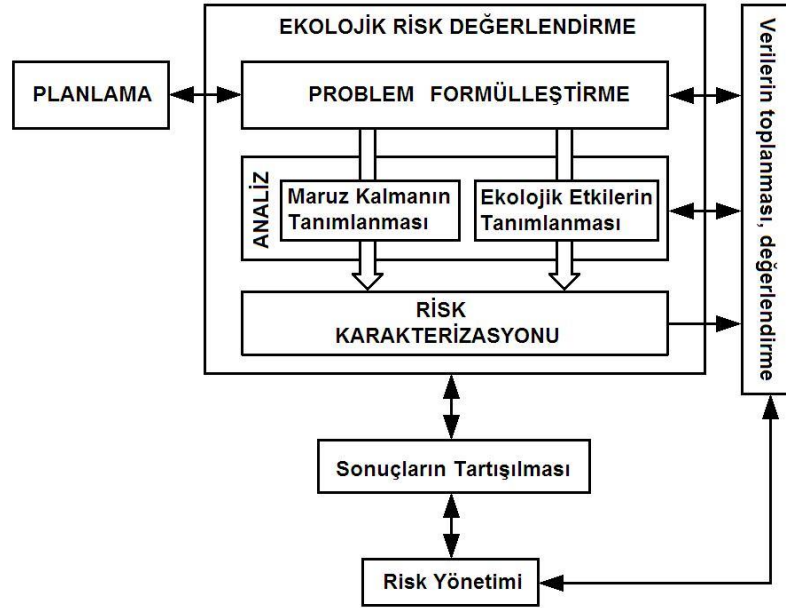
2.1. Ekolojik Risk Değerlendirmesi

Ekolojik risk değerlendirmesi, kimyasallar, arazi kullanımındaki değişiklikler, hastalık, istilacı türler ve iklim değişikliği gibi bir veya birden fazla baskı unsuruna maruz kalma sonucunda, çevrenin ne derecede etkilenebilir olduğunu değerlendirmeye yarayan bir süreçtir. Olumsuz ekolojik etkilerin meydana gelebilme ihtimalini tahmin ederken verileri, belirsizlikleri, tahminleri düzenlemek ve analiz etmek için esnek bir süreç takip eder. Bu şekilde işleyen bir ekolojik risk analizi, karar vericilere çevresel kararların alınmasında değerlendirmeleri gereken diğer faktörlerin (sosyal, yasal, politik veya ekonomik vb.) yanı sıra mevcut bilimsel bilgiyi değerlendirme fırsatı da sunmaktadır. EPA (Çevre Koruma Ajansı), ekolojik riskin yönetiminde ekolojik risk analizinin tek araç olduğunu kabul etmektedir (USEPA, 1997, 1998).

A.B.D. Çevre Koruma Kurumu (USEPA) ekolojik risk değerlendirmesini problem tanımlama, analiz ve risk belirleme olmak üzere üç ana aşamada organize etmektedir (USEPA, 1998). Problem formülleştirilmesinde stresör karakteristikleri risk değerlendirmenin önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Analiz aşamasında; stresör unsuruna maruz kalma ve stresör seviyesi arasındaki ilişkiye bakılmaktadır. En son aşama olarak risk karakterizasyonu yapılmaktadır (Şekil 1).

Çalışmanın problem formülleştirme aşamasında, bütün risk değerlendirmesinin bağlı olduğu bir çerçeve oluşturulmaktadır. Bu aşamada mevcut bilgiler bütünleştirilir, kaynaklar, kirleticiler ve etkiler hakkındaki bilgiler özetlenir. Problem formülleştirme aşamasının başarılı bir şekilde tamamlanması değerlendirme dönüm noktaları, kavramsal modeller ve analiz planı olmak üzere üç temel adımda gerçekleştirilir. Değerlendirme dönüm noktaları adımı mevcut şartların tanımlanmasından ibarettir. Kavramsal modeller adımı, tehdit edici unsurlar ve dönüm noktaları alıcıları arasında varsayılan ilişkiler tanımlanır. Analiz planı adımı, değerlendirmeler ve mevcut uzaysal veriler kullanılarak bir plan geliştirilir. Problem formülleştirme adımı karşılıklı aktif ve doğrusal olmayan bir süreç olduğu için, bütün problem formülleştirme ürünlerinin geliştirilmesi sırasında ilave tekrarlar gerekebilir (Suter ve ark., 2000; Salihoğlu ve ark., 2001).

Baskı unsurlarının tanımlanması, risk değerlendirme sürecinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Baskı unsurları, doğada fiziksel, kimyasal ve biyolojik olabilir. Bu çalışmada kimyasal baskı unsurları olarak toprak ve yüzey sularının kimyasal özellikleri dikkate alınmaktadır. Fiziksel baskı unsurları olarak; toprak ve yüzey sularının fiziksel özellikleri ile birlikte doğal şartları temsil eden iklim ve erozyon dikkate alınacaktır.



Şekil 2.1. Ekolojik risk değerlendirme yapısının şeması.

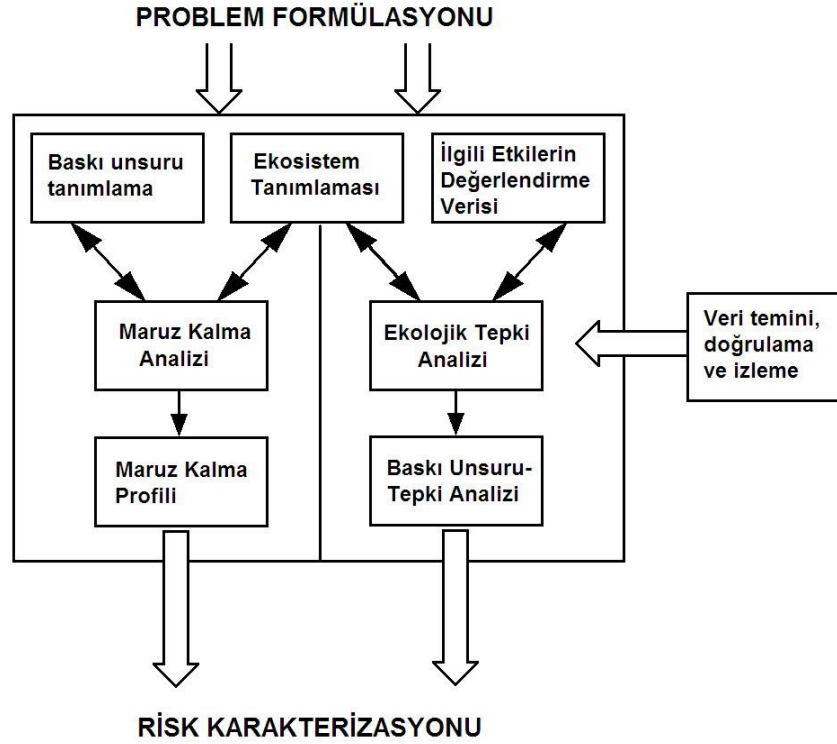
Analiz aşamasında, risk değerlendirmecilerin baskı unsurlarına maruz kalma durumu ve baskı unsurları seviyeleriyle ekolojik seviyeler arasındaki ilişki değerlendirilmektedir. Analiz aşamasında, risk değerlendirmecilerin baskı unsurlarına maruz kalma durumu ve baskı unsurları seviyeleriyle ekolojik seviyeler arasındaki ilişki değerlendirilecektir (Şekil 2.2). Analiz aşaması ürünleri, USEPA (1998) tarafından, baskı unsurları ve tepki ilişkisi ile maruz kalma ilişkisi arasında tanımlanmaktadır. Ekosistem tanımlanması çoğunlukla, en zor süreçtir maruz kalma analizlerinin amacı, ekosistem içinde baskı unsurunun bulunma ve oluşum miktarını belirlemektir. Çalışmamızda bu miktarlar kantitatif olarak hesaplanan ve haritalanan toprak ve yüzey suyundaki tehdit edici unsurlar (kirlilik), erozyon ve iklim değişimi unsurlarıdır. Maruz kalma profili, maruz kalma hesaplamaları varlığında ekolojik olarak tanımlanmaktadır. Maruz kalma, etkilerin değerlendirilmesiyle birleştirilen birimlerdeki yoğunluk, boşluk ve zaman terimleriyle ifade edilecektir. Maruz kalma profili, USEPA (1998) ve Suter ve ark.,

(2000) tarafından bildirildiği gibi, maruz kalma analizlerinin sonuçlarının bir özeti olmaktadır. Ekolojik etki verisiyle maruz kalma analizinin birleşimi, baskı unsuru-tepki profiliyle meydana gelmektedir. Bu işlem çoğunlukla birkaç model, ölçüm ve değerlendirme dönüm noktaları arasındaki ilişkiyi belirtmek için kullanılmaktadır. Değerlendirme ve ölçüm dönüm noktaları arasındaki ilişkiler USEPA (1992) tarafından bildirilen esaslar dikkate alınarak yapılmaktadır.

Risk karakterizasyonu, Şekil 2.3'de görüldüğü gibi risk değerlendirme işleminin son aşamasını oluşturmaktadır. Risk değerlendirmenin bu aşaması, risk tahmini ve risk tanımlama bölümlerini içermektedir. Risk karakterizasyonunun tamamlanması risk değerlendiricilerinin baskı unsurları, etkiler ve ekolojik varlıklar arasındaki ilişkileri açığa çıkarır. Buda beklenen ya da mevcut etkilerin olumsuzluğu ve maruz kalma durumlarıyla ilgili sonuçlara ulaşmayı mümkün kılar. Burada risk değerlendiricileri değerlendirme uç noktalarındaki ekolojik varlıklara olan riskin tahminini geliştirmek için analiz aşamasının sonuçlarını kullanır (USEPA, 1998).

Arazi gözlem çalışmaları, risk tahmin teknikleri gibi işlev görülebilir çünkü, maruz kalma durumunu etkilerle birleştiren ampirik veriler sağlarlar. Arazi ölçümleri, problem formülasyonunda belirlenen ekolojik topluluklar için maruz kalma ve etki bilgilerini toplamak yoluyla doğal düzendeki biyolojik değişiklikleri ölçer (USEPA, 1994).

Arazi ölçümlerinin başlıca yararı, laboratuvar çalışmalarında tekrarı mümkün olmayan ekosistem ilişkileri ve çoklu baskı unsurlarını değerlendirmekte kullanılabilmesidir. Laboratuvar çalışmalarında elde edilen tahminler kontrollü şartlardaki maruz kalma ve etkileri ifade ederken, arazi ölçümleri, doğal sistemlerde bulunan hem maruz kalma hem de etkileri anlatmak için tasarlanırlar (USEPA, 1994).



Şekil 2.2. Ekolojik risk değerlendirmesinde analiz aşaması

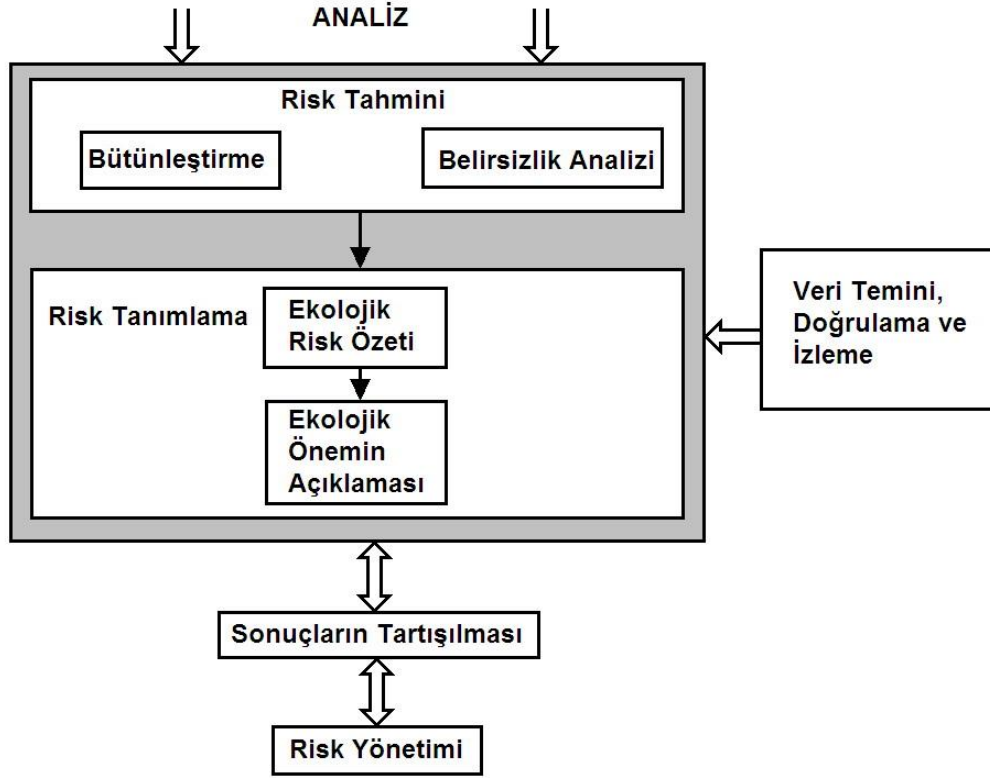
Bazı durumlarda, riskleri kategoriler kullanarak düşük, orta, yüksek veya evet/hayır şeklinde sınıflandırmak için profesyonel değerlendirme veya diğer kalitatif teknikler kullanılabilir. Bu yaklaşım, maruz kalma ve etki verileri sınırlı olduğunda daha çok kullanılır (USEPA, 1998).

Kıyaslama teknikleri, kalitatif değerlendirmeyi matematiksel bir kıyaslamaya dönüştürmek için kullanılır. Bu metotlar, karşılaştırmalı risk çalışmalarında sık sık kullanılır. Fuzzy Analizi teorisine dayalı matematiksel analizler, her baskı unsurunun getirdiği riski çeşitli bakış açılarından sınıflandırmak için kullanılabilirler. Baskı unsurlarından gelen potansiyel çevresel riskleri sınıflandırmaya hizmet eden sonuçlar profesyonel değerlendirmeye dayanır (USEPA, 1998).

2.1 Ekolojik Risk

Risk, bir tehlikenin gerçekleşme olasılığı ile gerçekleşmesi halinde yol açacağı sonucun şiddetinin birlikte ele alınmasıdır. Risk, tehlikenin olasılığı ile şiddetinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmek durumundadır. Risk, tehlike teriminden farklı olarak, hem tehlikeyi hem de ortaya çıkma potansiyelini içermektedir. Bu nedenle bir tehlike,

riski gündeme getirmeden ortaya çıkabilir. Risk, olasılık ve sonuç belirlemenin bir fonksiyonu olmaktadır (Denklem 1).



Şekil 2.3. Risk Karakterizasyonu.

$$\text{Risk (R)} = f(p, C(v)) \quad (1)$$

Burada; P ortaya çıkma olasılığını, C(v) ise sonuç değerini ifade etmektedir. Fonksiyon çarpım ise, sonuç, riskin beklenen değeridir (Rowe, 1981).

Riskin kapsamı, çevresel olarak incelendiğinde spesifik kirleticilere veya toksik maddelere maruz kalma durumu sonucunda, insan sağlığı ve çevre üzerinde ortaya çıkabilecek potansiyel olumsuz sonuçlar olarak tanımlanmaktadır (Holmes ve ark., 1993).

2.2.Ekolojik Risk Oluşturan Etmenler

Çevresel problemler yoluyla ortaya çıkan ekolojik sorunların mevcut durumlarının tespiti ve izlenmesi, söz konusu çevresel problemlerin mekânsal ve niceliksel olarak ekosistem üzerinde oluşacak risklerin ortaya konması adına gerekli hale

gelmiştir (Erdoğan, 2012). Kelkit havzası için ekolojik risk oluşturacak temel çevresel süreçler olarak toprak erozyonu, kuraklık, net birincil üretim (NBÜ) ve su kirlilik parametreleri olarak karasal ve sulak alanlarda belirlenmek üzere iki kategoride ele alınmıştır.

2.2.1 Toprak Erozyonu

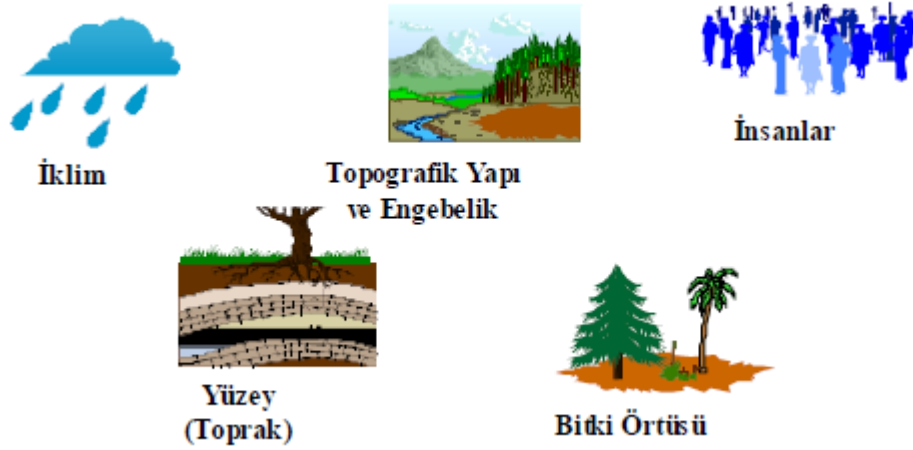
Erozyon, toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su ve rüzgârın etkisiyle aşınması ve taşınması olayıdır. Erozyonun başlıca nedeni, toprağı koruyan bitki örtüsünün yok olmasıdır. Toprak erozyonunun oluşumuna etkide bulunan etmenler, genel bir yaklaşımla doğal etmenler ve insandan kaynaklanan etmenler olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir (Dutkuner, 1999).

Doğal etmenler içerisinde; iklim özellikleri, toprak özellikleri, topoğrafik yapı ve engebelik ile bitki örtüsünün özellikleri yer almaktadır (Şekil 2.4). İnsanlardan kaynaklanan etmenler ise sosyo-ekonomik etmenler olup; arazilerin yeteneklerine uygun bir şekilde kullanılmaması, yanlış toprak işleme, geniş alanlarda hatalı nadas uygulamalarının yapılması, uygun bir bitki münavebesinin yeterince uygulanmaması, ormanların tahrip edilmesi ve orman arazisi nitelikli arazilerin tarım arazileri haline dönüştürülmesi, çayır-meraların düzensiz, kontrolsüz ve ağır bir biçimde otlatılması ve özellikle tarım arazilerinde gerekli toprak muhafaza tedbirlerinin yeterince alınmaması gibi nedenlerdir. (Sarı, 1998)

Toprak erozyonuyla beraber ürün verimliliğinde de büyük kayıplar meydana gelmektedir (Lal ve ark. 2000). Erozyonla azalan toprak derinliğine bağlı olarak, toprağın su tutma kapasitesindeki azalma, hızlı yüzey akışı, organik madde ve bitki besin elementleri kaybı ve toprakların degradasyonu hızlanmaktadır (Lal ve Pierce 1991).

Erozyon, insanların yeryüzündeki faaliyetlerine başlamasına kadar doğal bir süreç ve olay olarak süre gelmekteyken insanların doğayı ve toprakları kullanmaya başlamasından sonra doğal süreç özelliğini kaybederek farklı bir boyut kazanmıştır (Çepel ve ark. 2006). Doğal bir süreç olmasına karşın erozyon, yanlış arazi kullanımı gibi sebeplerle daha hızlı seyredebilmekte bu nedenle de Dünyada ve Türkiye’de bir çok bölge için önemli bir problem halini almaktadır (Yüksel ve ark., 2007).

Lal (1994) tarafından belirtildiğine göre dünyada 1.094.000.000 ha alan su erozyonu ve 548.000.000 ha alan ise rüzgar erozyonu tehdidi altında bulunmaktadır. Ülkemize baktığımızda ise 27,7 milyon hektar olan toplam tarım arazisinin 19.7 milyon hektarı çeşitli şiddetlerde erozyona maruz kalmaktadır (Keleş, 1992). Her yıl 500 milyon tona yakın bir toprak kütleinin yitirildiği bilinmektedir (Öztaş ve ark. 2002). Bu kayıp miktarıyla Türkiye birçok ülke arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Çünkü bir kilometre karelik alanda oluşan yıllık toprak kaybı, Avrupa'da 84, Avustralya'da 273, Amerika kıtasında 491, Asya'da 610, Afrika'da 715 iken Türkiye'de 800 tonu bulmaktadır (Doğan, 1995).



Şekil 2.4. Erozyon oluşumuna etki eden faktörler.

Türkiye kara yüzeyinin %90'ında çeşitli şiddetlerde erozyon cereyan etmektedir. Bu alanın %63'ü çok şiddetli ve şiddetli, %20'si orta şiddetli, % 7'si ise hafif şiddetli erozyonla karşı karşıyadır. Ülke genelinde yaklaşık 67 milyon hektarlık bir arazide toprak giderek yok olmaktadır. Bu durum, verimli toprakların büyük bir hızla sürüklenerek, baraj göllerine, akarsu yataklarına ve denizlere taşınmasına sebep olmaktadır. Erozyonla kaybedilen bir başka değer ise kaybolan toprak yüzünden her yıl yaklaşık 50 milyar m³ yağışın depolanamamasıdır (Anonim, 2015a). Bu göstergeler de ülkemiz açısından önemli bir sorunun vurgulanması için yeterli bir göstergedir.

Rakamlardan da anlaşılacağı üzere ülkemiz büyük bir erozyon problemiyle karşı karşıyadır. Çalışmanın yürütüldüğü Kelkit Havzasında yanlış arazi kullanımı sonucu ortaya çıkan hatalı ve yoğun tarımsal faaliyetler, yeni tarım arazisi alanı oluşturmak için ormanların tahrip edilmesi, Kelkit nehri üzerine inşa edilen hidro elektrik santralleri için ormanların tahrip edilmesi gibi nedenlerle bitki örtüsü kayıpları yaşanmaktadır. Bunların yanı sıra geleneksel yoğun toprak işleme faaliyetleri de erozyonun şiddetini artırmaktadır. Bu gibi problemler, Kelkit Havzasını olumsuz etkileyecek ve ilerleyen zamanlarda havzasının çölleşmesine sebep olacaktır. Bu sürecinin en önemli niteliklerinden biri ise bölgeye tarımsal sulama ve içme suyu sağlayan baraj göllerinin ömürlerinin kısalması ve su kalitelerinin düşmesi şeklinde gerçekleşecektir.

2.2.2 Kuraklık

Bryant, (1993)'e göre depremle beraber Dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afet arasında kuraklık ilk sırada sayılmaktadır. Geçmişten günümüze insan yaşamı boyunca doğal afetler önemli yer tutmaktadır. Kuraklık diğer doğal afetler arasında canlı yaşamı ve ekonomisi için en büyük etkiye sahip olup, farklı meteorolojik ve çevresel şartlar altında gelişme özelliğine sahiptir. Kuraklık, genellikle yağışların kaydedilen normal seviyelerinin altına düşmesi sonucu su kıtlığı sebebiyle yaşamsal faaliyetleri olumsuz yönde etkileyen doğal bir afet olarak tanımlanır (Oğuztürk, 2014).

Kuraklığın, meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo ekonomik olmak üzere dört çeşidi vardır (Wilhite and Glantz, 1985; Anonymous 2006). Kuraklık meteorolojik kuraklık olarak başlar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak gelişir, sosyo ekonomik kuraklık olarak devam eder (Mengü, 2011). Uzun bir süre yağışın normal değerlerinin altına düşmesi meteorolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır ve yağış esasludur. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak ifade edilen tarımsal kuraklık, hiçbir zaman yağış azlığı olarak tanımlanmamaktadır. Herhangi bir bölgede yağış az bile olsa, bitki kök bölgesi içerisindeki toprakta bitkinin gelişmesini sağlayacak kadar su mevcutsa tarımsal kuraklıktan bahsedilemez. Hidrolojik kuraklık, nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarında azalan su miktarı olarak tanımlanabilir. Yağmur suları ve kar seviyelerindeki azalma ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman farkı olması nedeniyle hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra hidrolojik kuraklık varlığını

sürdürebilir. Kuraklığın sosyo ekonomik tanımını meteorolojik, hidrolojik, ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talepleri ile ilgilidir. Yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretimin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda sosyo ekonomik kuraklık yaşanmaktadır (Dracup ve ark., 1980; Sırdaş, 2002).

Yağışla birlikte yeryüzündeki doğal ya da yapay göl, gölet gibi tatlı su kaynakları dolarken bir taraftan da yeraltına sızan su yüzey altı akışı ile yer altı su kaynaklarını doldurur. Bunlar olurken bir taraftan da özellikle okyanuslardan buharlaşan ve bitkilerin ve diğer canlıların kullanarak tekrar atmosfere verdikleri su buharı tekrar yağış olmak üzere atmosferde da birikmeye başlar. Görüldüğü gibi canlıların kullandığı tüm su kaynaklarında depolanan suların asıl kaynağı yağışlardır. Bu nedenle yağışlarda meydana gelecek bir azalma zamanla bütün su kaynaklarını ve dolayısıyla bütün su kullanıcılarını etkileyecektir ki kuraklık dediğimiz afet bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Kuraklığın canlılar üzerine etkisi, yukarıda sayılan su kaynaklarının hangisiyle ne kadar ilişkili olduklarına göre değişmektedir (Yeğnidemir, 2005). Aşağıdaki listede bu etkileri, değişik bakış açıları, farklı ölçek ve kapsamlarda ele alarak sıralanmıştır (Kokkokoğlu, 2006; Yaltay, 2006).

- **Ekonomik:** Üründe kayıp, ekin alanlarının verimliliğinin azalması, böcek istilası, bitki hastalıkları, ürün kalitesinde düşüklük, süt ve çiftlik hayvanları kaybı, otlakların verimliliğinin azalması, halka açık otlakların kapatılması veya sınırlandırılması, hayvanlar için suyun temin edilememesi veya pahalılığı, hayvanlar için besin temin edilememesi veya pahalılığı, kereste üretiminde kayıplar, orman yangınları, ağaç hastalıkları, ormanlarda böcek istilası, orman alanlarının verimliliğinin azalması, balık üretiminde kayıplar, balık yetiştirme alanlarına zararı, suyun azalmasından dolayı yavru balıkların kaybı, ulusal büyümede kayıp, ekonomik gelişmede gecikme, yiyecek üretiminde düşüş - yiyecek stoklarında azalma, finansal kaynak bulmada zorluk (kredi riski), nehir ve kanalların denizciliğe olan katkılarında kayıp, yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık, suyun taşınmasındaki pahalılık, çiftçi gelirlerinde kayıplar, eğlence iş alanlarında kayıplar, enerjide kaynak azalması, tarımsal üretimin direkt bağlı olduğu endüstrilerde kayıplar, üretimdeki düşüşe bağlı işsizlik, hükümetlerin vergi gelirinde kayıplar, kuraklığın başlıca ekonomik etkileridir.

- Çevresel: Toprakta su ve rüzgar erozyonu, biyoçeşitliliğin azalması, flora ve fauna kayıpları, peyzajların işlevlerini yitirmesi başlıca çevresel etkilerdir.
- Sosyal Etkileri: Genel anlamda yaşam kalitesindeki düşüş olarak görülen kuraklığın etkisi farklı ölçeklerde farklı şekillerde olabilmektedir:
 - Küresel: Açlık ve toplu ölümler, uluslar arası sorunlar ve çatımsalar, toplumsal sistemlerin bozularak kesintiye uğraması, ciddi sağlık sorunları.
 - Ülkesel: Sağlık sorunları, yiyecek sıkıntısı, fiyat artışları, yabancı sermaye kayıpları, tarımcılara, artan hükümet ödenekleri.
 - Bölgesel: Ekonomik sektörlerin bozularak sekteye uğraması, işsizliğin artması, artan toplumsal huzursuzluk.
 - Bireysel: Yer değiştirme, iflas etme, artan borç, gelir azalması.

Su tüketimi ve yağış yetersizliğinden dolayı, sık ve düzensiz bir şekilde ortaya çıkan kuraklıktan en çok, coğrafi ve iklimsel özelliklerinden ötürü, ülkemizin de içinde bulunduğu orta kuşak ülkeleri etkilenmektedir. Dolayısıyla ülkemiz, bu afetle sürekli karşı karşıyadır. Bu nedenle, kuraklık hakkında yapılacak araştırmalarla, sebeplerinin ortadan kaldırılması ya da alınacak önlemlerle etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Kuraklığın diğer büyük doğal afetlerden en önemli farkı, ortaya çıkışına sebep olabilecek parametrelerin fazlalığıdır. Doğal ya da yapay birçok faaliyet, kuraklığı tetikleyebilir ya da etkilerini arttırabilir. Bu nedenle kuraklığın sebepleri incelenirken, bu sebepleri; doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki grupta toplamak doğru bir yaklaşım olacaktır (Yeğnidemir, 2005). Doğal sebepler iklim koşulları, erozyon ve fiziki coğrafi faktörler olarak sayılabilir. İnsan kaynaklı faktörlerin başında ise kaynakların bilinçsiz kullanımı, küresel ısınma, orman yangınları, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı sayılabilir (Kokkokoğlu, 2006).

İklim değişimi, kuraklaşmanın en büyük küresel nedenidir. Yapılan son araştırmalar, atmosferdeki karbon monoksit gazının miktarının iki katına çıktığını göstermektedir. Bu artış sera etkisini şiddetlendirmekte ve iklim değişimi sürecini hızlandırmaktadır (Yeğnidemir, 2005). Dünya genelinde, daha önceleri doğal olaylar

nedeniyle meydana gelen kuraklık ve çölleşme olaylarının, son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı gözlenmektedir. 1860'lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve petrol ürünleri kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbon monoksit oranı % 30 ve ortalama küresel sıcaklıkta 0.6 °C yükselmiştir. Bu da yerkürenin bir ısınma evresine girdiğini ve böylelikle değişmekte olan küresel iklim rejimlerinin bölgesel ve yerel anlamda seller veya kuraklık olarak kendini göstereceği öngörülmektedir (Baykan, 1994).

Yarı kurak bir iklim kuşağında bulunan Türkiye'de yağışların alansal ve zamansal dağılımı düzensizdir. Mevcut su kaynaklarımız, hızla artan nüfus ve sanayinin ihtiyaçlarını karşılayamamakta, yüzey sulama yöntemleri ile tarımsal üretimde suyun büyük bir kısmı bilinçsizce kullanılmakta; içme, kullanma ve sulama suyumuzun kalitesi artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri sonucunda giderek düşmektedir. Tüm bu olumsuzluklara, küresel iklim değişikliği de eklenince, ülkemizde kuraklığın şiddetinin gün geçtikçe daha çok hissedileceği açık bir şekilde görülmektedir (Kadioğlu, 2008).

Türkiye'de aylık sıcaklık ortalamalarının bir yıldan diğerine arz ettiği değişiklikler nispeten azdır. Nisan'dan Aralık ayına kadar olan sıcak devrede aylık ortalamaların seneden seneye değişimi $\pm 0,7-0,8$ dereceyi aşmamaktadır. Aralık'tan Nisan'a kadar olan soğuk devrede farklar daha büyük olup $\pm 1,5-2,5$ dereceyi bulabilmektedir. Kış devresi nispeten kısa olduğu gibi daha büyük bir frekansta sapmalar, bu devrede zaten düşük olan su ihtiyacının miktarında geniş ölçüde bir değişiklik meydana getirmemektedir. Bu şartlar altında, Türkiye'de kuraklık için en büyük rolü, yağış miktarlarında ve bunların zamana ve mekâna göre dağılışında meydana gelen sapmalar oynamaktadır. Yağış miktarlarının genel olarak büyük oranda azaldığı yıllarda, ülkede kuraklık geniş ölçüde artmaktadır. Bunun neticesinde, bütün İç Anadolu hatta kısmen Çukurova, gerçek bir çöl ikliminin hakimiyeti altına girdiği gözlemlenmektedir. Bu sırada, Güneydoğu Anadolu da Suriye çölünün sınırları içine dahil olmaktadır. Aynı zamanda Trakya, Güney Ege ve Doğu Anadolu'nun hemen bütün alt bölgeleri şiddetli kurak şartlar ortaya çıkmaktadır. Ancak genelde Karadeniz ve Güneybatı Akdeniz kıyıları kurak şartların tesiri dışında kalmaktadır (Erinç, 1957; Erdoğan, 2012).

1960'lı yıllarda Afrika'nın Sahel bölgesinde ve alt-tropik kuşak yağışlarında başlayan ani azalmalar 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de de (özellikle kış aylarında) etkili olmaya başlamıştır. Türkiye'de kuraklık üzerine yapılan

bilimsel araştırmalar 1940'lı yıllarla birlikte başlamıştır. Çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmaların bir kısmının tüm Türkiye'yi, diğeri bir kısmının ise belli bir coğrafi bölgeyi ya da alanı kapsadığı görölmektedir (Tüمرتekin, 1956; Yıldız, 2014). Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1953-1954, 1956, 1964, 1973, 1977, 1984, 1989-1991, 1999-2000, 2001-2004 ve 2007-2008 yıllarında meydana gelmiştir (Türkeş, 1996; Türkeş 2009). Doğu Anadolu Bölgesi dışında Türkiye'nin büyük bir bölümünde önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş ya da meteorolojik kuraklıklar yaşanmamıştır (Kömüşçü ve ark., 2002).

Yapılan bilimsel çalışmalarda, mevcut su kaynaklarının kirlenerek kullanılmaz hale gelmesi nedeniyle 2050'de 65 ölke ve toplam 7 milyar insanın su kıtlığı sorunuyla karşı karşıya kalacağı belirtilmektedir (Kodal ve ark., 2011).

2.2.3. Net Birincil Üretim

Küresel ölçekte artan karbondioksit miktarı ve tahmin edilen iklim değışikliğinin doğal kaynaklar üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için en olası strateji bölgesel ölçekte ekosistem bileşenlerinin tahmini ve etkileşim düzeylerinin belirlenmesidir. Özellikle tür çeşitliliğinin fazla olduğu ölkemizde öngörölen iklim değışikliğinin indikatörü olabilecek en önemli ekosistem bileşenlerinden birisi vejetasyonun Net Birincil Üretim (NBÜ) miktarıdır. Bitkiler, fotosentez süreci vasıtasıyla güneş enerjisini kullanarak elde ettikleri fotosentez ürünlerinin bir kısmını solunumda, geri kalanını bünyelerinde yeni dokular üretmek için kullanırlar. Bitkilerin bu reaksiyonuna brüt birincil üretim; solunumla kullanılan ürün ile brüt birincil üretimin farkına ise NBÜ denir (Berberoğlu ve ark., 2007). NBÜ, vejetasyon aktivitesinin önemli biyofiziksel değışkenlerinden biridir ve küresel ölçekte karbon bütçesi bakımından büyük önem taşır. NBÜ, aynı zamanda karasal ekosistemler içerisinde yaşamın varlığı ve biyoçeşitliliğin devamı için en önemli ekosistem bileşenlerinden biridir (Lobell ve ark., 2002).

Küresel ölçekte, karbon döngüsü ve bütçesi bakımından büyük önem taşıyan NBÜ, aynı zamanda ekosistem performansı için önemli bir belirleyicidir (Schimel, 1995; Lobell ve ark, 2002; Chiesi ve ark., 2005; Evrendilek ve ark., 2006a). NBÜ, küresel

karbon havuzunun ana belirleyicisi (Thompson ve ark., 1996) ve ekolojik süreçlerin anahtar düzenleyicisidir (McNaughton, 1990; Schlesinger, 1991; Tynan, 1998).

NBÜ, birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentez (brüt birincil üretimden-BBÜ) ile ototrofik solunum (RA) değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Lieth ve Whittaker, 1975; Sun ve ark., 2001; Zhong ve ark., 2002; Lu ve ark., 2004). NBÜ aynı zamanda, birim alan ve zamanda bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarına eşittir (Chen ve ark., 1999).

$$NBÜ = BBÜ - RA$$

Ekosistemde farklı faktörlerin etkilediği NBÜ gibi bileşenlerin tahmini için farklı istatistiksel modelleme uygulamaları gerekmektedir. Bu noktada, UA ve CBS yöntemleri ile elde edilmiş yersel bilgiler, özel olarak geliştirilmiş matematiksel modellere girdi verisi olarak kullanılmakta ve bu modeller vejetasyon verimliliğinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ve arazi ölçümleri ile elde edilmiş güvenilir veri setlerinin kullanıldığı bu modeller özellikle, alanın yapısı ve zamana bağlı olarak, çevresel faktörler, iklim değişiklikleri ve insan kullanımlarının etkisi altında, formasyonları değişen yeşil ekosistemlerinin güncel ve geleceğe yönelik durumlarının izlenebilmesi açısından son derece önemlidir (Waring ve Running, 1998).

NBÜ küresel ölçekte, karbon döngüsü ve bütçesi bakımından özellikle belirleyici olma bakımından büyük önem taşıyarak ekosistem performansı için önemli bir ölçüm aracı özelliği taşımaktadır. NBÜ, küresel karbon havuzunun ana belirleyicisi ve ekolojik süreçlerin anahtar düzenleyicisidir. Bu özelliklerinden dolayı ekolojik risk sürecinde kullanılabilir (Evrendilek ve ark., 2006).

2.2.4. Su Kalitesi

Hızla artan dünya nüfusu ve insanoğlunun daha iyi yaşama standartlarını yakalama arzusu, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Oluşan bu baskının sonucu olarak, ekolojik denge gün geçtikçe bozulmaktadır. Ekolojik dengenin bozulması ile ortaya çıkan çevresel sorunlar bugünün ve yarınların çözüm bekleyen en önemli konuları arasında yer almaktadır (Yorulmaz, 2006). Çevre kirliliğinden en çok etkilenen

alanlar, su kaynaklarıdır. Su kaynaklarının kirlenmesi önemli ekonomik kayıplar getirmesinin ötesinde, kirliliğin türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan canlı ve insan yaşamını tehdit edebilmektedir (EİE, 2003).

Dünyadaki tatlı su kaynaklarında bir artış olmadığından ve hali hazırda var olan kaynakların kirlenme nedeniyle kullanılamaz hale gelmesinden dolayı, temiz suya olan gereksinim her geçen gün artmaktadır (Akgül, 2006). Su kaynakları, uzun vadede istikrarlı bir şekilde kullanılması ve korunması gereken doğal kaynaklardır. Tatlı su kaynaklarının ekolojik durumlarının ortaya çıkarılması ve yüksek kalitede olanların korunması ve iyi durumda olmayan kaynakların ise iyi duruma yükseltilmesi büyük önem taşımaktadır (EİE, 2003).

Su kalitesinin tayini için biyolojik yaklaşım, kimyasal analizleri tamamlayıcı olarak geliştirilmiştir. Suda belirli organizma veya organizma gruplarının bulunması, belirli bir örnekleme noktasında haftalık veya aylık su kalitesini gösterebilir. Bu organizma gruplarının bulunmaması ise rutin kimyasal örneklemelerde gözden kaçabilen, bir atık deşarjı veya kirleticilerin varlığına işaret edebilir. Birçok organizma ister insan kaynaklı isterse doğal olsun yaşadıkları ortamdaki değişikliklere oldukça duyarlıdır. Farklı organizmalar bu değişimlere farklı şekillerde cevap verirler. Bazıları tamamen yok olurken, bazıları da yaşadıkları çevreyi değiştirirler. Sucul organizmaların değişimler karşısındaki reaksiyonları belirlendiğinde mevcut su ortamının kalitesi de belirlenmiş olur. Bu nedenle bir göl veya akarsuda kalite izleme çalışmalarının planlanması yapılırken, kimyasal parametrelerin yanı sıra biyolojik parametrelere de yer verilmelidir (Kelly ve Whitton, 1998).

Çoğu kez zannedildiği gibi Türkiye tatlı su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkenin su sıkıntısına düşmesine neden olacak etmenler şunlardır: Sorunlu coğrafya nedeniyle su kaynaklarını kontrol etme güçlüğü, yağış ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı, su havzasına dayalı bütünleştirilmiş su yönetimi uzun vadeli planlaması yerine, kısa vadeli, bölgesel, ayrı planlar vasıtasıyla su kaynaklarından yararlanılmasıdır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1600 m³'tür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyaslarsak, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına 5000 m³ ve fazla su

potansiyeli olan bir ülke “su zengini” olarak kabul edilir. 2023 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1125 m³/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye’nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanması gerekmektedir (Gürer, 2007).

Özellikle son yıllarda ülkemizde su kaynaklarında yaygınlaşan kirlenmeler nedeniyle, su kalitesinin belirlenmesi ve sürekli izlenmesi gereği de ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu olgu, doğal sulardaki mevcut su ürünlerinden ve ülkemizde gün geçtikçe yaygınlaşan düzenli su ürünleri yetiştiriciliğinden istenilen düzeyde verim alınması açısından da büyük önem arz etmektedir (Şen ve Koçer, 2003)

Zandbergen (1998) Kanada ‘nın Brunette nehir havzasında gerçekleştirdiği çalışmada, su kalitesini CBS yardımıyla uzaysal ve zamansal olarak belirlemiş ve ekolojik risk süreci kapsamında değerlendirerek havzanın ekolojik risk haritasını oluşturmuştur. Bu çalışmada da Kelkit Havzanın su kalitesini belirlemek ve ekolojik risk sürecinde kullanmak için fiziksel, kimyasal ve biyolojik su kalite parametreleri incelenmiştir. Bu amaçla, bulanıklık, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, askıda katı, tuzluluk, doymuş oksijen, ağır metal, orta fosfat, toplam fosfor, amonyum azotu, nitrit, nitrat, toplam ve fecal koliform, klorofil-a analizleri yapılmıştır.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafya ile ilgili grafik ve grafik olmayan verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur (DeMers, 1997; Bank, 1994; ESRI, 2004; ESRI, 2005).

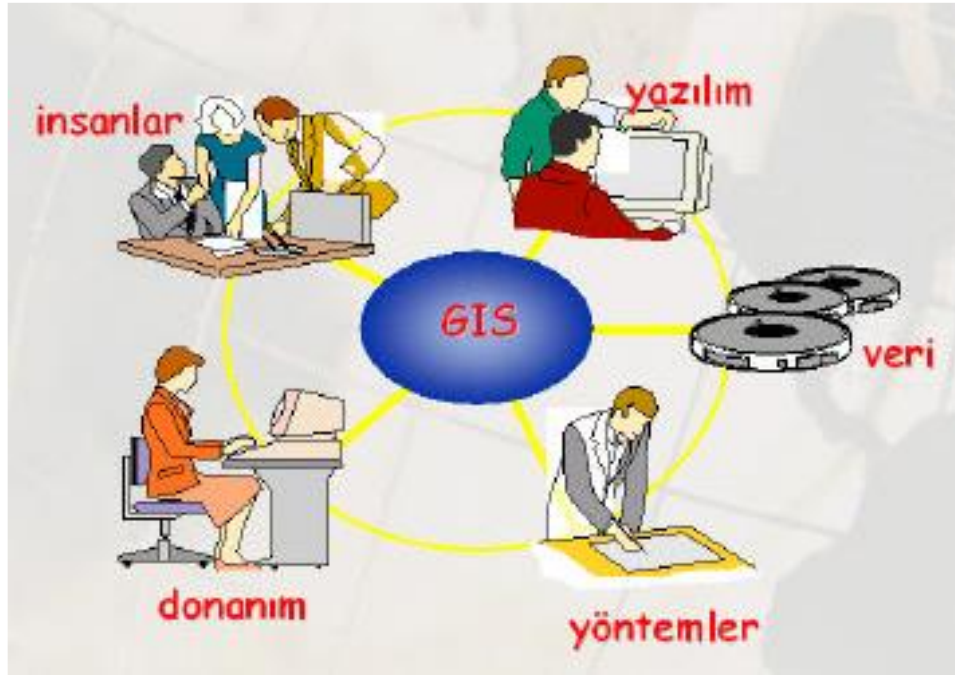
CBS haritaları ve resimleri tutmaz, veritabanını tutar. Veritabanı kavramı CBS nin kalbidir. Ayrıca CBS veritabanında depolanmış verileri kullanarak, harita üzerindeki

detaylara ilişkin yeni bilgilerde hesaplar (Burrough, 1986; Sarbanoğlu, 1991; ESRI, 2004; ESRI, 2005).

CBS veri yapıları yönünden diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Çünkü CBS deki varlıklar coğrafi varlıklardır ve bu nedenle grafik olmayan bilgilerin yanında grafik bilgilerin de bütünleşik olarak tutulması gerekmektedir. Diğer yandan CBS’de varlıklar arasında alışagelmiş ilişkilerin dışında konuma bağlı ilişkiler de yer almaktadır (Şehsuvaroğlu, 1996).

CBS’nin beş temel bileşeni vardır. Bunlar; (1) donanım, (2) yazılım, (3) veri, (4) insanlar ve (5) yöntemlerdir (Şekil 2.5). CBS’nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım (hardware) olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır (Burrough, 1986; ESRI, 2004; İŞLEM, 2004; ESRI, 2005).

CBS’nin en önemli bileşenlerinde biri de “veri”dir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir (İŞLEM, 2004).



Şekil 2.5. Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri (İŞLEM, 2004)

Günümüzde CBS aşağıda verilen başlıklar altında başarıyla kullanılmaktadır ve kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır (İŞLEM, 2004).

- Çevre yönetimi
- Doğal kaynak yönetimi
- Mülkiyet-İdari Yönetim
- Bayındırlık hizmetleri
- Eğitim
- Sağlık yönetimi
- Belediye faaliyetleri
- Ulaşım planlaması
- Turizm
- Orman ve Tarım
- Ticaret ve Sanayi
- Savunma-Güvenlik

2.4.Uzaktan Algılama

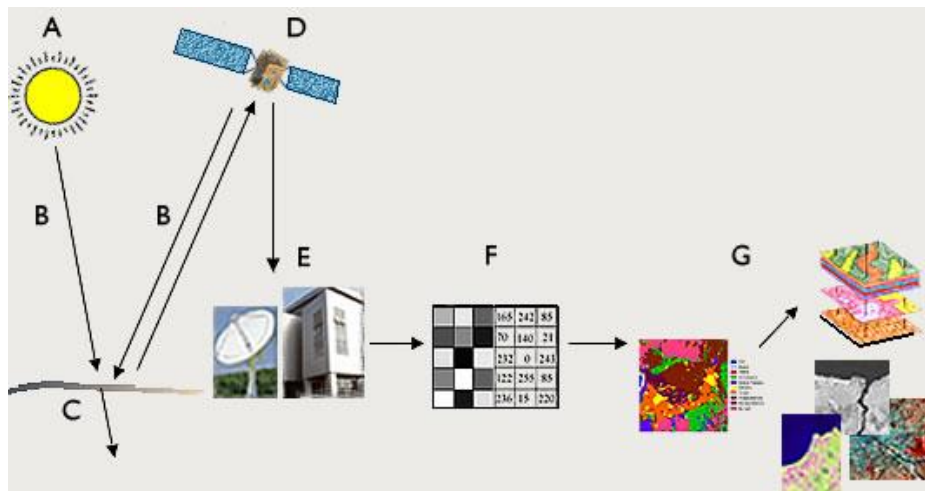
Uzaktan Algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, objelerle fiziksel temasa geçilmeden, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir (Champbell, 1996). Bir başka ifade ile objelerle fiziksel temasta bulunmadan, belirli uzaklıktan yapılan ölçümlerle, objeler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak ifade edilir. UA kısa biçimde ise tele kayıt (tele-detection) ya da dünya'nın gözlenmesi (earth observation) olarak tanımlanabilir. UA genel anlamda çoğunlukla görüntünün oluşturulması ile konum olarak durağan veya hareketli, uzak mesafelerden yer yüzeyinin gözlenmesinde kullanılan yöntemler, teknikler ve araçların bütünüdür (Jensen, 1996). Başka bir deyişle, UA sistemleri yer yüzeyine ait yararlı bilgiler elde etmek için yapılan bütün kayıt, işleme, analiz, yorumlama ve sonuç olarak bilgi üretme gibi aktiviteleri kapsar (Sabins, 1987).

Yeryüzü üzerinden coğrafi bilgilerin toplanması birçok yöntemle gerçekleştirilebilir. Özellikle planlama amaçlı ve çok geniş arazi parçalarından doğrudan ölçülerek veri toplamak için UA tekniği yaygın olarak kullanılır. Günümüz teknolojisinde UA verileri dijital olarak kaydedilmekte, görüntü yorumlama ve analiz işlem elemanları yardımıyla görüntülerden bilgi alınabilmektedir. Örneğin, bugün birçok doğal kaynak haritası UA kullanılarak yapılmaktadır. Uydu görüntüleri; tüm topografik haritalarda, birçok orman, jeoloji, arazi kullanımı ve toprak haritalarının üretilmesinde temel altlık olarak kullanılmaktadır. Bundan daha önemli olarak, günümüzde tarım arazilerinin sezon boyunca düzenli aralıklarla izlenmesi, problemlili alanların tespiti ve ürün verim tahminlerinde UA başarıyla kullanılmaktadır.

UA`da doğal ve yapay olmak üzere iki farklı radyasyon kaynağı kullanılmaktadır. Doğal radyasyon kaynağı güneştir ve bu kaynak elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarındaki enerjiyi sürekli olarak yeryüzüne göndermektedir. Doğal radyasyon kaynağı dışında elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarına karşılık gelen enerji yapay olarak cisimler üzerine gönderilmektedir. UA`da algılama yapan düzenekler birinci tür enerjiyi kaydederek işlevini yürütüyorsa buna “pasif” algılama, düzeneklerin kendileri cisim üzerine enerji gönderip, yansıyan enerjiyi kaydediyorsa bunada “aktif” algılama adı verilmektedir (Schanda, 1976).

UA sistemi içerisinde hedefi oluşturan yeryüzeyi, farklı birkaç temel örtü ile kaplı bulunmaktadır. Bu örtü tipleri “bitki örtüsü”, “toprak ve kaya kompleksleri”, “su yüzeyleri” ve “insan yapısı objeler” olmak üzere dört ana grupta incelenebilmektedir (Hoffer ve Lindenlaub, 1976; Mohr, 1976).

Genel olarak UA süreci “veri elde etme” ve “veri işleme” aşamalarından oluşur. Her şeyden önce hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir. Optik uydular için enerji kaynağı güneştir (Şekil 2.6a), ancak radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşır ve elektromanyetik enerji üreterek hedefe yollarlar. Enerji, kaynağından çıkarak hedefe yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır (Şekil 2.6b). Atmosferin ışık ve elektromanyetik enerji üzerinde hem saçılma hem de yutulma etkisi vardır. Güneş ışınımı, atmosferdeki gaz molekülleri ve duman, buhar, toz, tuz kristalleri, yağmur damlaları gibi askıda maddeler nedeni ile saçılır. Ayrıca güneş ışınımı, su buharı, karbondioksit ve ozon ortamlarında yutulur. Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ısınım hem de hedef özelliklerine bağlı olarak etkileşimler oluşur. Cisme gelen ışınımın dalga uzunluğuna ve cismin fiziksel özelliklerine bağlı olarak, geçirilme, yansıma ve yutulma gerçekleşir (Şekil 2.6bc). Yeryüzündeki cisimler, radyometrik yansıtımlarındaki farklılıklarından ayırt edilebilirler. Farklı cisimler elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde farklı yansıtım gösterirler (Sabins,1987; Lillesand ve Kiefer, 1994; Tosun, 2004).



Şekil 2.6. UA sürecinin gösterimi (Tosun, 2004)

Algılayıcı hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar ve buna ilişkin veri sayısal olarak kayıt edilir (Şekil 2.6d). Hedeften toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra, görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir (Şekil 2.6e). Görüntü görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur (Şekil 2.6f). İşlenmiş bilgidен veri çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

Doğal kaynaklar, insanlar gibi bu kaynaklardan yararlanan tüm canlıların etkileşimleri ve bu etkileşim sonucunda oluşan baskıların sonuçlarının bütününden oluşan ortam olarak da tanımlanabilecek ekosistemler üzerindeki risklerin tespiti, söz konusu bu tüm bileşenleriyle kapsamlı olarak tespitiyle mümkündür. Bir ekosistemin tüm bileşenleri UA kapsamında tek tek ortaya konulabilmekte fakat bu bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinden ortaya çıkan ekosistemi tanımlamak için bu verilerinde birbirleriyle ilişkilendirilebilecek bir ortamda sunulması gerekmektedir.

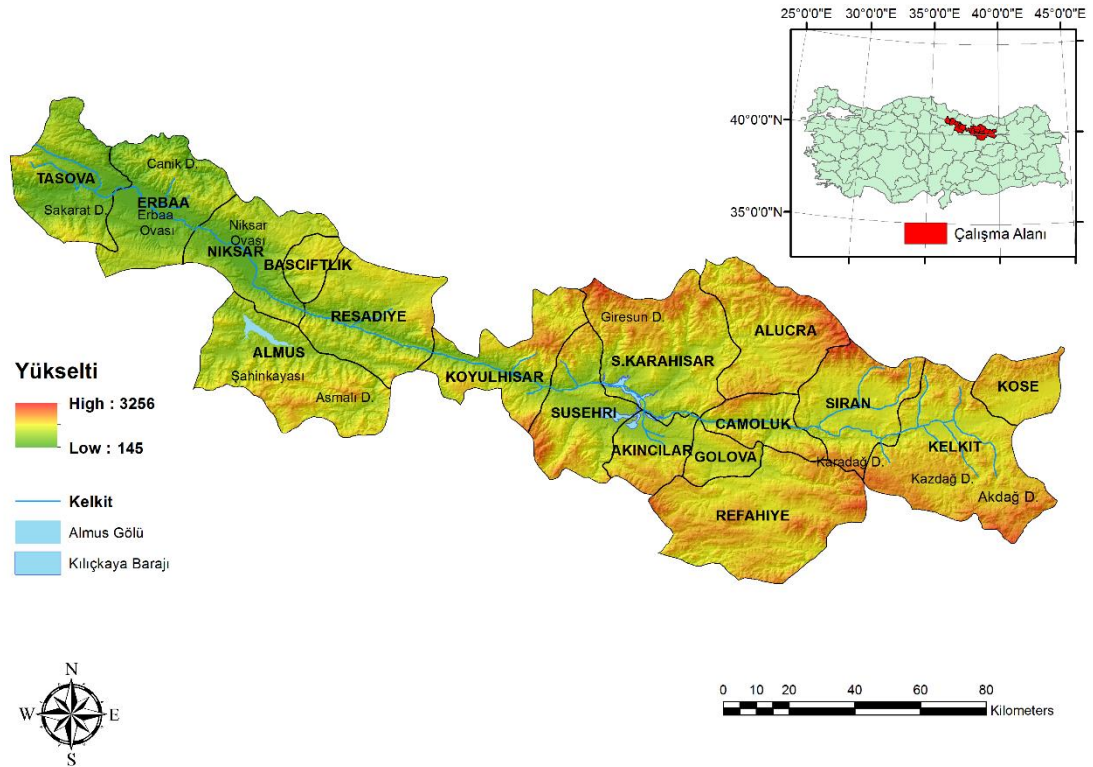
Özetle ekolojik risk analizi gibi ekolojik içerikli tüm çalışmalarda CBS ve UA entegrasyonu UA ile elde edilen verilerin, diğer (grafik veya grafik olmayan) verilerle birlikte ya da ayrı olarak, aynı veritabanı içerisinde değerlendirilmesi imkanını sunmaktadır (Ekerci, 2007; Goodchild, 2001; Jaiswal ve ark., 2002). Böylelikle söz konusu çalışmaların çok daha hızlı, ekonomik ve etkin bir şekilde sonuçlanmasını sağlamaktadır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Kelkit Irmağı 320 km'lik uzunluğu ve henüz büyük tahribatlar yaşamamış ekosistemi ile ülkemizin en önemli su kaynaklarından birisidir. Kelkit Irmağı esas itibari ile dört il (Gümüşhane, Giresun, Sivas, Tokat) ve kısmen etkilediği iki il (Erzincan, Amasya) olmak üzere altı il, on yedi ilçe ve çok sayıda yerleşim merkezi üzerinde sosyo-ekonomik ve ekolojik etkiler yapmaktadır. Kelkit Havzasında iki milyonu aşkın nüfus, Kelkit Irmağı kıyısında ve benzer özellikleri ile vadi boyunca sıralanan yerleşim alanlarında yoğunlaşmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kelkit Havzası Topoğrafik Haritası.

Kelkit ırmağı, Spikör dağının (Erzincan) kuzey, Köse dağının güney yamaçlarından inen derelerin birleşmesi ile meydana gelir. Irmak doğu-batı yönünde akarak, Erbaa- Kale köyü mevkiinde Tozanlı ırmağı ile birleşerek Yeşilirmak Nehri'ni

oluşturur. Bunun dışında Kelkit Irmağı'na çok sayıda irili ufaklı dereler de karışmaktadır. Bunların önemlileri Delice, Karaun, Bölücek, Çanakçı ve Çatalan dereleridir (Karaer, 1994).

Kelkit Havzasının uç noktalarının sınırları 40.9968 Kuzey, 30.8491 Doğu, 36.0482 Batı ve 39.6943 Güney koordinatlarında bulunmaktadır. Toplam havza 16.244,45 km²'lik alan kaplamaktadır. Havza sınırları içinde on yedi ilçe bulunmaktadır ve bu ilçelerin kapladıkları alanlar Çizelge 3.1'de verilmiştir. Havza da Refahiye ilçesi % 10,69 oranla en çok alan kaplayan ilçe durumundadır.

Çizelge 3.1. Kelkit Havzası İlçeleri Yüzölçümleri.

İlçe Adı	Alan %	Alan km ²
Taşova	6,14	998,22
Erbaa	6,99	1135,78
Niksar	5,58	908,02
Başçiftlik	1,49	242,96
Reşadiye	7,05	1146,39
Almus	8,50	1381,43
Koyulhisar	5,66	919,73
Suşehri	5,51	893,86
Şebinkarahisar	8,89	1444,86
Akıncılar	2,96	480,82
Alucra	6,96	1131,90
Çamoluk	2,83	459,19
Gölova	1,75	284,51
Refahiye	10,69	1736,97
Şiran	5,96	960,03
Kelkit	10,28	1671,48
Köse	2,76	448,12
Toplam	100	16244,45

Kelkit Havzası, Yeşilırmak Nehri' nin kuzey kanadı ve en uzun kolu olup Orta ve Doğu Karadeniz ile İç Anadolu Bölgeleri arasında ağırlıklı olarak Gümüşhane, Tokat ve Sivas İl sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu havza, Giresun Dağlarının güney yamaçlarından başlar, Otlukbeli, Köse, Canik dağları arasında doğu-batı yönünde uzanır. Suşehri yakınlarında Sivas topraklarına giren vadi Reşadiye'de Güneydoğu-Kuzey batı yönünde daralır. Niksar'a kadar dar ve sarp bir görünümü olan vadi Niksar'da genişleyerek Niksar ovasını, buradan yine Güneydoğu-Kuzey batı yönünde tekrar daralan

vadi, Erbaa ilçe sınırında tekrar genişleyerek Erbaa ovasını oluşturmaktadır. Bu ovalar 300-350 km² yer kaplamaktadır.

Kelkit havzasında rakım Erbaa ilçesinde 200 m' ler de iken, ırmağın doğuş yeri olan Köse dağlarında yaklaşık 2500 m'leri bulmakta olup, vadi tabanında ise yükseklik batıdan doğuya gidildikçe kademeli olarak artmaktadır. Örneğin; Kelkit nehrinin Yeşilirmak'la birleştiği Kale köyünün ortalama yüksekliği 210 m, Erbaa'da 250 m, Niksar'da 350 m, Reşadiye'de 450 m ve Koyulhisar'da ise 650 m'ye kadar çıkmaktadır. Şekil 3.1 deki topoğrafik haritadan da anlaşıldığı üzere havzada yükseklik 0 ile 3256 m arasında değişmektedir. Yükseltinin en fazla olduğu alanlar Şebinkarahisar'ın kuzeyinde bulunan Giresun Dağları ve Alucra 'nın kuzey doğusunda bulunan dağlardır. Yükseklik batıdan doğuya doğru gidildikçe artmaktadır.

3.1.2. İklim

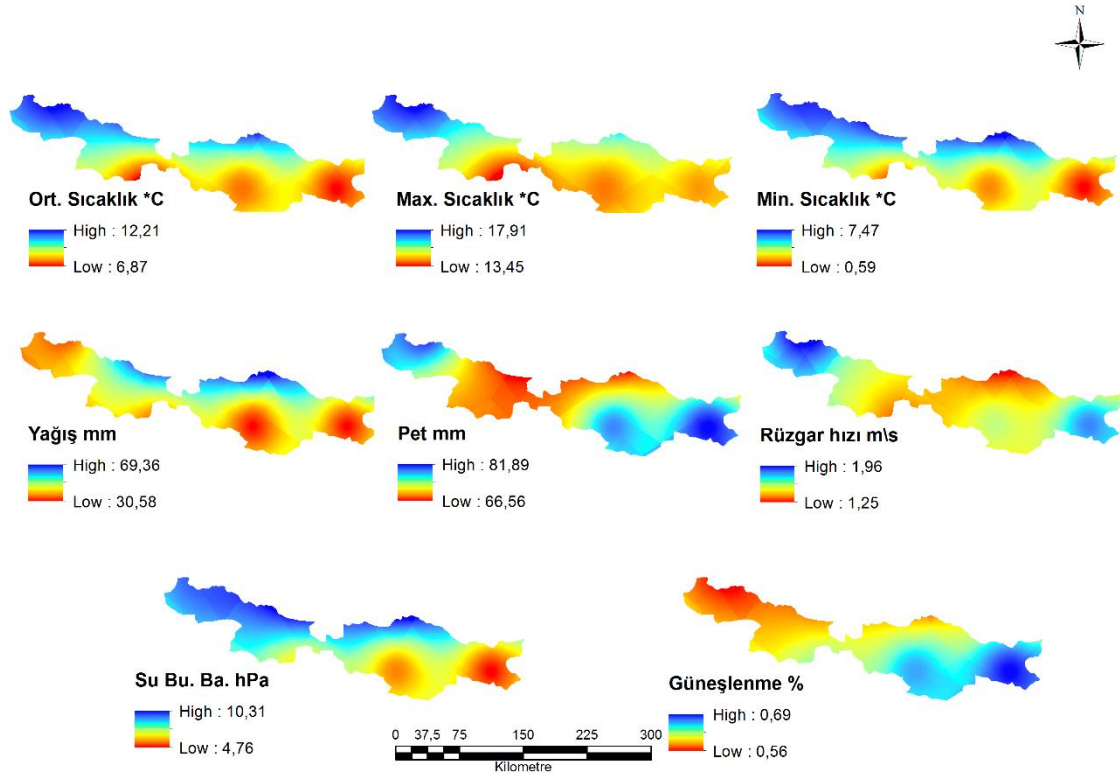
Araştırma sahası iklim özellikleri açısından; kendi içerisinde yağış ve sıcaklık şartları dikkate alındığında Karadeniz Coğrafi Bölgesinin, Orta Karadeniz Bölümü'nün özelliklerini yansıtmaktadır. Bilindiği üzere Karadeniz Bölgesi, çok yüksek yağış oranı ve her mevsim yağışlı özelliği ve nispeten yüksek yaz sıcaklıklarına sahip Doğu Karadeniz bölümü, buna karşılık daha az yağış alan yaz ve kış sıcaklık dereceleri daha düşük olan Batı Karadeniz bölümü ve araştırma sahamızın büyük bir bölümünün bulunduğu orta derece yağış alan, Akdeniz tesiri altında düşük yaz yağış oranı özelliğine sahip Orta Karadeniz Bölümüyle üç farklı tipe sahip olduğu dikkat çeker (Elmacı, 2004).

Çalışma alanı konumu nedeniyle İç Anadolu ile Orta Karadeniz Bölgeleri arasında geçiş durumunda bulunmaktadır. Bu nedenle bu bölgede yer yer her iki bölgenin iklim özelliklerini görmek mümkündür. Bununla birlikte araştırma alanının jeomorfolojisi, topoğrafik ve coğrafik yapısı bölgenin iklimi üzerine etkili olmaktadır. Vadinin alt seviyelerinden 850-900 m kadar Akdeniz iklimi görülürken üst seviyelerinde bu etki azalmakta ve oseyanik iklim karakteri kazanmaktadır. Ayrıca vadi içinde batıdan doğuya doğru gidildikçe Akdeniz ikliminin etkisinin azaldığı karasal iklim özelliklerinin görülmeye başlandığı dikkat çekmektedir. Bölgenin bitki örtüsü de bunu desteklemektedir (Dirim, 2006).

FAO' nun geliřtirdiđi LOCCLIM yazılımı kullanılarak çalıřma alanının yıllık ortalama olarak bazı iklim deđerlerinin uzaysal dađılımı řekil 3.2'de verilmiřtir. Ortalama sıcaklık 6,87 °C ile 12,21 °C arasında deđiřmektedir. Havzasının dođusunda ortalama sıcaklık en dūřukken, en yūkek batısında Erbaa ve Tařova bōlgelerinde gōrūlmektedir. Maksimum sıcaklık deđerleri 13,45 °C ile 17,91 °C arasında deđiřmektedir ve havzanın gūney ve dođu kesimlerinde dūřuk, batı ve kuzey kesimlerinde ise daha yūkek gōrūlmektedir. En dūřuk sıcaklıklar 0,59 °C ile 7,47 °C arasında deđiřmektedir ve gōrūldūđu bōlgeler maksimum deđerlerle aynı bōlgelerde olmaktadır. Havzanın ortalama yıllık yađıřı 30,58 mm ile 60,96 mm arasında deđiřmektedir. Yađıřın en fazla yerler alanın kuzey kesiminde bulunan Giresun ilinin gūney kesimlerinde yer alan Alucra ve řebinkarahisar bōlgesi olmaktadır. Havzanın gūney kesimlerine ise yađıř miktarı őzellikle Kelkit ve Refahiye bōlgelerinde azalmaktadır. Potansiyel evapotranspirasyon deđerleri 66,56 mm ile 81,89 mm arasında deđiřmektedir. En fazla buharlařmanın olduđu alanlar Kelkit, Akıncılar, Refahiye ilçeleri ve Tařova ilçesinde, en az buharlařma ise havzanın orta kesimlerinde gōrūlmektedir. Rūzgār hızı 1,25 m/s ile 1,96 m/s arasında deđiřmektedir, Tařova ve Kelkit ilçelerinde diđer ilçelere gōre daha yūkek rūzgār hızı gōrūlmektedir. Su buhar basıncı havzada 4,76 hPa ile 10,31 hPa arasında deđiřen deđerler almaktadır ve havza da en fazla batı ve kuzey kesimlerinde gōrūlūrken en dūřuk basınç Kelkit, Kōse, Refahiye ve Akıncılar ilçelerinde gōrūlmektedir. Gūneřlenme durumu ise % 56 ile % 69 arasında deđiřirken en fazla gūneřlenme Kelkit İlçesinde en az ise Tařova ve Erbaa ilçeleri ile havzanın kuzey kesimlerinde gōrūlmektedir.

3.1.3. Çalıřma Alanı Bitki Őrtūřu

Fitocođrafik bakıř açısından, çalıřma alanı Euro-Siberian ve Irano-Turanian bōlgelerinin kesiřtiđi bir yerde bulunmaktadır. Davis' in grid sistemine gōre (Davis, 1965-1988; Davis, 1971); bu alan A6 ve A7 grid kareleri içinde yer almaktadır. Toplam 16.244,45 km² lik bir yūzōlūmūnū kapsayan çalıřma alanında 59 familya, 192 genera ve 283 bitki tūrū bulunduđu bildirilmiřtir (TUBIVES, 2003). Ancak bu alana çok yakın olan Amasya-Tersakan Vadisinde yapılan en son flora çalıřmasına gōre

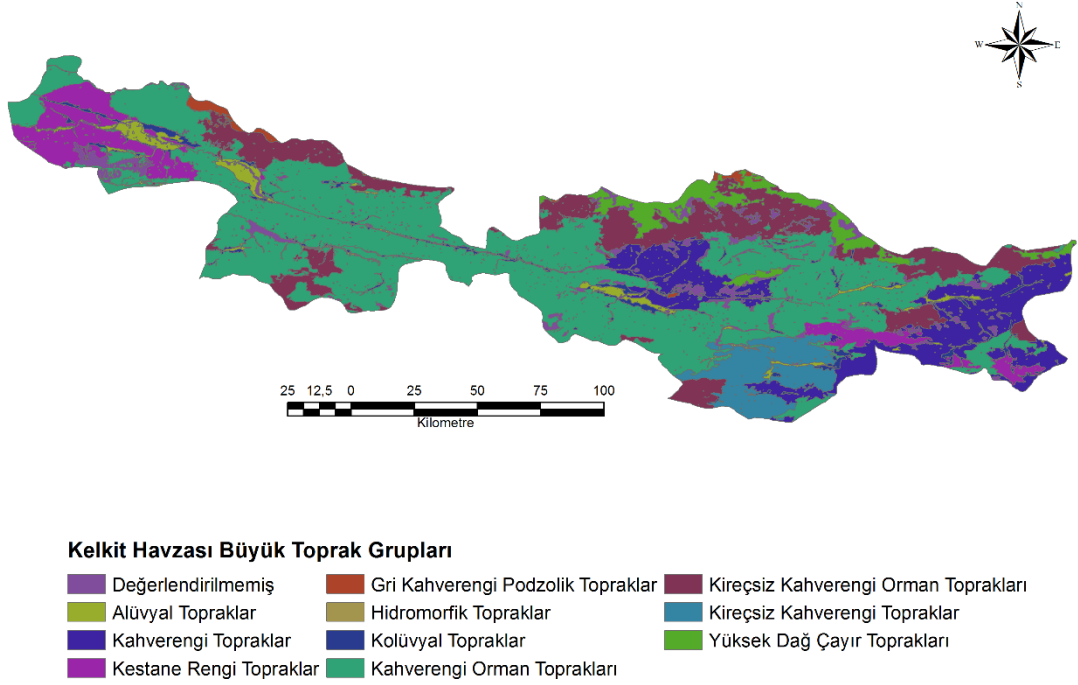


Şekil 3.2. Kelkit Havzası iklim haritaları (ortalama sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), yağış (mm), potansiyel evapotranspirasyon (mm), rüzgar hızı (m/s), buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%)).

bölgede toplam 456 bitki tür ve alt türüne (taxa) rastlanmıştır (Celep ve ark., 2006). Bölgede Akdeniz ikliminin göstergesi olan türlere rastlanmaktadır. Karaçam, sarıçam, köknar, gürgen ve sedir gibi ağaç türleri bölgede en yaygın olanlarıdır. Bu ağaç türlerinin içerisinde yer yer fındık, kızılçık, yabani erik, elma, ahlat, alıç, gibi türlere de rastlamak mümkündür (Karaer, 1994).

3.1.4. Çalışma Alanı Toprak Yapısı

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün toprak haritalarına göre (KHGM, 2002) Kelkit havzasında; alüvyal, kahverengi, gri kahverengi podzolik, hidromorfik, kolüvyal, kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman, kireçsiz kahverengi, Yüksek Dağ Çayır olmak üzere on büyük toprak grubu yer almaktadır (Şekil 3.3). Kelkit havzasında ağırlıklı toprak yapısı Kahverengi Orman toprağıdır. Toprak gruplarının alansal dağılımı büyükten küçüğe doğru Çizelge 3.2 de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kelkit Havzası Büyük Toprak Grupları.

Çizelge 3.2. Kelkit Havzası Büyük Toprak Grupları Alansal Dağılımı.

Büyük Toprak Grupları	Alan %	Alan Km ²
Kahverengi Orman	47,72	7751,86
Kireçsiz Kahverengi Orman	14,57	2366,81
Kahverengi	11,42	1855,12
Kestane Rengi	6,66	1081,88
Değerlendirme Dışı	5,28	857,71
Kireçsiz Kahverengi	5,02	815,47
Yüksek Dağ Çayır	3,86	627,04
Kolüvyal	2,44	396,36
Alüvyal	2,33	378,49
Gri Kahverengi Podzolik	0,68	110,46
Hidromorfik	0,02	3,25
Toplam	100	16244,45

Araştırma sahasında en fazla alan kaplayan kahverengi orman toprakları bütün Karadeniz Bölgesinin yaygın toprak türüdür. İklim olarak, ılıman-serin, ılıman-sıcak ve yağışlı iklimlerin toprağı olan kahverengi orman toprakları zonal topraklar içerisinde yer alır. İklimin doğal bitki örtüsünün oluşumuna elverişli olması, yağışların fazlalığı

nedeniyle organik madde bakımından çok zengin olan bu toprakların ana materyali, kireç bakımından zengin, Perm-Kretes metamorfit ve kalker formasyonlarıdır. Bu topraklarda A horizonu, net ve iyi bir şekilde oluşmuştur. B horizonunun oluşumu tam olarak gerçekleşmemiştir. C horizonunda ise kireç içeriği zengin ana kayanın parçalanış büyük blokları bulunmaktadır. Bu topraklar granüler yapıda, üstte koyu renkli, bunun altında koyu kahverengi renginde, yüzeyde ise sert yapılı fiziksel özelliğe sahiptirler. Genellikle eğimin fazla olduğu yerlerde ve doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği veya bulunmadığı alanlardaki bu toprakların en önemli problemi taşlılıktır. Bu toprakların üzerinde genellikle kışın yapraklarını döken ağaçlar, özellikle kayın, gürgen, meşe, bazı alanlarda iğne yapraklılardan oluşan doğal bitki örtüsü bulunmaktadır. Doğal bitki örtüsünün bulunmadığı tarıma elverişli alanlar ve bitki örtüsünün kaldırılması ile oluşan alanlarda mısır, tütün, tahıllar ile meyve yetiştirilmektedir. Bu topraklar üzerinde gür doğal bitki örtüsünün bulunduğu yüksek alanlarda yağışın fazla olmasına bağlı olarak yılanma artmakta ve topraklar şiddetli asit reaksiyon göstermektedir (Atalay, 1982).

Araştırma sahasında ikinci olarak en fazla alan kaplayan toprak tipi Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarıdır. Kireçsiz Kahverengi orman toprakları ılıman kuşakta, yaprağını döken orman örtüsü altında görülmektedir ve organik madde üst topraktaki mineral maddeye karışmış durumdadır. Karbonatlar yağışın fazla olduğu yerlerde yıkanarak topraktan uzaklaşmıştır. Kireçsiz kahverengi orman toprakları asit reaksiyonlu (pH değeri 7'den düşük) olduğundan bu ismi almıştır. Buna karşın yağışın az olduğu sahalarda karbonatların B horizonunda biriktiği görülmektedir. Hafif baz reaksiyon gösteren bu topraklar (pH değeri 7'den büyük) kahverengi orman toprakları olarak dikkate alınmaktadır. Bu topraklarda toprak yüzeyinde bitki artıklarının ayrışması, topraktan yıkanan bitki besin maddelerinin tekrar toprağa dönmesini sağlamaktadır (Atalay 2006).

Üçüncü olarak en fazla görülen toprak tipi Kahverengi Topraklardır. Bu topraklar ülkemizde yıllık ortalama yağışın 400 mm'nin altında, yıllık ortalama sıcaklığın 8-12 °C civarında olduğu İç Anadolu Bölgesi'nde, Doğu Anadolu'nun depresyon alanlarında yaygın olarak bulunur. Bu alanlar genel olarak bozkır sahalarına tekabül eder. Kuru tarımın yapıldığı ve otsu bitkilerin yetiştiği bu toprakların solum katı, düz ve düze yakın alanlarda kalınlığı 50-100 cm arasındadır. Toprağın en önemli özelliği, alt toprak katında yoğun kireç yumrularının bulunmasıdır. Bu özelliği ile alt toprak katı, A horizonuna

nazaran açık renklidir. Karstik alanların eteklerinde sekonder olarak kireçlenmeye uğramış kesimlerde B horizonunda adeta traverten veya kalişe benzer bir kat bulunur. Bu toprakların A horizonu, kahve ve koyu kahve, sarımsı kahve rengine olup, organik madde mineral toprağa karışmış durumda bulunur. Balçık, killi balçık bünyede ve granüler strüktürde olan horizon nötr ve hafif alkalin reaksiyon gösterir. Yağış yetersizliğinden dolayı karbonatlar A horizonundan uzaklaşmıştır, bu yüzden hidroklorik asitle muamelede şiddetli köpürmeler görülür. B horizonu, açık kahverengi ve sarımsı kahverengindedir. Blok, kaba blok yapıda ve killi balçık bünyededir. Horizonun muhtelif seviyelerinde kireç birikimi hakimdir, alkali ve orta derecede alkali reaksiyon gösterir. Bu horizonun alt katında yoğun kireç ve alkali madde birikimi mevcuttur. CaCO_3 miktarı bazen % 40' aşar. C horizonu, rengini ana materyalin rengi tayin eder. Neojen göl çökellerinin bulunduğu alanlarda C horizonu kireçli ve açık renktedir. Miyosen çökelleri üzerinde ise renk kırmızımsı ve kireçlidir. Kireç yığılmasının görüldüğü bu horizonta CaCO_3 bazen %50 'yi aşar (Atalay, 2006).

3.1.5. Çalışma Alanı Jeolojisi

Buhan (2015) havzanın jeolojisini şu şekilde açıklamaktadır. Bölgenin jeolojik evrimi yaklaşık 550 milyon yıl öncesi tek kara (Pangea) ve tek okyanus (Pantalassa) döneminden günümüze kadar sürmüştür. Birçok kez okyanus ve iç deniz (Tetis) altında kalan bölge milyonlarca yıl süren jeolojik devirlerde üst düzeyde sedimentasyon/çökelim olaylarına sahne olmuştur. Bu süreçte birçok kez kara veya kıta kenarı özelliği de taşımıştır. Bölgemizi etkileyen en önemli jeolojik olaylardan birisi yaklaşık 100 milyon yıl önce dağ oluşumlarını sağlayan Alpin orojenezi denilen olayla başlamış ve Kuzey Anadolu Dağları belirlemiştir. Milyonlarca yıl süren tortullanma sonucu oluşan çökeller Tetis Denizi tabanında kıvrılarak deniz yüzeyine çıkmış, Kuzey Anadolu dağlarının büyük bölümü karasal konum kazanmış, devamında aşınma olaylarıyla ilk akarsu ağı oluşmuş (Atalay, 1982), Kelkit Akarsu sistemi de şekillenmeye başlamıştır.

Bölgenin jeolojik temeli yaklaşık 250 milyon yıl öncesinden kalan yaşlı kayaların ısı ve basınç etkisiyle değişime uğramasıyla oluşan metamorfitlerden meydana gelmiştir. Bunun üzerine 200 milyon yıl öncesinden günümüze kadar istiflenen eski çökeller ile son birkaç milyon yıldan günümüze kadar süren bölge tabanını dolduran

alüvyonlar, çakıl, kum, kil, marn, kumtaşı, çakıltaşları ise genç çökelleri oluşmuştur (Aktimur ve ark., 1992).

Bölge Anadolu plakası ile Avrasya plakasının kenet kuşağında konumlandığından kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisinde kalmış ve doğu-batı gidişli bindirmeler oluşmuştur. Yaklaşık 20 milyon yıl öncesinde (Neotektonik dönemde) Kuzey Anadolu Fayının oluşması ve gelişmesine bağlı olarak meydana gelen çukurluklarda 5 milyon yıl öncesinden kalan yaşlı karasal kırıntılılar çökelmiştir. Kuzey Anadolu Fayının sonraki hareketleri ile bölge çek-ayır havzalar olarak gelişmiş ve gelişimi devam etmektedir (Aktimur ve ark., 1992). Yaklaşık 11 milyon yıl öncesinde Kuzey Anadolu Fayının ve onun yan kollarının oluşmasıyla birlikte bölgenin güncel coğrafyası (akarsular, ovalar ve dağlar) belirginleşmiştir (MAM-ÇE, 2010).

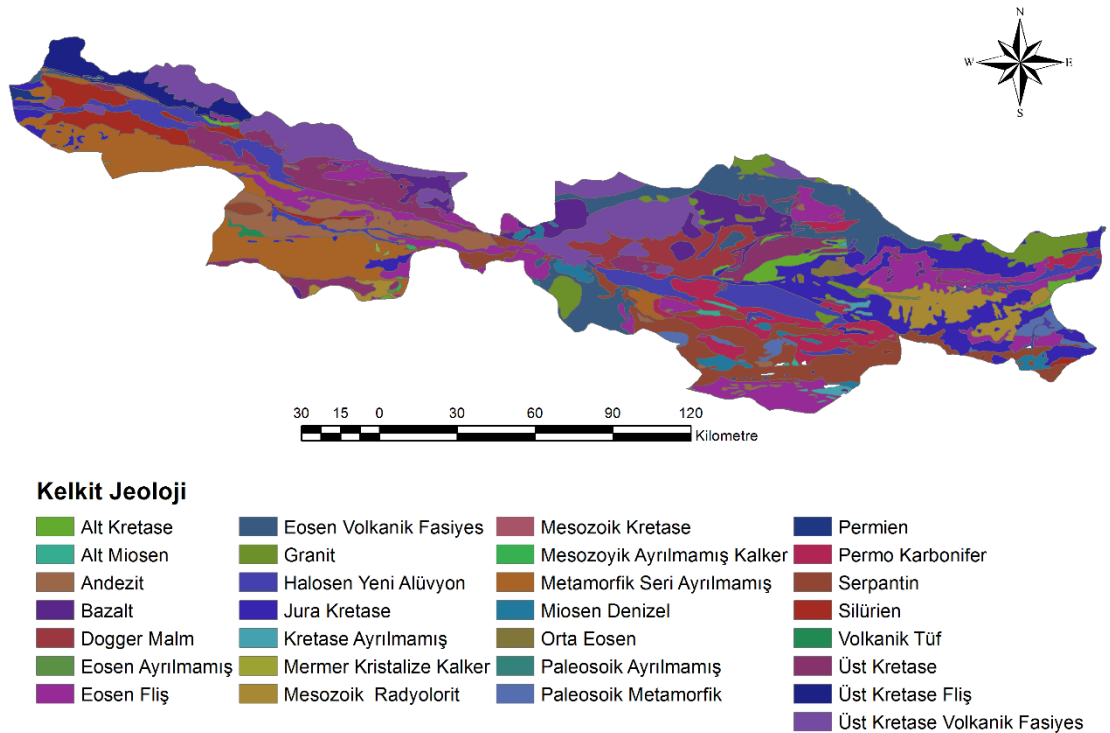
Bölge temelini oluşturan yaşlı formasyon yaklaşık 350- 2.6 milyon arasında değişik dönemlerde meydana gelen jeolojik dağ oluşumu hareketlerinin etkisiyle kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmış ve havzanın ana hatları ortaya çıkmıştır. 5-1.8 milyon yıl arasında kapalı bir havza özelliğinde olan bölgede sedimentler oldukça geniş bir alanda depolanmıştır. Ancak havza yaklaşık 2.5 milyon yıl önce başlayan ve 10-14 bin yıl öncesine kadar süren buzul çağları döneminde dış drenaja açılarak bugünkü jeomorfolojik görünümünü kazanmıştır. 1.8-0.8 milyon yıl öncesi zaman aralığında alüvyonlarla örtülü olan bölge ovası, son derece aktif bir fay zonunda yeni oluşmuş ve halen oluşmakta bulunan bir çöküntü ovasıdır ve yaklaşık olarak doğu-batı uzanımlı ve birbirine az çok paralel uzanan faylar arasındadır (Yılmaz ve ark., 2013).

Bölge Kuzey Anadolu Fay hattı ile ayrılan ve iki bloktan oluşan ve bu iki bloğun birbirine kuzey-güney yönlü en fazla yaklaştığı konumda yer almaktadır, araştırmacıların çoğu bölgeyi Pontid Bloğu içerisinde değerlendirirken, bazı araştırmacılar ise kuzey blok için Anatolidler, güney blok için Pontidler sınıflamasını önermektedir (Temiz, 1989). 200 milyon yıl öncesinde Anatolidler ile Pontidler arasındaki bir okyanusal havzanın (Neotetis'in kuzey kolu) yeralmış ve okyanusal kabuğu oluşmaya başlamıştır (Temiz, 1989).

100 milyon yıl öncesi volkanik etkinliklerin artmasıyla, deniz ortamında bulanık akıntıların etkin olduğu su kolonunda bölge formasyonlarıyla uyumlu bir çökelim olmuştur. Bu dönemde oluşan Pontid adayayı, Anadolu levhası ile yaklaşık 60 milyon yıl önce çarpışmış ve devamında bölge su üstü olmuştur, çarpışmadan sonra adayayı

özelliğini yitiren bölgede, yaklaşık 50 milyon yıl öncesinde başlayan yaygın bazaltik ve andezitik volkanizma bölge formasyonunun kaya topluluğunu oluşturmuştur (Temiz, 1989). Yaklaşık 5 milyon yıl önce kuzey-güney yönlü sıkışma ile Arap bloğu ile Anatolid'lerin birbirine itilmeleri, Anadolu'daki Alpin sistemi daha da sıkıştırmış ve Kuzey Anadolu Fay zone boyunca yatay hareketler başlamıştır. Bu sıkışma hareketleriyle bölgede kabuk kalınlaşmaları ve yırtılma hareketleri 1.8-0.8 milyon yıl önce aralığında etkili olmuş kıta içi volkanizma gelişmiştir. Yöredeki en genç çökelleri ise alüvyonlar ve fay zone boyunca meydana gelen alüvyon yelpazeleri oluşturmakta ve günümüzde de devam etmektedir (Temiz, 1989).

Maden Teknik Enstitüsü tarafından 1\100.000 ölçekli olarak hazırlanan çalışma alanına ait jeoloji haritası Şekil 3.4' de verilmiştir. Bu haritaya göre Kelkit havzasında otuzüç farklı formasyon bulunmaktadır. Belirlenen formasyonlar ve bunların alansal dağılımı Çizelge 3.3 de verilmiştir. Havzada en çok alan kaplayan jeolojik formasyon % 10,12 ile Eosen Fliş oluşumlarıdır.



Şekil 3.4 Kelkit Havzası 1\100.000 ölçekli jeoloji haritası.

Çizelge 3.3. Kelkit Havzası Jeolojik Formasyonlar.

Formasyon	% Alan
Eosen Fliş	10,12
Metamorfik Seri Ayrılmamış	9,26
Jura Kretase	7,58
Serpantin	7,44
Eosen Volkanik Fasiyes	7,43
Üst Kretase	6,97
Halosen Yeni Alüvyon	6,04
Üst Kretase Volkanik Fasiyes	7,53
Permo Karbonifer	4,67
Andezit	4,14
Bazalt	4,00
Orta Eosen	3,91
Granit	3,13
Dogger Malm	2,71
Silürien	2,49
Üst Kretase Fliş	4,80
Mesozoik Radyolorit	2,27
Miosen Denizel	1,27
Alt Kretase	1,14
Paleosoik Ayrılmamış	1,02
Paleosoik Metamorfik	1,02
Kretase Ayrılmamış	0,40
Alt Miosen	0,18
Permien	0,17
Volkanik Tüf	0,14
Mermer Kristalize Kalker	0,08
Mesozoyik Ayrılmamış Kalker	0,07
Eosen Ayrılmamış	0,02
Mesozoik Kretase	0,01

3.2. Metodoloji

Bu çalışmanın amacı, Kelkit Havzasının elde edilebilir ekosistem parametreleri (toprak, su, erozyon ve iklim) arazi örneklemeleri ve laboratuvar analizleri ile birlikte belirlenerek, CBS ve UA teknikleri ile uzaysal veri tabanının oluşturulması, daha sonra ekosistem parametrelerine dayalı risk haritalarını oluşturarak, ekolojik risk değerlendirmesi çerçevesinde havza için tehdit altında olabilecek alanların ne kadar risk altında olabileceğini belirlemek, risk altındaki alanlar için planlar ortaya koymaktır.

3.3. Araştırma Verileri

Kelkit Havzası için ekolojik risk modellemesi kapsamında ihtiyaç duyulan materyal yoğun olarak alanın fiziksel ve kimyasal durumunu ortaya koyan ve modelde girdi verileri olarak kullanılacak faktörlere ait işlenmemiş verilerdir. Risk analizi sonucu konuma bağlı olarak üretilecek olduğu için bütün materyalin mümkün olduğunca konumsal olarak ifade edilmiş halde temin edilmesine çalışılmıştır. Konumsal temelde temin edilemeyen veriler ise CBS ortamında sayısallaştırılarak konuma bağlı hale getirilmiştir. Bu kapsamda çalışma için temin edilen temel girdi materyalleri daha çok raster, vektör veya tablo formatında verilerdir. Aşağıda çalışma kapsamında temin edilen materyal bu graplama sırasına göre verilmiştir.

3.3.1. Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) Uydu Görüntüleri

Çalışmada daha çok arazi örtüsünün belirlenmesine yönelik olarak kullanılacak uydu görüntüsünün seçiminde aşağıdaki etmenler göz önüne alındığında uydu görüntüsü;

- Çalışma alanının konumsal büyüklüğü göz önüne alındığında 16.244 km² alanı ile Kelkit Havzası için uygun çözünürlükte en az parçada olmalı,
- Alandaki mevcut sınıfların yapısı (mevsimsel değişim, heterojenlik vb.) nedeniyle özellikle tarım alanları gibi mevsimsel değişim gösteren sınıfların daha iyi ayırt edilebilmesi için çok zamanlı (multi-temporal) görüntü teminine uygun arşive ve tekrar ziyaret süresine sahip olmalı,
- Bitki örtüsü odaklı bir çalışma olması nedeniyle spektral çözünürlüğünün (band düzeni ve sayısı) yeterli olmalı,
- Temin kolaylığı kapsamında ekonomik ve hızlı elde edilebilmeli,

Bu kriterler doğrultusunda, USGS (United States Geological Survey) kurumunun ücretsiz ve internet ortamından indirme seçeneğiyle kullanma imkanı sağladığı LANDSAT uydu görüntüleri en uygun seçim olarak belirlenmiştir. Uzun yıllardan beri hizmet veren LANDSAT uydusunun en güncel ve sağlıklı görüntü elde edilebilen uydusu LANDSAT 8 OLI uydusudur. Bu uydu 11 Şubat 2013’de fırlatılmış olup 10 Nisan 2013 tarihinde yörüngesine oturmuş ve o günden bu yana sağlıklı bir şekilde görüntü elde edilmektedir.

Landsat 8 (Önceden Landsat Veri Devam Görevi veya LDCM) NASA'nın bu serideki sekizinci uydusu olup, yiyecek, su ve ormanlar gibi insan geçim kaynakları için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında Landsat programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanmıştır. Dünya nüfusu 7 milyar kişiyi geçtiği üzere, insanoğlunun dünya üzerindeki etkisi arttıkça, Landsat bu etkileri çevresel değişimler olarak izlemeye devam edecektir.

Landsat 8, Landsat 7'nin yörüngesine katılmış olup çektiği görüntülerin yanında bilimsel verilerde sağlamaktadır. Landsat 8 uydusu, görünür, yakın-infrared, kısa dalga infrared ve termal infrared aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta uzaysal çözünürlüğe sahiptir. (Anonim, 2015c). LANDSAT 8 uydusunun band özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.4 de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Landsat 8 OLI uydusu band özellikleri.

Spektral Aralık	Dalgaboyu (µm)	Çözünürlük (m)
Band 1 - Kıyı/ Aerosol	0.433 - 0.453	30
Band 2 - Mavi	0.450 - 0.515	30
Band 3 - Yeşil	0.525 - 0.600	30
Band 4 - Kırmızı	0.630 - 0.680	30
Band 5 -Yakın Infrared	0.845 - 0.885	30
Band 6 - Kısa Dalga Infrared	1.560 - 1.660	30
Band 7 - Kısa Dalga Infrared	2.100 - 2.300	30
Band 8 - Pankromatik	0.500 - 0.680	15
Band 9 - Sirkus	1.360 - 1.390	30
Band 10 Termal Infrared	10.30 - 11.30	100
Band 11 Termal Infrared	11.50 - 12.50	100

Kelkit vadisinin arazi örtüsünün belirlenmesinde kullanılacak olan LANDSAT 8 görüntüsünün tarihleri, yön ve sıra numaralarına ait bilgiler aşağıdaki Çizelge 3.5’da verilmiştir. Görüntüler arazi çalışmalarının yapıldığı tarihlere en yakın zaman diliminde olacak şekilde temin edilmiştir. Elde edilen görüntülerin ortorektifikasyonları ERDAS 8.7 programında yapılmış ve Universal Transverse Mercator (UTM), Zon: 37 WGS84 projeksiyon formatına sahiptir (Erdas, 1995). Toplam 16.244 km²’lik alan üç adet LANDSAT 8 görüntüsünün mozaiklenmesi ile oluşturulmuştur (Şekil 3.5a). Mozaiklenen görüntü üzerinden çalışma alanının sınır haritası oturtularak çalışma alanına ait görüntü subset edilmiş (Şekil 3.5b), bulutlu ve sulak alanlar maskenelerek görüntüden çıkarılmış ve analizlere hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.5c).

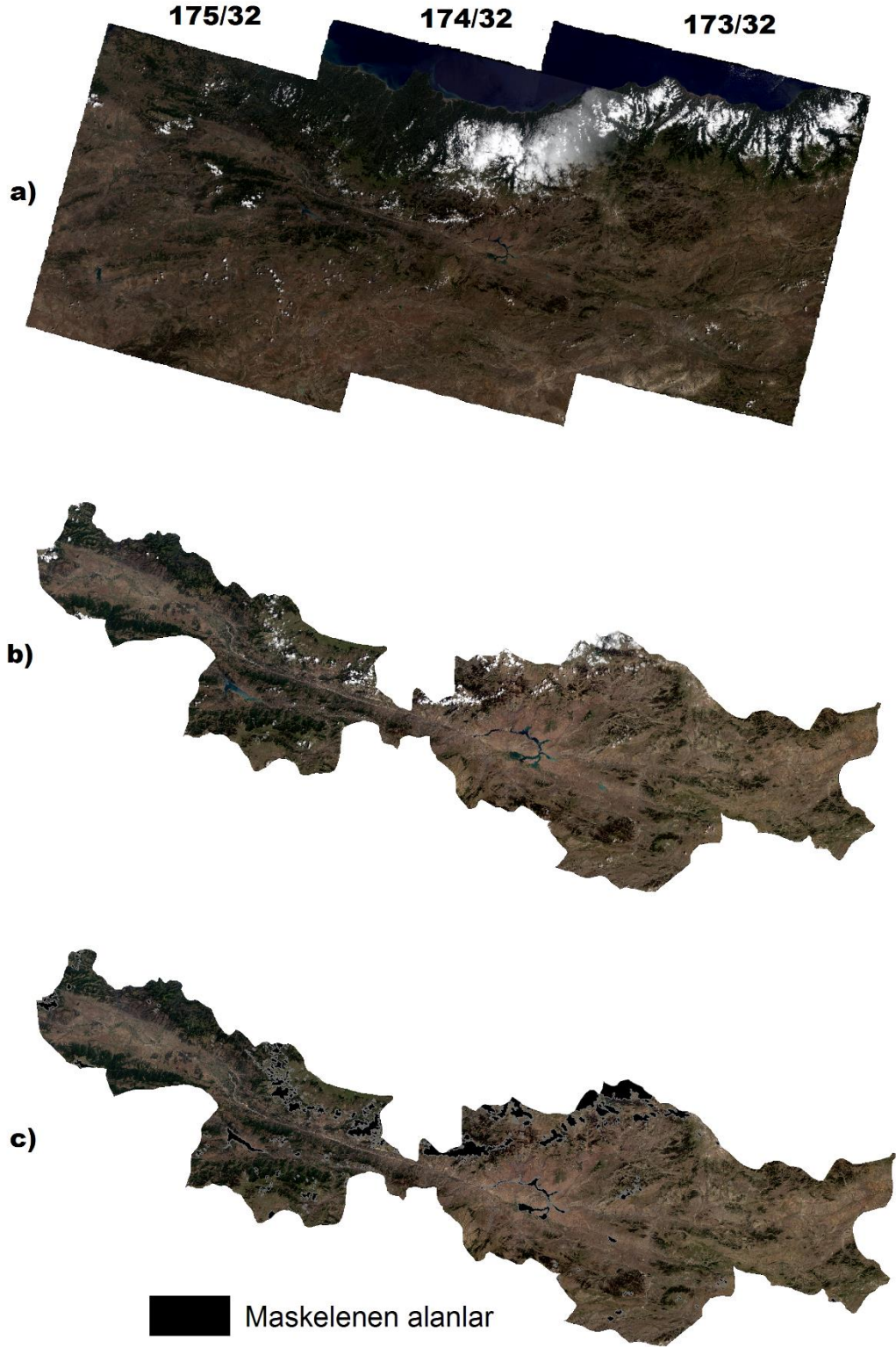
Çizelge 3.5. Kullanılan Landsat 8 Uydu Tarihleri

Landsat 8 Path/row Numarası	175/32	174/32	173/32
Tarih	25.06.2013	04.07.2013	27.06.2013

3.3.2 DEM (digital elevation model - sayısal yükseklik modeli) Görüntüsü

Topografya ile ilgili yükseklik, eğim ve bakı gibi faktörlerin hesaplanması için temel girdi verisi olan DEM görüntüsü için ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) görüntüsü kullanılmıştır. ASTER GDEM, Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ve ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) ortaklaşa bir projesi olup ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusundan elde edilen görüntülerden oluşturulmaktadır.

ASTER GDEM tüm dünya karasal alanını kapsayan yüksek çözünürlüktü tek DEM verisidir. DEM görüntüler; GeoTIFF formatında, 16 bit, UTM projeksiyonunda WGS 1984-Zone 37 koordinat sistemine sahip, yaklaşık 30 m yersel çözünürlükte, 108x108 km çerçeve genişliğinde METI ve NASA'nın ortaklığında ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center) isimli internet sitelerinden çalışma alanı sekiz çerçeve olarak temin edilmiştir. Elden edilen tiff formatındaki görüntüler Erdas Imagine 8.5 yazılımında stack edilerek grid dosyasına çevrilmiştir.



Şekil 3.5. Landsat 8 uydu görüntüsü. a) Mozaiklenen görüntü. b) Çalışma alanının subset edilmiş görüntüsü, c) Bulutlu ve sulak alanların maskelenmiş görüntüsü.

3.3.3. Arazi Kullanım Türü Haritasının Oluşturulması

Arazi kullanımı, belli bir arazi örtüsü tipinde üretme, değiştirme veya onu korumak için insanların sorumluluğunu aldığı düzenlemeler, faaliyetler ve girdiler ile tanımlanır. Arazi kullanımının bu şekilde tanımlanması arazi örtüsü ve insanların kendi çevrelerindeki faaliyetleri arasında direk bir bağlantı oluşturur. Söz konusu katman ilerleyen aşamalarda toprak erozyonunun belirlenmesinde yardımcı veri katmanı olarak da kullanılmıştır. Bu çalışmada arazi kullanım sınıfları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir. Bu sınıflar daha ilerdeki alt başlıklarda verilecek olan ve FAO tarafından geliştirilen arazi kullanım sınıflarına (Anonim, 1990) göre belirlenmiştir.

- Tarımsal alanlar (çok yıllık ürünler, rotasyonlu tarım, kuru tarım, sulu tarım, karışık tarım)
- Mera alanları,
- Orman alanları,
- Bahçe tarımı yapılan alanlar,
- Yerleşim alanları, Maden alanları, İnşaat alanları, Yollar ise değerlendirme dışı alanlar.

Söz konusu arazi kullanım türü sınıflarının haritalanmasında Landsat 8 görüntülerinden faydalanılmıştır. Vejetasyonun en aktif olduğu dönemlere ait Landsat 8 uydu görüntüleri, mevcut uzaysal bilgiler ve araziden toplanacak olan nokta verileri kullanılarak ERDAS yazılımında görüntülerin kontrolsüz (unsupervised) sınıflandırması yapılmıştır. Kontrolsüz sınıflandırmada maksimum olasılık parametrik yöntemi (Maximum likelihood parametric rule) ve 4-5-3 band kombinasyonu kullanılmıştır. Maksimum olasılık parametrik yöntemi veri bantlarına ait histogramların normal dağılıma sahip olduğunu varsaymaktadır ve bir pikselin belli bir sınıfa ait olma olasılığına dayanır. Temel eşitlik bütün sınıflar için bu olasılıkların eşit olduğunu varsaymaktadır

(ERDAS, 1995; ERDAS, 1997) ve 1 numaralı eşitlikteki gibi ifade edilmektedir (Schrader and Pouncey, 1997; Mather, 2004).

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \times \ln(|Cov_c|)] - [0.5 \times (X - M_c)^T \times (Cov_c^{-1}) \times (X - M_c)] \quad (1)$$

Formülde D ağırlıklı uzaklığı (olasılığı), c ilgi merkezindeki (odaklanılan) belirli bir sınıfı, X aday piksel için test verilerinden elde edilen spektral imza vektörünü, M_c eğitim verisinin c sınıfı örneğinin ortalama vektörünü, a_c c sınıfının bir üyesinin herhangi bir pikselini, a_c herhangi aday pikselin c sınıfının bir üyesi olması yüzde olasılığıdır. Cov_c eğitim verilerinden elde edilen c sınıfı örneğindeki piksellerin kovaryans matrisini, $|Cov_c|$ Cov_c 'nin belirleyicisini, Cov_c^{-1} Cov_c 'nin tersini, $\ln$ doğal logaritma fonksiyonunu ve T permutasyon fonksiyonudur. Olasılık en yüksek veya ağırlıklı uzaklık en az olduğunda bir piksel bir sınıfa tahsis edilir.

Uydu görüntüsünden net bir arazi örtüsü haritası elde etmek için sınıflandırılmış raster haritada 5 x 5 pencere boyutu kullanılarak istatistik filtreleme yapılmıştır. Arazi örtüsü sınıflarına ait raster harita ArcGIS yazılımında bir vektör haritaya dönüştürülerek ve poligon sınırları Landsat 8 görüntüsü üstüne oturtularak gerekli hassas düzeltmeler yapılmıştır.

3.3.4. NDVI (Normalized Difference Vegetative Indeks) Haritasının Oluşturulması

Vejetasyon indeksi, bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve görünür kırmızı bantlardaki farklı yansımadan yola çıkılarak geliştirilmiştir. Sağlıklı bitki örtüsü, görünür ışığı absorbe edip yakın kızılötesi ışının büyük bir bölümünü yansıtmaktayken, sağlıklı bir bitki örtüsü, görünür ışını daha çok yansıtır kızılötesi ışını daha az yansıtmaktadır. Bu mantığa dayanarak geliştirilen normalleştirilmiş vejetasyon farklılık indeksi (NDVI) vejetasyon indeksleri içerisinde en çok kullanılanlardan bir tanesidir. Bu çalışmada üretilen NDVI indeksinin amacı arazi örtüsü ve kullanım türlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktır. Landsat 8 görüntüsü ve eşitlik 2 deki NDVI indeks denklemi kullanılarak vejetasyona ait raster harita üretilmiştir (Tucker, 1979; Sabins, 1987; Jensen, 1996). Üretilen raster harita 0-256 radyometrik çözünürlük (unsigned 2⁸ bit) ve 30x30m standart grid boyutu kullanılmıştır. Daha net bir harita üretmek amacıyla, elde edilen tüm raster haritalar 5x5 istatistik filtreden geçirilmiştir. Raster indeks haritaları ERDAS Imagine yazılımında üretilmiştir (ERDAS, 2003).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2)$$

Formülde;

NDVI: Normalize Edilmiş Farklı Vejetasyon İndeksi

NIR: Yakın Kızılötesi Band Değeri

RED: Kırmızı Band değeri

Orijinal NDVI -1 ile +1 değerleri arasında değişen tek bantlı bir veri üretir ve yüksek değerler daha fazla ya da daha sağlıklı vejetasyona işaret eder (Bonneau ve ark. 1999; Edwards ve ark. 1999). NDVI değerleri ERDAS Imagine uzaktan algılama yazılımında 0 ile 256 değerleri arasında değişen işaretli 8 bayt (2⁸) görüntüye esnetilebilir (ERDAS 2003). Esnetilmiş görüntüde 256'ya yakın değerler yeşil yaprakların mümkün olan en yüksek yoğunluğuna, 0'a yakın değerler ise yeşil yaprakların mümkün olan en düşük yoğunluğuna veya çıplak alanlara işaret eder (Doğan, 2014).

3.3.5 Net Birincil Üretim (NBÜ)

Bitki örtüsü, özellikle orman alanları, dünya üzerinde %30'luk bir alan kaplamakta ve küresel karbonun % 75-90'nını depolamaktadır. Ekosistemde önemli bir karbon kaynağı olan bitkiler, bünyelerinde depoladıkları bu karbonun bir kısmını döken yapraklar, kuruyan dallar ve ölen kökler aracılığı ile toprağa vermekte ve ayrışma süreci ile karbon toprağın yapısına karışmaktadır. Bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarı olarak bilinen NBÜ, birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentez ile ototrofik solunum değerleri arasındaki fark olarak da tanımlanmaktadır (Lu ve ark., 2004). NBÜ'in tahmini, vejetasyon-atmosfer-toprak dizisinin karbon dinamiğini ve gelecekteki küresel ısınmaya karşı ekosistemlerin tepkisini anlamak için önemli bir veridir ve alan kullanımı politikaları için de giderek daha önemli bir yere sahip olmaktadır (Feng ve ark, 2006).

Karışık yapıdaki ekosistemlerde vejetasyonu temsil eden bileşenlerin daha kolay ve az maliyetli olarak belirlenebilmesi UA yöntemleri ile mümkün olabildiğinden, bu yöntemler ekosistem verimliliği çalışmaları açısından önemli ve yaygın kullanılan araçlardır. Doğru, güncel ve periyodik bilgi akışı sağlayabilen UA tekniklerinin de

entegre edildiği fiziksel tabanlı modeller yüksek doğrulukta NBÜ tahmininde kullanılabilir (Zhu ve Evans, 1994).

Uzaktan algılanmış veri kullanılarak yapılan toprak üstü biyokütle ve NBÜ tahmin çalışmalarının büyük çoğunluğu, orta çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada Modis uydu görüntüleri ve Monteith (1972)'nin geliştirdiği orijinal radyasyon kullanım etkinliği mantığına dayanan MOD17 isimli bir algoritma (denklem 3) kullanılarak hazırlanan NBÜ haritaları kullanılmıştır. Bu algoritma özellikle absorbe edilmiş fotosentetik aktif radyasyonun (APAR) ölçülmesine dayanmaktadır. Bu algoritma kullanılarak yıllık NBÜ haritaları, Montana Üniversitesi tarafından hazırlanan Büyük Ölçekli Ekosistem Fonksiyonlarını İzleme ve Modelleme isimli internet sayfasından indirilmiştir. İndirilen görüntü üzerine Kelkit Havzası sınır haritası oturtularak havza sınırlarına ait NBÜ haritası sayısal olarak veri tabanına eklenmiş ve ERD kapsamında havza için baskı unsuru olarak kullanılmıştır (Anonim, 2015b).

$$8 \text{ günlük GPP} = (\epsilon_{\text{max}} * \text{Sıcaklık Skalası} * \text{Su stres sklası} * \text{APAR}) \quad (3)$$

$$8 \text{ günlük (PSNet)} = (\text{GPP} - R_{\text{lr}})$$

$$\text{Yıllık NBÜ} = (\text{PSNet} - R_{\text{g}} - R_{\text{m}})$$

Formülde, GPP; Brüt temel üretim, ϵ_{max} ; vejetasyon tipi ve iklim durumu, APAR; absorbe edilmiş aktif radyasyon, PSNet; net fotosentez, R_{lr} ; kök solunumu, R_{g} ; yıllık büyüme solunumu, R_{m} ; odunsu dokulardaki canlı hücrelerin yıllık solunumu.

3.3.6 Kelkit Havzası Kuraklık Modellemesi

Kuraklık, yağış, yüzey akışı, evapotranspirasyon ve yer altı suyu depolanması gibi, hidrolojik olayların karşılıklı etkileşimlerinden ortaya çıkmaktadır (Şen, 2003). Bu hidrolojik olayların mekânsal ve niceliksel olarak tespiti ve aralarındaki ilişkinin çözülmesi bölgesel kuraklık tahminlerini sağlayabilmektedir.

En fazla kullanılan kuraklık belirleme yöntemlerinden bir tanesi kuraklık indeksidir. Bu indeks temelde günlük ortalama yağışın (P) günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyona (ET_o) olan oranı (P / ET_o) olarak ifade edilmektedir. İndekse göre hesaplanan değerler UNESCO tarafından 1979 yılından hazırlanan temel kuraklık sınıflarına göre (Çizelge 3.6) kurak alanlar sınıflandırılmaktadır (Wolfe, 1997). Bu kapsamda ele alınacak olan günlük ortalama yağış ve günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyon verilerinin birimleri ise mm/gün olmaktadır.

Çizelge 3.6. Unesco Kuraklık Sınıfları

Kuraklık Sınıfı	Kuraklık İndeksi
Çok Kurak	$P/ET_o < 0,9$
Kurak	$0,9 < P/ET_o < 6$
Orta Kurak	$6 < P/ET_o < 15$
Az Kurak	$15 < P/ET_o < 22,5$
Kurak Değil	$22,5 < P/ET_o$

Kuraklık modeli için gerekli olan konumsal iklim verilerinden ortalama yağış ve günlük potansiyel evapotranspirasyon haritaları LOCCLİM yazılımında üretilmiş ve üretilen haritalara kuraklık indeksi uygulanarak havzanın kuraklık haritası oluşturulmuştur.

3.3.7. Erozyon Risk Alanlarının USLE Modeli ile Haritalanması

Kelkit Havzasının yıllık toprak kaybının tahmin edilmesi ve haritalanması için bu çalışmada Renard ve ark. (1997) tarafından bildirilen ve Yue-qing ve ark. (2009) tarafından geliştirilerek CBS teknolojisine uyarlanan Edilmiş Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini (USLE) deneysel modeli kullanılmıştır. Denklem ilk olarak Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini (USLE) adı altında 1957’de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972’de de mera ve orman sahaları için kullanımları ilave edilmiştir (Wischmeier, 1971; Wischmeier ve Smith, 1978). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığının ve diğer erozyon ile ilgili araştırmacıların 1985 yılında yapmış olduğu toplantı sonucunda USLE’nin ilave araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. Revizyon çalışmaları 1987 de başlamış ve yeni teknoloji USLE olarak adlandırılmıştır (Lal, 1994). USLE modeli 4 numaralı eşitlikle ifade edilmektedir..

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (4)$$

Modeldeki A ortalama toprak kaybını ($t \text{ ha}^{-1}$), R erozyona neden olan yağış miktarı faktörünü ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), K toprak erozyon faktörünü ($t \text{ ha h MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), L eğim uzunluğu faktörünü, S eğim dikliği faktörünü, C arazi örtüsü ve idari

uygulama faktörünü ve P koruma desteği uygulama faktörünü ifade etmektedir. Buradaki L, S, C ve P faktörleri birimsizdir.

Bu çalışmada USLE modeli, Yue-qing ve ark.. (2009) tarafından bildirildiği şekliyle ArcGIS platformunda çalıştırılmıştır. Takip eden bölümler yağış verileri, toprak araştırmaları, sayısal yükselti modeli (DEM) ve arazi kullanım haritalarından faydalanılarak R, K, LS, C ve P faktörlerinin hesaplanmasını içermektedir. Çalışmada kullanılacak veri tabanının uzaysal çözünürlüğü kullanılacak Landsat 8 OLI görüntüleri ile uyum sağlaması için 30 m olarak belirlenmiştir. Şekil 3.6 gerçek ve potansiyel toprak kaybı hesaplarının nasıl yapıldığını göstermektedir.

Erozyona neden olan yağış miktarı (R) faktörü yağışın çarpma etkisini ölçer ayrıca yağış olaylarına eşlik eden olası yüzey akışın miktarını ve oranını yansıtır. Arnoldus'un (1977 ve 1980) geliştirdiği ve önerdiği Modifiye Fournier İndisi (MFİ) hesaplama denklemleri kullanılarak havzadaki her istasyon için MFİ değerleri hesaplanmış ve CBS ortamında Kelkit Havzası MFİ haritası oluşturulmuştur (Denklem 5). Usle R faktörü ise Kelkit havzası için hesaplanan MFİ değerlerinden İrvem ve ark.'nın (2007) geliştirdiği R faktörü denklemi ile hesaplanmıştır (Denklem 6). R-faktör harita katmanı CBS'de Kriking (spherical variogram) metodu kullanılarak elde edilmiştir.

$$MFİ = \frac{\sum_i^{12} (p_i^2)}{p} \quad (5)$$

Burada; MFİ : Her bir meteoroloji istasyonuna ait MFİ.

Pi: i ayına ait ortalama düşen yağış miktarı (mm).

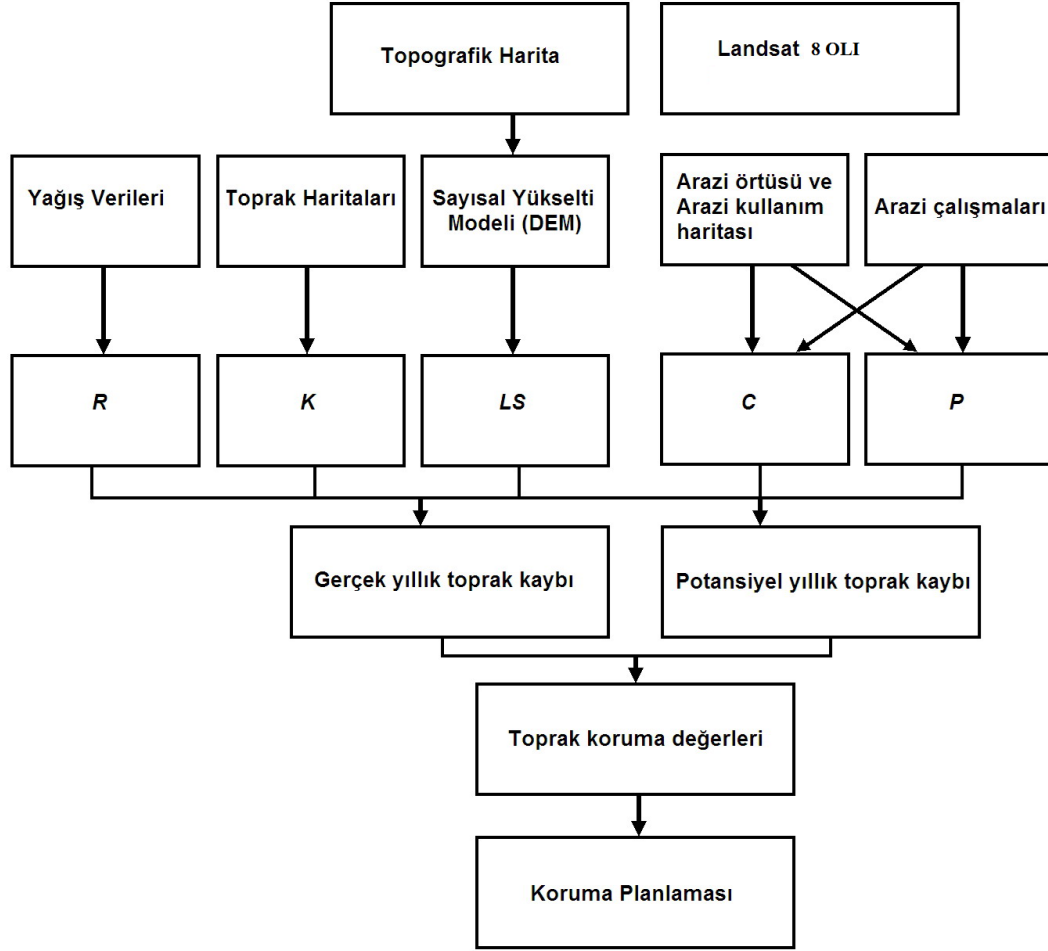
P: Yıllık ortalama düşen yağış miktarı (mm).

$$R = 0,1215 \times MFİ^{2,2421} \quad (6)$$

Burada;

R : Yağışın erozyon yaratma faktörü ($MJ \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1} \times mm \text{ h}^{-1}$).

MFİ: Meteoroloji istasyonuna ait hesaplanan MFİ'dir.



Şekil 3.6 Gerçek ve potansiyel toprak kaybının hesaplanması (Yue-qing ve ark., 2009).

Toprak erodibilite faktörü (K), toprak özelliklerinin ve toprak profil karakteristiklerinin toprak kayıplarına etkisini tanımlamaktadır. Toprak aşınımına duyarlılığını yağış, akış ve infiltrasyon olaylarının toprak kayıplarına etkisini yansıtmaktadır. K faktörü, toprağın doğal aşınabilirlik potansiyelinin USLE standart toprak aşınımına duyarlılık abağı ve toprağın yapısal özelliklerini kullanarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir (Renard ve ark., 1997). Bu faktör, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen toprağın silt+çok ince kum (%), kum (%), organik madde (%), strüktür ve geçirgenlik parametresini dikkate alan bir nomograf kullanılarak bulunmaktadır. Arazi örneklemeleri ile toplanan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri ile K faktörünün hesaplanmasında kullanılacak özellikler belirlenmiş, belirlenen özellikler nomografin sayısal formülü denklem 7 kullanılarak K faktör değerleri hesaplanmış, USLE K faktörü olabilmesi için 10'a bölünmüştür ve her bir

örnekleme noktası için bir K faktör nokta veri tabanı elde edilmiştir. Bu nokta veri tabanından faydalanılarak ve CBS’de Kriking enterpolasyonu (spherical variogram) tekniği ile havzanın K-faktör harita katmanı elde edilmiştir.

$$K = \{2,1 \cdot 10^{-4} (12 - OM) M^{1,34} + 3,25(s - 2) + 2.5(p - 3)\} / 100 \cdot 0,1317 \quad (7)$$

Formülde;

K: Toprak Erodotivite Faktörü

OM: Organik madde içeriği

s: Strüktür kodu

p: Peçirgenlik değeri

M: Parçacık büyüklük kodu

Eğim uzunluğu faktörü (L) yüzey akışın başladığı noktadan, depolanmanın başladığı veya akımın belli bir kanala yoğunlaştığı noktaya kadar olan yatay mesafedir (Wischmeier and Smith 1978). Erozyon eğim uzunluğu arttıkça artar. Yüzey akış genellikle 120 m’den daha az mesafede konsantre olur ancak daha uzun eğim uzunluklarında da yüzey akış konsantre olarak bulunabilir. Genel olarak 300 m eğim uzunluğu en üst sınır değer olarak alınır (Oğuz, 2002).

Eğim uzunluğu, toprak kayıplarının hesaplanacağı tarla için tarlanın sınırları arasındaki yatay mesafe olarak alınabilir. Havzada yapılacak toprak kaybı hesaplamaları için topoğrafik haritalardan ölçülebilir. Bu amaçla Aster uydu görüntüsünden oluşturulan 30 m çözünürlüklü sayısal yükselti haritası ve denklem 8 kullanılmıştır.

$$L = (1 / 22.1)^{0.5} \quad (8)$$

Bu denklemde,

L= Meyil uzunluk faktörünü

l = Meyil uzunluğu, m

Eğim derecesi faktörü (S), erozyon üzerinde eğim derecesinin etkisini yansıtmaktadır. Eğim dikliği arttıkça yüzey akış ve toprak kaybı artmaktadır. Toprak erozyonu üzerinde eğim derecesinin etkisi eğim uzunluğuna oranla çok daha fazladır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre meyil derecesinin 2 misli artması halinde toprak kayıpları 3 misli artış göstermektedir. Eğim derecesi faktörünü belirlemek için toprak kaybı hesaplamasının yapılacağı yerin eğimini ölçmek gerekmektedir (Oğuz, 2002). Bu amaçla sayısal yükselti modeli ve denklem 9 kullanılarak S faktörü hesaplanmıştır.

$$S = 10,8 \sin \beta + 0,03 \text{ (Eğim} < 9 \text{)} \quad (9)$$

$$S = 16,8 \sin \beta - 0,50 \text{ (Eğim} \geq 9 \text{)}$$

Formülde ;

S: Eğim derecesi faktörü

β : Eğim (derece)

Bitki yönetim (C) faktörü, devamlı işlenen nadas parsele oranla devamlı bitki örtüsü altında meydana gelen toprak kaybindan sapma anlamına gelmektedir. Wischmeier (1975), toprak kayıpları üzerine vejetatif örtünün toprak yüzeyini koruması, yüzey örtüsü ve pürüzlülüğünden kaynaklanan koruma ve bazı durumlarda düşük intensiteli yağışın akımı azaltması ve bu azalış üzerine düşük toprak neminin etkisini C faktörü içerisinde değerlendirmiştir. C faktörü, örtü ve yönetim değişkenliklerinin kombine etkisini yansıtan bir değer olmaktadır. C faktörü sürekli nadas bir tarla için 1'e eşittir. Toprak kaybı, nadas tarlaya oranla bitki bulunan bir tarla için, bitki çeşidi ve yönetim uygulamalarına bağlı olarak daha az olacaktır. Şiddetli yağışların düştüğü dönem ve bu dönemde bitkinin vejetatif aksamının durumu ve mevcut yönetim uygulamalarına bağlı olarak değişken C değeri toprak kaybı miktarını olumlu veya olumsuz yönde etkileyecektir.

Bu çalışmada C faktörünün belirlenmesinde Landsat 8 OLI görüntüsü yardımıyla oluşturulan arazi örtüsü haritasından yararlanılmıştır. Kelkit Havzası için belirlenen arazi örtüsünün C faktör değerleri Haan (1994)' e göre belirlenmiştir.

Erozyon kontrol faktörü (P) çalışma alanı içerisinde erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olup olmadığıyla ilgilendir. Küçük ölçekli

Çalışmalarda bu bilgilerin tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat Kelkit Havzası leğinde bu tür çalışmaların nadir olması ve olanlarında düzenli bir şekilde kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi çok güçtür. Bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve ark., 2007).

3.4. Arazi alışmaları

Araziden verilerinin toplanması bu çalışmanın en önemli kısımlarından biridir. Bu verilerin toplanması kolay bir işlem değildir ve birkaç önemli aşamayı içermektedir. Bu nedenle bu başlık altında yapılacak olan işlemler üç ana bölümde açıklanmıştır. Bu ana bölümler n arazi ettleri, toprak örneklemleri ve su rneklemleridir.

3.4.1 n Arazi Etüdleri

n arazi incelemeleri çalışma alanının temel vejetasyon ve arazi özelliklerini anlamak için yapılmıştır. İlgilenilen her özelliğin (arazi örtüsü ve arazi kullanımı) tanımlanması bu incelemelerin ilk amacını oluşturmaktadır. Landsat 8 OLI görüntüsünden spektral imzalar üretmek için her özelliğin temsili alanlarının coğrafik konumlarını tespit etmek ve görüntü sınıflandırmasının doğruluk hassasiyetini test etmek için yeterli arazi verisi toplamak sırasıyla ikinci ve üçüncü amaçları oluşturmaktadır.

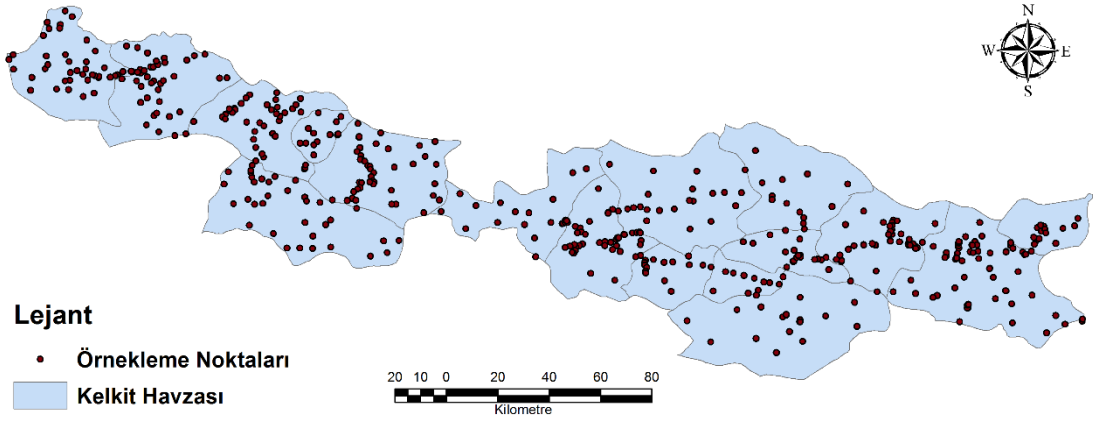
Tüm arazi gözlemleri küresel konumlama sistemi (GPS) kullanılarak coğrafik koordinatları ile birlikte alınmıştır. Coğrafik koordinatların belirlenmesinde Magellan explorist 210 GPS ($\pm 5m$ hassasiyet) cihazı kullanılmıştır. n arazi etdlerinden sonra çalışma alanının temel vejetasyon ve arazi özellikleri veri tabanına işlenmiştir. Örneklenen noktalara ait tüm GPS koordinatları Magellan explorist 210 GPS cihazına ait yazılım kullanılarak dBASE (dbf) veri formatında bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra arazi notları bu dbf dosyasına organize edilmiş bir biçimde elle girilmiştir. Sonuçta XYZ değerlerinden oluşan bir dbf dosyası oluşturulmuştur. Temel olarak bu dosyanın oluşturulması CBS ve uzaktan algılama uygulamalarının yönetiminde en önemli adımdır. n arazi ettleri sonucunda arazi örtüsü ve arazi kullanımına ilişkin yapılacak olan sınıflandırma çalışmaları için temel veri tabanı oluşturulmuştur. En önemlisi çalışma alanının belirgin vejetasyon özellikleri belirlenmiştir. Bu bilgi daha sonra yapılacak olan ayrıntılı örneklemlerin daha etkili yapılmasını sağlayacaktır.

3.4.2. Toprak Örneklemeleri

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen toprak haritaları değerli veriler sağlamasına karşın, alandaki tarımsal üretim açısından önemli olabilecek toprağın besin maddeleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında herhangi bir bilgi içermemektedir. Ayrıntılı toprak veri tabanı oluşturabilmek için McGrew ve Monroe (1993) tarafından bildirilen katmanlandırılmış tesadüfi örnekleme metodu kullanılmıştır. Bu metotla toprak örneklerinin alınacağı noktalar ASTER Uydusundan üretilen 30 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden, 1/25000 ölçekli mevcut sayısal toprak haritasından ve LANDSAT 8 OLI uydu görüntüsünden üretilen kontrolsüz sınıflandırma haritasından faydalanılarak katmanlara ayrılmıştır. Elde edilen katmanların dikkate alınmasıyla örneklerin alınacağı ana alanlar belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında örneklerin bu ana alanlar içinde tesadüfi olarak seçilmesine özen gösterilmiştir. Farklı katmanlara ayrılan bölgelerden 0-20 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme Ateşalp'ın (1976) belirttiği esaslara uyularak gerçekleştirilmiştir. Her noktadan da yaklaşık 1,5-2,0 kg kadar alınan toprak örnekleri naylon torbalara konularak etiketlenmiştir. Etikete örneği alan kişinin ismi, tarih, örnek numarası, hangi derinlikten alındığı, örneğin alındığı yer ismi ve coğrafik koordinatlar yazılmıştır. Böylece toplam 481 adet toprak örneği toplanmıştır (Şekil 3.7). Toprak örneklerine ait tüm analizler laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Yapılacak analizlerde kullanılacak yöntemler laboratuvar çalışmaları kısmında ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.4.3 Su Örneklemeleri

Çalışma alanına ait ayrıntılı yüzey suyu kalitesi veri tabanı oluşturulması ve bu veritabanından yola çıkılarak havzasının su kalitesini ekolojik risk değerlendirmesine göre sınıflamak amaçlanmaktadır. Bu amaçla Kelkit çayı ve kolları üstünde yapılacak ön arazi etüdü sonuçlarına göre yerleri belirlenmiş toplam 22 istasyondan mevsimsel olarak su örnekleri alınmıştır (Şekil 3.8). İstasyonların isimleri ve numaraları Çizelge 3.7 de verilmiştir. Örnekleme araçları ve 1 litre hacimli polipropilen örnek şişeleri araziye çıkmadan önce laboratuvarında herhangi bir temizlik maddesi kullanmadan doğrudan yıkama fırçası ve musluk suyu ile temizlenmiş ve distile su ile durulanmıştır.



Şekil 3.7. Kelkit Havzası Toprak Örnekleme Noktaları.

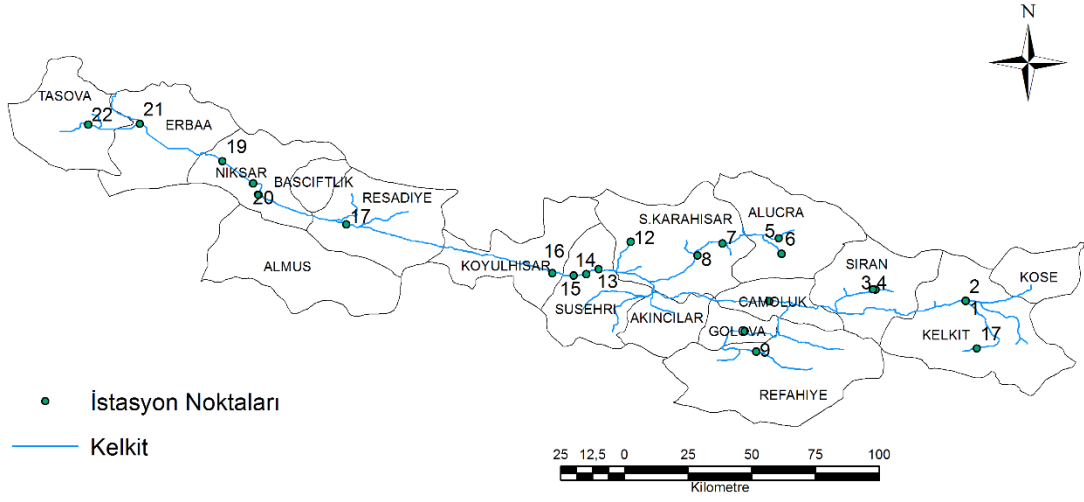
Su örnekleri kıyıdan en az bir metre açıkta örnek şişesi suya ağzı aşağıda dik olarak daldırılarak alınmıştır. Su yüzeyinden elli santim aşağıda şişe ters çevrilecek ve tabandaki çökeltileri içine kaçırmadan doluncaya kadar beklendikten sonra çıkarılmıştır. Her örneğin alındığı istasyonun koordinatları küresel konumlama sistemi (GPS) cihazı ile kaydedilmiştir. Şeffaf polikarbonat yapıda 1,7 litre hacimli Nansen Şişesi ile alınmış su örnekleri, örnekleme şişelerine alınmıştır. Nansen Şişesinin musluğundan alınan bir miktar suyla örnekleme şişeleri çalkalandıktan sonra, şişelere boşaltılarak doldurulmuştur. Koruma amacıyla örneklere herhangi bir kimyasal madde eklenmemiş, şişeler hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurularak, kapakları sıkıca kapatılıp, tarih ve örnekleme noktası bilgilerini içerecek şekilde etiketlenip ve laboratuvara ulaşıncaya kadar karanlıkta saklanmıştır. Bundan başka nehrin ağaçlarla kaplılık durumu, akuatik vejetasyon ve mevcut su altı yapılarına ilişkin arazi gözlemleri de alınarak kaydedilmiştir. Örnekler aynı gün içinde hızlı bir şekilde laboratuvara nakledilmiştir. Her istasyonun kalite parametrelerini ekolojik risk değerlendirmesinde kullanmak için istasyonların alt havzaları ArcMAP yazılımının ArcHydro alet çantası kullanılarak çıkarılmıştır (Şekil 3.9). Böylelikle ERD kapsamında havzanın nehir havzalarını da ERD sürecine mekânsal olarak dahil etmek mümkün kılınmıştır. Toplam 20 adet alt havza oluşturulmuş ve alt havzalar içerisine düşen istasyonların numaraları ile isimlendirilmiştir. 13 ve 16 numaralı istasyonlara ait alt havza bulunmamaktadır.

Çizelge 3.7 Kelkit Nehri İstasyon Bilgileri.

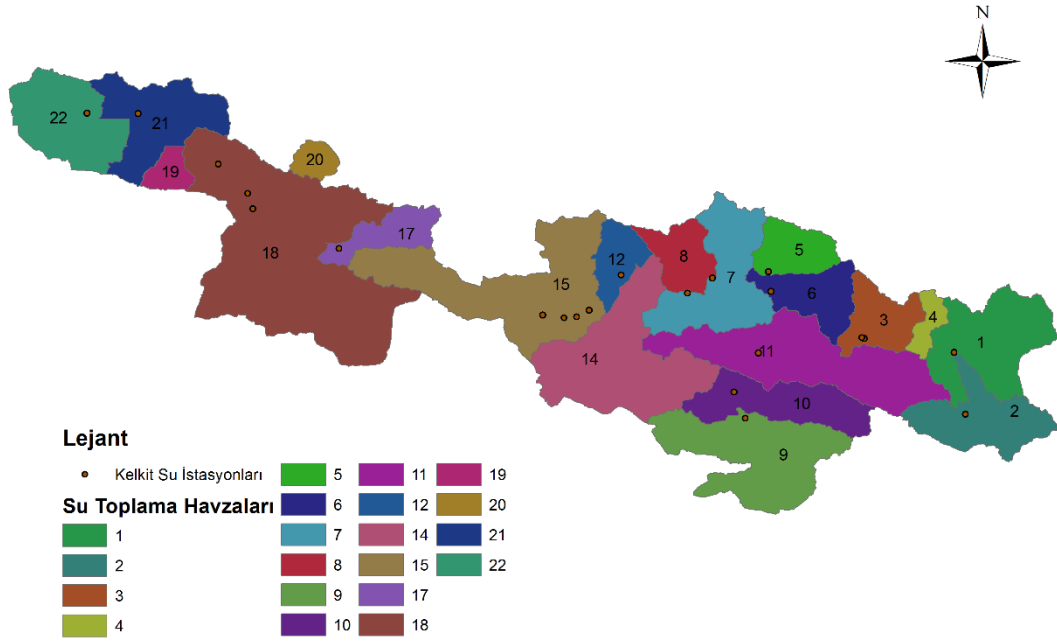
İstasyon	Karakter	Mevki İsmi	Yeni isimlendirme
1	Kol	Kelkit-Üst	Balahor Deresi
2	Kelkit	Kelkit Merkez	Kelkit Çayı-1
3	Kol	Şiran çıkıs(kirli kol)	Tersun Deresi
4	Kol	Şiran Temiz kol	Cevizli Deresi
5	Kol	Aluçra-Üst	Aluçra-Üst
6	Kol	Aluçra Merkez	Aluçra Merkez
7	Kol	Şebinkarahisar-Üst	Avutmuş Çayı-Üst Bölge
8	Kol	Şebinkarahisar	Avutmuş Çayı
9	Kol	Refahiye 1	Çobanlı Çayı
10	Göl	Gölova Gölü	Gölova Baraj Gölü
11	Kelkit	Çamoluk	Kelkit Çayı-2
12	Kol	Kılıçkaya Çıkış	Arslanşah deresi
13	Kelkit	Çamlığöze Giriş	Kelkit Çayı-3
14	Göl	Çamlığöze Balık Çiftliği	Çamlığöze Baraj Gölü
15	Kelkit	Çamlığöze Çıkış	Kelkit Çayı-4
16	Kelkit	Çamlığöze Çıkış2	Kelkit Çayı-5
17	Kelkit	Reşadiye	Kelkit Çayı-6
18	Kol	Almus Köklüce	Köklüce HES
19	Kol	Niksar Çıkış	Niksar Çıkış
20	Kelkit	Niksar Giriş	Kelkit Çayı-7
21	Kelkit	Erbaa	Kelkit Çayı-8
22	Yeşilırmak	Taşova	Yeşilırmak

3.5. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları toprak ve su analizlerini içermektedir. Alınan toprak örneklerinin analizleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'ndeki toprak laboratuvarında yapılmıştır. Alınan su örneklerinin analizleri ise Su Ürünleri laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Kelkit Nehri Su Örnekleme Noktaları.



Şekil 3.9. Kelkit Havzası Su Toplama Alt Havzaları.

3.5.1. Toprak Analizleri

Araziden toplanan topraklar kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiş analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinde; bünye

(tekstür), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, kireç, toplam azot, elverişli fosfor, ve Ağır Metaller (Kurşun, Kadmiyum, Bakır, Nikel, Çinko) analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılacak yöntemler aşağıda verilmiştir.

3.5.1.1 Bünye (tekstür)

Toprak örneklerinin kum, kil ve silt yüzdeleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

3.5.1.2 Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak örneği 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılarak süspansiyon 15 dakikalık aralarla 3 kez karıştırıldıktan ve 15 dakika bekletildikten sonra cam elektrodlu Neel pH metresi ile belirlenmiştir (Jackson, 1959).

3.5.1.3 Organik Madde İçeriği (%OM)

Modifiye Walkley–Black yaş yakma yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

3.5.1.4. Kireç İçeriği (CaCO₃)

Toprak örneklerinin kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla belirlenmiştir (Çağlar, 1949).

3.5.1.5. Toplam Azot (N)

(NH₄)₂SO₄'e çevrilip sonra amonyum borik asit içinde destile edilmiş ve brom gresol green methylyred indikatör karışımı kullanılarak standart H₂SO₄ ile titre edilerek belirlenmiştir (Chapman ve Pratt, 1961).

3.5.1.6. Elverişli Fosfor (Olsen-P) (mg/kg)

NaHO₃ ile ekstrakte edilen çözeltideki P spektrofotometrede belirlenmiştir (Olsen ve Dean, 1965).

3.5.1.7. Elektriksel İletkenlik (EC)

1:2.5 oranında sulandırılan örneklerin Conductivitymeter ölçümleri ile tespit edilmiştir (Richards, 1954).

3.5.2 Fiziksel ve Kimyasal Su Kalite Analizleri

Sıcaklık, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu, özgül iletkenlik, pH ve ORP 30 m derinliğe kadar uzanabilen problu YSI PROFESSINAL PLUS model ölçüm cihazı ile çalışmanın yürütüldüğü derinliğe daldırılarak arazide ölçülmüştür. Hanna HI 9812 model ölçüm cihazı kullanılarak doğrudan çözülmüş katı madde ölçülmüştür. Bulanıklık, Hach 2100P model bulanıklık ölçüm cihazı ile laboratuarda doğrudan ölçülmüştür. BOD tayinleri YSI PROFESSINAL PLUS ve Hach marka BOD TRAK cihazı yardımı ile; 5 günlük test ilerleyişi, ölçüm eğrileri olarak kontrol ve inkübasyona dayalı olarak gerçekleştirilecektir. Askıda Katı Madde, Hach DR/2010 model spektrofotometre kullanılarak 860 nm dalga boyunda distile su şahidine karşı doğrudan okumayla belirlenmiştir (HACH, 1997).

Amonyak azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam azot ve toplam fosfor analizlerinde Hach Dr 2800 model arazi spektrofotometresi ve APHA standartlarına göre hazırlanmış ve metotlanmış Hach marka hazır kitler ve solusyonlar kullanılmıştır (www.hach-lange.com). Amonyak azotu ve toplam azot tayininde nessler, nitrit azotu tayininde diazotizasyon, nitrat azotu tayininde kadmiyum indirgenmesi, toplam fosfor tayininde Phosver 3 asit persülfat sindirimi metodu kullanılmıştır.

Klorofil *a*, örneğin geçirildiği filtrelerin sulu alkali asetonla ekstraksiyonu ardından çift ışın yollu Helios- α model UV-Vis spektrofotometrede absorbansı ölçülerek (Wetzel and Likens, 1991) ve monokromatik metotla hesaplanarak (Lorenzen, 1967) tayin edilmiştir. Bu amaçla 500 ml örnek 0,45 μ m gözenek açıklığına sahip nitroselüloz yapıda membran filtreden süzülecek ve filtreler cam doku öğütücünde %90 alkali aseton solüsyonuyla ekstrakte edilmiştir. Doku öğütücünün içeriği hacim çizgili ve kapaklı santrifüj tüpüne boşaltılarak, tüpler maksimum 3000-4000 rpm hızda 5 dakika santrifüj edilmiş, çökelek dağıtılmadan süpernatant bir pipetle 5 cm ışın yoluna sahip bir küvete alınarak spektrofotometrede sırasıyla 750 nm (bulanıklık şahidi) ve 665 nm dalga boylarında absorbansları ölçülmüştür. Aynı küvete 1 N hidroklorik asit eklenerek asitlendirilmiş, 5 dakika beklenmiş ve tekrar aynı dalga boylarında absorbansları ölçülmüştür (Wetzel and Likens, 1991). Klorofil *a* 10 numaralı eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil } a \text{ } (\mu\text{g/l}) = [k \times F \times (E_{665o} - E_{665a}) \times v] / V \times Z \quad (10)$$

Formülde; K klorofil *a*'nın absorpsiyon katsayısını (11.0), F absorbanstaki azalmayı eşitleme faktörünü (2.43), E_{665o} asidifikasyondan önce 665 nm dalga boyunda bulanıklığı düzeltilmiş absorpsiyonu ($=A_{665o} - A_{750a}$), E_{665a} asidifikasyondan önce 665 nm dalga boyunda bulanıklığı düzeltilmiş absorpsiyonu ($=A_{665a} - A_{750a}$), *v* ekstrakt hacmini (ml), *V* filtre edilen örnek hacmini (l) ve *Z* küvetin ışın yolu uzunluğunu (cm) göstermektedir.

Fecal ve toplam koliform tayini için membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır.. Fecal kolifomlar için Mfc toplam koliformlar için endo besiyeri içeren hazır steril pedler kullanılmıştır. Su örneği yüzeyden 30 cm derinden 500 ml lik steril kahverengi cam şişelere alınmıştır. Örnek su 0-45 mikron`luk selüloz membran filtreden süzöldükten sonra pedler üzerine hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Süzme işleminde 100 ml su kullanılacak, süzme işleminin sonucunda hazır pedleri içeren petri kutuları fecal koliformlar için 44°C de 22-24 saat, toplam koliformlar için 37°C de 18-24 saat inkübe edilmiştir (APHA, 1995). Çalışmada Hach MEL marka arazi tipi mikrobiyoloji çevre laboratuvarı kullanılmıştır.

3.6. İstatiksel Analizler

Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistik için SPSS 12. yazılımı kullanılmıştır (SPSS, 2001). Su analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde ise, analizlerden önce ESD metoduyla (extreme studentized deviate) veri setinden uç değerler (outliers) uzaklaştırılmıştır. Örneklem noktalarında su kalitesi değişkenleri arasındaki ilişkiler Pairwise korelasyonla belirlenmiştir. Herhangi bir parametrenin zamansal (örneklem tarihleri arasındaki farklılık) varyasyonun istatistiksel olarak önemli olup olmadığı dağılım testleriyle belirlenmiştir. Öncelikle Shapiro-Wilk *W* testiyle verilerin normal dağılım gösterip göstermediği belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenler için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve normal dağılım göstermeyenler için Wilcoxon/Kruskal Wallis testleri uygulanmış, ortalamaların karşılaştırmaları Student's *t* testiyle yapılmıştır. Temel istatistiksel analizlerin yürütülmesinde JMP 7 yazılım paketi kullanılmıştır.

Örneklem noktalarının heterojenitesi kümeleme analizi kullanılarak tayin edilmiştir. Kümeleme analizinde veri dizisi standart sapmayla standartize edilmiştir. Benzerliğin bir ölçütü olarak Öklit uzaklığının karesi kullanılarak, hiyerarşik yığışlı kümeleme analizi Ward's metoduyla yürütölmüştür. Bağlantı uzaklığı, *y*-eksenindeki

bağlantı uzaklığını standartize ederek 100 ölçekli olarak temsil etmek için belirli bir durum için bağlantı uzaklığının maksimum uzaklığa bölümüne temsil eden Dlink/Dmax ile raporlanmıştır (Simeonov ve ark. 2003, Sinha ve ark . 2009).

Havzadaki yüzey sularının su kalitesi parametrelerinin maksimum ve minimum değerleri arasındaki ilişkilerin çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle tahmin edilmesinde öncelikle eğilimsiz kanonik analiz (DCA) ile modelleme metodu seçilmiştir. Çok değişkenli analizlerde, veri seti logaritmik olarak dönüştürülmüş ve sıfır/sıfıra yakın değerlerinin hataya neden olmaması için ($\log(n + 1)$) dönüştürmesi kullanılmıştır. DCA modelinde en uzun eksenin uzunluğu veri setindeki beta çeşitliliğinin tahminini sağlamış ve en uzun eksen $<1,2$ sd olduğundan çok değişkenli model olarak lineer dolaylı eğimli analiz metodu seçilmiştir. Veri dizisindeki toplam varyasyon üzerindeki etkisi olan temel faktörlerin belirlenmesinde faktör analizi (FA) kullanılmıştır. Belirlenen faktörler arasından $>\%10$ varyasyonu açıklayanları üzerinde önemli yüke neden olan değişkenler ana bileşenler analizinde (PCA) kullanılmıştır (ter Braak ve Verdonschot 1995; ter Braak 1995; Lepš ve Šmilauer, 2003). Çok değişkenli istatistiksel analizler için STATISTICA 10 yazılım paketi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde Kelkit Havzası için ekolojik risk değerlendirilmesi kapsamında hazırlanan baskı unsurlarının genel karakteristikleri ile havzanın toprak ve su veri tabanı özellikleri istatistiksel olarak tartışılmıştır. En son olarak Ekolojik Risk Değerlendirilmesi ile etkilenebilecek alanlar mekânsal ve boyutsal olarak tartışılmıştır.

4.1. Kelkit Havzası Normalleştirilmiş Farklı Vejetasyon İndeks (NDVI) Haritası

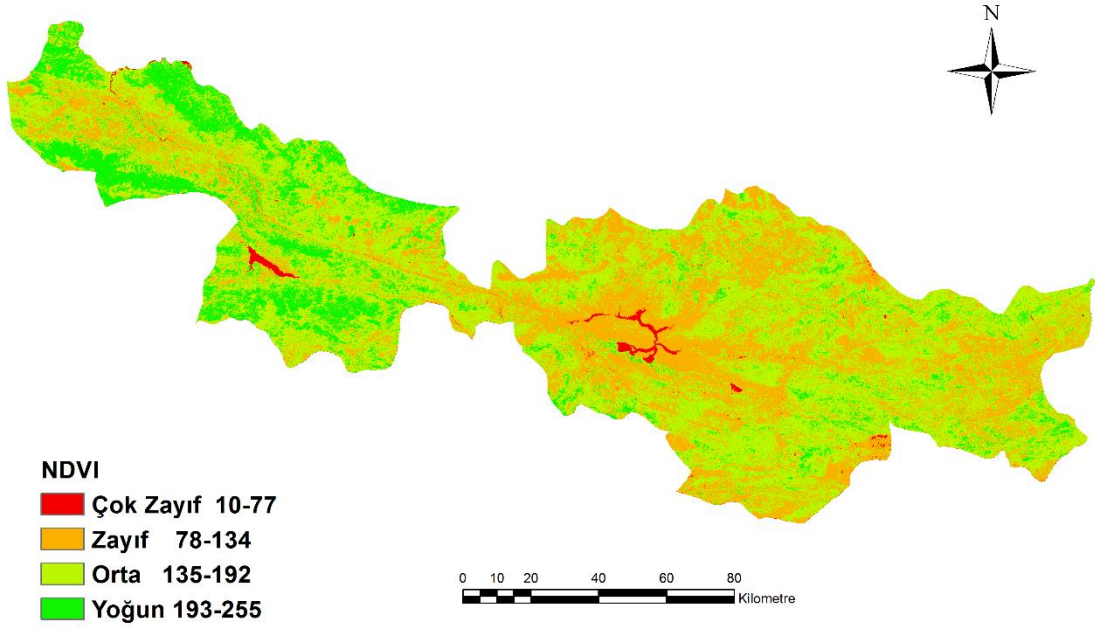
Çalışma kapsamında üretilen NDVI indeks haritası, havzanın arazi kullanım türlerinin belirlenmesine yardımcı olması için hazırlanmıştır. NDVI indeks değerleri 0-256 bayt arasında değişen değerler almaktadır. Artan NDVI değerleri sağlıklı vejetasyonun varlığının bir göstergesi iken düşük değerler bitki örtüsünden yoksun çıplak kayalık veya sulak alanların varlığına işaret etmektedir. Bu ilkedan yola çıkılarak arazi örtüsü ve kullanım türlerinin belirlenmesine yardımcı olması için bu indeks'den yararlanılmıştır. Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden formül 2'deki indeks eşitliği kullanılarak oluşturulan NDVI haritası 10-255 bit arasında değişen almıştır (Şekil 4.1). NDVI indeks değerleri Doğan (2014)' e göre Çizelge 4.1 deki şekilde dört sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 4.1 Kelkit Havzası NDVI İndeks Değerleri ve Yoğunluk Durumu

NDVI	Vejetasyon Durumu
10-77	Çok zayıf
78-134	Zayıf
135-192	Orta
193-255	Yoğun

NDVI indeks değerleri 10-77 bayt arasında değerler alan pikseller çok zayıf, 78-134 bayt değerleri alanlar zayıf, 135- 192 arasında değerler alanlar orta ve 193-255 bayt arasında değişen değerler alan pikseller yoğun vejetasyona sahip olan alanlar olarak haritalanmıştır. Çok zayıf sınıfına dâhil olan kısımlar genellikle havzanın bitki örtüsünden yoksun olan kısımları ve sulak alanların bulunduğu lokasyonlar bu sınıfa girmiştir. Şekil 4.1 'de görüldüğü gibi Almus ve Gölova gölleri ve Kılıçkaya Baraj gölü bu sınıfa dahil olmuştur. Havzanın güneydoğusunda bulunan çıplak kayalık alanlarda bu

sınıf da gözlemlenmektedir. 78-134 bayt değerini alan zayıf sınıfındaki alanlar ise havzada Kılıçkaya baraj gölünün yakın çevresi, Şebinkarahisar ve Alucra ilçelerinin orta ve kuzey kesimlerinde, Taşova ilçesinin orta kesimlerinde görülmektedir. Bu sınıfa dahil olan alanlar genellikle tarım yapılan alanların olduğu görülmüştür.

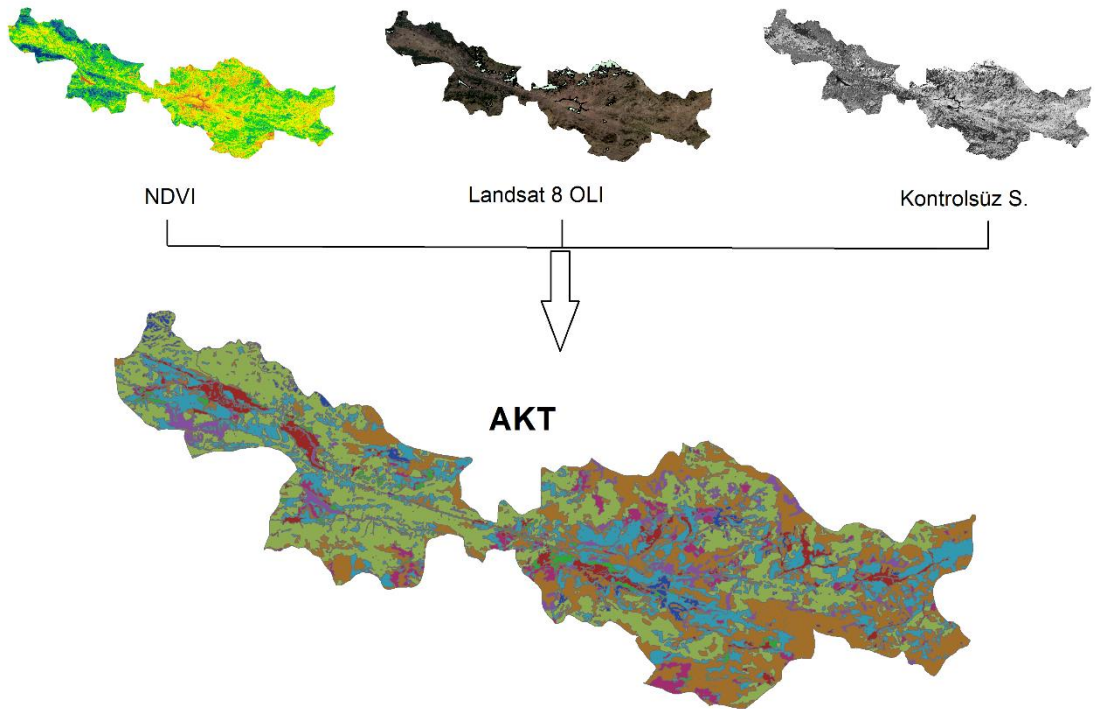


Şekil 4.1 Kelkit Havzası NDVI İndeks Haritası

135-192 bayt indeks ile orta sınıf vejetasyon yoğunluğuna sahip olan alanlar havzada bulunan çayır örtülerini ve yüzlek otların bulunduğu alanlar ile yüksek kesimlerdeki çıplak alanların bulunduğu alanlar olmaktadır. 193-255 arasında değerler alarak yoğun vejetasyon sınıfına dâhil olan alanlar ise yeşil aksamı bol olan orman alanlarını temsil etmektedir. Özellikle Taşova'nın kuzey ve güney kesimleri ile Erbaa ilçesinin kuzeyi ve Niksar'ın yüksek kesimlerinde bulunan Çamiçi yaylasının bulunduğu orman alanları bu sınıfa dâhil olmuştur.

4.2. Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri Haritası.

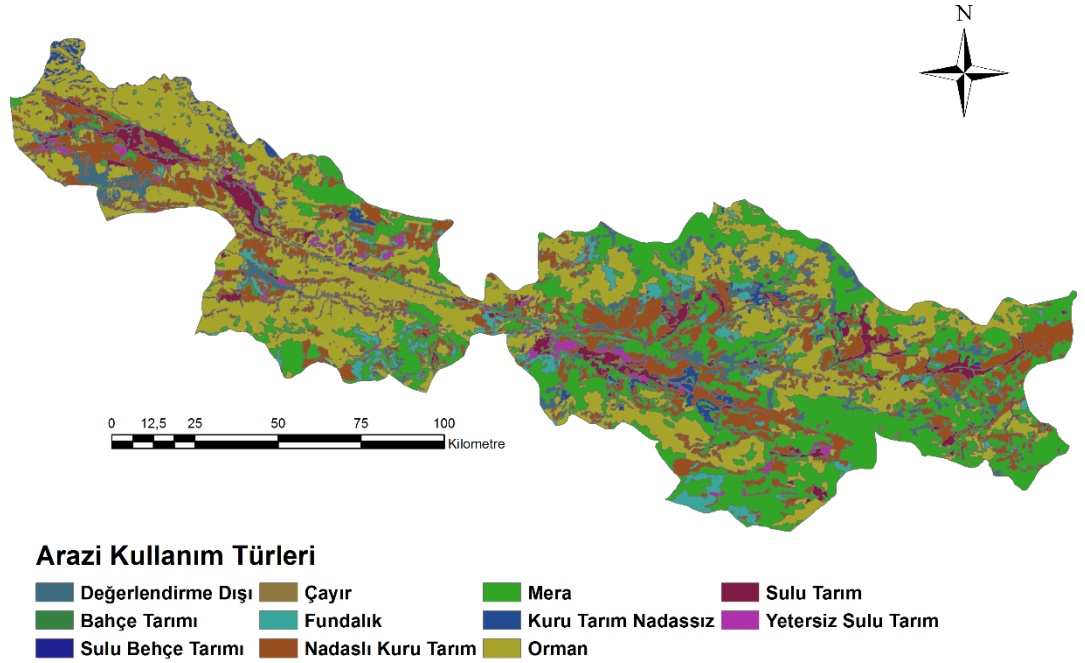
Kelkit havzasının güncel arazi kullanım haritasını oluşturarak, havza için gelecekteki planlama kararlarına yardımcı veri niteliğini kazandırmanın yanında, ERD sürecinde baskı unsuru olan erozyon modelinin oluşturulmasında yardımcı veri katmanı rolü görmüştür. Arazi kullanım türlerinin oluşturulmasında Landsat 8 OLI uydu görüntüsü, NDVI indeks haritası ve yine Landsat 8 görüntüsü kullanılarak hazırlanan 15 sınıflı kontrolsüz sınıflama haritasından faydalanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Arazi Kullanım Türlerinin Hazırlanmasında kullanılan yardımcı veri katmanları.

Arazi kullanım türlerinin oluşturulması için hazırlanan yardımcı veri katmanları, Arcmap yazılımında üst üste çakıştırılmış, NDVI haritasının vejetasyon ve çıplak alanlar ve su yüzeylerini belirtmedeki başarısı dolayısıyla orman, su yüzeyleri ve çıplak alanların belirlenmesinde bu indeks haritadan, bağ, bahçe, tarım alanlarının belirlenmesinde güncel Landsat uydu görüntüsünden ve 15 sınıflı sınıflama haritası ile de birbirine yakın yansıma veren piksellerin aynı sınıfa dahil olması ilkesinden yola çıkılarak aynı sınıflamaya sahip alanlara aynı kullanım türleri atanması ile Şekil 4.3 deki arazi kullanım türleri haritası

oluşturulmuştur. Oluşturulan arazi kullanım haritasının kullanım türleri ve kapladıkları alanlar Çizelge 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.3. Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri Haritası.

Kelkit havzası 11 farklı arazi kullanım türüne ayrılmıştır. Havzada en fazla alan kaplayan kullanım türü 5648,379 km² ve toplam alanın %34,77 ile Orman alanlarıdır. Orman alanlarının büyük bir çoğunluğu havzanın yükselti olarak aşağı kesimlerinde bulunan Taşova, Erbaa, Niksar, Almus ve Reşadiye ilçelerinin büyük bir bölümünde yer almaktadır ve genellikle bu bölgede Akdeniz ikliminin görülmesi ile Akdeniz bölgesine has tipik Orman örtüsü bulunmaktadır. Diğer orman alanlarının görüldüğü yerler Şebinkarahisar ve Alucra ilçelerinin kuzey kesimi ile Refahiye ilçesinin güneyi ve Şiran ilçesinin merkez ve batı kesimlerinde görülmektedir. Havzada ikinci en fazla alan kaplayan kullanım türü 5648,79 km² ve toplam alanın % 28,34'lük bir kısmıyla mera alanları oluşturmaktadır. Havza genelinde mera alanları oluşturulan haritaya bakıldığından havzanın kuzey kesimleri ile güney kesimlerine doğru bir dağılım göstermektedir. Üçüncü en fazla alan kaplayan kullanım türü nadaslı kurum tarım sınıfıdır. Bu kullanım türü toplam alanın %19,45'lik bir kısmı ile 3159,33 km² alan

kapsamaktadır. Bu kullanım türü ise genellikle havzanın orta kesimlerinde eğimin yükselmeye başlayan ve sulama imkânı fazla olmayan düz ve hafif eğimli arazileri kapsamaktadır. Bu kullanım türü havzanın yukarı kesimlerinde Kelkit nehrinin kuzey ve güney kesimlerinde görülürken, yükseltinin az olduğu Taşova ve Erbaa ilçerinde güney bölgelerde görülmektedir.

Çizelge 4.2 Kelkit Havzası Arazi Kullanım Türleri ve Kapladıkları Alanlar.

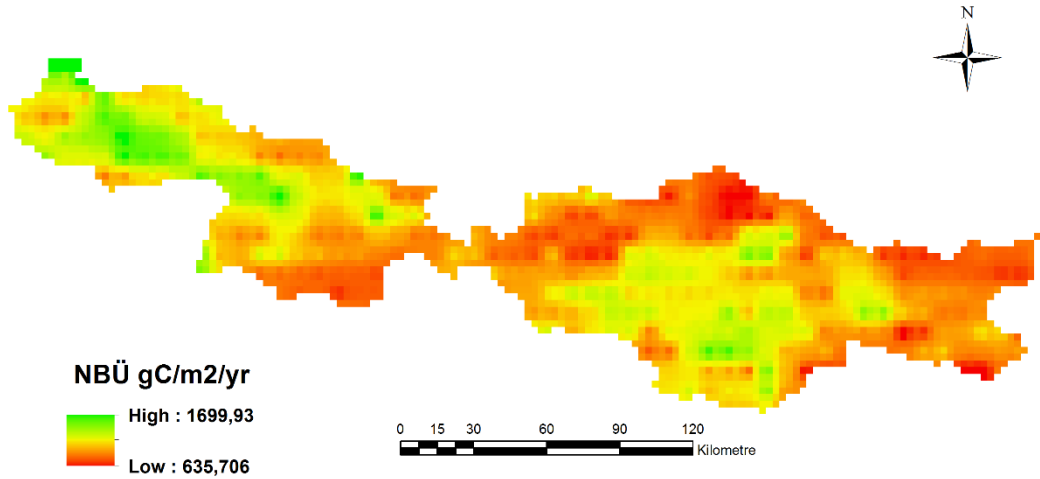
Arazi Kullanım Türü	% Alan	Alan km²
Sulu Bahçe Tarımı	0,07	11,53
Bahçe tarımı	0,13	20,43
Çayır	0,25	40,18
Sulu tarım Yetersiz	1,49	242,57
Kuru Tarım	1,56	253,46
Fundalık	3,83	622,50
Sulu Tarım	4,80	780,01
Yerleşim,Yol vb.	5,30	861,18
Kuru Tarım Nadaslı	19,45	3159,33
Mera	28,34	4604,47
Orman	34,77	5648,79
TOPLAM	100	16244,45

Yerleşim yerleri, yollar, inşaat alanları, maden sahaları, kayalık ve çıplak taşlık alanlar gibi alanlar harita lejandında değerlendirme dışı olarak belirtilmiştir. Bu kullanım türündeki alanlar toplam havzada % 5,30 ile toplam 861,18 km² alan kaplamaktadır. Beşinci olarak en fazla alan kaplayan kullanım türü ise sulu tarım sınıfıdır. Bu kullanım türü toplam havza alanının % 4,80 inin kaplayarak 780,01 km² alan kaplamaktadır. Bu kullanım türü ise mekânsal olarak Kelkit Nehrini akarsu boyunca kuzey ve güney kesimleri ile Kelkit Nehrini besleyen yan kolların bulunduğu ve sulama imkanının olduğu alanlarda görülmektedir. Fundalık kullanım türündeki araziler ise toplam alanın % 3,83'ü ile 622,50 km²'lik bir alanı örtmektedir. Bu kullanım türündeki alanlar Almus gölü çevresi ve Almus'un güney doğu kesimlerinde, Refahiye ilçesinin güney kesimleri ile Şebinkarahisar ve Şiran İlçelerinin orta kesimlerinde yer yer parçalı bir şekilde dağılmıştır. Kuru tarım kullanım türündeki alanlar ise toplam havza alanın % 1,56'lık kısmı ile 253,46 km² alan kaplamaktadır. Bu sınıfa dahil olan alanlar genellikle sulama imkanı bulunmayan yükseltinin fazla olduğu alanlarda görülmektedir. Yetersiz sulu tarım kullanım türündeki alanlar toplam alanın %1,49 ile 242,57 km² alan kaplamaktadır. Bu

kullanım türündeki alanlar sulama imkanının yeterli olmadığı Kılıçkaya barajının güneyinde rakımının yüksek olduğu alanlarda görülmektedir. Çayır kullanım türündeki alanlar ise toplam alanın %0,25 ile 40,18 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Bahçe tarımı ile sulu bahçe tarımı yapılan alanlar ise en az alan kaplayan iki kullanım türü olmuştur. Bahçe tarımı yapılan alanlar %0,13 ile 20,43 km², en az alan kaplayan kullanım türü olan sulu bahçe tarımı ise toplam havza alanının % 0,07 ile 11,53 km² alan kaplamaktadır.

4.2. Kelkit Havzası Net Birincil Üretim Haritası

Gelişen UA teknikleri ve modeller sayesinde, karmaşık yapıdaki ekosistemlerin vejetasyonu temsil eden parametrelerinin daha kolay ve düşük masraflı olarak ölçülebilir hale gelmiştir. Bu çalışmada Kelkit havzasının ekosistem verimliliğini ölçmek için Mod17 algoritması kullanılarak oluşturulan ve Montana üniversitesinin web sayfasından indirilerek sayısal hale Arcmap yazılımında sayısal verilere dönüştürülen NBÜ haritası şekil 4.4 de verilmiştir.



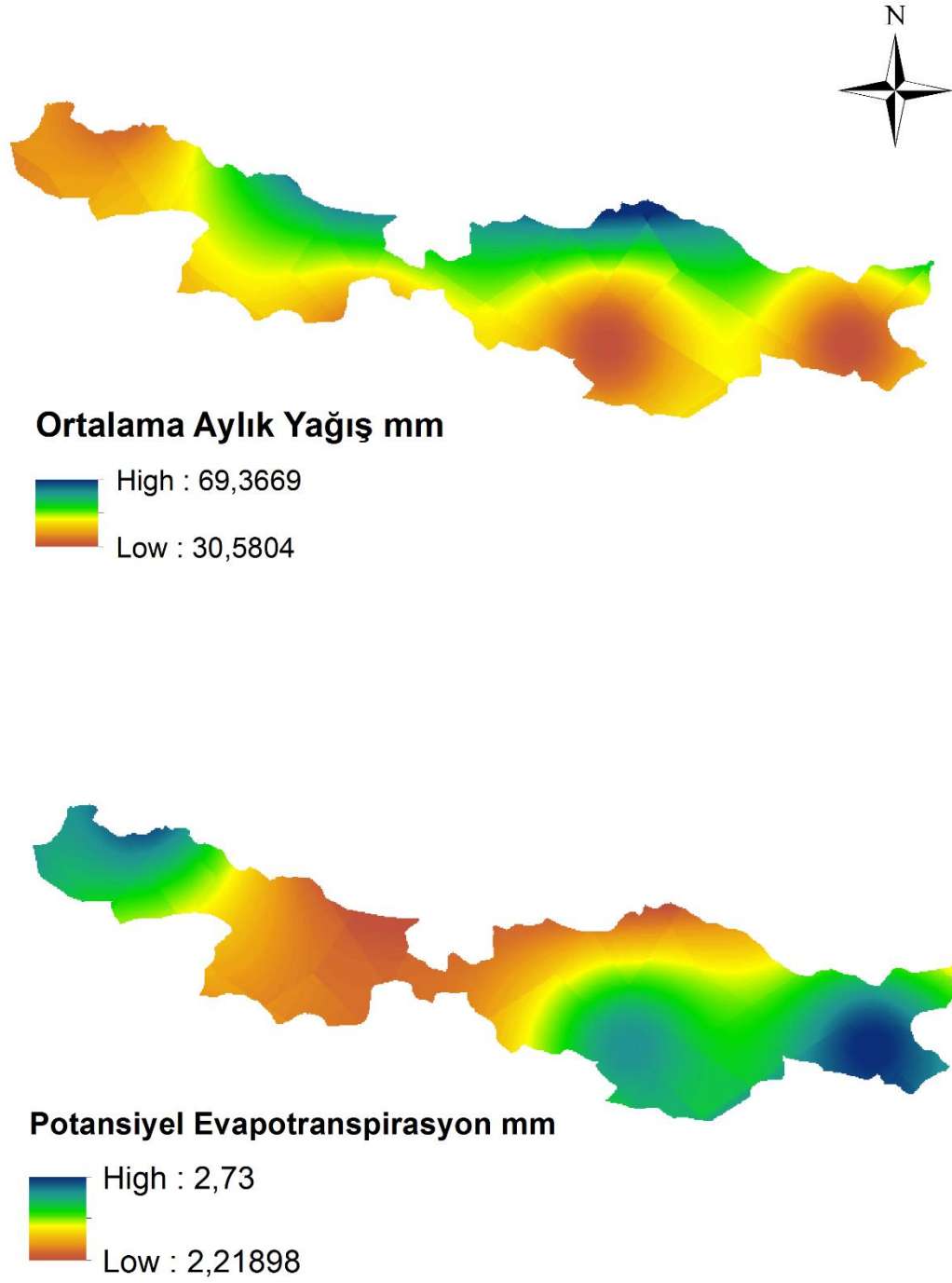
Şekil 4.4 Kelkit Havzası NBÜ Haritası.

Hazırlanan NBÜ haritası 635,706 gCal/m²/yıl ile 1699,93 gCal/m²/yıl arasında değişen değerler almıştır. Kılınç ve Kutbay (2008), karasal ekosistemlerde primer üretim için normal sınır olarak 1000-2000 gCal/m²/yıl değerlerinin görüldüğünü, ormanlar, çayırlar ve ılıman bölgelerde ki tarımsal arazilerin, bu sınırlar arasında primer üretim değerine sahip olduğunu, fundalıklar, çalılıklar ve koruluklarda ise bu değerin 250-1000

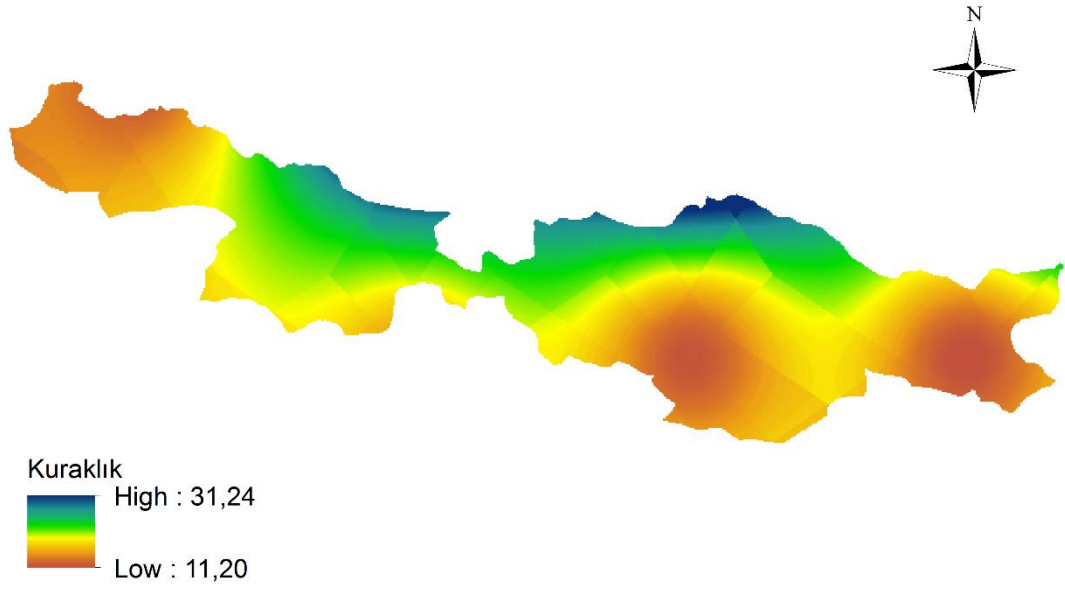
gCal/m²/yıl olduğunu, çöl yarı çöl ve arktik tundralar gibi alanlarda ise primer üretim değerinin oldukça düşük 0-250 gCal/m²/yıl arasında değerler aldığını belirtmiştir. Havzada NBÜ değerinin yüksek olduğu alanların orman, fundalık ve çayır alanlarına düşmesi, üretilen haritanın literatürle uyumlu olmasını göstermektedir. Genel olarak yüksek NBÜ değerine sahip olan alanların ormanlık alanlar ile fundalık alanlara düştüğü görülmüştür. Daha düşük değere sahip alanların ise vejetasyon yoğunluğunun daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Kelkit Havzası Kuraklık Modellemesi

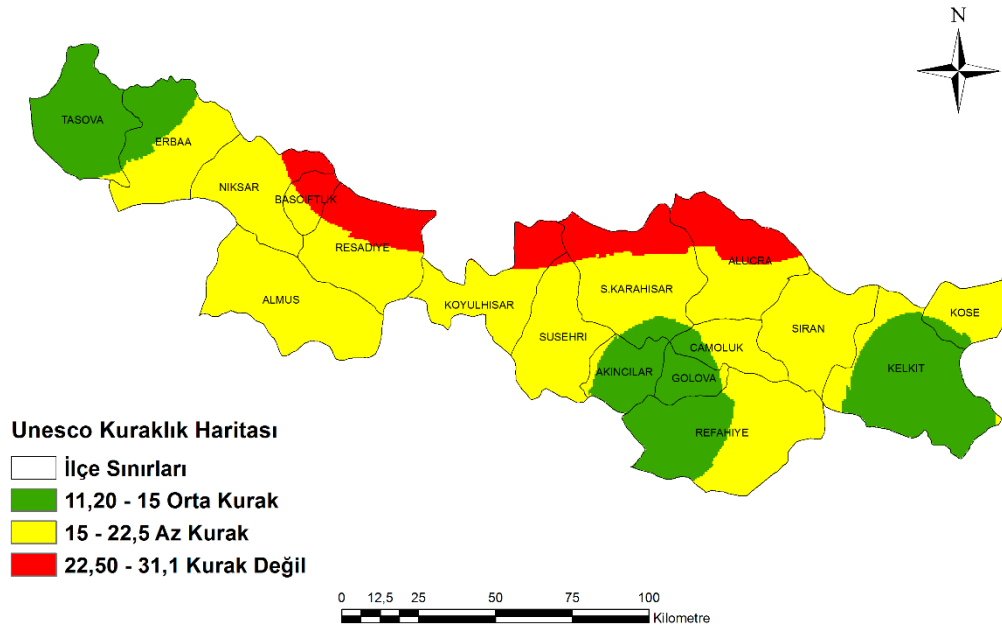
Kelkit havzası için yapılan kuraklık durumunun modellenmesinde CBS sistemleri ve Kuraklık İndeksinden faydalanılmıştır. Kuraklık indeksi, ortalama aylık yağışın (P), günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyona (ET_o) oranı olarak ifade edilmektedir. Gerekli olan bu iklimsel raster veri FAO'nun geliştirdiği LOCCLİM yazılımı ile oluşturulmuştur. Locclim yazılımı çalışma yapılacak olan alanda, sayısal yükselti modeli ve bölgedeki meteoroloji istasyonlarının iklimsel veri tabanını kullanarak raster formatında iklimsel haritalar üretmektedir. Ortalama aylık yağış ve potansiyel evapotranspirasyon haritaları Şekil 4.5 de verilmiştir. Locclim yazılımı ile oluşturulan ortalama aylık yağış haritası göre havza, 69,36 mm ile 30,58 mm arasında değişen yağışlar almaktadır. Yağışların yoğunluğu Kelkit Havzasının kuzey enlemlerinde daha yüksek çıkmıştır. Bu durumda ülkemizde yağışların kuzey enlemlerde daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Havzanın güneyine doğru gidildikçe aylık ortalama yağışlar biraz daha azalmaktadır. Havzada potansiyel evapotranspirasyon ise, 2,73-2,21 mm arasında değişmektedir. Locclim yazılımı ile oluşturulan ortalama aylık yağış ve günlük potansiyel evapotranspirasyon haritaları Arcmap ortamında açılmış ve harita hesaplayıcı yarımıyla kuraklık indeks formülü uygulanmıştır. Kuraklık indeksine göre oluşturulan raster harita Şekil 4.6 da verilmiştir. Oluşturulan indeks haritaya göre kuraklık değerleri 31,24 ile 11,20 arasında değişen değerler almıştır. Bu indeks harita UNESCO tarafından geliştirilen kuraklık sınıflarına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.5 Kelkit havzası ortalama yağış (mm) ve potansiyel evapotranspirasyon (mm) haritaları.



Şekil 4.6 Kelkit Havzası Kuraklık Haritası.

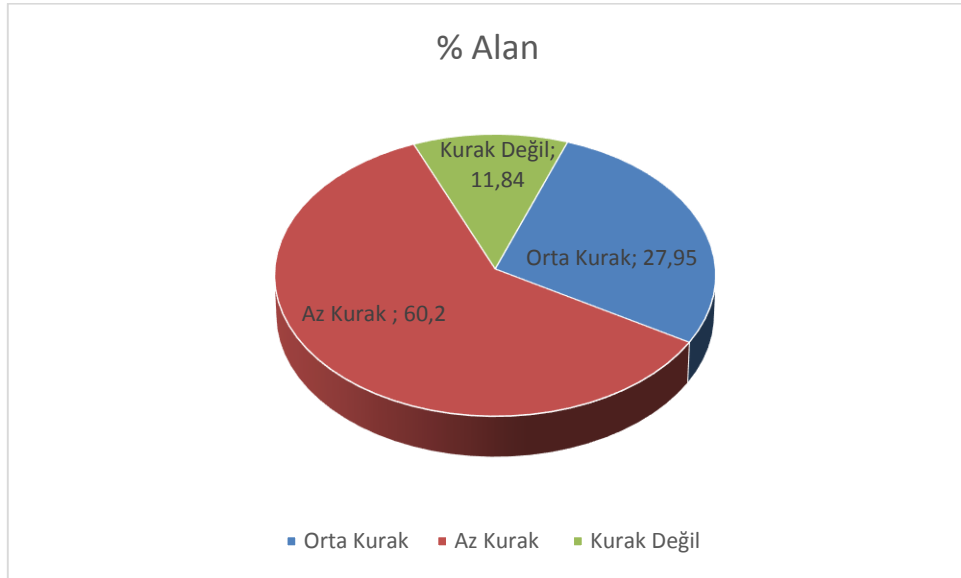


Şekil 4.7. Kelkit Havzası Unesco Kuraklık Sınıfları.

Kelkit havzası için kuraklık indeksi ile oluşturulan kuraklık haritası Çizelge 3.6 da verilen Unesco kuraklık sınıflarına göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.8’de verilmiştir. Sınıflama sonucuna göre havza orta kurak, az kurak ve kurak değil olarak üç sınıfına ayrılmıştır.

Çizelge 4.3 Kelkit Havzası Kuraklık Sınıfları.

Unesco Kuraklık Sınıfı	%Alan	Alan Km2
Orta Kurak	27,95	4540,49
Az Kurak	60,20	9779,30
Kurak Değil	11,84	1924,66
Toplam	100	16244,45



Şekil 4.8. Kelkit Havzası Kuraklık Sınıfları Alan Dağılımı

Toplam havza alanının % 27,95’lik kısmı ile 4540,49 km² alanı orta kurak sınıfı kaplamaktadır. Bu sınıfa giren yerler Şekil 4.7 de görüldüğü gibi Taşova, Akıncılar, Gölova ve Kelkit ilçelerinin neredeyse tamamı ve Erbaa ilçesinin kuzey batı kesimleri ile Çamoluk ve Refahiye ilçelerinin batı kesimlerini kaplamaktadır. Az kurak sınıfına giren alanlar toplam alanda % 60,20 ile 9779,30 km² ile en fazla alan kaplayan kuraklık sınıfıdır ve havzada bulunan ilçelerin neredeyse tamamını içerisine almaktadır. Havzada en az alan kaplayan kuraklık sınıfı ise Kurak değil sınıfındaki alanlar olmuştur. Toplam alanın %11,84 ‘ü ile 1924,66 km² alan kaplamaktadır. Bu sınıfa dâhil olan alanlar ise Başçiftlik,

Reşadiye, Koyulhisar, Şebinkarahisar ve Alucra ilçelerinin kuzey kesimlerin de görülmektedir.

4.4. USLE İle Erozyon Modelleme

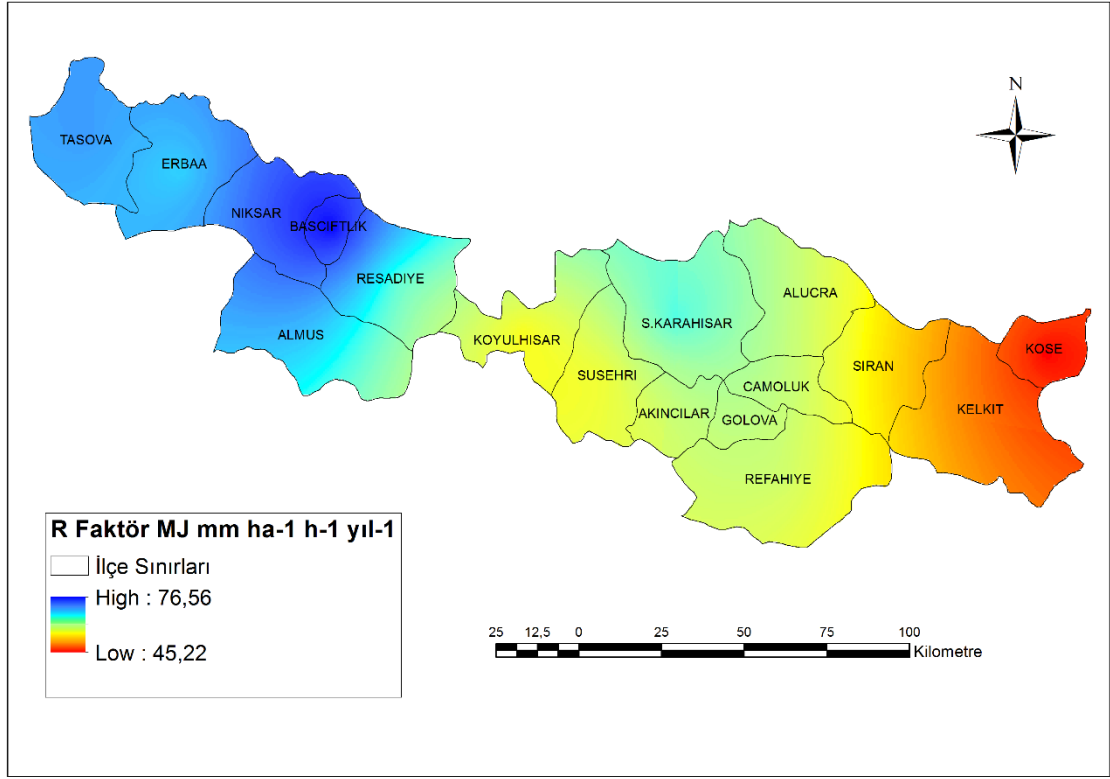
Kelkit Havzasında ekolojik risk değerlendirmesinde baskı unsuru olarak ele alınan erozyonun belirlenmesinde kullanılan USLE modeli, CBS ve UA teknikleri ile birlikte uygulanmıştır. USLE modeli denklem 4'te verilmiştir ve bu denklem için gerekli olan faktörler alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.1. USLE R Faktörünün Belirlenmesi

R Faktörü yağmurun veya hareket halindeki suyun erozyon yapabilme potansiyeli olarak kabul edilmektedir. Bu faktörün belirlenmesi için havza içindeki Taşova, Erbaa, Niksar, Reşadiye, Almus, Koyulhisar, Şiran, Köse, Çamoluk, Refahiye, Şebinkarahisar, Suşehri ve Başçiftlik 'te bulunan 13 adet meteoroloji istasyonlarından uzun yıllar aylık ortalama yağış verileri temin edilmiştir. Elde edilen yağış verilerine denklem 5'deki Modifiye Fournier İndeks formülü ile analiz edilmiş, elde edilen Fournier indeks değerlerine ise denklem 6'da verilen formülle analiz edilerek R faktörü, her meteoroloji istasyonu için bir nokta veri tabanı Arcmap yazılımında oluşturulmuştur. Oluşturulan nokta veri tabanından yola çıkılarak havzanın uzaysal R faktör haritasının oluşturulması için Ordinary Krigging interpolasyon tekniği uygulanmış ve havzanın R faktörüne ait raster harita üretilmiştir (Şekil 4.9). Üretilen harita sonuçları 76,56 ile 45,22 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yıl⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Havza geneline bakıldığında R faktör değerleri doğudan batıya doğru gittikçe artmaktadır. En yüksek görüldüğü alanlar ise Niksar ve Başçiftlik ilçeleri ile Almus ilçesinin batı kesimlerinde görülmektedir.

4.4.2. USLE K Faktörünün Belirlenmesi

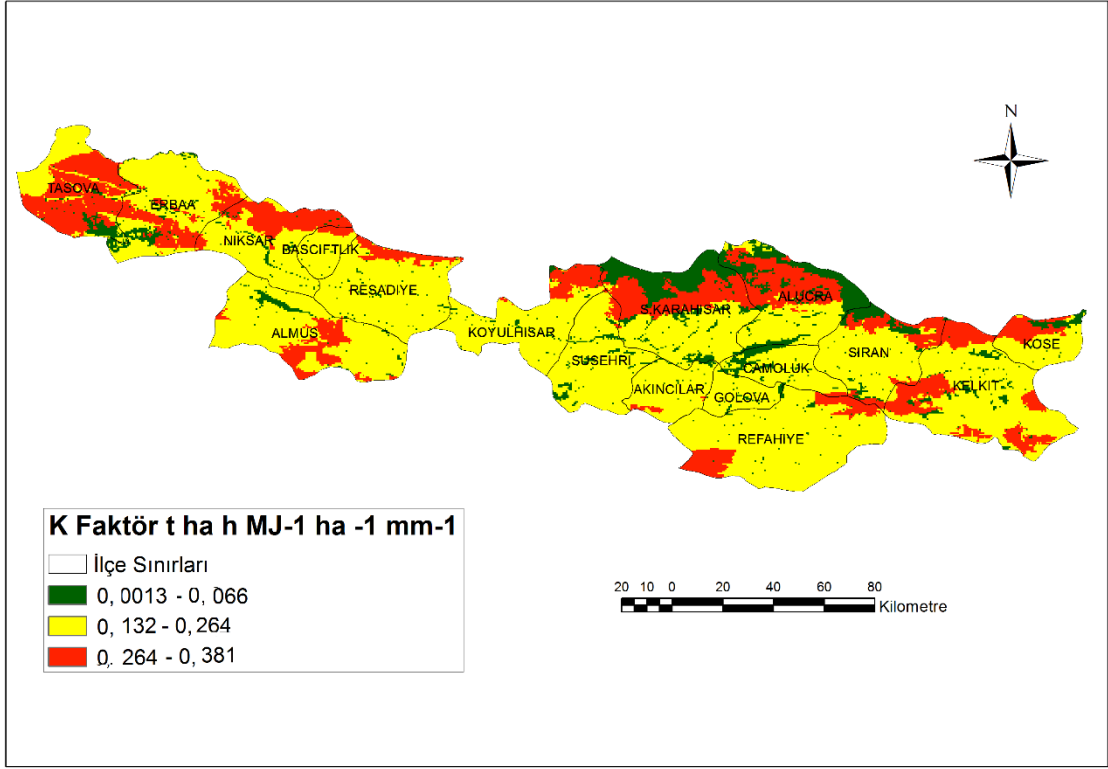
USLE K faktörü, toprakların erozyona duyarlılıklarının bir göstergesi olarak bazı toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle çeşitli toprak özelliklerinden gidilerek geliştirilen birçok istatistiksel yaklaşımdan K faktörü hesaplanabilmektedir. Bu yaklaşımlar içerisinde en çok kullanılanı ve dünyaca kabul görmüş olanı Wischmeier (1971) tarafından geliştirilen toprak aşınımına duyarlılık abağıdır (Oğuz, 2002). Bu çalışmada da K faktörünün belirlenmesinde bu abağın sayısal formata dönüştürülmüş formülü kullanılmıştır (Denklem 7).



Şekil 4.9 Kelkit Havzası R faktör ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) haritası.

Kelkit Havzasından GPS ile koordinatlı olarak toplanmış toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları ile K faktörünün hesaplanmasında gerekli olan toprak özellikleri (organik madde, çok ince kum, kum, silt, geçirgenlik) belirlenmiştir. Denklem 7 kullanılarak her toprak örneğinin alındığı örnek noktasının K değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan K değerleri XYZ veri tablosu olarak Microsoft Excel dosyasına kaydedilmiştir. Kaydedilen veri tablosu, ArcMap yazılımında açılmış ve Ordinary Krigging interpolasyon yöntemi ile havzanın K faktör raster haritası oluşturulmuştur. (Şekil 4.10).

Oluşturulan raster haritaya göre Kelkit Havzası K faktör değerleri 0,0013 ile 0,381 $\text{t ha h MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ arasında değişen değerler almıştır. Hesaplanan K faktör sonuçları Çizelge 4.4 'de verilen metrik sisteme göre aşınabilirlik sınıflarına ayrılmıştır.



Şekil 4.10 Kelkit Havzası K faktör Haritası.

Çizelge 4.4 K faktör aşınabilirlik sınıfları.

K Faktör Değerleri	Aşınabilirlik Sınıfı
<0,066	Çok az aşınabilir
0,066-0,132	Az aşınabilir
0,132-0,264	Orta derecede aşınabilir
0,264-0,527	Kuvvetli derecede aşınabilir
0,527-0,791	Çok kuvvetli derecede aşınabilir

Havzada bulunan topraklar sınıflama sonucuna göre üç farklı sınıfa yerleşmiştir. Kelkit Havzası'nın toprakları çok az aşınabilir, orta derecede aşınabilir ve kuvvetli derecede aşınabilir sınıflarına ayrılmıştır. Havzada az aşınabilir ve çok kuvvetli aşınabilir K faktör sınıfları yer almamıştır. Çizelge 4.5 incelendiğinde Kelkit Havzasında en fazla orta derecede aşınabilir topraklar yer almaktadır. Tüm havzanın % 69,77 'si ile 11302,68 km² alan kaplamaktadır ve genellikle havzanın orta kesimlerinde yoğunlaşarak bütün ilçelerde alan kaplamaktadır. İkinci olarak en fazla alan kaplayan K faktör sınıfı, kuvvetli

derecede aşınabilir toprakları oluşturan sınıf olmaktadır. Toplam alanın % 21,28'i ile 3457,76 km² alan kaplamaktadır. Bu sınıfa dâhil olan topraklar ise Taşova ilçesinin büyük bir bölümünde, Erbaa ilçesinin güney kesimlerinde, Niksar, Başçiftlik ve Reşadiye ilçelerinin kuzey kesimlerinde, Koyulhisar, Şebinkarahisar ve Alucra, Kelkit, Köse ilçelerinin kuzey bölgelerine yakın kesimlerinde ve Almus ilçe sınırlarının orta bölgesinde dağılım göstermiştir. En az alan kaplayan sınıf ise çok az aşınabilir topraklar sınıfında yer almaktadır. Toplam alanın % 9,13'ü ile 1484,01 km² alanda dağılım göstermiştir. Şekil 4.9 incelendiğinde bu sınıfa düşen toprakların büyük çoğunluğu Şebinkarahisar, Alucra, Şiran ve Köse ilçelerinin kuzeyi ile, Çamoluk ilçesinin kuzey batısı, Taşova ve Erbaa ilçelerinin güney kesimlerinde az bir alanda bulunmaktadır.

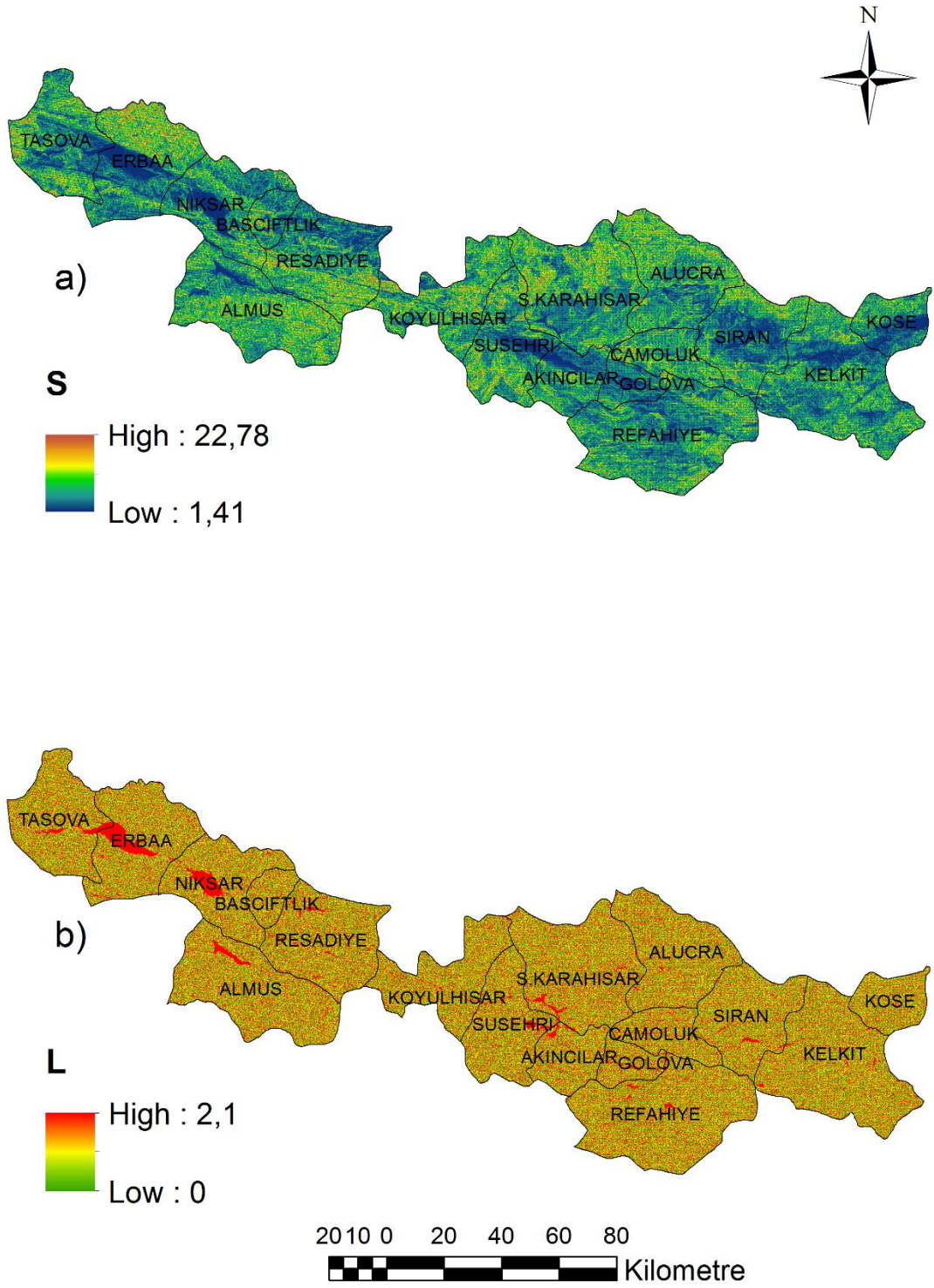
Çizelge 4.5 Kelkit Havzası K faktör Sınıflarının Dağılımı

K faktör Sınıfı	Alan km2	% Alan
Çok Az Aşınabilir	1484,01	9,13
Az Aşınabilir	0	0
Orta Derecede Aşınabilir	11302,68	69,57
Kuvvetli Derecede Aşınabilir	3457,76	21,28
Çok Kuvvetli Derecede Aşınabilir	0	0
Toplam	16244,45	100

4.4.3 USLE C Faktörünün Belirlenmesi

Usle'de C faktörü, erozyona maruz yüzey üzerinde yer alan bitkinin yağmur enerjisini kırması yönüyle yüzey üstü, yüzey pürüzlülüğü gibi yüzey akışın iletilmesini etkileyen şartlar bakımından toprak yüzeyinin ve canlı ve cansız kökler, sıkışma, toprak rutubeti gibi etkilerle yüzey altının toprak erozyonuna etkisini yansıtan kompleks bir faktördür. Bu faktörün belirlenmesinde kullanılan yöntemde ise havza için Landsat 8 uydu görüntüsü, kontrolsüz sınıflama haritası ve NDVI haritaları yardımıyla hazırlanan arazi kullanım türleri haritasından faydalanılmıştır. Belirlenen her bir arazi kullanım türünün C faktör değerleri Haan (1994)'e göre belirlenmiştir. Belirlenen arazi kullanım türlerinin C faktör değerleri Çizelge 4.6' da verilmiştir. Kullanım türleri için belirlenen her C faktör değeri Arcmap yazılımında Arazi kullanım türlerinin haritasının veri tabanına girilmiştir. Şekil dosyası olan arazi kullanım türü haritası veri tabanındaki C faktör değerlerine göre 30 m çözünürlüklü raster haritaya çevrilmiştir (Şekil 4.11).

Arcmap yazılımında sayısal yükselti modeline uygulanmıştır. Üretilen haritalar Şekil 4.12’de verilmiştir. Eğim derecesi S faktör haritası en düşük 1,41, en yüksek 22,78, ortalama 3,43 değerini almıştır. Genellikle Kelkit nehir yatağının bulunduğu alanlar ve nehir sularının taşıdığı malzemelerle oluşan alüvyon arazilerde bu değer düşük gözlemlenmektedir. Özellikle Erbaa ve Niksar ovalarının bulunduğu alanlar çok net bir şekilde görülmektedir ki bu alanlarda eğim ova boyunca sabit olarak devam etmektedir.



Şekil 4.12 Kelkit Havzası Usle LS faktör haritaları. (a) S faktör haritası, (b) L faktör haritası.

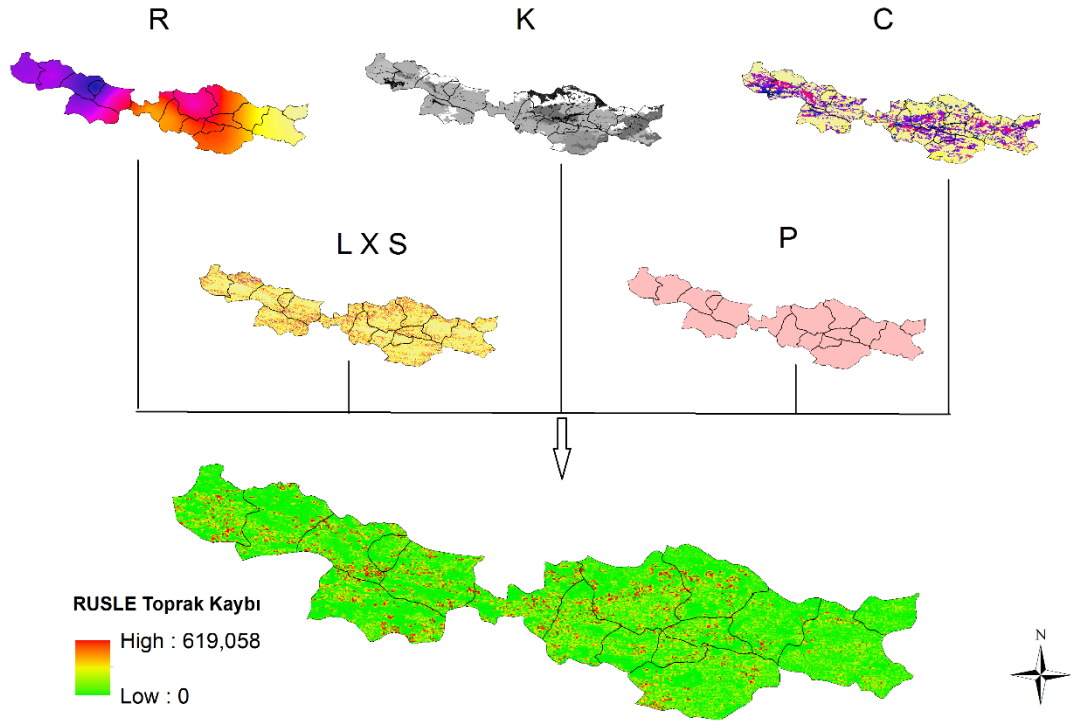
Yüksek kesimlerde ki dağ ve tepelik alanların bulunduğu bölgelerde ise bu değer yüksek gözlemlenmiştir. Havza için oluşturulan L faktör haritası genel olarak birbirine yakın değerler alarak, en düşük 0, en yüksek 2,1 ortalama olarak da 1,06 değerini almıştır.

4.4.5 USLE Toprak Koruma (P) Faktörünün Belirlenmesi

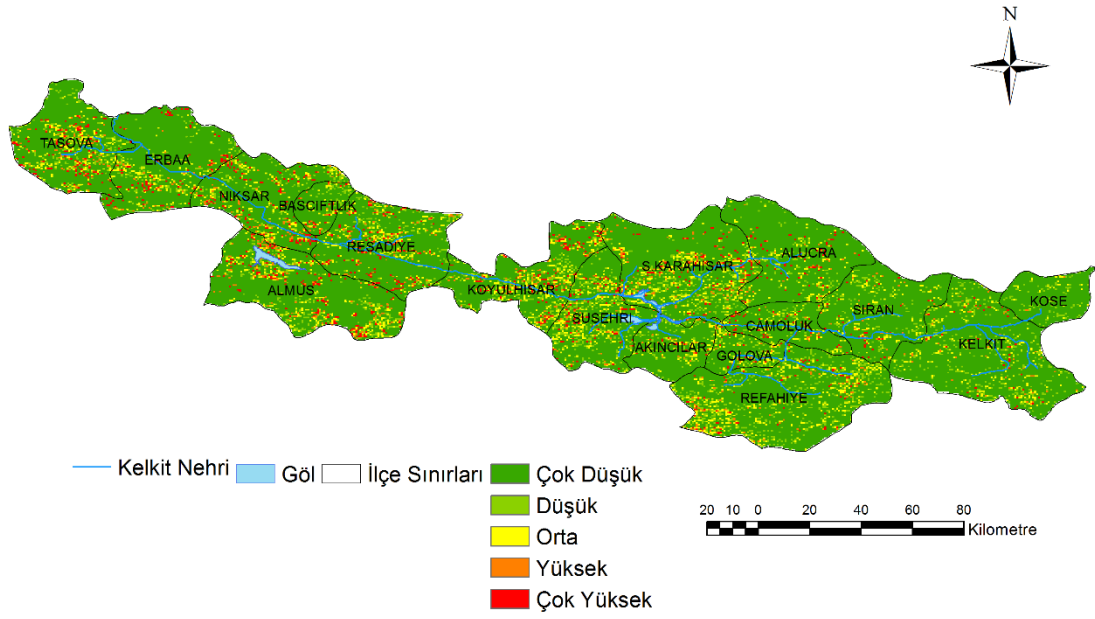
Usle P faktörü havza sınırları içerisinde erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olup olmadığıyla ilgilidir. Küçük ölçekli çalışmalarda bu bilgilerin tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat Kelkit Havzası ölçeğinde bu tür çalışmaların nadir olması ve olanlarında düzenli bir şekilde kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi zor olmaktadır. Bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve ark., 2007). Bu çalışmada da benzer durum gözlemlendiği için P faktör değeri 1 olarak alınmıştır.

4.4.6. Kelkit Havzası Usle Faktörlerinin Çarpılması ve Erozyon Alanlarının Belirlenmesi

Kelkit Havzasında toprak kayıplarını hesaplanmasında kullanılan Usle denklemi için gerekli olan faktörler CBS ortamında hazırlanmış ve hazırlanan faktörlere Usle eşitliği (denklem 4) uygulanarak havzanın yıllık toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Yıllık toprak kayıpları havza genelinde 0 ile 619 t ha⁻¹yıl arasında bulunmuştur (Şekil 4.13). Havzanın tümünde ise hesaplanan ortalama toprak kaybı 4,63 t ha⁻¹yıl dır. Literatürdeki çalışmalar baz Çizelge 4.7). Yapılan sınıflamaya göre Kelkit havzasında toprak kayıpları beş sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.14). Toprak kayıpları 6 t ha⁻¹yıl'dan küçük olanlar çok düşük, 6 -11 t ha⁻¹yıl arasında olanlar düşük, 11-22 t ha⁻¹yıl arasında olanlar orta, 22-33 t ha⁻¹yıl arasında olanlar yüksek, 33 t ha⁻¹yıl 'dan fazla olan değerler ise çok yüksek sınıfına ayrılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre havzanın % 80,56'sı çok düşük erozyon sınıfına girmekte ve toplam olarak 13087,02 km² alan bu sınıfa dâhil olmaktadır. Düşük sınıfına giren erozyon grubu havzanın % 7,98'inde, orta sınıfa giren erozyon grubu ise % 6,58'lik bir alanı kaplamakta, yüksek erozyon grubuna giren sınıf % 2,25'lik bir alanla en az dağılım gösteren sınıf olurken, çok yüksek sınıfına dahil olan alanlar toplam havza alanının % 2,60'ını kapsamaktadır (Şekil 4.15).



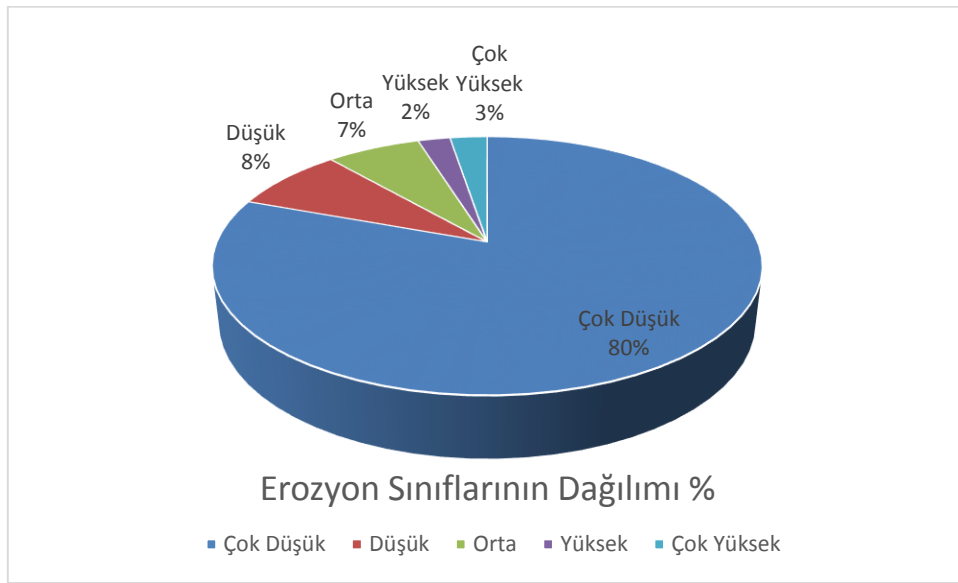
Şekil 4.13 Kelkit Havzası Usle Toprak Kaybı.



Şekil 4.14 Kelkit Havzası Sınıflandırılmış Toprak Kaybı Haritası.

Çizelge 4.7. Kelkit Havzası erozyon sınıfları ve dağılımı

Toprak Kaybı	Erozyon Sınıfı	Alan km ²	% Alan
<6	Çok Düşük	13087,02	80,56
6-11	Düşük	1297,87	7,98
11-22	Orta	1069,93	6,58
22-33	Yüksek	366,67	2,25
33>	Çok Yüksek	422,94	2,60
	Toplam	16244,45	100



Şekil 4.15 Kelkit Havzası erozyon sınıfları alansal dağılımı.

Usle eşitliği kullanılarak Kelkit Havzasında hesaplanan toprak kayıplarının daha fazla olduğu alanlar, genellikle eğimin yüksek ve toprak yüzeyinin örtüsüz olduğu alanlarda görülmüştür. Özellikle Şebinkarahisar bölgesinde çıplak toprak yüzeyinin daha fazla olması, bölgede toprak kayıplarının yüksek oluşunun bir nedeni olmakta, Şekil 4.16 Şebinkarahisar bölgesindeki erozyona maruz kalan alanları ve erozyon sonucu akarsulara karışan sedimentlerin, akarsuyun rengini değiştirerek erozyonun boyutlarını ortaya koymaktadır. Orman ve çayır alanlarında ise toprak yüzeyinin sürekli örtülü ve yağmur damlarının aşındırıcı etkisine karşı koruması sebebiyle toprak kayıplarının daha az olduğu görülmüştür.



Şekil 4.16. Şebinkarahisar İlçesi erozyon bölgesi, erozyon sonucu nehirlerle taşınan sedimentler.

4.5. Kelkit Havzası Toprak Özelliklerinin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları

Havza ölçeğinde toprak özelliklerinin arazi boyunca değişiminin belirlenmesi tarımsal uygulamaların çevreye olan etkilerinin anlaşılmasına ve değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Havza genelinde ayrıntılı bir toprak veri tabanı hazırlamak için koordinatlı bir şekilde toplanan toplam 481 adet yüzey toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik özellikleri olan aritmetik ortalama, en küçük, en büyük, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri Çizelge 4.8’ de verilmiştir. Tanımlayıcı istatistik analizi yapılırken veri setinde hiç bir veri ekstrem kabul edilerek veri setinden çıkarılmamıştır.

Çizelge 4.8 Kelkit Havzası toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları.

(N= 481)	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.S.*	Varyans	Basıklık	Çarpıklık	VK*
% CaCO ₃	0,42	66,48	10,65	10,56	111,49	4,62	1,81	99,18
OM	0,00	11,08	3,09	2,09	4,38	0,70	1,06	67,83
pH	6,29	9,37	7,75	0,65	0,42	-1,39	-0,03	8,41
EC μ s	30,00	1500,00	182,52	128,53	16519,03	24,20	3,39	70,42
% Kil	0,71	70,20	31,25	15,17	230,22	-0,78	0,13	48,55
% Silt	2,00	97,23	29,23	17,11	292,59	1,58	1,44	58,51
% Kum	2,06	97,28	39,51	18,43	339,74	-0,35	0,43	46,65
% N	-0,03	0,69	0,09	0,07	0,00	21,03	3,43	73,51
P ₂ O ₅	0,16	109,40	11,69	9,37	87,71	27,00	3,75	80,12

*VK; Varyasyon Katsayısı %. OM; Organik Madde %. S.S; Standart Sapma.

Varyans, standart sapma, ve % varyasyon katsayısı, veriler arasındaki değişkenlik ölçütleridir. Varyans, verilerin aritmetik ortalamadan uzaklıklarının karesinin toplam veri sayısına bölünmesi ile hesaplanmakta ve bu değer karekökü standart sapma değerini vermektedir. Varyasyon katsayısı ise standart sapmanın aritmetik ortalamaya bölünüp 100 ile çarpılması sonucu elde edilmektedir. Toprak özelliklerindeki değişkenliğin bir ifadesi olan % varyasyon katsayısı 3 gruba ayrılmaktadır. Yüzde varyasyon katsayısı < 15 ‘den olanlar düşük derecede değişken, %16-35 arası orta derecede değişken, > 36’ dan büyük olan değerler ise yüksek derecede değişken olduğu kabul edilmektedir (Wilding ve ark., 1994). Çalışma alanının da yapılan değerlendirme sonucu elde edilen varyasyon katsayısı değerlerine göre pH en düşük değişkenliğe sahipken (% 8,41), diğer toprak özellikleri % CaCO₃, OM, EC, %kum, %kil, %silt, % N

ve P_2O_5 yüksek derecede değişkenlik gösterirken en yüksek değişkenliği $CaCO_3$ (% 99,18) göstermiştir.

Değişkenlik ölçütleri veri setlerinin değişkenliğini ölçebilmekte fakat dağılma şekillerini belirtememektedir. Dağılma şekillerini belirtmek için çarpıklık ve basıklık kat sayıları göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer verilere ait çarpıklık katsayısı sıfır ise normal, sıfırdan büyük ise sağa çarpık, sıfırdan küçük ise sola çarpık bir dağılış göstermektedir. Bu durumda ortalamayı göz önünde bulundurduğumuzda sağa çarpık dağılım gösteren veri setlerinde veriler ortalamadan daha küçük anlamına gelmekte, sola çarpık dağılım durumunda ise veriler ortalamadan daha yüksek anlamına gelmektedir. Basıklık ölçütü ise, veri setlerine ait değerlerin ortalamanın çevresinde nasıl dağıldıklarını göstermektedir. Basıklık kat sayısı 3 olduğunda normal bir dağılım, 3'ten büyük olduğunda yayvan bir dağılım, 3'ten küçük olduğunda ise sivri bir dağılım göstermektedir. Diğer bir ifadeyle yayvan durumda değerler ortalamadan uzaklaşmakta, sivri durumda da değerler ortalama çevresinde toplanmaktadır (Turanlı ve Güriş, 2000).

Çarpıklık ve basıklık katsayıları bakımından Çizelge 4.8 incelendiğinde pH sola çarpık dağılım gösterirken, $CaCO_3$, OM, EC, % kil, % kum, % silt, %N ve P_2O_5 sağa çarpık dağılım göstermiştir. En yüksek sağa çarpık dağılımı P_2O_5 (3,75) gösterirken, en düşük sağa çarpıklığı % kil (0,13) göstermiştir.

Basıklık katsayıları Çizelge 4.8 incelendiğinde sivri dağılım gösterenler OM, pH, % kil, % kum, % silt olurken, $CaCO_3$, EC, %N ve P_2O_5 yayvan dağılım göstermiştir. En fazla yayvan dağılımı P_2O_5 (27,00) gösterirken, en düşük yayvan dağılımı $CaCO_3$ (4,62) göstermiştir.

4.6. Kelkit Havzası Toprak Özelliklerinin Haritalanması.

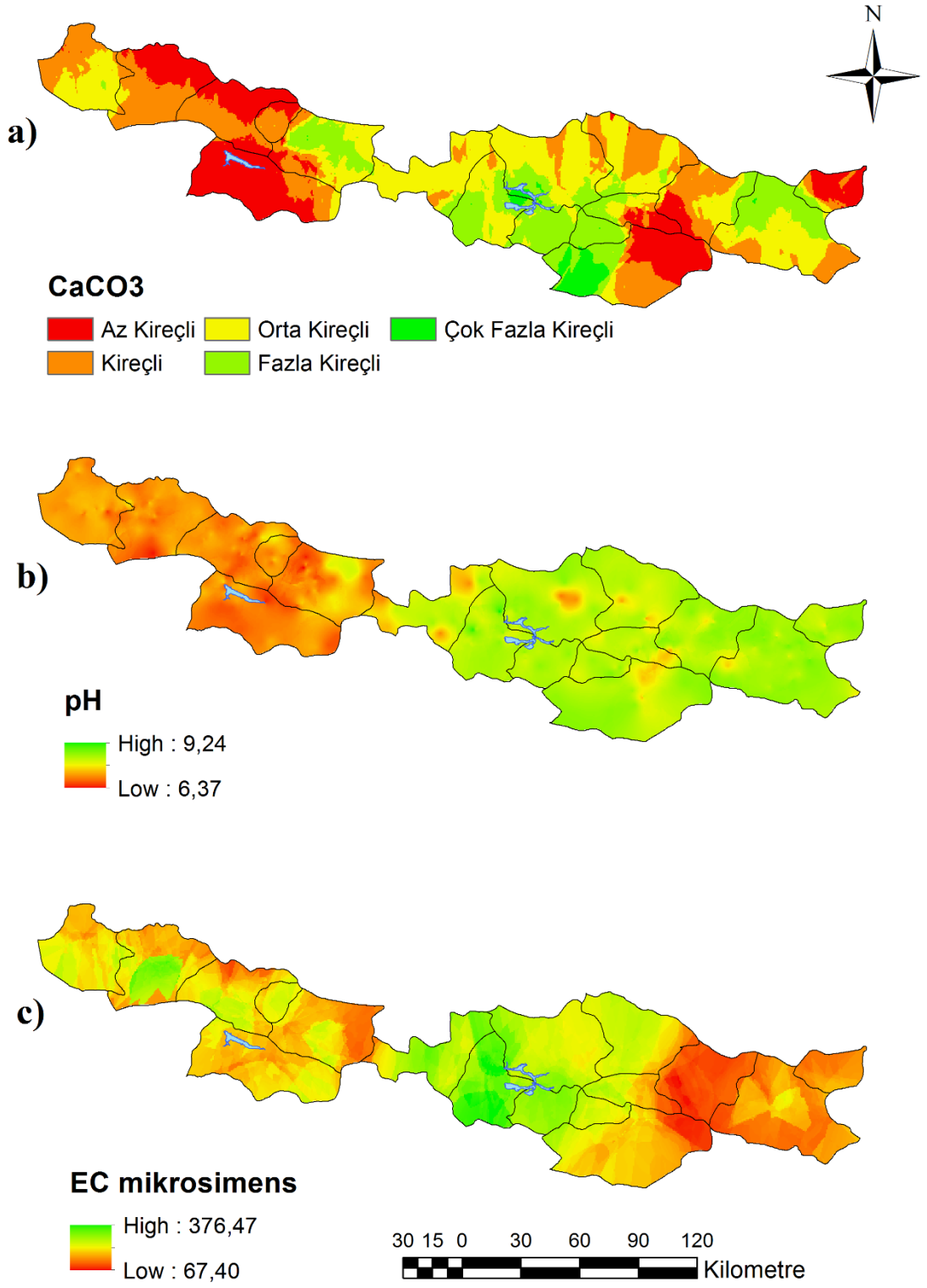
Kelkit havzasından GPS ile koordinatlı olarak toplanan 481 adet toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, laboratuvar çalışmaları ile belirlendikten sonra XYZ veri tablosu olarak EXCEL dosyası halinde kayıt edilmiştir. Kayıt edilen veri dosyası ArcMap yazılımında açılmış ve ordinary krigging interpolasyon yöntemi ile havzanın toprak özelliklerine ait uzaysal haritalar oluşturulmuştur.

Oluşturulan haritalara göre çalışma alanındaki toprakların % $CaCO_3$ içerikleri 1,08 ile 33,54 arasında değişirken ortalama 11,37 bulunmuştur (Şekil 4.17a). Ülgen ve

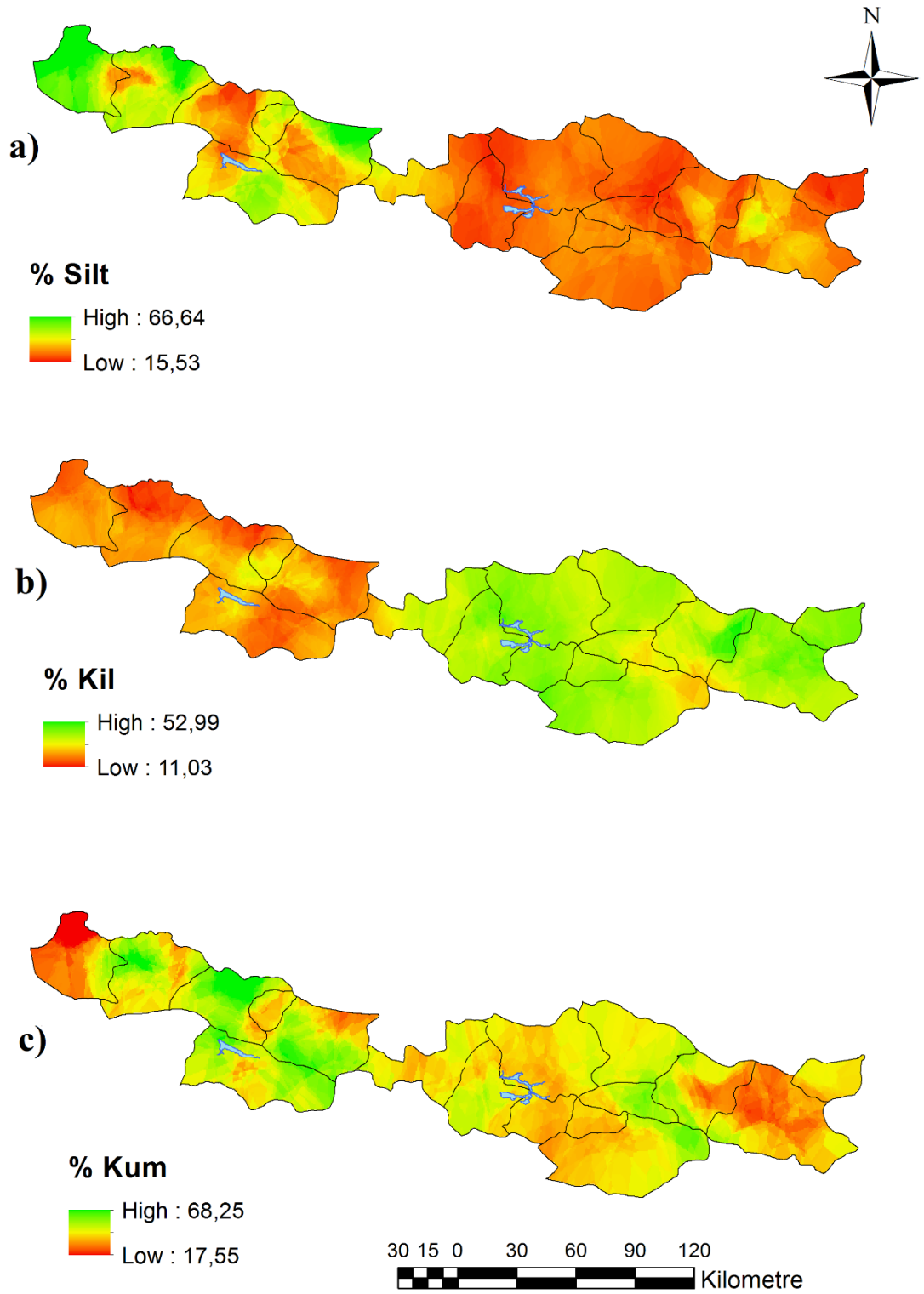
Yurtsever (1974) Scheibler kalsimetre metoduna göre hesaplanan toprakların kireç içeriklerini % 0-1,0 az kireçli, % 1-5 kireçli, % 5-15 orta kireçli, % 15-25 fazla kireçli ve % >25 çok fazla kireçli olmak üzere beş sınıfa ayırmıştır. Sınıflama sonucuna göre havzada az kireçli alanlardan çok fazla kireçli olan alanlara kadar her sınıfta kireç içeren alanlar bulunmaktadır. Ortalama olarak orta kireçli sınıfında bulunmuştur. Havza topraklarının pH değerleri ise 6,37 ile 9,24 arasında ve ortalama olarak 7,88 değerini aldığı görülmüştür (Şekil 4.17b). Toprakların kireç içeriği ile pH değerleri arasında kimyasal olarak pozitif bir ilişkinin olduğu bilinmektedir. Yani toprakların kireç içeriğinin artması pH değerlerinin de artmasına yol açmaktadır. Oluşturulan kireç ve pH haritalarına bakıldığında ise haritalarının büyük bir çoğunluğunda doğru bir orantının olduğu görülmektedir. Kireç içeriğinin düşük olduğu alanlarda pH'da düşük, yüksek olduğu alanlarda ise pH'da yüksek çıkmıştır. EC değerleri ise 67,40 ile 376,47 μS arasında değişirken ortalama 188,18 μS olarak bulunmuş ve herhangi bir tuzluluk problemi bu arazilerde görülmemiştir (Şekil 4.17c).

Havza topraklarının tekstür analizi sonuçlarına göre belirlenerek oluşturulan haritalarda % silt içeriği 15,53 ile 66,64 arasında değişirken ortalama olarak 27,73 değerini almış (Şekil 4.18a), % kil içerikleri 11,03 ile 52,99 arasında değişmekte ve ortalama olarak 33,27 almış (Şekil 4.18b), % kum değerleri de 17,55 ile 68,25 arasında değişirken ortalama olarak 39,10 değerini almıştır (Şekil 4.18c). Toprak tekstür haritalarının ortalamasından yola çıkılarak havza topraklarının tekstürünün killi tın olduğu söylenebilir.

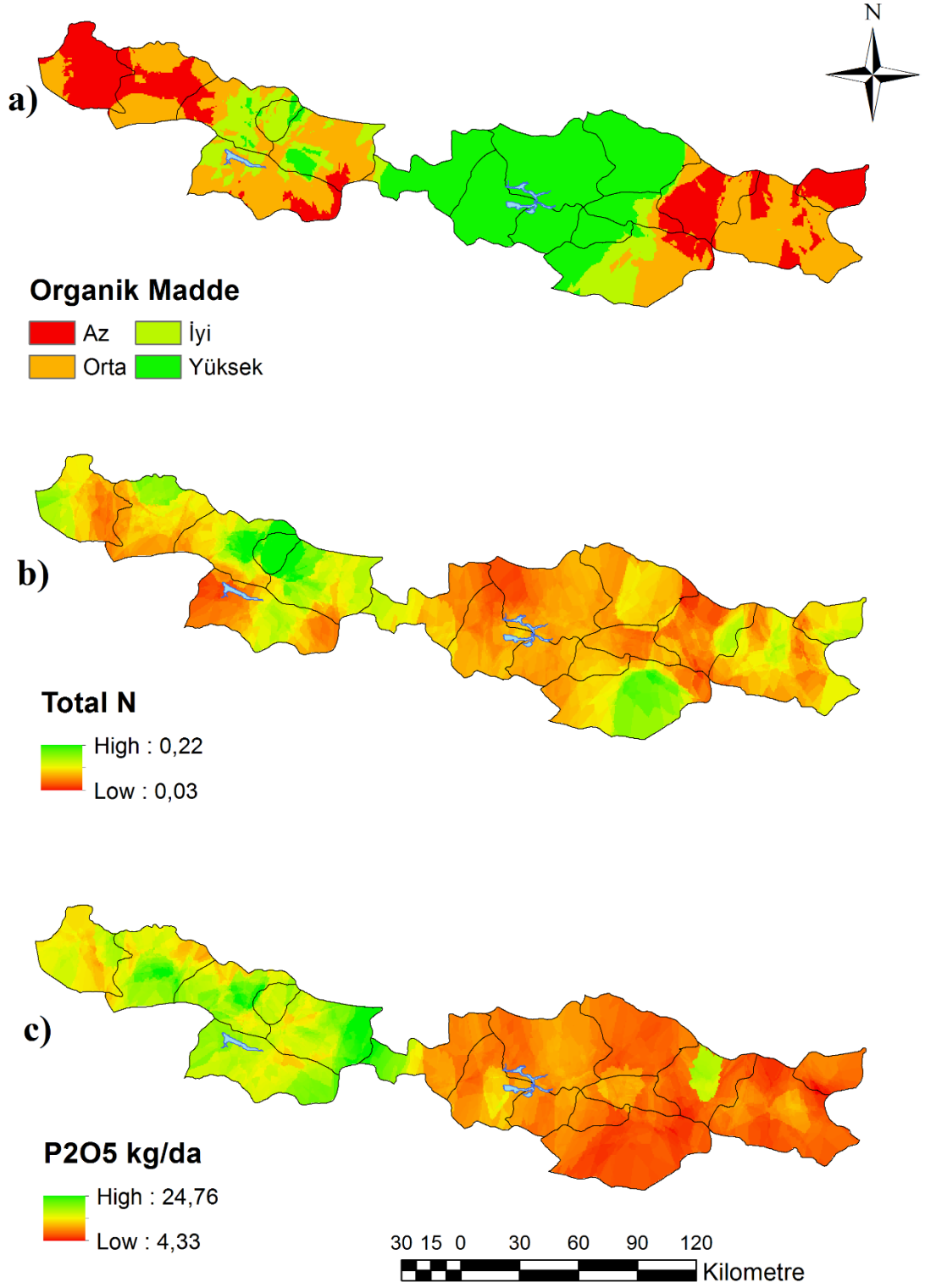
Hazırlanan haritalara göre çalışma alanında % OM içerikleri 1,15 ile 6,46 arasında değişirken, ortalama 3,48 değerini almıştır (Şekil 4.19a). Ülgen ve Yurtsever (1974) toprakların organik madde içeriklerini Walkley-Black metoduna göre % 0-1 çok az, % 1-2 az, % 2-3 orta, % 3-4 iyi ve % >4 yüksek olmak üzere beş sınıfa ayırmıştır. Sınıflama sonucuna göre çok az sınıfında OM içeren sınıf bulunmazken ortalama olarak havza toprakları orta sınıfta bulunmuştur. Havza topraklarının % N içerikleri ise 0,03 ile 0,22 arasında değişirken ortalama 0,08 değerini almıştır (Şekil 4.19b). Çalışma alanının P_2O_5 içerikleri ise 4,33 ile 24,76 kg/da arasında değişirken ortalama olarak 10,86 bulunmuştur.



Şekil 4.17 Kelkit Havzası CaCO₃, pH, EC haritaları.



Şekil 4.18 Kelkit Havzası % silt, kil, kum haritaları.



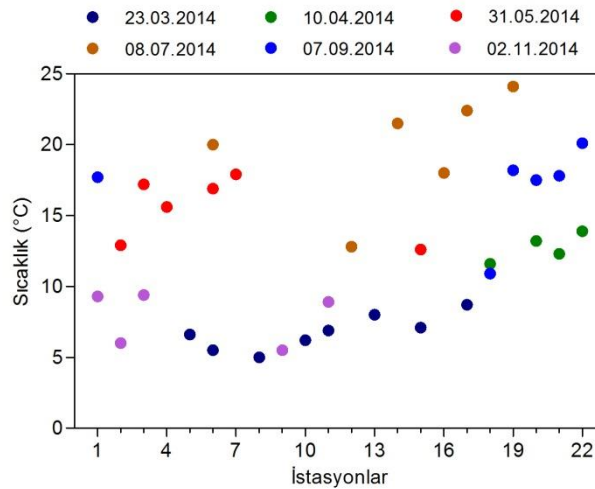
Şekil 4.19. Kelkit Havzası % OM, Total N, P₂O₅ haritaları.

4.7 Kelkit Havzası Su Kalitesinin Değişimi

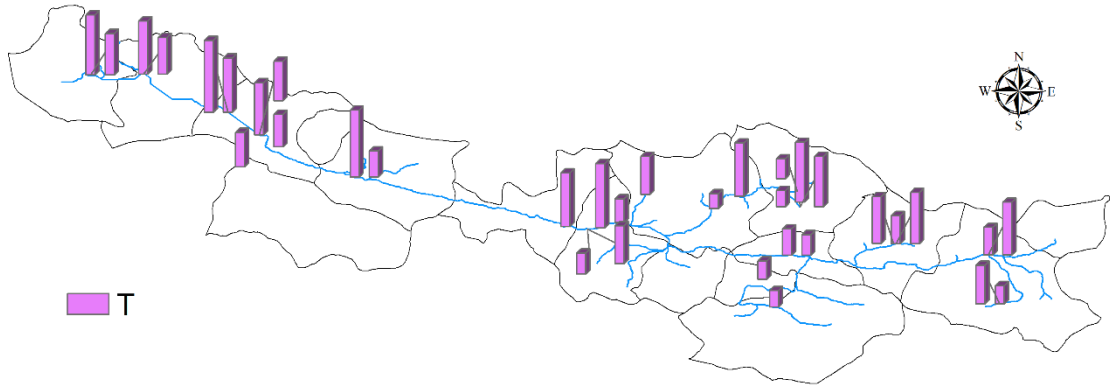
Örnekleme noktalarında ölçülen sıcaklık değerleri 5,0 °C olarak Mart ayında ve en yüksek sıcaklık 24,1 °C olarak Temmuz ayında ölçülmüştür. Bekleneceği üzere, Mart ve Kasım aylarında daha düşük sıcaklık değerleri, diğer aylarda daha yüksek sıcaklık değerleri kaydedilmiştir (Şekil 4.20, 4.21). Bu nedenle sıcaklık değerlerinin değişimi bakımından aylar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli ($F_{5,29}=26,9$; $P < 0.001$) bulunmuş (Çizelge 4.9), Mart ve Mayıs aylarının düşük sıcaklık karakteristiği diğer aylardan istatistikse olarak önemli düzeyde (Student's t testi, $P < 0.05$) ayırt edilmiştir. Akarsu ve göllerdeki örnekleme noktaları sıcaklık değerleri bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre izlenen süresince Sınıf I kalitede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Tarih faktörüne sıcaklık tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	860,1672	172,033	26,9320	<,0001
Hata	29	185,2431	6,388		
Düzeltilmiş Toplam	34	1045,4103			



Şekil 4.20. Çalışma süresince ölçülen sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

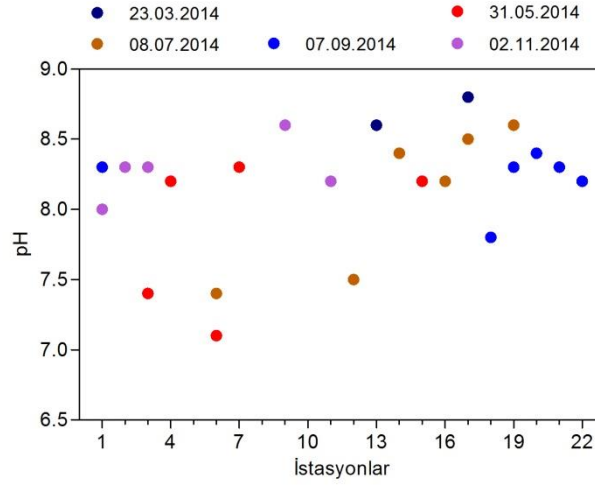


Şekil 4.21. Çalışma süresince ölçülen sıcaklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

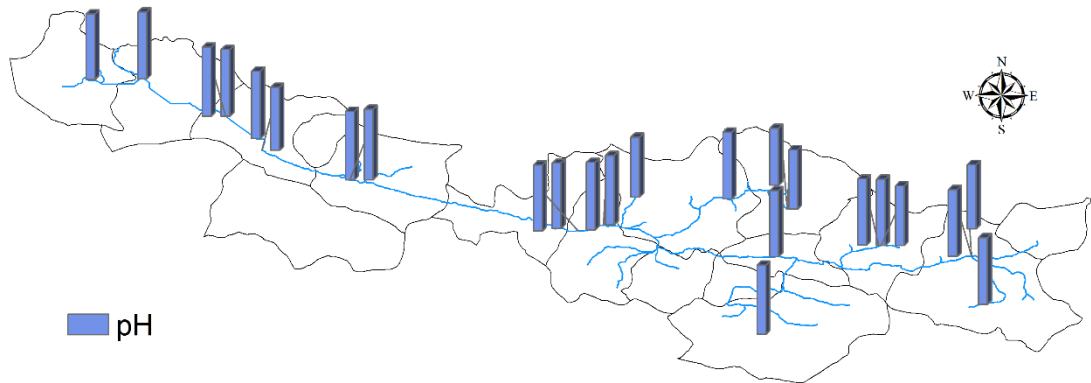
Örnekleme noktalarında ölçülen en düşük pH değeri 7,1 olarak Mayıs ayında Aluçra ilçesi merkezinde kol akarsuda ve en yüksek pH değeri 8,8 olarak Mart ayında Reşadiye İlçesi yakınlarında Kelkit Çayı'nda ölçülmüştür. pH değerleri örnekleme noktalarına göre farklılıklar göstermiş (Şekil 4.22, 4.23), ancak zamansal değişimindeki farklılık istatistiksel olarak önemli (Student's t testi, $P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.10). İzlenen örnekleme noktaları ölçülen pH değerleri bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Sınıf I-III arasında kalite sınıflarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Tarih faktörüne pH tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	4	1,1841467	0,296037	1,8397	0,1629
Hata	19	3,0574533	0,160919		
Düzeltilmiş Toplam	23	4,2416000			



Şekil 4.22. Çalışma süresince ölçülen pH değerlerinin istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.23. Çalışma süresince ölçülen pH değerlerinin istasyonlara göre dağılım haritası

Çalışma süresince izlenen örnekleme noktalarında en düşük çözünmüş oksijen miktarı ve doygunluğu 7,5 mg O₂/L ve %65 olarak yaklaşık 1700 m yükseltideki Kelkit Çayı'nın üst kolunda (Balahor Deresinde) ölçülmüştür. En yüksek çözünmüş oksijen miktarı ise 14,4 mg O₂/L (%113 doygunlukta) olarak Şebinkarahisar İlçesi yakınlarında kol akarsuda (Avutmuş Çayı'nda) ölçülmüştür. Buna karşın en yüksek oksijen doygunluğu (% 127) çözünmüş oksijen miktarının 13,5 mg/L olarak ölçüldüğü Çamlığöze Baraj Gölü çıkışında Kelkit Çayı'nda kaydedilmiştir (Şekil 4.24, 4.25 ve 4.26, 4.27). Kasım ayındaki çözünmüş oksijen miktarları diğer aylara kıyasla daha düşük değerlerde ölçülmüş ($F_{5,29}=4,61$; $P < 0.01$), Mart, Nisan ve Mayıs aylarına kıyasla

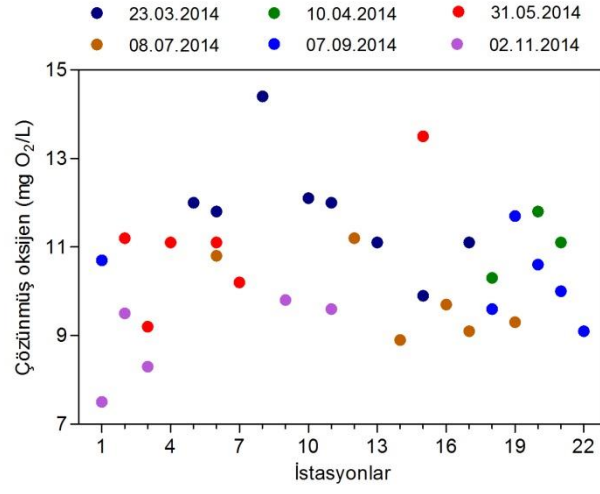
çözünmüş oksijen miktarlarındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli (Student's t testi, $P < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.11). Bununla birlikte, çözünmüş oksijen Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında, Mart ve Eylül aylarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde (Student's t testi, $P < 0.05$) daha yüksek doygunluk değerlerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.12). İzlenen örnekleme noktalarında oksijenin doygunluğu başlıca su sıcaklığı ($R^2=0,56$; $P<0,001$) ve çözünmüş oksijen miktarıyla ($R^2=0,58$; $P<0,001$) yönetilmiştir (Tablo X). Çalışma süresince ölçülen çözünmüş oksijen miktarları bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Kelkit Çayı'nın üst kolu (Balahor Deresi) Sınıf II ve izlenen diğer örnekleme noktalarında Sınıf I kalitede belirlenmiştir. Kelkit Çayı'nın üst kolu (Balahor Deresi) çözünmüş oksijen doygunluğu bakımından ise Sınıf III kalite olarak sınıflandırılmıştır. Bununla birlikte, Kelkit, Refahiye, Çamoluk, Çamlığöze Barajı çıkışı ve Köklüce yakınlarındaki örnekleme noktalarında Kelkit Çayı ile Şiran çıkışında kol akarsu (Tersun Deresi) oksijen doygunluğu bakımından Sınıf II ve izlenen diğer örnekleme noktalarında Sınıf I kalite olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 4.11. Tarih faktörüne çözünmüş oksijen tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	30,693471	6,13869	4,6069	0,0032
Hata	29	38,642317	1,33249		
D. Toplam	34	69,335789			

Çizelge 4.12. Tarih faktörüne oksijen doygunluğu tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

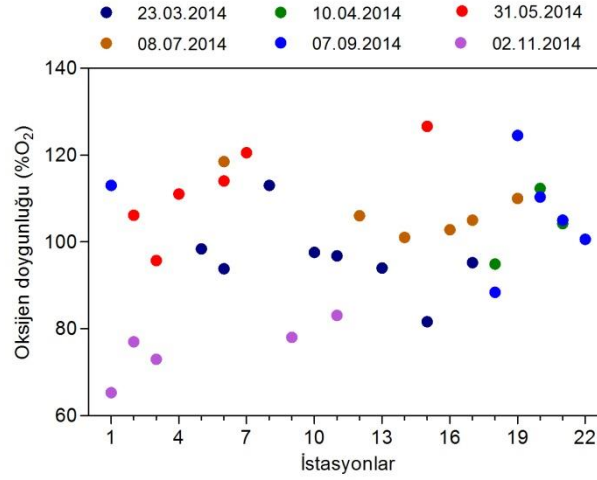
Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	4713,4208	942,864	11,1092	<,0001
Hata	28	2375,9780	84,856		
D. Toplam	33	7089,3988			



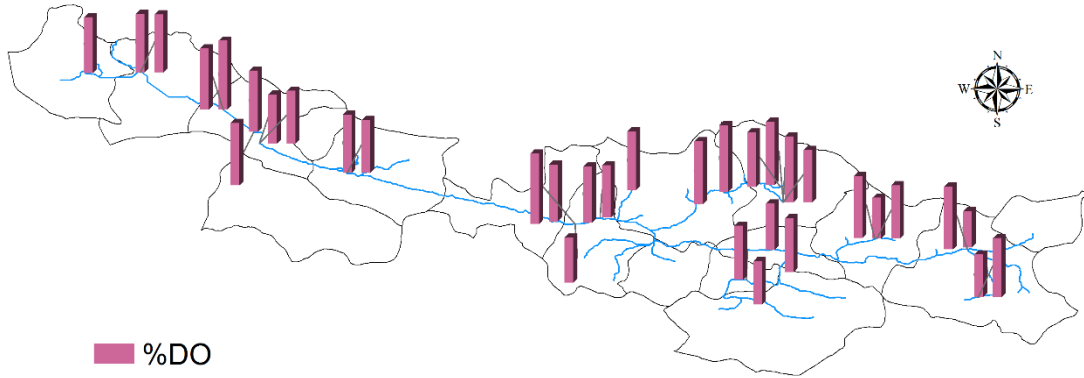
Şekil 4.24. Çalışma süresince ölçülen çözünmüş oksijen miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.25. Çalışma süresince ölçülen çözünmüş oksijen miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.26. Çalışma süresince ölçülen oksijen doygunluğunun istasyonlara göre dağılımı



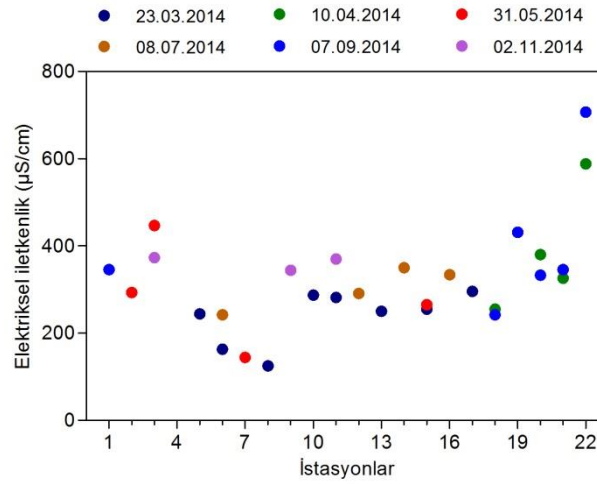
Şekil 4.27. Çalışma süresince ölçülen oksijen doygunluğunun istasyonlara göre dağılımı

Elektriksel iletkenlik çalışma süresince izlenen örnekleme noktalarında 125 ve 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında Şebinkarahisar yakınlarında Avutmuş Çayı'ndan ve Taşova yakınlarında Yeşilirmak'tan ölçülmüştür. Mart ve Mayıs aylarında düşük elektriksel iletkenlik değerleri olan örnekleme noktalarında, Nisan ve Eylül aylarında yüksek değerleri olan örnekleme noktalarında ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.28, 4.29). Bununla birlikte, aylar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli (Student's t testi, $P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.13). Ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Şiran çıkışında kol akarsu (Tersun Deresi), Niksar'ın kuzeyindeki kol akarsu

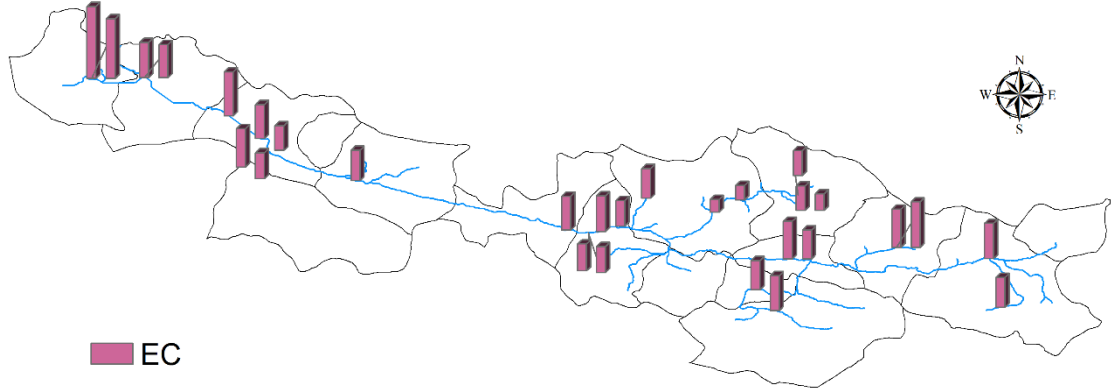
ve Taşova’da Yeşilirmak Sınıf II, diğer örnekleme noktaları Sınıf I kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.13. Tarih faktörüne elektriksel iletkenlik tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	122044,75	24408,9	2,0583	0,1079
Hata	23	272755,25	11858,9		
Düzeltilmiş Toplam	28	394800,00			



Şekil 4.28. Çalışma süresince ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.29. Çalışma süresince ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

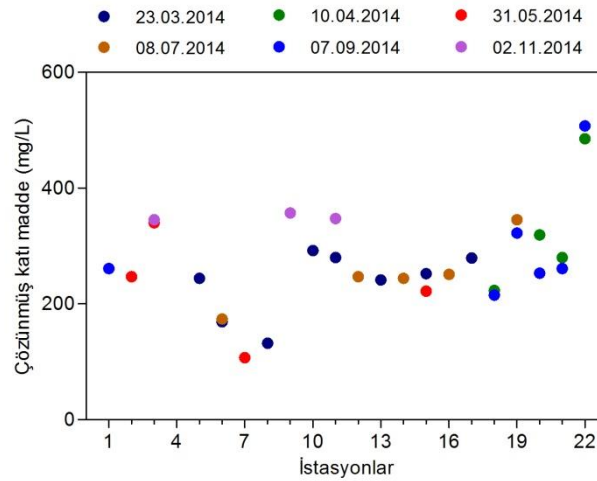
İzlenen örnekleme noktalarında en düşük toplam çözünmüş katı madde miktarı 107 mg/L (%0,08 tuzluluk) olarak Mayıs ayında Şebinkarahisar yakınlarında kol akarsuyun üst bölgesinde (Avutmuş Çayı üst bölgesinde) ve en yüksek toplam çözünmüş katı madde miktarı 507 mg/L (%3,8 tuzluluk) olarak Eylül ayında Yeşilırmak'ta ölçülmüştür. Daha yüksek toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk miktarları Nisan, Eylül ve Kasım aylarında, daha düşük toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk miktarları ise Mart, Mayıs ve Temmuz aylarında ölçülmüştür (Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32, 4.33). Ancak, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk değerlerinin değişimi bakımından aylar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli (Student's t testi, $P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.14 ve 4.15). Çözünmüş katı madde miktarı ile elektriksel iletkenlik ($R^2=0,93$; $P<0,001$) ve tuzluluk ($R^2=1,00$; $P<0,001$) arasındaki oldukça güçlü korelasyonlar, izlenen örnekleme noktalarında elektriksel iletkenlik ve tuzluluğun çözünmüş madde içeriğiyle kontrol edildiğini göstermiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.14. Tarih faktörüne çözünmüş katı madde tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

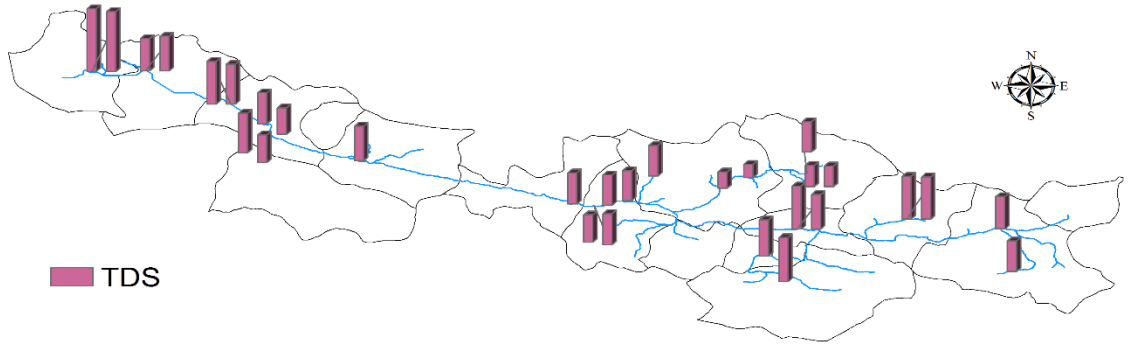
Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	55348,38	11069,7	1,6724	0,1796
Hata	24	158855,93	6619,0		
Düzeltilmiş Toplam	29	214204,30			

Çizelge 4.15. Tarih faktörüne tuzluluk tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

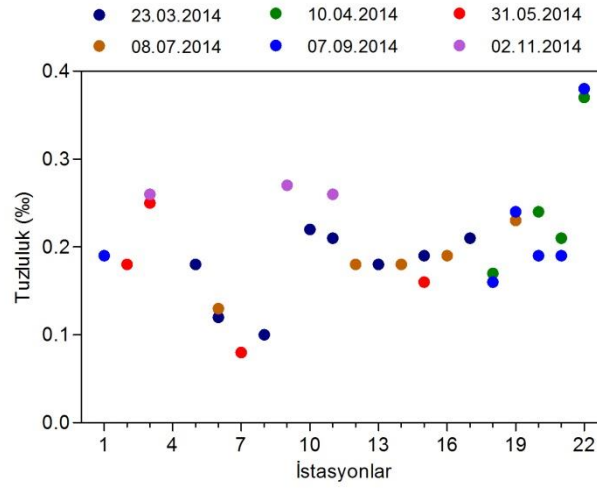
Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	0,03468583	0,006937	1,8955	0,1326
Hata	24	0,08783417	0,003660		
Düzeltilmiş Toplam	29	0,12252000			



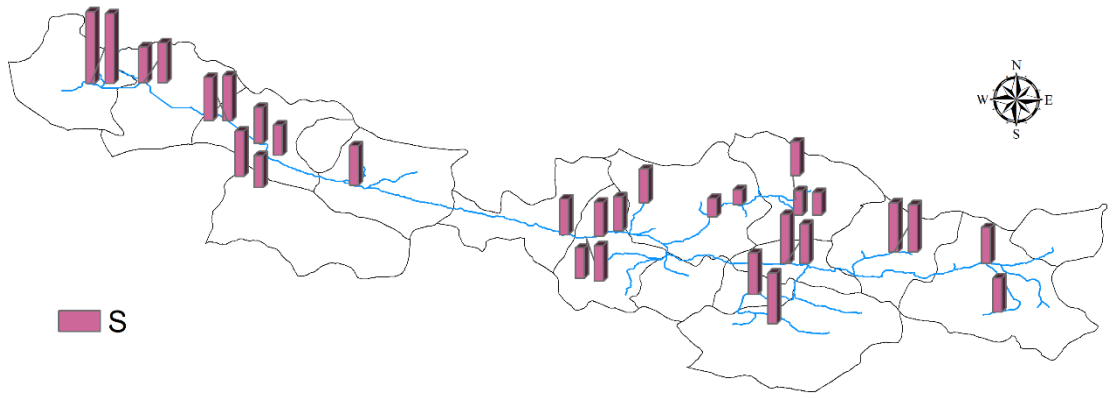
Şekil 4.30. Çalışma süresince ölçülen toplam çözünmüş katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.31. Çalışma süresince ölçülen toplam çözünmüş katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.32. Çalışma süresince ölçülen tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

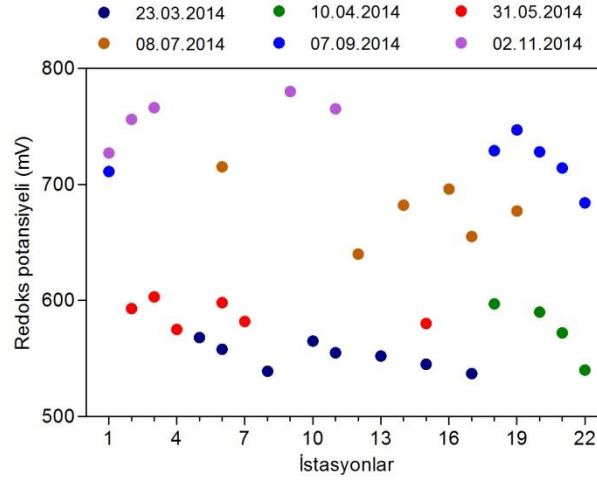


Şekil 4.33. Çalışma süresince ölçülen tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

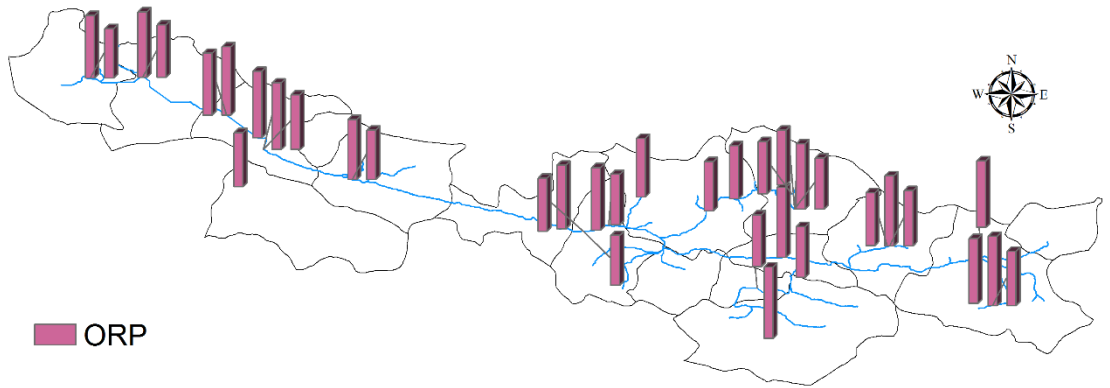
Redoks potansiyeli çalışma süresince izlenen örnekleme noktalarında 537 ve 780 mV arasında ölçülmüştür. Örnekleme ayları arasında redoks potansiyeli bakımından belirgin bir değişiklik gözlenmiş, Kasım ayı ölçümleri yüksek ve Mart ayı ölçümleri düşük redoks potansiyeli değerleri ile karakterize olmuştur (Şekil 4.34, 4.35). Mart ayının düşük çıkmasının nedeni olarak düşen yağışların sulara katılan organik ve inorganik sediment katılımının yüksek olması düşünülmektedir. Bu durum sularda BOİ'nı artırmakta, oksijen yetersizliği redüksiyon koşullarının ağırlaşmasına ve redoks potansiyelinin düşmesine neden olmaktadır (Bohn, 1976). Nitekim aylar arasındaki farklılık istatistiksel olarak oldukça önemli ($F_{5,29}=110,7$; $P < 0.001$) bulunmuş, Mart ve Nisan ölçümleri birbirine benzerlik gösterirken, diğer ayların tamamındaki ölçümlerin farklılığı önemli (Student's t testi, $P < 0.05$) olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Tarih faktörüne redoks potansiyeli tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	210514,16	42102,8	110,7370	<,0001
Hata	29	11025,97	380,2		
Düzeltilmiş Toplam	34	221540,13			



Şekil 4.34. Çalışma süresince ölçülen redoks potansiyeli değerlerinin istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.35. Çalışma süresince ölçülen redoks potansiyeli değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

Çalışma süresince izlenen örnekleme noktalarında askıda katı madde miktarları 1,0 ve 113 mg/L arasında tayin edilmiştir. En yüksek askıda katı madde miktarları Mart ayında Gölova Baraj Gölü'nde ve Mayıs ayında Şiran'dan gelen kol akarsuda (Tersun Deresi'nde) kaydedilmiştir. Benzer bir eğilimle bulanıklık 3 ve 164 NTU arasında ölçülmüş, en yüksek bulanıklık değeri yüksek askıda katı madde miktarının tayin edildiği Şiran'dan gelen kol akarsuda (Tersun Deresi'nde) Mayıs ayında kaydedilmiştir (Şekil 4.36; 4.37 ve 4.38, 4.39). Miktarlarda kaydedilen değişimlere rağmen, askıda katı madde miktarlarının örnekleme yapılan aylar arasındaki farklılığı istatistiksel olarak önemli

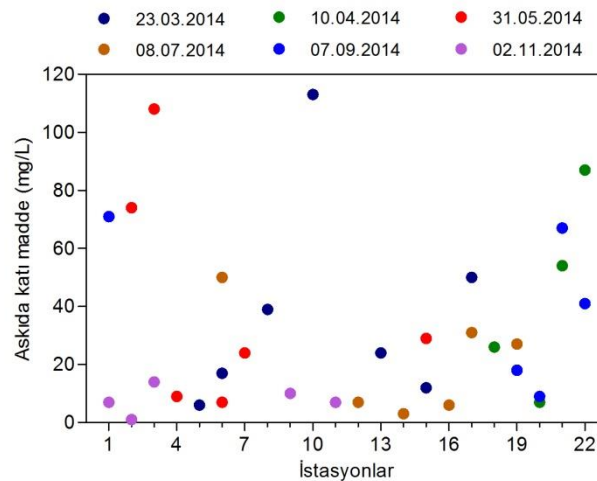
(Student's t testi, $P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.18). Bununla birlikte, bulanıklığın zamansal değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($F_{5,27}=7,27$; $P < 0.001$), daha yüksek değerlerin kaydedildiği Nisan ve Eylül aylarındaki ölçümler diğer aylarındaki ölçümlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde (Student's t testi, $P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Çizelge 4.19). Askıda katı madde ve bulanıklık arasındaki istatistiksel olarak önemli korelasyon ($R^2=0,62$; $P<0,001$), izlenen örnekleme noktalarında bulanıklığın kaynağının askıda katı madde olduğunu ortaya çıkarmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.18. Tarih faktörüne askıda katı madde miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

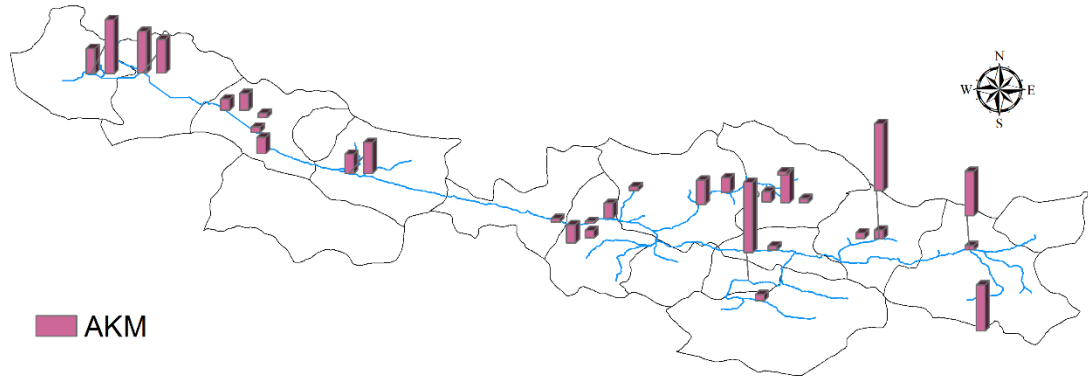
Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	5426,774	1085,35	1,1782	0,3456
Hata	27	24872,195	921,19		
Düzeltilmiş Toplam	32	30298,970			

Çizelge 4.19. Tarih faktörüne bulanıklık tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

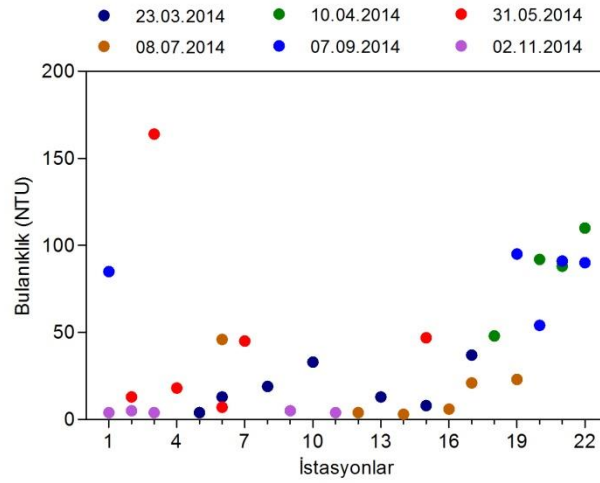
Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	30651,964	6130,39	7,2670	0,0002
Hata	27	22776,874	843,59		
Düzeltilmiş Toplam	32	53428,838			



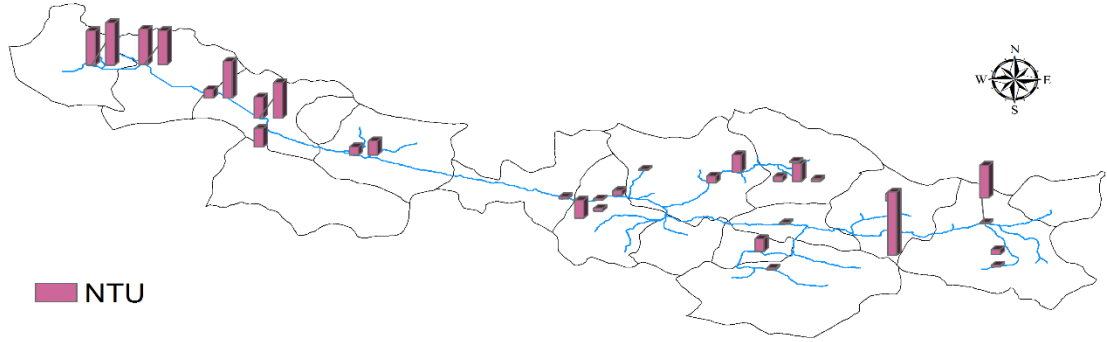
Şekil 4.36. Çalışma süresince tayin edilen askıda katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.37. Çalışma süresince tayin edilen askıda katı madde miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.38. Çalışma süresince ölçülen bulanıklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

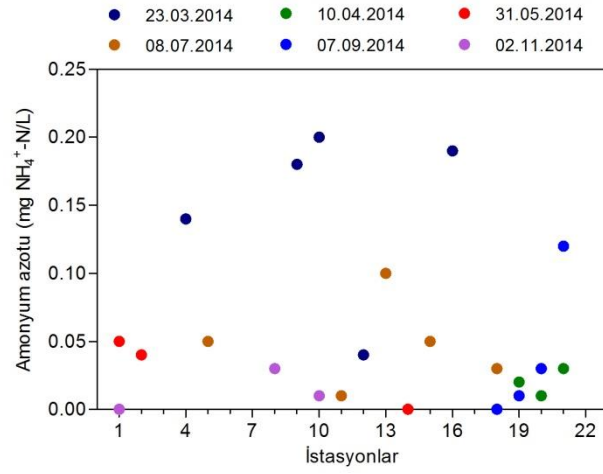


Şekil 4.39. Çalışma süresince ölçülen bulanıklık değerlerinin istasyonlara göre dağılımı

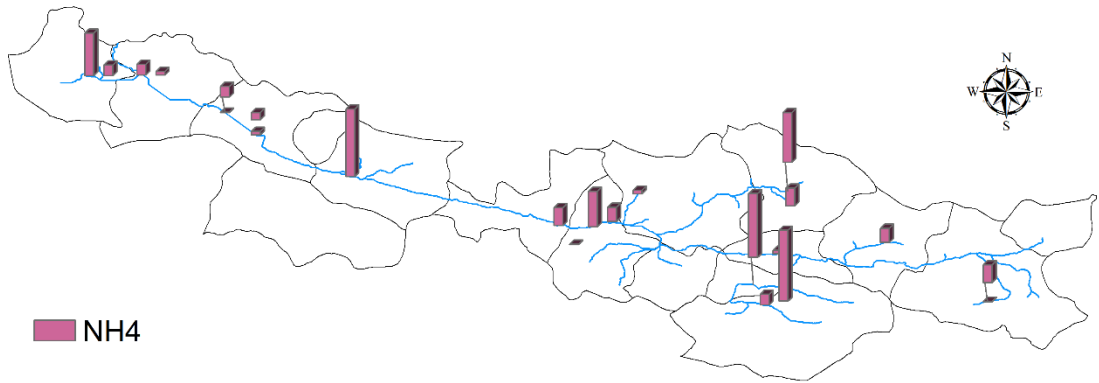
Amonyum azotu miktarları $<0,00$ ve $0,200$ mg/L arasında tayin edilmiştir. Amonyum azotu miktarları Mart ayında örneklenen istasyonlarda, Eylül’de Taşova çıkışında Yeşilırmak’ta, Temmuz’da Çamlığöze Baraj Gölü’nde balık yetiştiricilik tesisinin bulunduğu göl kıyısında daha yüksek değerlerde kaydedilmiştir (Şekil 4.40, 4.41). Bu eğilimi destekleyerek, amonyum azotu miktarının aylara göre değişimindeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($F_{5,17}=5,90$; $P < 0.01$), daha yüksek değerlerin kaydedildiği Mart ayındaki ölçümler diğer aylardan önemli düzeyde (Student’s t testi, $P < 0.05$) ayırt edilmiştir (Çizelge 4.20). Örnekleme noktaları tayin edilen amonyum azotu miktarları bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Sınıf I kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.20. Tarih faktörüne amonyum azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	0,05660139	0,011320	5,9065	0,0024
Hata	17	0,03258208	0,001917		
Düzeltilmiş Toplam	22	0,08918348			



Şekil 4.40. Çalışma süresince tayin edilen amonyum azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



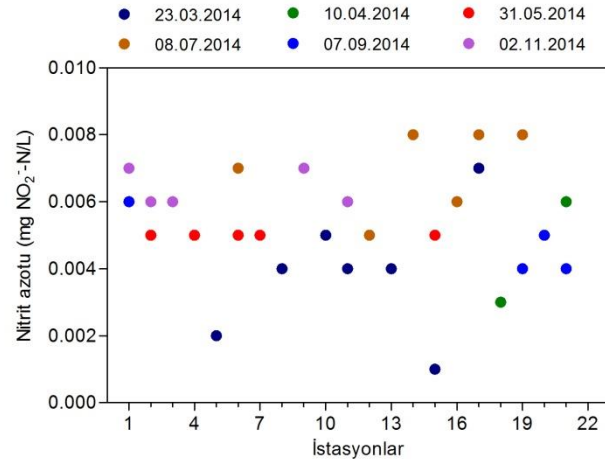
Şekil 4.41. Çalışma süresince tayin edilen amonyum azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

Çalışma süresince izlenen örnekleme noktalarında 0,001 ve 0,008 mg/L arasında tayin edilen nitrit azotu miktarları Mart ayında diğer aylara kıyasla daha düşük değerlerde belirlenmiş olmakla birlikte (Şekil 4.42, 4.43), zamansal farklılık istatistiksel olarak önemli (Student's t testi, $P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.21). Tayin edilen nitrit azotu miktarları bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi

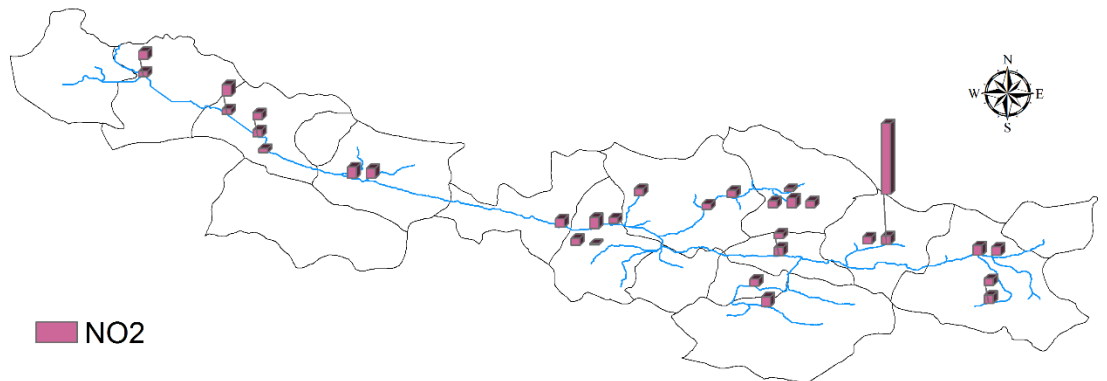
Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Aluçra'dan gelen kol akarsuyun üst bölgesi Sınıf I kalite ve diğer örnekleme noktaları Sınıf II kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.21. Tarih faktörüne nitrit azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	2,89e ⁻⁴	5,80e ⁻⁵	0,8689	0,5152
Hata	26	1,73e ⁻³	6,60e ⁻⁵		
Düzeltilmiş Toplam	31	2,02e ⁻³			



Şekil 4.42. Çalışma süresince tayin edilen nitrit azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

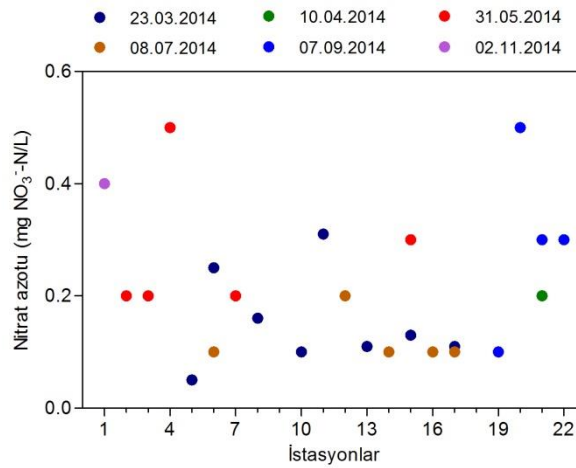


Şekil 4.43. Çalışma süresince tayin edilen nitrit azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

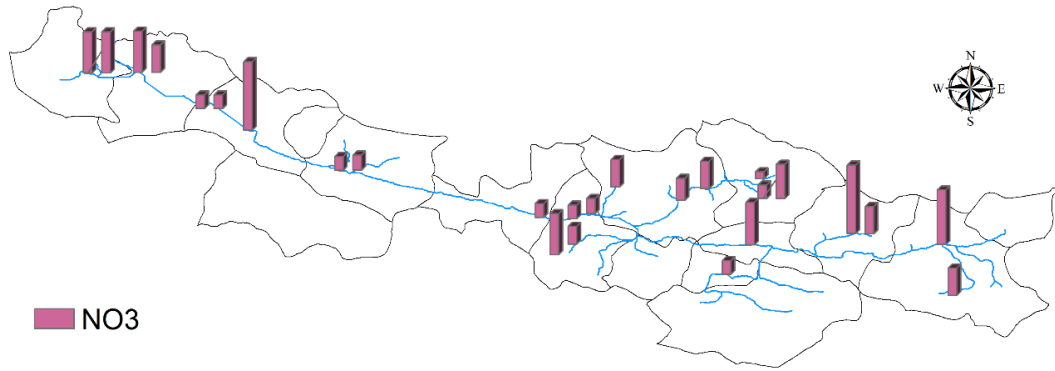
İzlenen örnekleme noktalarında nitrat azotu miktarları 0,05 ve 0,50 mg/L arasında tayin edilmiştir (Şekil 4.44, 4.45). Nitrat azotu miktarlarının ölçüldüğü aylara göre farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($F_{5,20}=3,28$; $P < 0.05$), Mayıs, Eylül ve Kasım ayları daha yüksek, Mart ve Temmuz ayları düşük nitrat azotu miktarlarıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde (Student's t testi, $P < 0.05$) ayırt edilmiştir (Çizelge 4.22). İzlenen örnekleme noktalarının tamamı tayin edilen nitrat azotu miktarları bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre Sınıf I kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.22 Tarih faktörüne nitrat azotu miktarı tepkisinin tek yönlü varyans analizi sonuçlarının özeti (DF, serbestlik derecesi)

Kaynak	DF	Kareler toplamı	Ortalama kare	F Oranı	P
Tarih	5	0,17485513	0,034971	3,2824	0,0252
Hata	20	0,21308333	0,010654		
Düzeltilmiş Toplam	25	0,38793846			

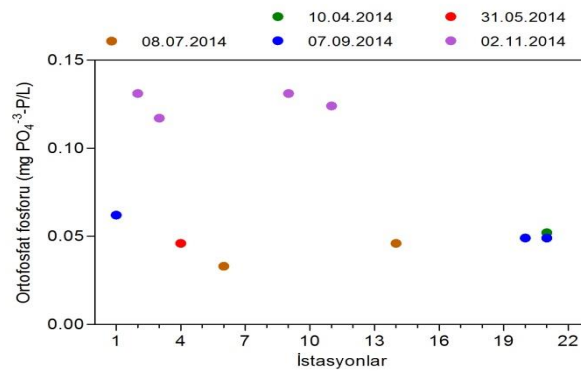


Şekil 4.44. Çalışma süresince tayin edilen nitrat azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

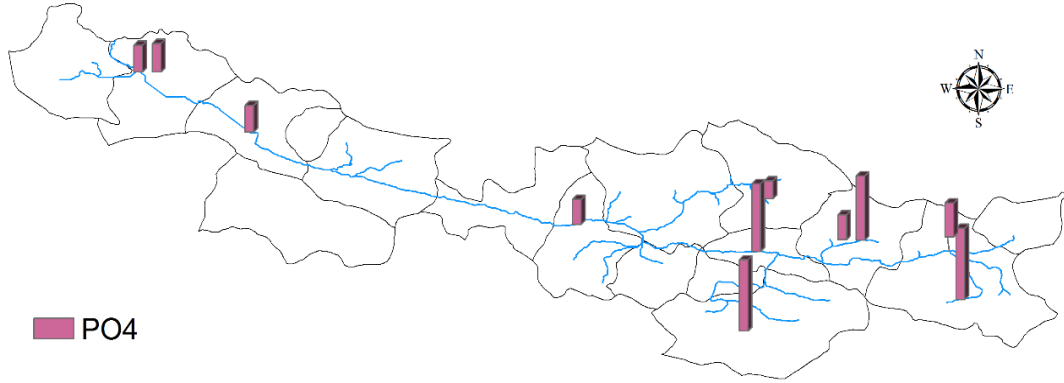


Şekil 4.45. Çalışma süresince tayin edilen nitrat azotu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

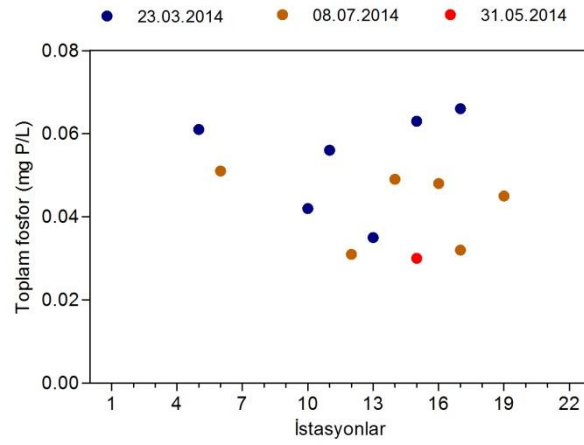
Ortofosfat fosforu miktarları 0,033 ve 0,131 mg/L arasında tayin edilmiş, daha yüksek ortofosfat fosforu miktarları Kelkit Çayı ana kolunun orta ve üst noktalarında Kasım ayında belirlenmiş olmakla birlikte (Şekil 4.46, 4.47), yeterli veri olmadığından ortofosfat fosforu miktarların zamansal değişimi değerlendirilmemiştir. Bunun yanı sıra, tayin edilen toplam fosfor miktarları dikkate alındığında, ortofosfat fosforu miktarlarının beklenenden yüksek olması, analizler için kullanılan kitlerden kaynaklanmış olarak ölçüm hatası olduğunu düşündürmüştür. Nitekim çalışma süresince analiz yapılabilen örnekleme noktalarında toplam fosfor miktarı 0,030 ve 0,066 mg/L arasında tayin edilmiş (Şekil 4.48, 4.49), toplam fosfor miktarları bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre örnekleme noktaları Sınıf II kalite olarak sınıflandırılmıştır.



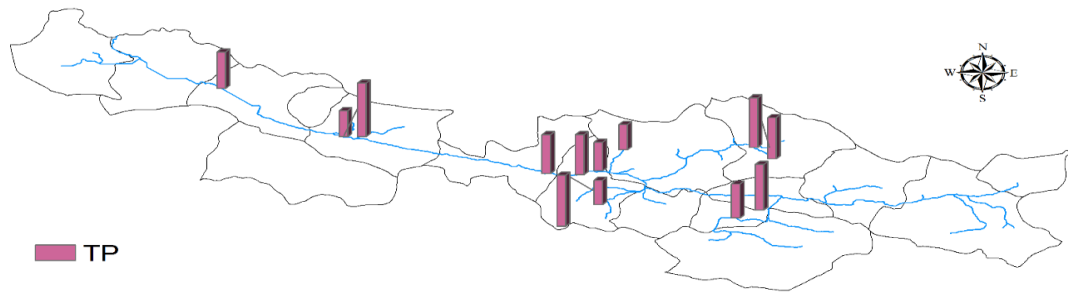
Şekil 4.46. Çalışma süresince tayin edilen ortofosfat fosforu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.47. Çalışma süresince tayin edilen ortofosfat fosforu miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

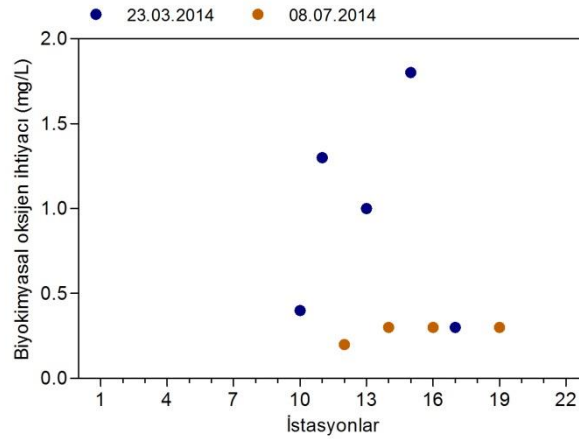


Şekil 4.48. Çalışma süresince tayin edilen toplam fosfor miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

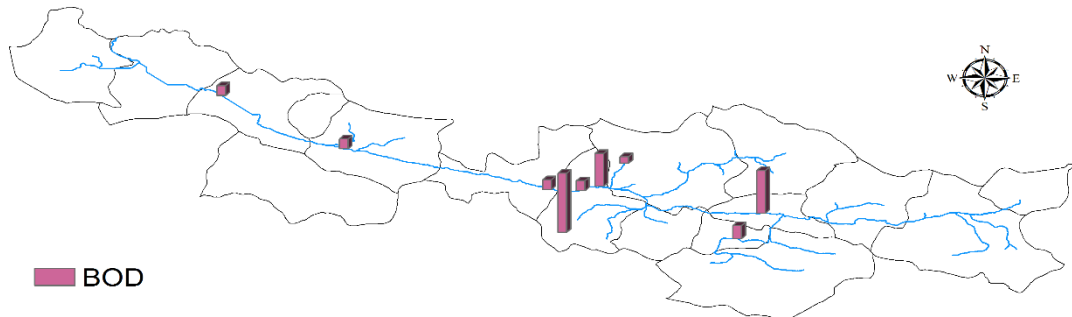


Şekil 4.49. Çalışma süresince tayin edilen toplam fosfor miktarlarının istasyonlara göre dağılımı

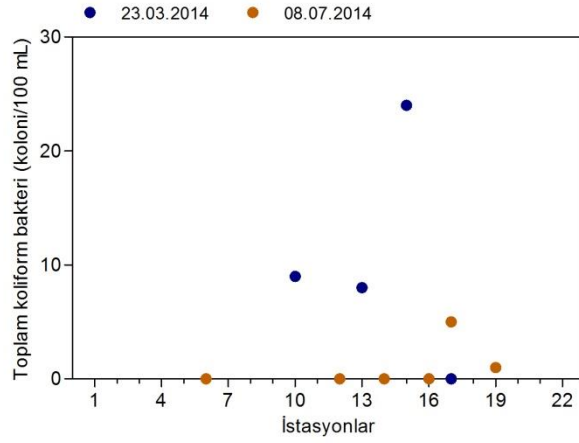
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarları çalışma süresince yalnızca Mart ve Temmuz aylarında tayin edilebilmiş, izlenen örnekleme noktalarında 0,2 ve 1,8 mg/L arasında kaydedilmiştir (Şekil 4.50, 4.51). Benzer şekilde, yalnızca Mart ve Temmuz aylarında analizi yapılabilen toplam koliform bakteri sayısı 0 ve 24 koloni/100 mL arasında belirlenmiştir (Şekil 4.52, 4.53). Yalnızca Mart ayında analizi yapılabilen toplam heterotrofik bakteri sayısı ise örnekleme noktalarında >1000 koloni/mL olarak kaydedilmiştir. Tayin edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarları ve toplam koliform bakteri sayısı bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) göre örnekleme noktaları Sınıf I kalite olarak belirlenmiştir.



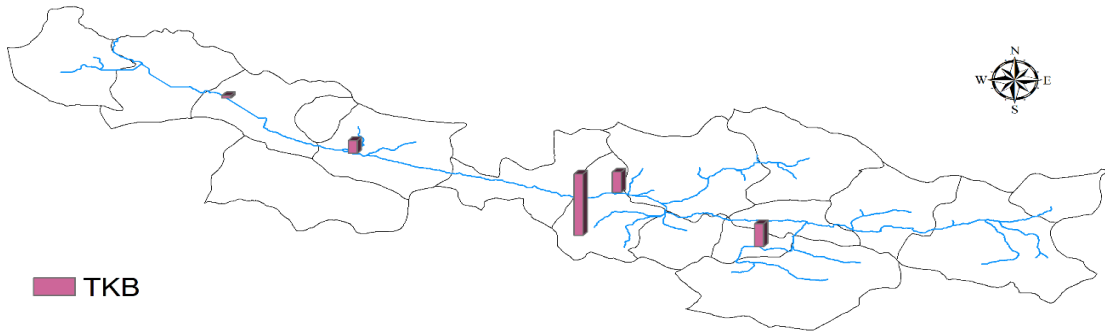
Şekil 4.50. Çalışma süresince tayin edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.51. Çalışma süresince tayin edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı miktarlarının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.52. Çalışma süresince tayin edilen toplam koliform bakteri sayısının istasyonlara göre dağılımı



Şekil 4.53. Çalışma süresince tayin edilen toplam koliform bakteri sayısının istasyonlara göre dağılımı

İzlenen tüm örnekleme noktaları Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmelikleri (Anonim, 2004; 2012) su kalitesi sınıflandırmasının genel şartlarını oluşturan sıcaklık parametresi bakımından Sınıf I kalite olarak kaydedilmiştir. Ancak bazı örnekleme noktalarında ölçülen yüksek pH ve elektriksel iletkenlik değerleri, bazı istasyonlarının su kalitesi genel şartları bakımından kalite sınıfının artmasına neden olmuştur. Buna göre, yüksek pH değerleri nedeniyle Yönetmeliklerin genel şartları bakımından, Çamlığöze Baraj Gölü girişinde ve Reşadiye yakınlarında Kelkit Çayı ile Refahiye yakınlarında kol akarsu (Çobanlı Çayı) ve Niksar yakınlarında kol akarsuda Sınıf III kalite olarak sınıflandırılmıştır. Yüksek elektriksel iletkenlik değerleri nedeniyle Yönetmeliklerin genel şartları bakımından Şiran yakınlarında kol akarsu (Tersun Deresi)

ve Yeşilırmak Sınıf II kalite ve diğer örnekleme noktalarında Sınıf I kalite olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

Düşük doygunluk değerleri nedeniyle Kelkit İlçesi yakınlarında kol akarsu (Balahor Deresi) ve Refahiye yakınlarında kol akarsu (Çobanlı Çayı) Yönetmeliğin oksijenlendirme parametreleri bakımından Sınıf III olarak sınıflandırılmıştır. Şiran yakınlarında kol akarsu (Tersun Deresi), Kelkit, Çamlığöze Baraj Gölü çıkışı ve Köklüce'de Kelkit Çayı oksijenlendirme Sınıf II kalite ve diğer örnekleme noktaları Sınıf I kalite olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.23).

Nispeten yüksek nitrit azotu ve toplam fosfor miktarları nedeniyle tüm örnekleme noktaları nutrient parametreleri bakımından Sınıf II kalite, nitrit azotu ve toplam fosfor analizlerinin yapılamadığı Yeşilırmak nutrient parametreleri bakımından Sınıf I kalite olarak sınıflandırılmıştır. Örnekleme noktalarının çoğunluğunda analizler yapılamamış olmakla birlikte, izlenen örnekleme noktaları bakteriyolojik parametreler bakımından Sınıf I kalite olarak karakterize olmuştur (Çizelge 4.23). Yalnızca birkaç örnekleme noktasında analizlerin yapılmasına karşın, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam koliform bakteri sayısı arasındaki oldukça güçlü ve önemli ilişki ($r^2=0,94$; $P<0,05$), izlenen örnekleme noktalarında organik maddenin başlıca kaynaklarının evsel deşarjlar olduğunu düşündürmüştür (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Çalışma süresince izlenen parametreler arasındaki korelasyonların matrisi (* P<0,05)

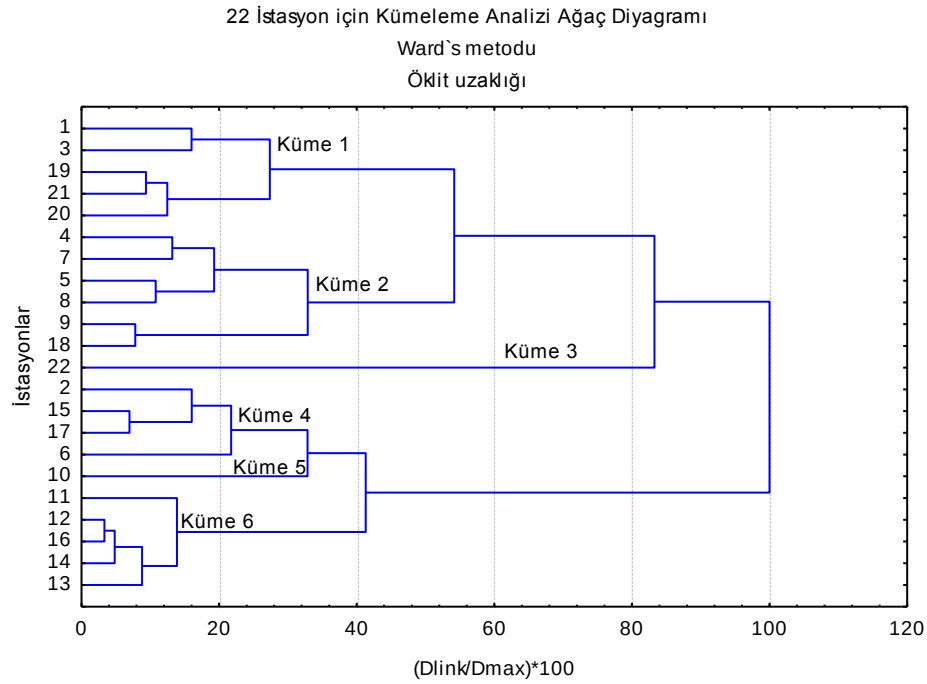
	T	pH	DO	%DO	EC	TDS	S	ORP	AKM	NTU	NH4	NO2	NO3	PO4	TP	BOD	TKB
T	1,00	-0,12	-0,33*	0,56*	0,44*	0,17	0,13	0,26	0,09	0,37*	-0,28	0,22	0,00	-0,92*	-0,32	-0,56	-0,56
pH		1,00	-0,05	-0,13	-0,03	0,14	0,13	0,05	-0,15	-0,16	0,25	-0,36	-0,08	0,40	0,22	0,40	0,42
DO			1,00	0,58*	-0,53*	-0,49*	-0,48*	-0,55*	0,08	0,00	0,18	-0,27	-0,11	-0,57	-0,10	0,16	0,07
%DO				1,00	-0,10	-0,33	-0,36*	-0,28	0,18	0,37*	-0,21	-0,07	-0,06	-0,94*	-0,54	-0,82*	-0,77*
EC					1,00	0,94*	0,93*	0,29	0,23	0,54*	-0,09	0,43*	0,27	0,60	-0,03	-0,69	-0,48
TDS						1,00	1,00*	0,23	0,21	0,38*	0,01	0,29	0,19	0,93*	0,11	-0,22	0,03
S							1,00	0,22	0,21	0,38*	0,03	0,28	0,21	0,94*	0,20	-0,13	0,12
ORP								1,00	-0,30	-0,10	-0,46*	0,01	0,11	0,65*	-0,28	-0,61	-0,61
AKM									1,00	0,62*	0,31	0,48*	-0,09	-0,50	-0,05	-0,15	0,07
NTU										1,00	-0,15	0,59*	0,18	-0,61*	-0,10	-0,21	-0,19
NH4											1,00	-0,07	-0,23	-0,46	0,73*	0,34	0,27
NO2												1,00	-0,01	0,14	-0,30	-0,86*	-0,83*
NO3													1,00	0,42	-0,26	0,38	0,04
PO4														1,00	-	-	-
TP															1,00	0,40	0,25
BOD																1,00	0,94*
TKB																	1,00

T: Sıcaklık, DO: Doymuş Oksijen, %DO: Oksijen Doygunluğu, EC: Elektriksel İletkenlik, TDS: Çözülmüş Katılar, S: Tuzluluk, ORP: Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli, AKM: Askıda Katı Madde, NTU: Bulanıklık, NH4: Amonyum, NO2: Nitrit azotu, NO3: Nitrat Azotu, PO4: Fosfat, TP: Toplam Fosfor, BOD: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, TKB: Toplam Koliform Bakteri.

Çizelge 4.23. Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliklerine (Anonim, 2004; 2012) izlenen örnekleme noktalarının çevresel kalite sınıflandırma matrisi (Mavi, Sınıf I; Sarı, Sınıf II; Kırmızı, Sınıf III; Gri, veri yok)

İstasyonlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Sıcaklık	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
pH	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Gri	Kırmızı	Gri	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Mavi
Elektriksel iletkenlik	Mavi	Mavi	Sarı	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Sarı
Çözülmüş oksijen	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
Oksijen doygunluğu	Kırmızı	Sarı	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Gri	Gri	Gri
Amonyum azotu	Gri	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Gri	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
Nitrit azotu	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Mavi	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Gri
Nitrat azotu	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
Toplam fosfor	Gri	Gri	Gri	Gri	Sarı	Sarı	Gri	Gri	Gri	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Gri	Sarı	Gri	Gri	Gri
Toplam koliform	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Mavi	Gri	Gri	Gri	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Gri	Gri	Gri
Kalite Sınıflandırma Özeti																						
Genel Şartlar	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Sarı
Oksijenlendirme Parametreleri	Kırmızı	Sarı	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Kırmızı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Sarı	Sarı	Mavi	Mavi	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi
Nutrient Parametreleri	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Sarı	Mavi
Bakteriyolojik Parametreler	Gri	Gri	Gri	Gri	Gri	Mavi	Gri	Gri	Gri	Mavi	Gri	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Mavi	Gri	Mavi	Gri	Gri	Gri

İzlenen parametrelerin maksimum değerlerinin toplam varyasyonu bakımından örnekleme noktalarının birbirine yakınlık ve uzaklığını belirlemek için kullanılan kümeleme analizi, örnekleme noktalarını $D_{link}/D_{max} \cdot 100 < 50$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı altı ana kümeye ayırarak, havzadaki alansal heterojeniteyi ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.54). Kümeleme analizi Kelkit Çayı'nın üst ve orta bölümü ile alt bölümü ve kollarını benzerliklerine göre gruplandırmıştır.



Şekil 4.54. İzlenen istasyonlara dayalı kümeleme analizi dendogramı

İlk küme üst havza bölümünde yer alan kol akarsu (Balahor Deresi) ve Şiran merkezinden geçen kol akarsuyu (Tersun Deresi'ni) (İstasyon 1 ve 3) ayrı bir alt kümeye, alt havza bölümünde yer alan Niksar'daki kol akarsu ile Niksar ve Erbaa'daki Kelkit Çayı örnekleme noktalarını ayrı bir alt kümede toplamıştır. Gerçekten, İstasyon 1 ve 3 benzer sıcaklık ve pH özellikleri ile nispeten düşük çözünmüş oksijen ve doygunluğu değerleriyle benzerlik göstermiştir. İstasyon 19, 20 ve 21 ise yakın pH, çözünmüş oksijen miktarı, oksijen doygunluğu, bulanıklık ile amonyum ve nitrit azotu miktarları ve elektriksel iletkenlik ve tuzluluk değerleriyle karakterize olmuştur.

İkinci küme orta havza bölümü kol akarsularını temsil etmiş ve Kelkit Çayı'na kuzeyden ve güneyden karışan akarsuları iki alt kümeye ayırmıştır. Kelkit Çayı'na

kuzeyden giren Şiran yakınlarındaki kol akarsu (Cevizli Deresi, İstasyon 4), Şebinkarahisar yakınlarındaki kol akarsudaki (Avutmuş Çayı'ndaki, İstasyon 7 ve 8) iki örnekleme noktasını ve Aluçra yakınlarındaki kol akarsuyun üst bölgesindeki örnekleme noktasını (İstasyon 5) aynı alt küme içerisinde toplamıştır. Bununla birlikte, Kelkit Çayı'na güneyden katılan Refahiye yakınlarındaki kol akarsu (Çobanlı Çayı, İstasyon 9) ile Almus Baraj Gölü'nden alınarak Köklüce HES'in işletmesinde kullanılan ve kanalla Kelkit'e boşaltılan akarsu (İstasyon 18) diğer alt kümeyi oluşturmuştur.

Küme 1 ve Küme 2 arasındaki uzaklık istatistiksel olarak önemlilik düzeyini aşırsa da, $Dlink/Dmax \cdot 100 < 50$ düzeyine yakın olarak belirlendiği göz önüne alındığında, kümeleme analizinin büyük ölçüde orta havza bölümü kol akarsularının benzer karakteristikler gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Bunun yanı sıra, Kelkit Çayı alt akarsu bölümünün karakteristiklerinin orta havza bölümü kol akarsulara benzediğini göstermiştir. Bu durum, Kelkit Çayı'nın su kalitesini kol akarsuların belirlediğini ve su kalitesindeki sürekliliğin orta havza bölümündeki baraj göllerinin etkisiyle değiştirildiğini ugradığını düşündürmektedir. Nitekim istatistiksel olarak önemlilik düzeyinin üzerinde olsa da ($Dlink/Dmax \cdot 100 > 50$) üçüncü kümeyi oluşturan Yeşilirmak'ın (İstasyon 22) bu Kelkit Çayı alt bölümü örnekleme noktalarını da içeren iki kümeye daha benzer gruplanması, bu öneriyi desteklemektedir.

Nitekim üst ve orta akarsu bölümündeki Kelkit Çayı ve baraj gölleri örnekleme noktaları ilk üç kümeden ayrı olarak gruplanmıştır. Kümeleme analizi, orta havza bölümündeki Çamlığöze Baraj Gölü (İstasyon 14) ile baraj gölünün girişinde (İstasyon 13) ve çıkışında Reşadiye HES su alımı noktasında (İstasyon 16) Kelkit Çayı'nı altıncı kümede toplamıştır. Yakın konumda yer alan ve Kılıçkaya Baraj Gölü'ne boşalmadan önce Kelkit Çayı'nı temsil eden Çamoluk'taki örnekleme noktası (İstasyon 11) ile Kılıçkaya Baraj Gölü'ne kuzeyden boşalan kol akarsu (Arslanşah Deresi, İstasyon 12) bu küme içinde yer almıştır.

Üst ve orta akarsu bölümündeki örnekleme noktalarının temsil etmek üzere seçilen Kelkit ve Reşadiye ile Çamlığöze Baraj Gölü çıkışında (sırasıyla İstasyon 2, 17 ve 15) Kelkit Çayı noktaları dördüncü kümede gruplanmıştır. Aluçra İlçesi merkezinden geçerek Kelkit Çayı'na karışan kol akarsu Kelkit Çayı'nın bu noktalarına yakın benzerlik göstermiş ve dördüncü kümede yer almıştır. Beşinci kümeyi oluşturan Gölova Baraj Gölü

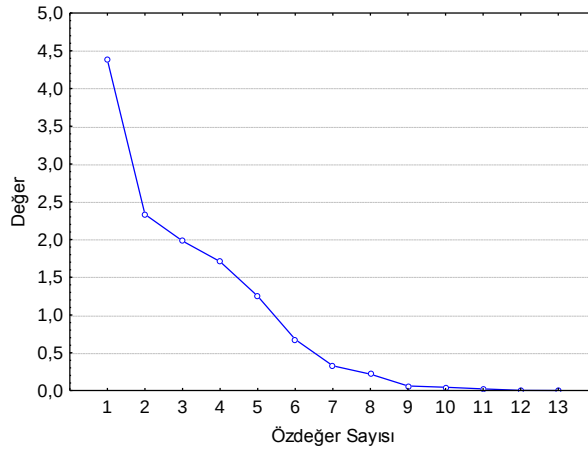
istatistiksel olarak önemli düzeyde ($Dlink/Dmax \cdot 100 < 50$) Kelkit Çayı'nın üst ve orta bölümü örnekleme noktalarına yakınlık göstermiştir.

İzlenen parametrelerin maksimum ve minimum değerlerinin havzadaki su kalitesinin toplam varyasyona etkisini tanımlamak için, eksik veri nedeniyle ortofosfat fosforu, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam koliform bakteri sayısının veri dizisinden uzaklaştırılarak uygulandığı faktör analizi ilk dört faktörün ($> \%10$) veri setindeki toplam varyasyonun büyük kısmını ($\%80$) açıkladığını ortaya çıkarmıştır (Çizelge 4.24, Şekil 4.55).

Çizelge 4.24. İzlenen parametrelerin minimum ve maksimum değerlerine dayalı ana bileşenler çıkarımlı faktör analizi sonuçları özeti

Faktör	Özdeğer	Toplam varyasyon (%)	Kümülatif özdeğer	Kümülatif varyans%
1	4,378983	33,68448	4,37898	33,68448
2	2,334012	17,95394	6,71299	51,63842
3	1,981142	15,23956	8,69414	66,87798
4	1,707332	13,13332	10,40147	80,01130
5	1,249291	9,60993	11,65076	89,62123

Faktör analizi, su kalitesi veri dizisindeki toplam varyasyonun en fazla kısmını açıklayan Faktör 1 üzerindeki yükün başlıca elektriksel iletkenlik, çözünmüş katı madde ve tuzluluk olduğunu göstermiştir. Toplam varyasyonun daha az orandaki kısmını açıklayan Faktör 2, 3 ve 4 üzerinde ise sıcaklık, nitrit azotu, askıda katı madde, bulanıklık ve oksijen doygunluğunun yüklenmelerini açığa çıkarmıştır (Çizelge 4.25). Bu bulgu izlenen parametreler arasından toplam varyasyonun $\%10$ 'dan fazla açıklayan ilk dört faktör üzerindeki yükleri önemli olan bu yedi parametrenin, Kelkit Havzası yüzey sularında ortaya çıkan alansal değişikliklerin başlıca etkenleri olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.55. Faktör analizinde özdeğerler ve değerlerinin değişimi

Çizelge 4.25. İzlenen parametrelerin Varimax metoduyla dönüştürülmüş faktör yükleri

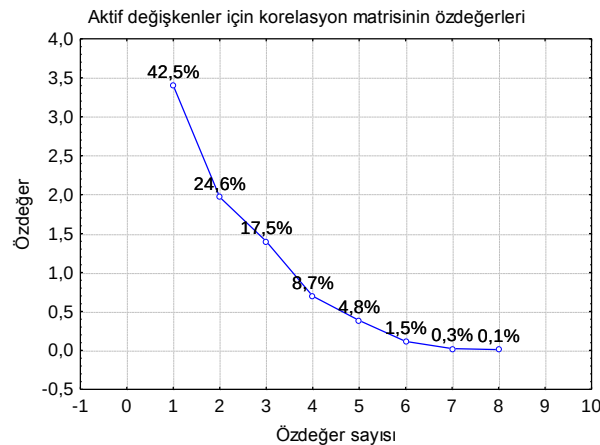
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
Sıcaklık	0,025950	0,855266	0,324007	-0,343739	-0,047420
pH	0,553314	0,083965	0,104757	0,039118	0,734678
Çözünmüş oksijen	-0,497703	-0,624250	-0,043704	-0,454489	-0,185233
Oksijen doygunluğu	-0,030811	0,150928	-0,097248	-0,950590	0,041706
Elektriksel iletkenlik	0,879452	0,334621	0,065741	-0,101346	-0,145993
Toplam çözünmüş katı madde	0,979108	-0,017138	0,041019	0,034541	0,076318
Tuzluluk	0,980825	-0,033797	0,050717	0,095256	0,006781
Redoks potansiyeli	0,478238	0,515078	0,036701	0,176865	-0,602950
Askıda katı madde	-0,091810	0,096796	0,780351	0,531347	0,067687
Bulanıklık	0,264193	0,121550	0,926040	-0,003719	-0,044051
Amonyum azotu	0,227591	0,345978	-0,585692	0,404847	0,158075
Nitrit azotu	0,048380	0,962641	-0,082269	0,010972	0,084068
Nitrat azotu	0,257155	-0,449330	0,250233	-0,059904	-0,645497
Açıklanan varyans	3,676799	2,802131	2,016162	1,731640	1,424028
Oransal toplam	0,282831	0,215549	0,155089	0,133203	0,109541

Faktör analizinde toplam varyasyonun %10'dan fazla açıklayan ilk dört faktör üzerindeki yükleri önemli parametreler olan sıcaklık, oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik, çözünmüş katı madde, tuzluluk, askıda katı madde, bulanıklık ve nitrit azotuyla yürütülen ana bileşenler analizi ise veri dizisindeki varyasyonun tamamını sekiz faktörle açıklamıştır (Çizelge 4.26, Şekil 4.56). Toplam varyasyonun büyük kısmını açıklayan Faktör 1 (%33,6) elektriksel iletkenlik, çözünmüş katı madde ve tuzlulukla pozitif olarak ve oksijen doygunluğu tarafından negatif olarak yüklenmiştir. Toplam varyasyonun daha az kısmını açıklayan Faktör 2 (%17,9) ise askıda katı madde ve bulanıklık tarafından

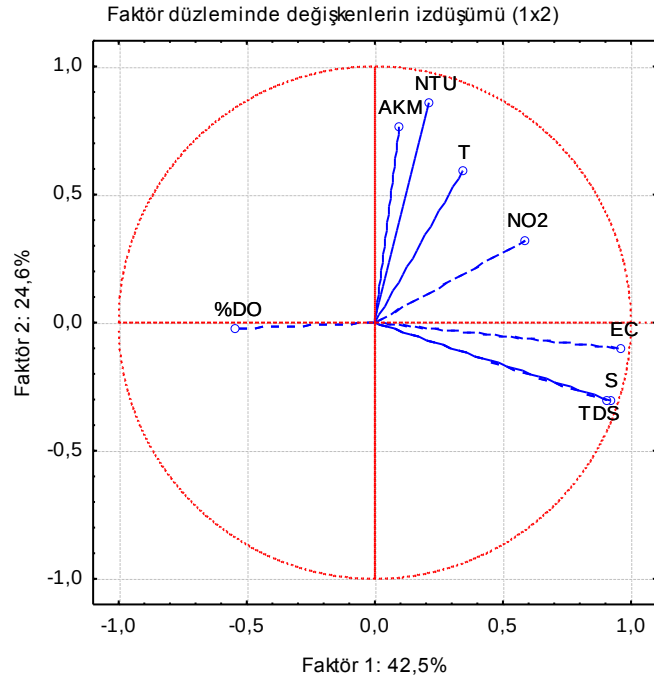
pozitif olarak yüklenmiştir (Şekil 4.57). Nitekim faktör eksenleri üzerine örnekleme noktalarındaki gözlenen değişkenlerin varyasyonuna göre örnekleme noktalarını konumlandırmıştır (Şekil 4.58). Gerçekten, ana bileşenler analizi İstasyon 1, 3, 17 ve 19’u nispeten yüksek sıcaklık, nitrit azotu, askıda katı madde ve bulanıklık değerleriyle karakterize ederek aynı bölgeye, İstasyon 5, 12 ve 13’ü ise aksi bölgeye konumlamıştır. En yüksek çözünmüş oksijen ve doyumluğunun kaydedildiği İstasyon 8 ile en düşük iletkenlik ve tuzluluk değerlerinin kaydedildiği İstasyon 6 ve 7 uyumlu olarak ilk faktörün negatif bölgesine plotlanmıştır. Kümeleme analizi örnekleme noktalarını karakteristiklerine göre gruplandırırken, faktör analizi ve ana bileşenler analizi havzadaki farklı örnekleme noktaları arasında değişikliğe neden olan parametreleri ortaya çıkarmış, çok değişkenli analiz metotlarının sonuçları birbiriyle uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Aktif değişkenlerin minimum ve maksimum değerlerine dayalı ana bileşenler analizi sonuçları özeti

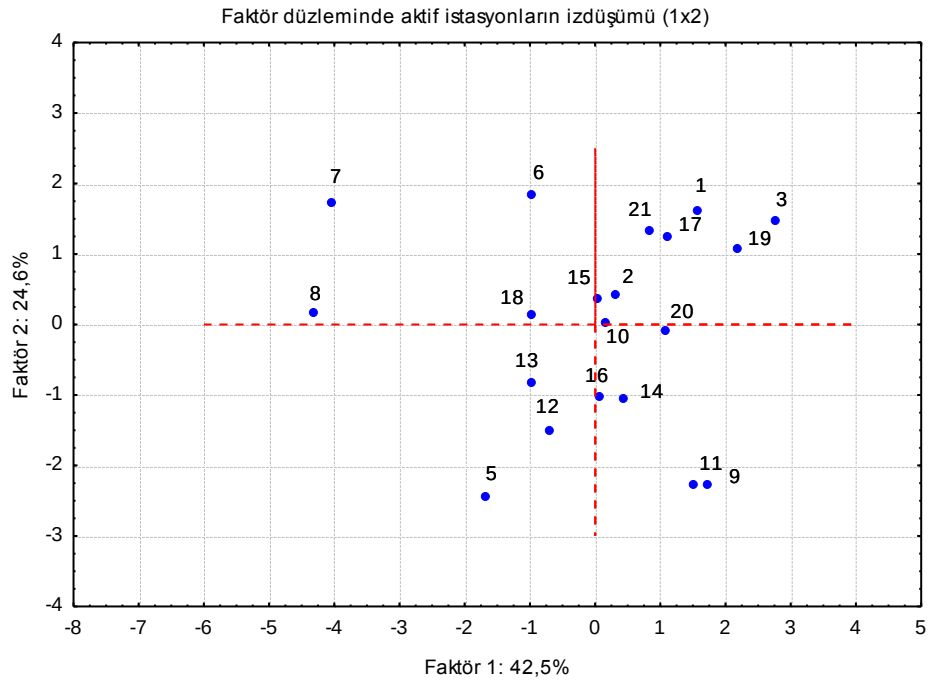
Faktör	Özdeğer	Toplam varyasyon (%)	Kümülatif özdeğer	Kümülatif varyans%
1	4,378983	33,68448	4,37898	33,68448
2	2,334012	17,95394	6,71299	51,63842
3	1,981142	15,23956	8,69414	66,87798
4	1,707332	13,13332	10,40147	80,01130
5	1,249291	9,60993	11,65076	89,62123
6	0,115876	1,44844	7,966613	99,5827
7	0,023306	0,29132	7,989919	99,8740
8	0,010081	0,12602	8,000000	100,0000



Şekil 4.56. Ana bileşenler analizinde özdeğerlerin değişimi



Şekil 4.57. Aktif örneklerin korelasyonuna dayalı olarak temel bileşenler analiziyle elde edilen ilk iki faktörün parametreler grafiği

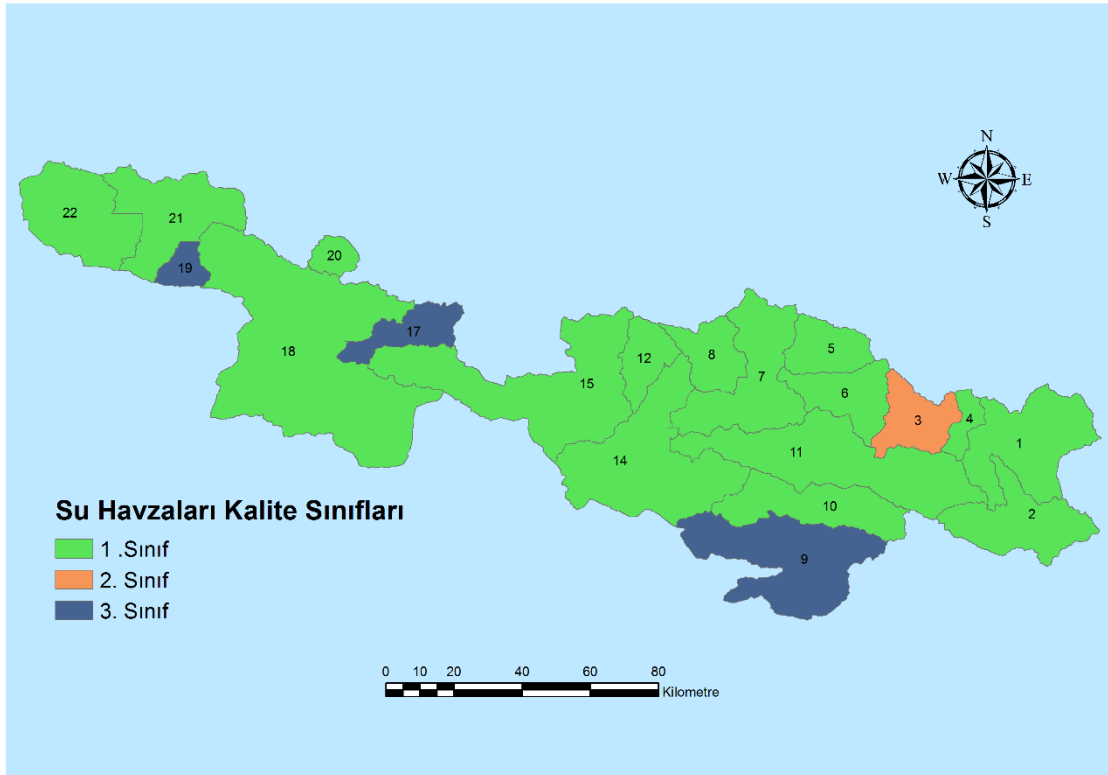


Şekil 4.58. Aktif örneklerin korelasyonuna dayalı olarak temel bileşenler analiziyle elde edilen ilk iki faktörünün istasyonlar grafiği

Su kirliliği kontrolü ve yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliklerinin genel şartları bakımından Kelkit havzasının alt havzaları da kendi içerisindeki istasyonun kalite sınıfına göre sınıflandırılmıştır. İçerisindeki su istasyonuna göre numaralandırılan her alt havzanın kalite sınıfı Şekil 4.59’da verilmiştir. Havzada genel şartlar bakımından IV. Sınıfa giren istasyonun bulunmayışı nedeniyle IV. Sınıfta bir alt havza yer almamıştır. Kalite sınıflarına göre sınıflandırılan alt havzaların kapladıkları alanlar Çizelge 4.27’de verilmiştir. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 20, 21 ve 22 numaralı alt havzalar 1. Sınıf, 3 numaralı alt havza 2. Sınıf, 9, 17 ve 19 numaralı alt havzalarda 3.sınıf kalite de olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Kelkit Alt Havzaları Kalite Sınıfları.

Alt Havza Numarası	Kalite Sınıfı	% Alan	Alan km ²
1	1	5,82	945,40
2	1	4,37	709,73
3	2	2,58	419,86
4	1	0,89	145,29
5	1	2,28	371,08
6	1	2,91	472,62
7	1	5,65	918,06
8	1	2,31	375,09
9	3	7,36	1195,98
10	1	4,31	700,42
11	1	8,75	1421,85
12	1	1,92	312,20
14	1	8,80	1429,60
15	1	9,78	1587,90
17	3	2,16	351,03
18	1	18,14	2946,33
19	3	0,95	154,35
20	1	0,89	143,94
21	1	4,94	802,34
22	1	5,18	841,37
Toplam		100	16244,45



Şekil 4.59. Su kalite yönetmeliğine göre kalite sınıflarına ayrılan alt havzalar.

4.8. Ekolojik Risk Değerlendirmesinde Kullanılan Baskı Unsurlarının Risk Karakterizasyonu ve Ekolojik Risk Modelleme

Ekolojik modeller, ekosistemin üzerine etkin dinamiklerin analiz edilmesini ve gelişiminin tahmin edilmesini sağlayan geniş bir aralıkta farklı yaklaşımlar sağlamaktadır. Kelkit Havzası için ERD sürecinde belirlenen ve birbirlerinden sayısal olarak farklı olan baskı unsurlarını bir araya getirmek ve standart hale getirmek için her ekolojik parametre uzman görüşü ve literatür yardımıyla 0 ile 1 arasında skorlandırılmıştır.

Su kirliliği baskı unsurunun ERD sürecinde mekânsal olarak kullanılması için kalite sınıfına göre belirlenen alt havzalar kullanılmıştır ve alt havzalara atanan skorlar Çizelge 4.28’de verilmiştir. Belirlenen alt havzaların aldığı skorlar sırasıyla, 1. Sınıf alt havzaya 0,1, 2. Sınıfa 0,3, 3. Sınıfa 0,5 skoru atanmıştır. 1. Sınıf alt havza toplam alanın % 86,94’ü ile 14123,23 km², 2.sınıf alt havza toplam alanın % 2,58’i ile 419,86 km², 3. Sınıf alt havza % 10,47 lik bir payla 1701,36 km² alan kaplamıştır.

Çizelge 4.28 Alt Havzaların Ekolojik Risk Skoru ve Alansal Dağılımı

Alt Havza Kalite Sınıfı	Ekolojik Risk Skoru	% Alan	Alan Km ²
I	0,1	86,94	14123,23
II	0,3	2,58	419,86
III	0,5	10,48	1701,36
Toplam	-	100	16244,45

Oluşturulan NBÜ haritaları ise Kılınç ve Kutbay (2008)'e göre 0-250, 250-1000 ve 1000-2500 gCal/m²/yıl verimlilik değerleri aralığında üç sınıfa ayrılmıştır. Oluşturulan her sınıfa ekolojik risk skoru verilmiştir (Çizelge 4.29). NBÜ değeri 0-250 gCal/m²/yıl arasında olanlar 0,7, 250-1000 gCal/m²/yıl arasında olanlar 0,3, 1000-2000 gCal/m²/yıl arasında olanlar 0,2 skorunu almıştır (Şekil 4.60). 0,7 skorunu alan sınıf havzada çok az bir alan kaplarken (% 0,02) en fazla alanı 0,3 skorunu alan sınıf (% 53,95) kaplamaktadır. NBÜ skoru yüksek olan sınıflar vejetasyonun zayıf olduğu alanlar ile çıplak alanlar olurken, düşük skor değeri, vejetasyonun ve fotosentetik üretimin yüksek olduğu alanlara atanmıştır.

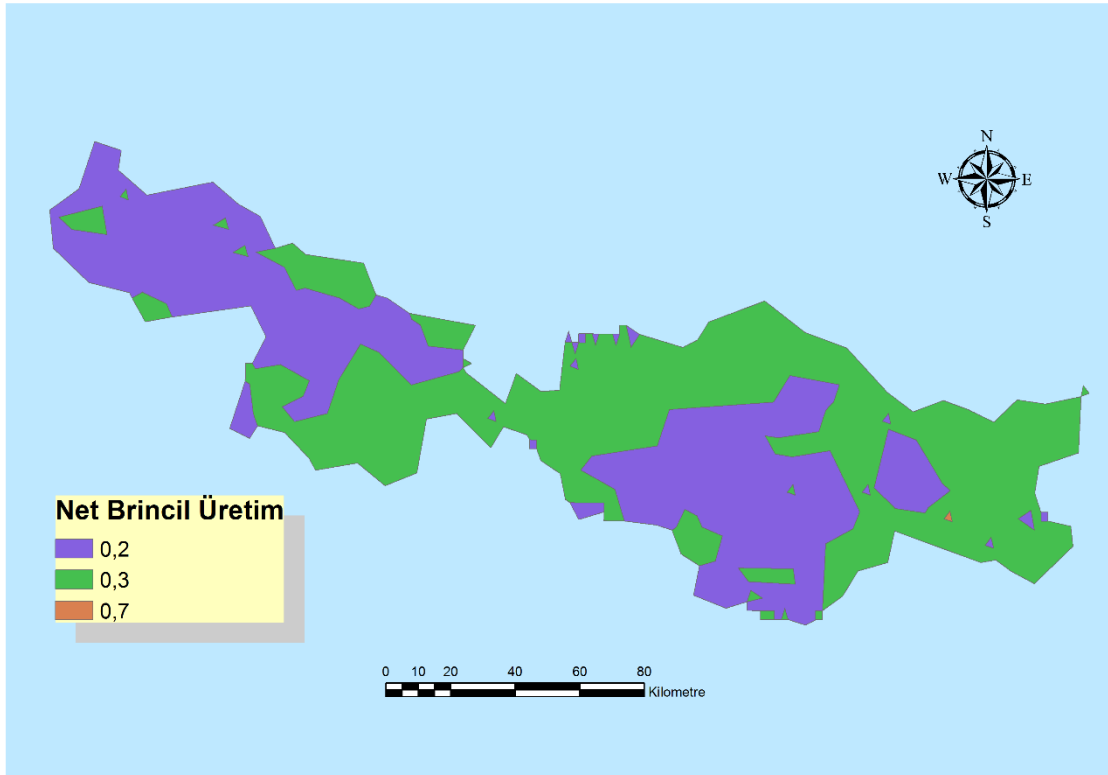
Çizelge 4.29. Net birincil üretim skorları ve alansal dağılımı.

NBÜ Değeri	NBÜ Skoru	% Alan	Alan km ²
1000-2000	0,2	46,03	7476,06
250-1000	0,3	53,95	8764,40
0-250	0,7	0,02	3,99
Toplam		100	16244,45

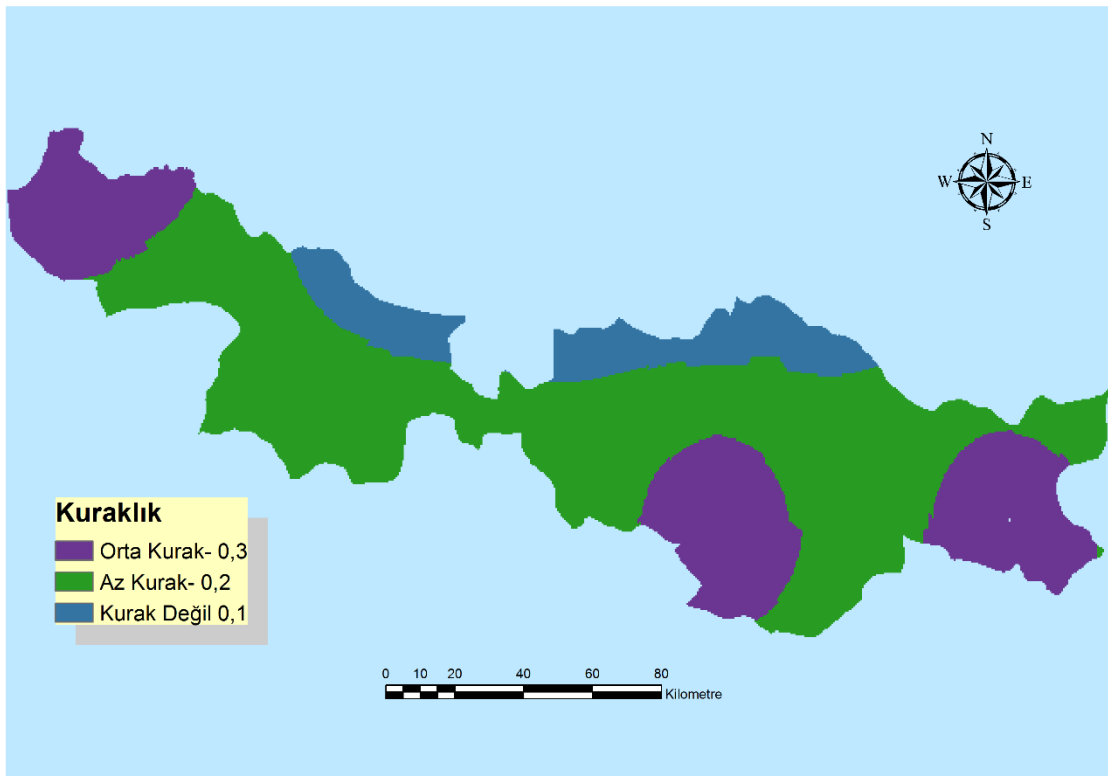
UNESCO kuraklık sınıflarına göre sınıflandırılan kuraklık haritasına atanan skor değerleri Çizelge 4.30 da verilmiştir. Uzman görüşü ile skorlanan kuraklık sınıflarından Orta Kurak sınıfı 0,3 skorunu, Az kurak sınıfı 0,2 ve Kurak değil sınıfı ise 0,1 skorunu almıştır (Şekil 4.61).

Çizelge 4.30. Kuraklık Risk Skorları.

Kuraklık Sınıfı	Kuraklık Skoru
Orta Kurak	0,3
Az Kurak	0,2
Kurak değil	0,1



Şekil 4.60. Sınıflandırılan NBÜ haritası.

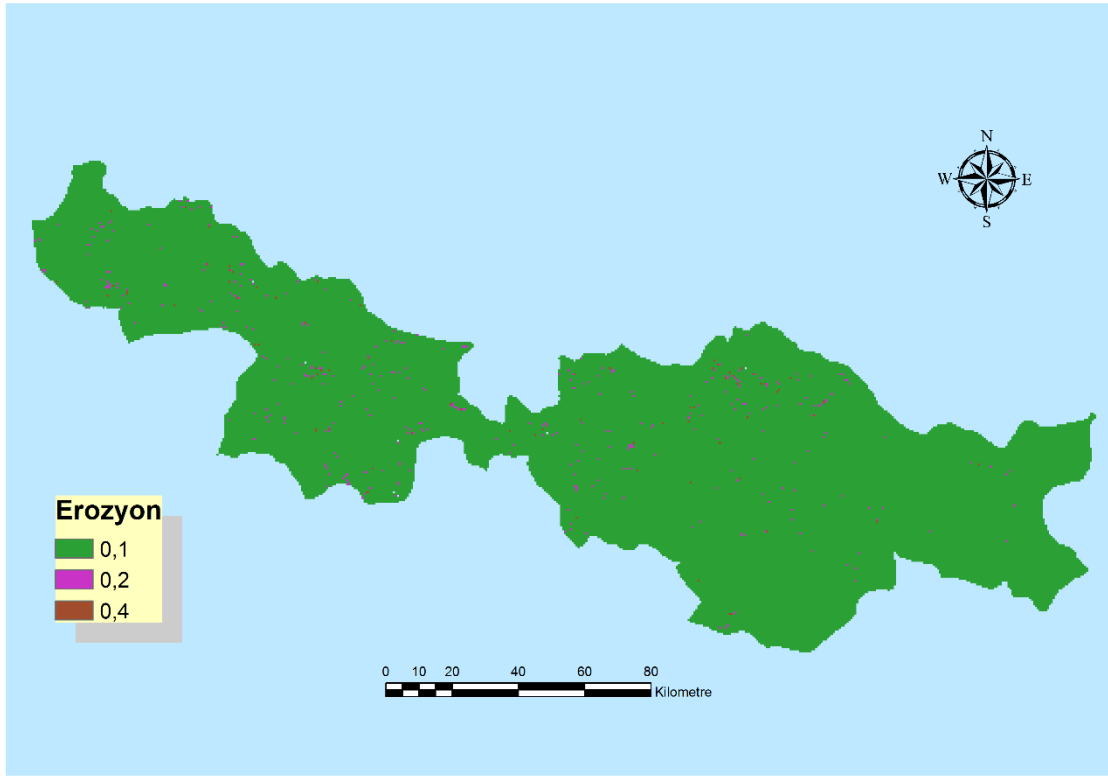


Şekil 4.61. Kuraklık skor haritası.

Usle yöntemi ile belirlenen erozyon haritası ise erozyon sınıfları çok düşük olan sınıfa 0,1 skoru, düşük sınıfına 0,2 skoru, orta sınıfa 0,4 skoru atanarak standardize edilmiştir (Çizelge 4.31). Erozyon sınıflarına atanan skor değerlerinin alansal dağılımı Şekil 4.62’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Erozyon riski skor değerleri.

Erozyon sınıfı	ERD Skoru	% Alan	Alan km ²
Çok Düşük	0,1	12,66	2056,86
Düşük	0,2	77,73	12627,54
Orta	0,4	9,61	1560,05
	Toplam	100	16244,45



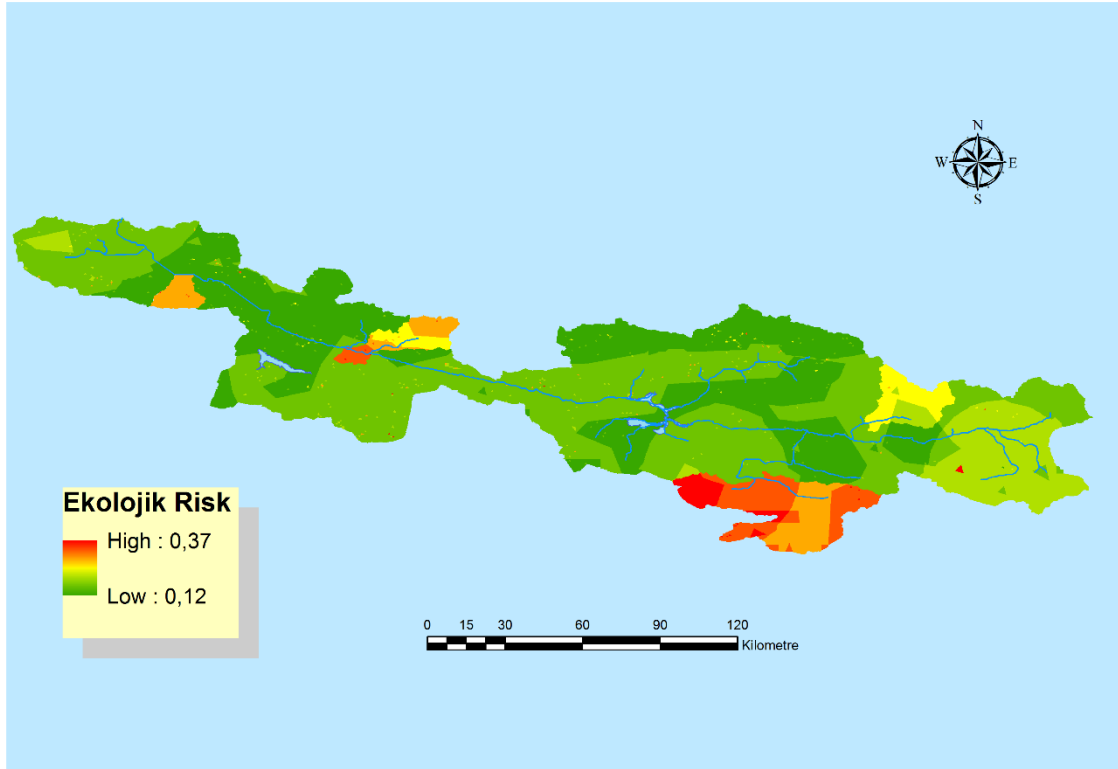
Şekil 4.62. Erozyon riski skor haritası.

Standart hale getirilen her ekolojik risk parametresi, ekolojik risk değerlendirilmesine tabi tutulmak için CBS çatısı altında toplanmış ve ortalaması alınarak Şekil 4.63’ deki ekolojik risk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritaya göre Kelkit havzası 0,125 ile 0,375 skor değerleri arasında değişen ekolojik risk değerleri almıştır. Çizelge 4.32’de verilen ekolojik risk sınıflamasına göre yapılan sınıflandırma sonucunda Kelkit Havzasında düşük ve orta ekolojik risk sınıfları bulunmuştur. Havzanın genel

olarak düşük erozyon durumu, sulak alanlarının kalite özelliklerinin yüksek oluşu, yağışların yeterli olması sebebiyle kuraklık durumunun çok az bir bölgede görülmesi ve yağışlarla birlikte gelişen vejetasyonun verimliliği açısından NBÜ’inde yeteri düzeyde olması havzadaki ekolojik riskin düşük çıkmasına yol açmıştır.

Çizelge 4.32. Ekolojik Risk Sınıfları.

Ekolojik Risk Sınıfları	Skor Değerleri
Çok düşük	0,0-0,1
Düşük	0,1-0,3
Orta	0,3-0,5
Yüksek	0,5-0,8
Çok yüksek	0,8-1,0



Şekil 4.63. Kelkit Havzası ekolojik risk haritası.

5. SONUÇLAR

Doğal kaynaklar üzerinde yapılan bilinçsiz ve aşırı şekilde kullanım, ekosistem üzerinde baskılar oluşturmakta ve bu baskılar ekosistemin dengesini bozarak, ekosistemlerin sürdürülebilirliği konusunda riskleri ortaya çıkarmaktadır. Sürdürülebilirliğin devamlı olması adına söz konusu kullanım kaynaklı baskıların oluşturduğu risklerin ortadan kaldırılması için özellikle, ekosistem dinamiklerini tehdit eden baskılar bütünü olarak tanımlanan ekolojik risklerin doğru ve etkin bir şekilde tespit edilmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Bilinçsiz ve aşırı kullanma sonucu ekosistemlerin verdiği tepkiler olarak meydana gelen çevresel sorunlar, tüm dünyada ekosistemler üzerinde değişimler ile gözlenebilmektedir. Ekosistemlerdeki değişimlerin bozulma derecelerine bağlı olarak ekolojik riskler, konuma ve zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla ekosistemlerdeki değişimin konuma ve zamana bağlı olarak tespit edilmesi, ekolojik risklerin ölçülmesine olanak sağlayacaktır.

ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından (U.S.EPA, 1997, 1998) bir veya birden çok baskı unsuruna maruz kalmanın sonucu olarak olumsuz ekolojik etkilerin ortaya çıkma olasılığının değerlendirilmesi olarak tanımlanan ekolojik risk analizi tanım olarak geniş bir kapsam içerse de en yaygın uygulamaları sadece kimyasal yüklerin izlenmesi ve eşik değerleri aşma durumlarının değerlendirilmesi olarak kalmaktadır. Buna karşın sadece kirlenme odaklı risk analizi yaklaşımı yerine çevresel süreçlerin yarattığı ekolojik riskleri temel alan ekolojik risk yaklaşımı ile çok daha kapsamlı, etkin, erken ve uzun öngörüsü olan sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilecektir (Erdoğan, 2012).

Ekosistemin dinamiklerini tehdit eden baskı unsurlarının belirlenmesi temeline dayanan ekolojik risk modeli, mekânsal olarak ekosistem parametreleri ile ilgili verilerin temin edilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu işlemlerin büyük ölçekli havza çalışmalarında yapılabilirliği konusunda geleneksel arazi işlemleri ve haritalar yoğun iş gücü gereksiniminin yanında hem zamandan hem de ekonomik açıdan zorlayıcı oluşu ekolojik çalışmaların yapılabilirliğini zorlaştırmaktadır. Fakat gelişen teknolojiye paralel olarak UA ve CBS teknolojilerindeki gelişmeler, büyük

veya küçük ölçekli ekolojik çalışmalarda ekosistem dinamikleri ile ilgili verilerin temin edilmesine, analizine ve yorumlanabilmesine imkan vermektedir. Böylelikle ekosistem parametrelerine ait konumsal verilerin temini, analizi ve yorumlanması daha pratik, daha ucuz ve daha etkin bir şekilde gerçekleştirilerek ekolojik risk çalışmaları yapılabilmektedir.

Kelkit Havzası ölçeğinde yürütülen ekolojik risk değerlendirmesi çalışmasında, havzada süregelen çevresel baskı unsuru olarak erozyon, net birincil üretim, kuraklık ve Kelkit nehrinin su kirlilik parametreleri ele alınmıştır. Ekolojik risk değerlendirilmesi yaklaşımı ile bu baskı unsurlarının Kelkit havzası ekosistemine yaptığı etkiler konumsal ve niceliksel olarak tahmin edilerek oluşabilecek riskler belirlenmiştir.

Geliştirilen ekolojik risk modeli kapsamında Kelkit Havzası için baskı unsuru olarak değerlendirilen erozyon durumunun tahmin edilebilmesi için Usle yöntemi kullanılmıştır. Kelkit havzası gibi topoğrafik faktörlerde ve fiziki durumdaki değişkenliğin fazla olduğu alanlarda tutarlı sonuçlar vermesi bakımından, büyük ölçekli alanlarda CBS ortamında kolay bir şekilde etkin sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Erozyon modeli sonucunda Kelkit Havzasında tahmini olarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek erozyon sınıflarının olduğu görülmüştür. Havzada toprak kayıpları 0 ile 619 t ha yıl⁻¹ arasında değişirken, ortalama toprak kaybı havzada 4,63 t ha yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Havzada tahmini erozyonun % 80 oranında çok düşük sınıfında bulunmuştur. Bunun sebebi havza topraklarının büyük çoğunluğunun yüzeyinin örtülü bulunması ve neticesinde yağmur sularının aşındırıcı etkisine karşı direnç kazanması ve bunun yanı sıra yüksek organik madde içeriğinin çimentolayıcı etkisi ile toprakların erozyona direncinin yüksek oluşu söylenebilir. Erozyonun yüksek çıktığı bölgelerde ise temel neden eğimin yüksek olmasına bağlanmaktadır. Erozyonun yüksek çıktığı alanlarda ilgili kurum ve kuruluşların öncelikli alanlar olarak USLE yöntemi ile belirlenmiş, yüksek olan alanlara erozyon önleyici çalışma yapmaları tavsiye edilmektedir.

Ekolojik risk kapsamında baskı unsuru olarak kullanılan Kelkit havzasının kuraklık durumu, kuraklık indeksi yardımıyla hesaplanmıştır. Kuraklık indeksinin hesaplanmasında kullanılan ortalama yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerleri

FAO'nun geliştirdiği LOCCLİM yazılımı ile mekânsal olarak üretilmiştir. Kelkit havzasının kuraklık durumunun belirlenmesi için üretilen mekânsal aylık ortalama yağış verileri 30,58 mm ile 69,36 mm arasında değişirken, potansiyel evapotranspirasyon 2,73 mm ile 2,21 mm arasında değişen değerler almıştır. Kuraklık indeks hesaplaması sonucunda Kelkit havzasında kuraklık 11,20 ile 31,24 arasında değişmektedir. Unesco kuraklık sınıflamasına göre orta kurak, az kurak ve kurak değil sınıflarında havzanın kuraklık durumu ortaya konmuştur. Genel itibariyle havzada kuzeyden güneye doğru kuraklığın az dan çoğa doğru arttığı görölmektedir fakat sadece orta sınıfa kadar kuraklık görölmesi havzada kuraklığın çok ciddi boyutlara ulaşmadığının göstermektedir. Bu sonuçlar Kelkit Havzası içerisinde yer alan tarıma elverişli fakat sulama imkanları olmayan orta kurak alanlarda daha verimli tarım uygulamalarının yapılabilmesine imkan sağlaması adına tarımsal sulama projelerinin ve gelecekte oluşabilecek su kıtlıklarına dair alınacak önlemler için öncelikli alanları bölgesel de olsa ortaya koymuştur.

Bu gibi meteorolojik çalışmalarda kullanılan CBS tabanlı iklimsel modellerde altlık verilerin doğruluğu ve kalitesi, model sonuçlarını direk olarak etkileyeceği için, LOCCLİM yazılımında kullanılacak sayısal yükselti modelinin de çözünürlüğünün yüksek olması ve çıktı haritasının kalitesini ve doğruluğunu direkt olarak etkileyebilmesinden dolayı yüksek çözünürlüklü sayısal yükselti modeli ve daha çok sayıda meteorolojik istasyon verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ekosistemde yaşayan canlıların en önemli yapı taşı olan karbon, yaşamın devamlılığı için atmosferden canlılara sürekli döngü halindedir. Bu nedenle bir ekosistemin verimliliği ve devamlılığının bir ölçüsü olarak karbonu o ekosisteme bağlayan, üzerinde yaşayan bitkilerin yapmış oldukları fotosentez miktarıdır. NBÜ bitki örtüsünün fotosentez ile ürettiği ve solunumla tükettiği karbon miktarının farkını ifade ederek ekosisteme bağlanan karbon miktarını vermektedir. Kelkit havzasında gerçekleştirilen ekolojik risk değerlendirme sürecinde NBÜ verileri baskı unsuru olarak kullanılmıştır. Modis uydu görüntülerinden üretilen Mod17 NBÜ haritaları yardımıyla havzanın mekânsal NBÜ verileri elde edilmiştir. Elde edilen veriler sınıflandırılıp, skorlandıktan sonra ekolojik risk değerlendirmesinde kullanılmıştır. Üretilen mod17 görüntüleri Modis uydusundan oluşturulduğu için alansal çözünürlüklerinin düşük olması (1000 m) sebebiyle havzadaki NBÜ verileri de, detaylı olarak havzanın verimliliği

bakımından kesin sonuçlar verememektedir. Özellikle çok düşük üretim sonuçlarının beklendiği orman sınırlarının bittiği lokasyonlarda ve çıplak alanların tamamında bu görüntüler beklenen değerin üzerinde sonuçlar vermesi nedeniyle, havzada üretim değerleri daha yüksek çıkmış, böylelikle daha düşük ekolojik risk skoru olarak riskin düşük çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Bu gibi büyük ölçekli ekolojik risk çalışmalarında kullanılacak olan mekânsal verilerin yüksek alansal çözünürlükte olmasına dikkat edilmeli, NBÜ haritalarının oluşturulmasında daha yüksek çözünürlüğe sahip modellerle haritaların oluşturulması gerekmektedir.

İzlenen parametreler bakımından Kelkit Havzası yüzey suları belirgin alansal ve zamansal değişiklikler göstermiştir. Bekleneceği üzere, farklı mevsimsel dönemlerde sıcaklık ve sıcaklıkla ilişkili olarak çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu ve redoks potansiyeli gibi parametreler bakımından yüzey sularında önemli zamansal farklılıklar kaydedilmiştir. Zamansal farklılıklar büyük ölçüde ölçümlerin farklı örnekleme noktalarında farklı zamanlarda yapılmasından kaynaklanmıştır.

Bununla birlikte, Kelkit Havzası yüzey sularında su kalite sınıfı başlıca pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, nitrit azotu ve toplam fosfor miktarlarındaki değişimlerle kontrol edilmiştir. Gerçekten, genel şartlar bakımından yüksek pH ve elektriksel iletkenlik izlenen yüzey sularının bazılarında Sınıf II ve III kaliteye gerilemeye neden olmuştur. Şüphesiz yüzey sularında pH çözünmüş inorganik karbon bileşiklerinden ve elektriksel iletkenlik toplam çözünmüş katı madde içeriğiyle, bir diğer ifadeyle doğrudan havzadaki kayaç yapısıyla ilişkilidir (Wetzel, 2001). Benzer şekilde, örnekleme noktalarında kalite sınıfında gerilemeye neden olan oksijen doygunluğu, yüzey sularında başlıca oksijenin çözünürlüğüyle, bir diğer ifadeyle sıcaklık, tuzluluk ve yükseltiyle ilişkilidir (Wetzel, 2001). Gerçekten, örneklemelerin yürütüldüğü yüzey sularında noktasal kentsel deşarjların bulunmadığı ve büyük bir kısmının >1000-2000 m arasında yükseltide konumlandığı göz önüne alındığında, oksijen doygunluğunun Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde (Anonim, 2012) belirtilen %90 ve %70 değerlerinin altına kaydedilmesi doğal olarak görünmektedir. Nispeten yüksek tuzluluk oksijen doygunluğunda azalmaya neden olabileceği de göz önüne alınmalıdır (Wetzel, 2001).

Ancak, Yönetmeliğin nutrient parametreleri bakımından izlenen örnekleme noktalarının hemen tamamı Sınıf II kalite olarak kategorize edilmesine neden olan nitrit azotu ve toplam fosforun kaynağı insan faaliyetleri olabilir. Nitekim geçen yüzyıl boyunca artan tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ile kentsel deşarjlar yüzey sularında azot ve fosfor artışının başlıca nedeni olarak görülmektedir (Vitousek ve ark., 1997; Carpenter ve ark., 1998; Smith ve ark., 1999). Kelkit Havzasının önemli bir tarım alanı olduğu göz önüne alındığında, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan fosfor girdisinin Kelkit Havzasında toplam fosfor miktarlarında artışa neden olduğunu düşündürmektedir. İzlenen yüzey sularının minimum oksijen doygunluğunun ise nitrifikasyon hızında azalmaya ve bu nedenle nitrit miktarlarında artışa neden olduğunu düşündürmektedir. Bu iki faktör göz önüne alındığında, hem doğal süreçlerin ve hem de insan faaliyetlerinin izlenen yüzey sularında su kalitesinde gerileme nedenleri olduğu söylenebilir.

Kümeleme analizi izlenen su kalitesi parametrelerinin maksimum değerleri bakımından havzadaki yüzey sularını Kelkit Çayı üst ve orta bölümü ile alt bölümü ve kolları olmak üzere iki gruba ayırdığı söylenebilir. Gerçekten, bu parametrelerin değişimi bakımından Kelkit Çayının alt havza bölümünde seçilen noktaları ve orta havza bölümü kol akarsuları benzer kümelerde gruplanmıştır. Bunun yanı sıra, çoğunlukla Kelkit Çayının üst ve orta bölümünden seçilen örnekleme noktaları ile baraj gölleri daha yakın benzerlik göstermiştir. Kümeleme analiziyle elde edilen bu ilişkiler, kol akarsuların Kelkit Çayı su kalitesi üzerindeki etkisini ve baraj gölleri inşasının çaydaki su kalitesini yönlendirme etkisi olduğunu düşündürmektedir. Nitekim faktör analizi ve ana bileşenler analizi havzadaki yüzey sularının kalitesinde varyasyona neden olan başlıca faktörlerin çözünmüş katı madde içeriği ile ilişkili değişkenler olan elektriksel iletkenlik ve tuzluluk, askıda katı madde ve bulanıklık olduğunu göstererek bu öneriyi kısmen desteklemektedir. Havzanın orta bölümündeki kol akarsuların karakteristiklerinin Kelkit Çayı alt havza bölümüne benzerlik göstermesi, orta havza bölümündeki baraj gölleriyle akış sürekliliğinin kesilmesinin askıda katı madde yanı sıra çözünmüş katı madde çökmesine neden olduğunu düşündürmektedir.

Su kalite parametrelerinin incelenmesi ile birlikte havzanın su kalitesi de mekânsal olarak ekolojik risk değerlendirmesine baskı unsuru olarak katılmıştır. Su kalite parametrelerini mekânsal olarak dahil etmek için Kelkit Havzası CBS yardımıyla alt

havzalara ayrılmış ve her alt havzaya düşen istasyonların genel şartlar kalite parametreleri o alt havzanın kalite parametreleri olarak veri tabanına girilmiştir. Her kalite sınıfına ekolojik risk skorları atanarak su kirliliğine ait ekolojik skor haritası üretilmiştir. Üretilen haritada 1. Sınıf kalitedeki alt havzalara 0,1, 2. Sınıf kalitedeki alt havzalara 0,3 ve 3. Sınıf kalitedeki havzalara ise 0,5 skoru atanmıştır.

Skorlanarak standart hale gelen her ekolojik baskı unsuru haritası, CBS ortamında toplanmış ve ortalamaları alınarak Kelkit Havzası için ekolojik risk haritası oluşturulmuştur. Havza genel olarak düşük risk sınıfına girmektedir. Bunun temel nedeni ekolojik baskı unsurlarının da düşük skor puanları almasından kaynaklanmaktadır. Kelkit nehrinin su kalitesinin istenen seviyede olması, erozyonun sadece çok küçük bölgelerde yüksek olması ve genel havza ortalamasının düşük olması, kuraklık durumunun istenen seviyede olması ve net birincil üretim değerlerinin yüksek olması ekolojik riskin düşük olmasına neden olmuştur.

Ülkemiz zengin ekolojik ve biyolojik çeşitliliğe sahip ender ülkelerden bir tanesidir. Ne yazık ki yaşanmakta olan bazı çevresel olaylar bu durumu risk altına almaya başlamıştır. Ülkemizde, her yıl 20.000 ha 'ın üzerinde orman yok olması, zengin biyoçeşitliliğe sahip kumul alanlarımızın % 80'inin yok olması, sulak alanlarımızın son 30 yıl içinde kurutulması, mera ve çayır arazilerimizin tarım alanı olarak açılması, ülkemizde ender bulunan, nesli dünya çapında tehlikede olan türlerin sayısında meydana gelen azalmalar ekolojik risklerin bir an önce önüne geçme ihtiyacını ortaya koymaktadır (Anonoim, 2000). Kelkit havzası gerek tarımsal boyutu, gerekse de biyoçeşitlilik bakımından nadir bulunan bölgelerden bir tanesi konumundadır. Özellikle ilçe merkezlerinde kentsel deşarjların Kelkit ırmağına ulaşmasını engellemek için atıksu artıma tesisleri ve düzenli atık depolama tesisleri kurulmalı, üretilen belediye atıklarının çoğu düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmelidir. Özellikle tarımın yüksek olduğu kesimlerde bilinçli gübre kullanımı sağlanmalı, sulama, ilaçlama ve torak işleme gibi konularda modern tekniklerin kullanılması sağlanmalıdır. Yarı kurak alanlarda kuraklığa dayanıklı ağaç türleri tespit edilerek bu türlerde ağaçlandırma, bunun zor ve masraflı olduğu alanlarda ise bitkilendirme yoluna gidilmelidir. Özellikle HES inşaatlarının olduğu kısımlarda kesilen ağaçların en kısa zamanda tekrardan kazandırılması için çalışmalara başlanması, hem çıplak arazinin erozyona duyarlı

olmasının önüne geçilmesini sağlayacak hemde Kelkit nehri üzerine yapılacak HES barajlarının sedimentlerle dolmasını önleyecektir. Günümüzde ekolojik risklerin düşük olduğu bu havzanın sürdürülebilir bir şekilde kullanılması adına gerekli olan arazi ve orman planlarının bir an önce yapılması, havzanın gelecek kuşaklara bozulmadan geçmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada, ekolojik risk oluşturan doğal yada antropojenik kaynaklı çevresel olaylar, UA ve CBS yardımıyla belirlenmiş ve belirlenen ekolojik tehditler CBS ile bütünleşik çalışan ekolojik bir model kullanılarak, havzanın ekolojik risk durumu mekânsal ve boyutsal olarak haritalanmıştır. Kelkit havzasında gerçekleştirilen bu çalışma ile ekosistem parametreleri temelinde modelleme yaklaşımı kullanılarak yapılan ekolojik risk analizinin, havza ölçeğinde yapılacak ekolojik çalışmalar için etkin ve hızlı bir yaklaşım olduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Adams, S.M. and M. Power, 1997. Assessing the current status of ecological risk assessment. *Environmental Management*, 21(6), 825-830.
- Akgül, F., 2006. Karamenderes Çayı İçerisinde Nutrient Yoğunluğu ve Planktonik Birincil Üreticilerin Biyokütleli Değişimlerinin İzlenilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Akın, M., & Akın, G. 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 47, 2 105-118.
- Aktimur, T.H., Ateş,Ş., Yurdakul,M.E., Tekirli,M.E. ve Keçer, M.,1992. Niksar-Erbaa ve Destek Dolayısının Jeolojisi. *MTA Dergisi* 114, 25-36.
- Anonim., 1990. Guidelines for Soil Description. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.
- Anonim, 1992. United Nations, Long-range World Population Projections: two centuries of Population Growth. 1950- 2150, UN, Newyork.
- Anonim, 1999. Ecological Risk Assessment in the Federal Government, Committee on Environment and Natural Resources on the National Science and Technology Council, Washington, p.183.
- Anonim, 2000. Doğal Hayatı Koruma Derneği Tanıtım Broşürü. İstanbul, s.22.
- Anonim, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 2015b. Numerical Terradynamics Simulation Group. Modelling and Monitoring Ecosystem Function of Multiple Scales. www.ntsg.unt.edu/project/mod17.
- Anonim, 2015c. http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php.
- Anonim.,2015a.<http://www3.tema.org.tr/Sayfalar/CevreKutuphanesi/Pdf/Erozyon/AraziKullanimiveErozyonIliskisi.pdf> .
- APHA, 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. Edt. Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Franson, M.A.H. 1995. Washington, DC.
- Arnoldus, H.M.J. 1977. Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin*, 34: 39–51.

- Arnoldus, H.M.J. 1980. An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation. In: M. De Boodt and D. Gabriels (Editors), Assessment of Erosion. J.Wiley and Sons, Chichester, England. p. 127-132.
- Atalay, İ. 1982. Toprak Coğrafyası, İzmir.
- Atalay,İ., 1982. Türkiye Jeomorfolojisine Giriş, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları, No 9, 284 s., İzmir.
- Atalay, İ. 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Ateşalp, M. 1976. Soil and Water Sampling for Analysis. Soil and Fertilizer Research Institute, General No: 68, Farmer Pub. No:3.
- Bank, E., 1994. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Analiz Türleri, Kullanım Amaçları ve Uygulama Alanları, Harita Genel Komutanlığı Yayını, Harita Dergisi, 112,
- Baykan, O., 1994. Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri”, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, PAÜ, s. 383-397, Denizli.
- Berberoğlu S., Dönmez C., Özkan C., 2007. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat Meris Veri Seti Kullanarak Modellenmesi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – Tikdek, 11 - 13 Nisan 2007, İtÜ, İstanbul.
- Bohn, L., Hinrich., McNeal, L.B., O’Connor, A.G., 1979. Soil Chemistry. John Wiley and Sons. New York, USA. pp: 248-263.
- Bonneau LR, Shields KS, Civco DL (1999). Using satellite images to classify and analyze the health of hemlock forests infested by the hemlock woolly adelgid. Biological Invasions 1: 255–267.
- Bouyoucos, G, J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agron. Jour. 43: 434-438.
- Buhan, E. 2015. Orta Karadeniz’de Bir Akdeniz. Phanoria, Tokat İş Dünyası, Kültür ve Yaşam Dergisi. Ocak-Şubat, Sayı:07, s:57-58.
- Burrough, P. A., 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Monographs on Soil and Resources Survey No:12, Oxford Science Publications, London.
- Bryant, E.A., 1993. Natural Hazards, Cambridge University Press.
- Campbell, J.B., 1996, Introduction to Remote Sensing, Second Edition (New York-London: The Guilford Press).
- Campbell, J.B., 1996, Introduction to Remote Sensing, Second edition (New York London: The Guilford Press).

- 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
- Celep, F., Z. Aytaç, F. Karaer., 2006. Plant Diversity and Distribution in the Lower Tersakan Valley (Amasya-Turkey). *Flora Mediterrenean*, under review.
- Chapman, D. and F.P. Pratt, 1961. *Methods of Analysis for Soils, Plant and Water*, Univ. of California Div. Agr. Sci.
- Chen, J. M., Liu, J., Cihlar, J., Ve Ark., 1999. Daily Canopy Photosynthesis Model Through Temporal And Spatial Scaling For Remote Sensing Applications. *Ecological Modelling*, Vol.124, Pp.99-199.
- Chiesi, M., Maselli, F., Bindi, M., Fibbi, L., Cherubini, P., Arlotta, E., Tirone, G., Matteucci, G., Seufert, G., 2005. Modelling Carbon Budget Of Mediterranean Forest Using Ground And Remote Sensing Measurements. *Agricultural And Forest Meteorology*, Vol.135, Pp.22-34.
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 10, ANKARA.
- Çepel N, Yüksel M, Işık K, Altın M, Orak A, Neyişçi T, Sarı M, Ergün C., 2006. Erozyon, Doğa ve Çevre. Tema Yayınları, İstanbul.
- Davis, P.H., 1965-1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 1-10, Edinburgh University Press. Edinburgh.
- Davis, P.H., 1971. Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. *Plant Life of South-West Asia*. Edited by Davis Harper and Hedge. Botanical Society of Edinburgh, Great Britain.
- Demers, M.N., 1997. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. John Wiley Sons, Inc. New York.
- Demir, A., 2009. Küresel İklim Değişiminin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2, Sayfa 37-54, Ankara.
- Dirim, S., 2006. Aşağı Kelkit Havzası Doğal Sulak Alanında Bitkilerle Fosfor Gideriminin Araştırılması., *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi.*, Sakarya., s:19.
- Doğan H.M., Kılıç O.M., 2014. Yılmaz, D.S. Tokat İli Bitki Yoğunluk Sınıflarının LANDSAT-7 ETM+ Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Araştırılması. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University. TOKAT*. ISSN: 1300-2910. doi:10.13002/jafag686
- Doğan, O., "Türkiye'de Toprak Kaynakları, Sorunları ve Çözümler", *Standart Dergisi*, Yıl: 34, Mayıs 1995, s.73
- Dracup, J.A., Lee, K.S., Paulson, E.G., 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research* 16(2):297-302.

- Dutkuner, İ., Fakir H., 1999. Erozyon Kontrolü ve Ağaçlandırma. Ekoloji. Cilt:8, Sayı:32, s:14.
- Edwards, M.C., Wellens, J, Al-Eisawi D., 1999. Monitoring the grazing resources of the Badia region, Jordan, using remote sensing. Applied Geography, 19: 385–398.
- EIE, 2003. Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ekerci, S., 2007 . Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu İle Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Elmacı, S., 2004. Orta Yeşilirmak Havzasının (Kelkit- Tersekan Çayları Arası) Coğrafi Etüdü. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum. s:34.
- ERDAS, 1995. ERDAS Imagine, Imagine Production Tour Guides. ERDAS, Inc., Atlanta, Georgia.
- ERDAS, 1997. ERDAS Field Guide, Fourth Edition. ERDAS, Inc., Atlanta, Georgia.
- ERDAS, 2003. Erdas Field Guide, 7th ed., pp. 146, 180–184 (Atlanta GA: Leica Geosystems, GIS and Mapping LLC).
- Erdoğan, M.A., 2012. Büyük Menderes Havzası İçin Ekolojik Risk Analizi Yöntemi Geliştirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s:2;167.
- ESRI, 2004. ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- ESRI, 2005. ArcGIS 9, What is in ArcGIS 9.1. Environmental Systems Research
- Evrendilek, F., Berberoğlu, S., Taşkınsu-Meydan, S., Yılmaz, E., 2006. Quantifying Carbon Budget Of Conifer Mediterranean Forest Ecosystems, Turkey. Environmental Monitoring And Assessment, Vol.119, Pp.527-543.
- Feng, X., Liu, G., Chen, J. M., Chen, M., Liu, J., Ju, W. M., Sun, R., Zhou, W., 2006. Net Primary Productivity of China's Terrestrial Ecosystems from a Process Model Driven by Remote Sensing. Journal of Environmental Management, Vol.85, pp.563-573.
- Goodchild, M.F., 2001. Metrics of scale in remote sensing and GIS, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 3, 114-120.
- Gökdayı, İ. 1996. Doğal Kaynakların ve Çevrenin Korunmasında Önemli Bir Tehdit UNSURLU: Ekolojik Bunalım ve Sorunun Kapitalizm'den Kaynaklanan Sonuçlarının Dünyanın Geleceğine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi dergisi. 1996;1-10.

- Gümrükçüoğlu M, Baştürk O., 2008. Sürdürülebilir Su Yönetiminde Nehir Kirliliği Üzerine Bir Çalışma. Ankara. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi.
- Gürer, İ., 2007. Küresel Isınma, Türkiye'nin Su Kaynakları, Olası Etkileşim, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İTÜ, İstanbul, s. 8-27.
- Haan, C.T., Bartfield, B.J., Hayes, J.C. 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments, Academic Press: USA.
- Hach, 1997. Hach Dr/2010 Spectrophotometer Instrument Manual. Hach Company, U.S.A. Hoffer, R.M., V. J. C., Lindenlaub, 1976. Interpretation of Multispectral Scanner Images, Fundamentals of Remote Sensing Minicourse study Guide No:14, Purdue Univ., Indiana.
- Harris, J.H., R.B. Wenger, A.V. Harris, and D.S. Devault, 1994. A method for assessing environmental risk: A case study of Green Bay, Lake Michigan, USA, Environmental Management, 18(2): 295-306.
- Hoffer, R. M., & Lindenlaub, J. C. 1976. Fundamentals of Remote Sensing: Interpretation of Multispectral Scanner Images. Purdue Research Foundation, Purdue University.
- Holmes, G., Singh, B.R., Theodore, L., 1993. Environmental Risk Assessment. "in, Handbook of Environmental Management and Technology", John Wiley & Sons, Inc., New York. 628 p., p.573-583.
- Hogsett, W.E., J.E. Weber, D. Tingey, A. Herstrom, E.H. Lee and J.A. Laurence, 1997. An approach for characterizing tropospheric ozone risk to forests. Environmental Management, 21(1): 105-120.
- İrvem, A., F. Topaloğlu, V. Uygur. 2007. Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey. Journal of Hydrology, 336:30-37.
- İşlem, 2004. ArcGIS-9 Uygulama Dökümanı. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, Ankara.
- Jackson, M.L., 1959. Soil chemical Analysis, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., Saxena, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4, 1-10.
- Jensen, J.R., 1996, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Second edition (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall).
- Kadıoğlu, M. 2008. Kuraklık risk yönetimi, Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül 2008, Konya.
- Karaer, F., 1994. Kelkit Vadisinin Florası ve Vejetasyonu, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Keleş, R., 1992. İnsan, Çevre, Toplum. İmge Kitabevi, Ankara, , s.45.

- Kelly, M.G. and Whitton, B.A., 1998. Biological Monitoring of Eutrophication in Rivers, *Hydrobiologia*, 348, 55-67.
- KHGM, 2002. Türkiye Ulusal Toprak Veri Tabanı. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Köyhizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://www.khgm.gov.tr>
- Kılınç, M, ve Kutbay, H.G. 2008. Bitki Ekolojisi. Geliştirilmiş 2. Baskı. Palme yayınları:275. ISBN: 975-8624-23-0. Ankara.
- Kodal S., Tüzün A.M., 2011. “GAP’ta Tarımsal Kuraklık ve Alınabilecek Önlemler”, Türkiye’de Kuraklık ve Su Kaynaklarımız konulu panel konuşma metni.
- Kooistra, L., R.S.E.W. Leuven, P.H. Nienhuis, R. Wehrens and L.M.C. Buydens, 2001. A procedure for incorporating spatial variability in ecological risk assessment of Dutch river floodplains. *Environmental Management*, 28(3): 359-373.
- Kokkokoğlu, N., 2006. İç Anadolu Bölgesi Kuraklık Sürelerinin Parametrik ve Nonparametrik Yaklaşımla Analizi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E., 2002. Normallestirilmiş Yağış İndeksi Metodu (SPI) ile Türkiye de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi, DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Lal R., Ahmadı M. and Bajracharja R.M., 2000 Erosional Impacts On Soil Properties and Corn Yield On Alfisols in Central Ohio. *Land Degradation-Development* 11, 575-585.
- Lal, R., 1994. *Soil Erosion Research Methods* (ed.) . St Lucie Press. Delray Beach FL 33483 USA.
- Lal, R., Pierce, F.J. 1991. The vanishing resource, soil management for sustainability, Soil And Water Conservation Society.
- Landis, W.G., M-H. Yu, 1999. *Environmental Toxicology, Impact of Chemicals upon Ecological Systems*, Second Edition, Chapter-11, Lewis Publishers, CRC Press LLC.
- Lemly, A.D., 1997. Risk assessment as an environmental management tool:considerations for freshwater wetlands, *Environmental Management*, 21(3): 343-358.
- Lepš J, Šmilauer P, 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*, Cambridge University Press, Cambridge: 373pp
- Lieth, H., Whittaker, R. H., (Eds), 1975. *Primary Productivity Biosphere*. Speinger, New York.
- Lillesand, T. M., R.W. Kiefer, 1994. *Remote sensing and image interpretation*. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. Canada.

- Lobell, D.B., Hicke, J.A., Asner, G.P., Field, C.B., Tucker, C.J., Los, S.O. 2002. Satellite Estimates of Productivity and Light Use Efficiency in United States Agriculture, 1982-1998. *Glob. Chem. Biol.*, 8: 722-735.
- Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12.
- Lu, L., Li, X., Veroustraete, F., Dong, Q. H., 2004. Estimation Of Npp İn Western China Using Remote Sensing And The C-Fix Model. *Geoscience And Remote Sensing Symposium. Igarss'04. Vol.1, Pp.14.*
- Lubchenco J. 1998. Entering the century of environment: A new social contract for science. *Science*, 279:491-7.
- Mam-Çe, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Yeşilırmak Havzası Projesi, Tübitak Mam Çevre Enstitüsü (ÇE), 557 s.,
- Mansuroğlu, S. 2004. “Kentleşmeden Kaynaklanan Çevre Sorunlarının Yeraltı Sularına Etkileri”. 1. Yeraltı suları Ulusal Sempozyumu. Konya. Sf. 323-331.
- Mather, P.M., 2004. Computer Processing of Remote-Sensed Images: An Introduction, 3rd ed. John Wiley and Sons Inc., Chichester, New York.
- Matson PA, Parton WJ, Power AG, and Swift MJ., 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277:504-09.
- McGrew J.C.Jr. And Monroe C.B. 1993. Statistical Problem Solving in Geography. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.
- Mcnaughton, S.J., 1990. *Ibid.* 345. 613.
- Mengü, G.P., Anaç, S., Özçakal, E., 2011. Kuraklık Yönetim Stratejileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2011, 48 (2): 175-181 ISSN 1018 – 8851.
- Mohr Van Meer, H., 1976. Camera and Multispectral Scanner Systems in Remote Sensing as Applied To Geologic Part I. Data Collection, ITC, Enschede.
- Monteith, J. 1972. "Solar radiation and productivity in tropical ecosystems." *Journal of Applied Ecology* 9: 747-766.
- Nas, B. Berktaş, A. Aygün, A., Ertuğrul, T. 2004. “Yeraltısuyu Kirliliğinde Potansiyel Kaynaklar Ve Konya Kenti Örneği”. 1. Yeraltı suları Ulusal Sempozyumu. Konya. sf. 287-297.
- Nelson D.W. and L.E.Sommers, 1982. Total Carbon , Organic Carbon and Organic Matter. in Page, A. L., Miller, H.R.& Keeney, R.D. (Eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin, Usa*, pp. 539-577.
- Noble I., Dirzo R. ,1997 Forests as human-dominated ecosystems. *Science*, 277:522-5.
- Oguz, İ., Cebel, H., Özden, Ş., Ayday, E., Demiryürek, M. 2002. Türkiye Ünlversal Toprak Kaybı Eşitliği Rehberi. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü,

- APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları., Ankara.
- Oğuztürk, G., Yıldız, O., 2014. Kırıkkale İli'nde Farklı Zaman Periyotları için kuraklık analizi. International Journal of Engineering Research and Development, Vol.6, No.2, June., s:1.
- Olsen S.R., and L.A. Dean, 1965. Phosphorus Ed. C. A. Black Methods of Soil Analysis Part 2. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, Wisconsin, 1035-1049.
- Öztaş T, Özbek AK, Turan M., 2002. The cost of soil lost from fields due to removal on harvested sugarbeet: A case study in Turkey. Soil Use and Management 18, 236-237.
- Preston, B.L., 2002. Indirect effects in aquatic ecotoxicology: implications for ecological risk assessment. Environmental Management, 29(3): 311-323.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (USLE), Agriculture Handbook, 703 USDA, Washington
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, Us Salinity Laboratory, USDA, Handbook.
- Rowe, D.W. 1981. Methodology and Myth. "in, Risk/Benefit Analysis in Water Resources Planning and Management, Ed Y.Y.Haimes", Plenum Press, New York. 291 p.,p.59-67, 79-80, 87.
- Sabins, F.F.Jr., 1987, Remote Sensing Principles and Interpretation, Second Edition (New York: W. H. Freeman & Co).
- Salihoğlu, G., Pınarlı, V., Salihoğlu, K. Erbey, N. H., Kuşku, S., 2001. Uludağ İçin Ekolojik Risk Değerlendirmesinde Problem Formülasyunu, Çevre Mühendisleri Odası, IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Mersin, Türkiye.
- Sarbanoğlu, H., 1991. Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Veri Toplama Yöntemleri Bölüm 2, Harita Genel Komutanlığı Yayını, Harita Dergisi, 107, 51-81, Ankara.
- Schanda, A., 1976. Remote Sensing for Environmental Sciences, Ecological Studies, 18., s.304-348, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Newyork.
- Schimmel, D. S., 1995. Terrestrial Ecosystems And The Carbon Cycle. Global Change Biol., Vol.1, Pp.77-91.
- Schlesinger, W.H., 1991. Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. Academic Press, San Diego, Ca.
- Schrader, S. and R. Pouncey, 1997. Erdas Field Guide, 4th ed. Erdas Inc, Atlanta, USA.

- Serveiss, V.B., 2002. Applying ecological risk principles to watershed assessment and management, *Environmental Management*, 29(2): 145-154.
- Sırdaş, S. 2002. Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul.
- Simeonov V., Stratis J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis. A., Sofoniou, M., Kouimtzis, T., 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res* 37:4119-4124
- Sinha S, Basant A, Malik A, Singh KP, 2009. Multivariate modeling of chromium-induced oxidative stress and biochemical changes in plants of *Pistia stratiotes* L. *Ecotoxicology* 18:555-566
- 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.
- Solomon, K.R. and P. Sibley, 2002. New concepts in ecological risk assesment: where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, 44: 279-285.
- SPSS, 2001, SPSS 12.0 for Windows (Chicago:SPSS).
- Sun, O., 1980. Kızılçam Türüne ait Biyolojik Kütlenin Saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 104. Ankara.
- Suter, G.W., R.A. Efroymsen, B.E. Sample, D.S. Jones, 2000. *Ecological Risk Assesment for Contaminated Sites*, CRC Press LLC.
- Şehsuvaroğlu, H., 1991. Harita Genel Komutanlığında Kullanılan Arc/Info, Arcview ve Mge Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımlarının Uygulamalı Olarak Karşılaştırılması, Harita Yüksek Teknik Okulu Bitirme Tezi, Ankara.
- Şen, B., Koçer, M.A.T., Alp, M.T., 2002. Hazar Gölü'ne Boşalan Akarsuların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14, 1, 241-248.
- Şen, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s 265 – 285.
- Temiz, H., 1989. Niksar (Tokat) Güneydoğusunda Kuzey Anadolu Fay Zonunun Jeolojik ve Tektonik Özellikleri, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122 s., Sivas.
- ter Braak CF, Verdonschot PM, 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquat Sci* 57:255-289
- ter Braak CJF, 1995. Ordination. In: Jongman RHG, ter Braak CJF, van Tongeren OFR (eds) *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge: 91-173

- Thompson, M.V., Randerson, J.T., Malmstrom, C.M., Field, C.B., 1996. Change In Net Primary Production And Heterotrophic Respiration: How Much Is Necessary To Sustain The Terrestrial Carbon Sink? *Global Biochem. Cycles*, Vol.10, Pp.711
- Tilman D. Fargino J, Wolff B., 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*,;292:281-4.
- Tosun, F., 2004. Uydu Görüntüsü Ürünleri Ve Uzaktan Algılama Yöntemiyle Yükseklik Analizi Çalışmalarına Bakış Yüksek Lisans Tezi Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Gebze.
- Tubives, 2003, Türkiye Bitkileri Veri Servisi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) <http://www.tubitak.gov.tr/tubives>.
- Tucker, C.J., 1979, Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, pp. 127-150.
- Turanlı, M., ve S.Güriş, 2000. Temel İstatistik. Ders Yayınları: 273, İstanbul, 783s.
- Tümertekin, E., 1956 “Türkiye’de Kurak Mevsimler”, T.C.D Sayı 15-16: 193-197s, İstanbul.
- Türkes, M., 1996. “Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey” *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076,
- Türkeş, M., and Tatlı, H., 2009. “Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey”, *International Journal of Climatology*, 29:2270-2282,
- Tynan, C.T., 1998. Ecological Importance of the Southern Boundary of the Antarctic Circumpolar Current. *Nature*, Vol.392, pp.708-710.
- USEPA, 1992. Framework for Ecological Risk Assessment, Risk Assessment Forum, Washington, EPA/630/R-92/001.
- USEPA, 1994. ECO Update: Field Studies for Ecological Risk Assessment, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington D.C. p.12.
- USEPA, 1994. ECO Update: Field Studies for Ecological Risk Assessment, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington D.C. p.12.
- USEPA, 1996. United States Environmental Protection Agency. Waquoit Bay Watershed Ecological Risk Assessment Planning and Problem Formulation, EPA/630/R-96/045A (Draft). Washington, D.C. 111.
- USEPA, 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F, Risk Assessment Forum, Washington D.C. 114p., p.l-100.
- USEPA, 1997. Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments, EPA-540-R-97-006. Solid Waste and Emergency Response, Washington D.C. 106p.

- USEPA, 2000. United States Environmental Protection Agency. Ecological risk assessment for the Middle Snake River, Idaho. Region 10 Office of Environmental Assessment, Washington, D.C. 100.
- Van Leeuwen, C.J., 1997. Ecological risk assessment: an input for decision-making. *Environmental Management*, 21(6): 812-816.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenko, J., Melillo, J.M., 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277:494-499
- Wachal, D.J., Banks, K.E., 2007. Integration GIS and Erosion Modeling: a tool for Watershed Management, ESRI 2007 International User Conference, Paper no: UC1038.
- Waring Rh, Running Sw. 1998. *Forest Ecosystems, Analysis At Multiple Scales*. Academic Press.
- Wenger, R.B., H.J. Haris and D.S. Devault, 2000. An assessment of ecosystem risks in the St. Croix national scenic riverway, *Environmental Management*, 25(6): 599-611.
- Wetzel RG, 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*, San Diego, CA, Academic Press: 1006 pp
- Wetzel, R.G. and Likens, G.E., 1991. *Limnological Analyses*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, 391pp.
- Wilding, L.P., Bouma, J., Ve Goss ,D.W., 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. 65-75, In: *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes*. R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) Soil Sci. Soc. Am. J Special Publication Number 39, Madison Wisconsin, USA.
- Wischmeir, W.H., 1975. Estimating the soil loss equations cover and management factor for undisturbed lands. In "Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources" USDA-ARS Publication ARS-S-40, pp. 118-124, USA.
- Wischmeier W.H., 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J Soil and Water Conserv* 26:189-193.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, USDA Agricultural Handbook, ABD Tarım Bakanlığı, Washington, DC, ABD.
- Wolfe, S.A. 1997. Impact of increased aridity on sand dune activity in the Canadian Prairies. *Journal of Arid Environments*. 36: 421-432.
- Yaltay, N., 2006. Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Van.

- Yeğnidemir, M.K., 2005. İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Yıldız, O. 2014, "Spatiotemporal Analysis of Historical Droughts in the Central Anatolia, Turkey", Gazi University Journal of Science,
- Yılmaz, A., Şahin, K., Şahin, H.M., 2013. Depreme bağlı yer değiştiren bir şehir: Erbaa, Tokat. Uluslararası, Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt: 6 Sayı: 24, Kış.
- Yin, Y.Y., G.H. Huang and K.W. Hipel, 1999. Fuzzy relation analysis for multicriteria water resources management. Journal of Water Resources Planning and Management, 125(1), 41-47.
- Yorulmaz, B., 2006. Eşen Çayı (Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açından İncelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yue-qing X., P. Jian, S. Xiao-mei, 2009. Assessment of soil erosion using USLE and GIS: a case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China. Environ Geol, 56:1643–1652.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., Gündoğan, R. 2007. Using The WEPP Model To Predict Sediment Yield In A Sample Watershed In Kahramanmaraş Region. International Congress on River Basin Management (22-24 March), Antalya.
- Yüksel, S. Nalbantçılar, M.T. Balkaya, N. Onar, A.N. 1997. “Samsun ili içmesuyu kuyularındaki çevresel kirliliğin araştırılması”. 50. Jeoloji Kurultayı Etkinlikleri, Yeraltısuyu Sempozyumu Bildiri Özleri, 2-4 Nisan 1997. Ankara.
- Zandbergen, P.A., 1998. Urban watershed Ecological Risk Assessment Using GIS. A case study of the brunette river watershed in British Columbia, Canada. Journals of Hazardous Materials., S0304-3894(98)00120-4. 163-173.
- Zhong, L., Apps, E., Banfield, W., Kurz, A.W., 2002. Estimating Net Primary Productivity Of Forests İn The Canadian Prairie Provinces Using An Inventory-Based Carbon Budget Model. Canada Journal Of Forest Resources, Vol.32, Pp.161-169. Nrc Canada.
- Zhu, Z., Evans, D.L., 1994. Us Forest Types And Predicted Percent Forest Cover From Avhrr Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.60, No.5, pp.525-531.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Orhan Mete Kılıç
Doğum Tarihi ve Yer : 1985, Sivas
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0505 774 50 24
E-Mail : mete600@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bölümü	2009
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi	2007
Lise	Gaziosmanpaşa Lisesi Tokat	2002

Yayınlar

1. Doğan H.M., Kılıç K., Adak Y. ve **Kılıç O.M.**, 2008. Erciyes Volkanik Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineral Bileşim İndeks Haritalarının Geliştirilmesi. II. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS 2008, Kayseri.
2. Dogan, H.M., **Kılıç, O.M.** 2013. Modelling and mapping some soil surface properties of Central Kelkit Basin in Turkey by using Landsat-7 ETM+ images. International Journal of Remote Sensing. Vol:34, No:15. Pp:5523-5640.
3. Polat, F., Dogan, H.M., Buhan, E., **Kılıç, O.M.**, Yılmaz, D.S., Buhan, S.D. 2015. Accumulation And Behavior of Some Heavy Metals In The Main Components Of Zınav Lake Basin Ecosystem. Fresenius Environmental Bulletin., 24(1a):180-187.
4. Dogan, H.M., **Kılıç, O.M.**, Yılmaz, D.S, Buhan, E., Polat, F., Buhan, S.D. 2015. Integration Of Gıs And Remote Sensing With The Usle Model In The Assessment Of Annual Soil Loss And Sedıment Input Of Zınav Lake Basin In Turkey. Fresenius Environmental Bulletin. 01/2015; 24(1a):172-179.

