



**YARI KURAK BİR BÖLGEDE ÇÖLLEŞMENİN
İZLENMESİNİ SAĞLAYACAK GÖSTERGELERİNİN
BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI**

Nurhan MUTLU

Doktora Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Eylül - 2015

Her hakkı saklıdır

**T.C.
GAZIOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**YARI KURAK BİR BÖLGEDE ÇÖLLEŞMENİN İZLENMESİNİ
SAĞLAYACAK GÖSTERGELERİNİN BELİRLENMESİ VE
HARİTALANMASI**

NURHAN MUTLU

**TOKAT
Eylül - 2015**

Her hakkı saklıdır

Bu tez çalışması;

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel M¼d¼rl¼ę¼ tarafından
TAGEM/TSKAD/13/A/A13/P07/01-09 nolu proje ile desteklenmiştir.

Nurhan MUTLU tarafından hazırlanan “**Yarı Kurak Bir Bölgede Çölleşmenin İzlenmesini Sağlayacak Göstergelerinin Belirlenmesi ve Haritalanması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14 EYLÜL 2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Hikmet GÜNAL
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Prof. Dr. Orhan DENGİZ
Ondokuzmayıs Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Rasim KOÇYİĞİT
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Halil ERDEM
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Üye
Yrd. Doç. Dr. Mesut BUDAK
Siirt Üniversitesi



Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 06.08.2015 tarih ve 29 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ONAY

Prof. Dr. Mehmet Ali SAKIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak 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.

Nurhan MUTLU

14 Eylül 2015

ÖZET

DOKTORA TEZİ

YARI KURAK BİR BÖLGEDE ÇÖLLEŞMENİN İZLENMESİNİ SAĞLAYACAK GÖSTERGELERİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Nurhan MUTLU

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Hikmet GÜNAL)

Arazi bozulması doğal ve insan kaynaklı faktörlerin etkisi ile toprağın biyolojik üretkenlik yeteneğini ve bozulmaya karşı dayanıklılığını kaybetmesine neden olan dünyada oldukça geniş alanlarda rastlanan küresel ölçekli bir problemdir. Çalışmanın amacı; 10.073 km² genişliğinde olan Tokat ili sınırlarındaki arazilerin çölleşme potansiyellerinin belirlenmesidir. Denizden yüksekliği 198 m ile 1980 m arasında olan çalışma alanı, çoğunluğu tarım arazilerine gelecek şekilde 2.5km * 2.5km genişliğindeki kare gridlere ayrılmıştır. Gridlerin yaklaşık köşe noktalarında 0-20cm derinliklerden toplam 578 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örnekleri toprağın fonksiyon göstermesinde etkili olan ve arazi içi uygulamalarla kolaylıkla değişebilen özellikler bakımından analiz edilmiştir. Bu kapsamda, toprak örneklerinin pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde, yarayışlı fosfor, yarayışlı potasyum, parçacık büyüklük dağılımı, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, toplam organik karbon ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) analizleri yapılmıştır. Toprak örnekleme esnasında arazilerin bozulması ve çölleşmesinde önemli olduğu düşünülen bitki örtüsü, eğim, yüzey taşlılığı gibi bir kısım özelliklerde not edilmiştir. Bu çalışmada, Akdeniz iklimi etkisinde yer alan ülkelerde çölleşmeye hassas alanların belirlenmesi amacı ile geliştirilen MEDALUS modeli kullanılmıştır. Modelin bölgeye adaptasyonunda, özellikle toprak indikatörü içerisine yeni parametreler ilave edilmiştir. Ayrıca, modelde indikatörlerin skorlarının hesaplanmasında parametrelerin eşit düzeyde etkileri hesaplamaya katılırken, bu çalışmada analitik hiyerarşi yöntemi (AHS) ile parametrelere farklı ağırlıklar kazandırılmıştır. Çalışma alanında toprak kalitesi indeksi

(TKİ) ve iklim kalitesi indeksi (İKİ) değerleri çoğunlukla orta derecede kaliteli olarak belirlenmiştir. Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) çalışma alanının 6177,12 ha (%1,29) orta kalitede ve 472.755,67 ha (%98,71)'inde ise düşük kalitedir. Amenajman kalitesi indeksi (AKİ) çoğunlukla yüksek olarak belirlenmiştir. AKİ'nin yüksek olduğu alanlar 75.892,92 ha (%15,85), orta olduğu alanlar 288.796,53 ha (%60,30) ve düşük olduğu alanlar ise 114.244,44 ha (%23,85)'dir. İndikatörlerin AHS ile belirlenen ağırlıklarının geometrik ortalaması ile hesaplanan çölleşmeye hassas alanlar indeksi (ESAI) ise çalışma alanı çölleşme açısından kritik ve kırılgan olarak görülmektedir. Çölleşme açısından kritik olan alanlar tüm alanın %73,66'sını oluştururken kırılgan olarak tanımlanan alanlar ise 126.186,72 ha alan (%26,34) kaplamaktadır. Çoğunluğu tarım arazilerinden oluşan çalışma alanında kritik düzeyin bu denli yüksek olması, bölgede tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından önemli sorunların varlığına işaret etmektedir. Özellikle amenajman ve vejetasyon kalitesi açısından problemlili alan arazilerde zaman geçirilmeden gerekli tedbirlerin alınması arazilerin ileri düzeyde bozunmalarını önlemek için gereklidir.

2015, 209 SAYFA

ANAHTAR KELİMELEER: Çölleşme, Arazi Bozulması, Toprak Kalitesi, İndikatör, Haritalama, MEDALUS, Tokat

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

ASSESSMENT OF DESERTIFICATION INDICATORS IN A SEMI ARID REGION FOR MONITORING AND MAPPING

Nurhan MUTLU

GAZIOSMANPASA UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Hikmet GÜNAL)

Land degradation is a global scale problem over large areas of the world where soils has suffered from a loss the ability of biological production and resilience caused by both, natural and anthropogenic factors. The purpose of this study was to determine the desertification potential of 10.073 km² lands within Tokat province. The study area with an altitude between 198 m and 1980 m was divided into 2,5km * 2,5km square grids which are mostly placed within the agricultural lands. Total of 578 soil samples from 0-20 cm depths of approximately the corners of each grids were collected. Soil samples were analyzed for the charecteristics important for the functioning capacity of soils and easy to change with land management practices. In this regard, pH, electrical conductivity, lime, organic matter, available phosphorus, available potassium, particle size distribution, bulk density, aggregate stability, available water content, water-filled pore space, total organic carbon and sodium adsorption ratio (SAR) of soil samples were determined. Characteristics such as vegetation, slope and surface features which are important for the land degradation and desertification were noted during soil sampling. MEDALUS model that was developed to identify the sensitive areas for desertification in the Mediterranean countries was used in this study. New parameters were included to the soil indicator in order to adapt the model to the study area. In addition, while even contribution of each parameters within an indicator was accepted in the original model, the use of analytic hierarchy process (AHP) in this study has given different weights to each of the parameters within an indicator. Soil quality index (SQI) and climate quality index (CQI) values in the study area are usually indicated to moderate quality. Vegetation quality index (VQI) is mainly low with an area of 472,755.67 ha (98.71%) and only 6,177.12 ha (1.29%) is in medium quality. Management quality index (MQI) is determined mostly high. The coverage area with high MQI is 288,796.53 ha (60.30%) and low area is 114,244.44 ha (23.85%). Environmentally sensitive area index (ESAI) to desertification was calculated by the geometric means of weighted indicator scores determined by AHS (ESAI). The study area is mostly critical and fragile to desertification. Critical lands to desertification composed of 73,66 the study area and the fragile lands in study area covers 126,186.72 ha (26.34%). High level of critical lands to desertification indicates the existence of serious problems in terms of sustainability of

agricultural production in the region. In particular, necessary measures in terms of vegetation and management qualities should be taken in advance to prevent the further degradation of land.

2015 YEAR, 209 PAGES

KEYWORDS: Desertification, Land Degradation, Soil Quality, Indicator, Mapping, MEDALUS, Tokat

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek gösterdiği ilgi, destek ve anlayışı, akademik ortamda olduğu kadar kişisel ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişmeme ve gelişmeme katkıda bulunan her türlü olanağı sağlayan bana paha biçilmez desteği ile rehber olan danışman hocam Prof. Dr. Hikmet GÜNAL'a, çalışmalarım sırasında önemli katkılarda bulunan ve beni yönlendiren Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e ve ayrıca Doç. Dr. Rasim KOÇYİĞİT yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim. Kıymetli fikirlerini esirgemeyen ve çalışmalarına destek sağlayan TAGEM Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Merkezi Müdürü Dr. Hakan YILDIZ'a, doktora çalışmamın her aşamasında hiçbir karşılık beklemeden yardımcı olan değerli arkadaşlarım ve hocalarımdan Yrd. Doç. Dr. Nurullah ACİR'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Atilla POLAT'a ve Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Müdürlüğünde çalışmalarım süresince maddi manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Hayatımın her aşamasında ve çalışmalarım süresince dualarıyla beni yalnız bırakmayan yanımda olan annelerim Gülsen ERYİĞİT ve Rukiye MUTLU'ya, hayatta olmasa da her an yanımda hissettiğim babam Sait ERYİĞİT'e, bana her zaman gerçek babalık yapan canım babam hiçbir an kendi evlatlarından ayırmayan Lami MUTLU'ya ve abilerim Mesut, Murat ERYİĞİT ile Erdem MUTLU ve eşlerine, ayrıca sayamadığım ancak her zaman yanımda olarak destek veren tüm aile bireylerine en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince birçok fedakârlıklar gösteren benimle çalışan ve beni destekleyen kendilerine az zaman ayırmama karşın desteklerini hiç esirgemeyen özellikle en umutsuz anlarımda bile her an yanımda ve hep umudum olan, yaşam kaynağım eşim Alper MUTLU ve biricik oğlum Lami Eralp MUTLU'ya çok teşekkür ederim.

Sizlere Minnettarım

Nurhan MUTLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	8
2.1. Arazi Bozulması.....	9
2.2.Çölleşme.....	13
2.2.1. Çölleşmenin Sebepleri.....	18
2.2.2. Çölleşmenin Etkileri.....	20
2.2.3. Çölleşmenin Bölgesel Etkileri.....	21
2.2.4. Çölleşmenin Uluslararası Ölçekte Değerlendirilmesinin Gerekçeleri.....	22
2.3.Toprak Kalitesi.....	23
2.4. Arazi Bozulması, Çölleşme ve Toprak Kalitesini Belirleme Yöntemler.....	25
2.5. MEDALUS Modeli.....	28
2.6. Türkiye’de Arazi Bozulması ve Çölleşme.....	36
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	44
3.1. Materyal.....	44
3.1.1. Çalışma Alanı.....	44
3.1.1.1. Çalışma Alanı Jeolojisi.....	44
3.1.1.2. Çalışma Alanı Bitki Örtüsü.....	50
3.1.1.3. Çalışma Alanı İklimi.....	51
3.1.1.4. Çalışma Alanı Toprak Özellikleri.....	52
3.1.1.5.Çalışma Alanı Arazi Kullanımı.....	53
3.1.1.6. Çalışma Alanı Topoğrafyası.....	56
3.2. Yöntem.....	57
3.2.1.Toprak Örneklemeleri.....	57
3.2.2.Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	59
3.2.3. Laboratuvar Yöntemleri.....	59
3.2.4. Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi.....	61
3.2.4.1. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi Hesaplanması.....	62
3.2.4.1.1. Toprak Kalitesi İndeksi.....	63
3.2.4.1.2. İklim Kalitesi İndeksi.....	66
3.2.4.1.3. Vejetasyon Kalitesi İndeksi.....	69
3.2.4.1.4. Amenajman Kalitesi İndeksi.....	72
3.2.4.1.5. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESA)....	77
3.2.5. Analitik Hiyerarşi Sürecini Kullanarak Çok Kriterli Karar Verme Süreci....	78
3.2.6. MEDALUS Skorlarının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Yorumlanması.....	83
3.2.7. İstatistik Analizler.....	85

	<u>Sayfa</u>
3.2.8. Jeostatistiksel Analizler ve Toprak Haritalarının Oluşturulması.....	85
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	87
4.1. Çalışma Alanı Genel Toprak Özellikleri.....	87
4.2. Çalışma Alanı Toprak Özelliklerinin Mesafeye Bağlı Dağılımlar.....	118
4.3. MEDALUS Modeli ile Analitik Hiyerarşi Sürecini Kullanarak Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi.....	136
4.3.1. Toprak Kalitesi.....	137
4.3.2. İklim Kalitesi.....	157
4.3.3. Vejetasyon Kalitesi.....	164
4.3.4. Amenajman Kalitesi.....	173
4.3.5. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESAI).....	181
5. SONUÇLAR.....	186
6. KAYNAKLAR.....	190

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Tokat ili jeoloji haritası.....	48
Şekil 3.2. Tokat ili jeoloji haritası lejandı	49
Şekil 3.3. Tokat ili ağaç türleri haritası.....	50
Şekil 3.4. Örnekleme zamanı arazi kullanım türleri.....	54
Şekil 3.5. Çalışma alanında toprak örneklemelerin yapıldığı noktaları gösterir harita.....	58
Şekil 3.6. Tokat ili yağış haritası	66
Şekil 3.7. Tokat ili evapotranspirasyon haritası	67
Şekil 3.8. Tokat ili kuraklık indisi haritası	67
Şekil 3.9. Tokat ili yöney haritası	69
Şekil 3.10. Tokat ili 18-22 Haziran 2000 Lansat NDVI haritası	71
Şekil 3.11. Tokat ili 23Nisan – 08 Mayıs 2013 MODIS – NDVI haritası	71
Şekil 3.12. Tokat ilinde yer alan meraların dağılım haritası	74
Şekil 3.13. Tokat ili arazi kullanımını (CORİN 2013) haritası.....	75
Şekil 4.1. Ortalama kum içeriğinin yükselti ile değişimi	89
Şekil 4.2. Ortalama kil içeriğinin yükselti ile değişimi	90
Şekil 4.3. Ortalama agregat stabilitesinin yükselti ile değişimi.....	91
Şekil 4.4. Ortalama kireç içeriğinin yükselti ile değişimi	101
Şekil 4.5. Ortalama elektriksel iletkenlik yükselti ile değişimi.....	101
Şekil 4.6. Ortalama pH değerinin yükselti ile değişimi.....	103
Şekil 4.7. Ortalama organik madde içeriğinin yükselti ile değişimi.....	104
Şekil 4.8. Ortalama % N içeriğinin yükselti ile değişimi.....	106
Şekil 4.9. Ortalama karbon içeriğinin yükselti ile değişimi.....	107
Şekil 4.10. Ortalama SAR değerlerinin yükselti ile değişim.....	109
Şekil 4.11. Çalışma alanı topraklarının % kum içeriğinin alansal değişkenliği.....	119
Şekil 4.12. Çalışma alanı topraklarının % kil içeriğinin alansal değişkenliği.....	119
Şekil 4.13. Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi içeriğinin alansal değişkenliği.....	120
Şekil 4.14. Çalışma alanı topraklarının solma noktası nem içeriğinin alansal değişkenliği.....	121
Şekil 4.15. Çalışma alanı topraklarının yarayıslı su içeriğinin alansal değişkenliği.....	121
Şekil 4.16. Çalışma alanı topraklarının su dolu gözenek hacmi (SDGH)'nin alansal değişkenliği	122
Şekil 4.17. Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığının alansal değişkenliği.....	123
Şekil 4.18. Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesinin alansal değişkenliği.....	124
Şekil 4.19. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriğinin alansal değişkenliği.....	125

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.20. Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin alansal değişkenliği.....	126
Şekil 4.21. Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinin alansal değişkenliği	127
Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarının organik madde içeriğinin alansal değişkenliği.....	128
Şekil 4.23. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı fosfor konsantrasyonunun alansal değişkenliği.....	130
Şekil 4.24. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı potasyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği	131
Şekil 4.25. Çalışma alanı topraklarının toplam azot içeriğinin alansal değişkenliği.....	131
Şekil 4.26. Çalışma alanı topraklarının karbon içeriğinin alansal değişkenliği.....	132
Şekil 4.27. Çalışma alanı topraklarının toplam karbon içeriğinin alansal değişkenliği	133
Şekil 4.28 Çalışma alanı topraklarının çözünebilir kalsiyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği.....	134
Şekil 4.29. Çalışma alanı topraklarının çözünebilir potasyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği.....	134
Şekil 4.30. Çalışma alanı topraklarının sodyum adsorbsiyon oranının (SAR) alansal değişkenliği.....	135
Şekil 4.31. Çalışma alanına ait organik madde parametresine ait skorların alansal dağılımı.....	139
Şekil 4.32. Çalışma alanına ait tekstür parametresine ait skorların alansal dağılımı.....	142
Şekil 4.33. Tokat Kazova’da yüzey akışı ile drenaj kanallarına taşınan besin elementlerinin oluşturduğu ötrofikasyon.....	142
Şekil 4.34. Çalışma alanına ait ana materyal parametresine ait skorlarının alansal dağılımı.....	144
Şekil 4.35. Çalışma alanına ait kaba materyal parametresi skorlarının alansal dağılımı	146
Şekil 4.36. Çalışma alanına ait eğim parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	147
Şekil 4.37. Çalışma alanına ait derinlik parametresi skorlarının alansal dağılımı...	149
Şekil 4.38. Çalışma alanına ait drenaj parametresi skorlarının alansal dağılımı....	150
Şekil 4.39. Çalışma alanına ait sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	151
Şekil 4.40. Çalışma alanına ait tuzluluk parametresi skorlarının alansal dağılımı..	153
Şekil 4.41. Çalışma alanına ait pH parametresi skorlarının alansal dağılımı	154
Şekil 4.42. Çalışma alanına ait toprak kalitesi parametreleri skorlarının alansal dağılımı.....	157
Şekil 4.43. Çalışma alanına ait yağış parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	162
Şekil 4.44. Çalışma alanına ait fao kuraklık katsayısı parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	163
Şekil 4.45. Çalışma alanına ait yöney parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	163

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.46. Çalışma alanına ait iklim kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	164
Şekil 4.47. Çalışma alanına ait yangın riski parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	171
Şekil 4.48. Çalışma alanına ait erozyondan koruma parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	171
Şekil 4.49. Çalışma alanına ait kuraklık direnci parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	172
Şekil 4.50. Çalışma alanına ait bitki örtüsü parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	172
Şekil 4.51. Çalışma alanına ait vejetasyon kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	173
Şekil 4.52. Çalışma alanına ait tarımsal ürünlerin ekildiği araziler parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	179
Şekil 4.53. Çalışma alanına ait meralar parametresi skorlarının alansal dağılımı...	180
Şekil 4.54. Çalışma alanına ait nüfus yoğunluğu parametresi skorlarının alansal dağılımı.....	180
Şekil 4.55. Çalışma alanına ait amenajman kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	181
Şekil 4.56. Çalışma alanına ait çevreye hassas alanlar indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	185

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Tokat ili 1960-2012 yılları arası gerçekleşen ortalama iklim değerleri.....	51
Çizelge 3.2. Tokat ili topraklarında çeşitli büyük grupların dağılımları.....	53
Çizelge 3.3. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde sulu tarım yapılan alanlardaki (Nisan-Kasım 2013) örnek noktaların arazi kullanımları.....	54
Çizelge 3.4. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde kuru tarım yapılan alanlardaki (Nisan-Kasım 2013) örnek noktaların arazi kullanımları.....	55
Çizelge 3.5. Toprak Kalitesi İndeksinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve indeks değerleri	64
Çizelge 3.6. İklim kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	68
Çizelge 3.7. Vejetasyon kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	72
Çizelge 3.8. Tokat ili arazi kullanımı (CORİN 2013) lejantı.....	75
Çizelge 3.9. Amenajman kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	76
Çizelge 3.10. ESAI değerlerine göre arazilerin sınıfları.....	77
Çizelge 3.11. Çölleşmeye hassas alanların sınıfları ve sınıflara ait değerleri.....	79
Çizelge 3.12. AHS tekniğinde tercihler için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği.....	80
Çizelge 3.13. Tutarlılık oranının hesaplanmasında kullanılan ve matris boyutlarına göre değişen rastgele indeks değerleri.....	82
Çizelge 3.14. Toprak parametreleri için ağırlıklı değerlendirme.....	83
Çizelge 3.15. İklim parametreleri için ağırlıklı değerlendirme	83
Çizelge 3.16. Vejetasyon parametreleri için ağırlıklı değerlendirme	84
Çizelge 3.17. Amenajman parametreleri için ağırlıklı değerlendirme.....	84
Çizelge 3.18. ESAI için ağırlıklı değerlendirme.....	84
Çizelge 4.1. Çalışma alanı topraklarının fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri ve ANOVA sonuçları	88
Çizelge 4.2. Çalışma alanı topraklarının kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri ve ANOVA sonuçları.....	92
Çizelge 4.3. Çalışma alanında farklı rakımlardaki arazilerin kimyasal toprak özelliklerine ait DUNCAN gruplaması.....	95
Çizelge 4.4. 192 m ile 400 m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	96
Çizelge 4.5. 400m ile 600m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	97
Çizelge 4.6. 600m ile 800m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	99
Çizelge 4.7. 800m ile 1000m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	102
Çizelge 4.8. 1000m ile 1200m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	105
Çizelge 4.9. 1200 m ile 1400 m arasındaki toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	107

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.10. 1400m ile 1988m arasındaki toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	109
Çizelge 4.11. Çalışma alanında farklı rakımlardaki arazilerin fiziksel toprak özelliklerine ait DUNCAN gruplaması.....	111
Çizelge 4.12. 192m ile 400m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	111
Çizelge 4.13. 400m ile 600m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	112
Çizelge 4.14. 600m ile 800m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	113
Çizelge 4.15. 800m ile 1000m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	114
Çizelge 4.16. 1000m ile 1200m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	115
Çizelge 4.17. 1200m ile 1400m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	116
Çizelge 4.18. 1400m ile 1988m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	117
Çizelge 4.19. Toprak kalitesi indeksi (TKİ) ve parametrelerin genel istatistiksel analizi.....	140
Çizelge 4.20. 192m ile 400m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	141
Çizelge 4.21. 400m - 600m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	143
Çizelge 4.22. 600m ile 800m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	145
Çizelge 4.23. 800m ile 1000m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	146
Çizelge 4.24. 1000m ile 1200m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi(TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri..	148
Çizelge 4.25. 1200m - 1400m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	150
Çizelge 4.26. 1400m ile 1899m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.	155
Çizelge 4.27. Çalışma alanının toprak kalitesi indeksi sınıfları (TKİ), sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	155
Çizelge 4.28. MEDALUS modeli indikatörleri ve çevreye hassas alanlar indeksi (ESAI) verilerinin mesafeye bağlı dağılımlarına ait parametreler.....	156
Çizelge 4.29. İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistik verileri.....	159
Çizelge 4.30. Çalışma alanının İklim kalitesi indeksi sınıfları (İKİ), sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	160
Çizelge 4.31. 192m ile 400m arasında İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	160

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.32. 400m ile 600m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	160
Çizelge 4.33. 600m ile 800m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	161
Çizelge 4.34. 800m - 1000m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	161
Çizelge 4.35. 1000m - 1200m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	161
Çizelge 4.36. 1200m - 1400m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	161
Çizelge 4.37. 1400m - 1899m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	162
Çizelge 4.38. Çalışma alanının Vejetasyon kalite indeksi (VKİ) sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	167
Çizelge 4.39. Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri	167
Çizelge 4.40. 192m ile 400m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	168
Çizelge 4.41. 400m - 600m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	168
Çizelge 4.42. 600m - 800m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	168
Çizelge 4.43. 800m - 1000m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	169
Çizelge 4.44. 1000m - 1200m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	169
Çizelge 4.45. 1200m - 1400m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	170
Çizelge 4.46. 1400m - 1899m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	170
Çizelge 4.47. Çalışma alanının Amenajman kalitesi indeksi (AKİ), sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	175
Çizelge 4.48. Amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri	176
Çizelge 4.49. Çalışma alanında 192m - 400m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	176
Çizelge 4.50. Çalışma alanında 400m - 600m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	177
Çizelge 4.51. Çalışma alanında 600m - 800m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	177
Çizelge 4.52. Çalışma alanında 800m - 1000m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	177
Çizelge 4.53. Çalışma alanında 1000m - 1200m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	178

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.54 Çalışma alanında 1200m - 1400m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	178
Çizelge 4.55. Çalışma alanında 1400m - 1899m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	179
Çizelge 4.56. Çalışma alanının ESAI sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	182
Çizelge 4.57. ESAI ve kalite indekslerinin genel istatistik analizi.....	183
Çizelge 4.58 192m - 400m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	183
Çizelge 4.59. 400m - 600m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	183
Çizelge 4.60. 600m - 800m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	183
Çizelge 4.61. 800m - 1000m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	184
Çizelge 4.62. 1000m - 1200m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	184
Çizelge 4.63. 1200m - 1400m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	184
Çizelge 4.64. 1400m - 1988m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri.....	184

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AHS	Analitik Hiyrarşi Süreci
AKİ	Amenajman Kalite İndeksi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CV	Varyasyon Katsayısı
DTPA	Dietilentriaminpentaasetik asit
EC	Elektiriksel kondaktivite
ESA	Environmental Sensitive Areas - Çevresel Hassas Alanlar
ESAI	Environmental Sensitive Areas Index - Çevresel Hassas Alanlar İndeksi
GPS	Küresel Yer Belirleme Sistemi
H2SO4	Sülfürik asit
HES	Hidro Elektrik Santrali
ICD	Irani an Classification of Desertification - İran Çölleşme Sınıflaması
İKİ	İklim Kalite İndeksi
MEDALUS	Mediterranean Desertification and Land Use - Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
TKİ	Toprak Kalite İndeksi
UNCCD'	United Nations Convention to Combat Desertification- Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Konseyi
UNEP	United Nations Environment Programı- Birleşmiş Milletler Çevre Programı

1. GİRİŞ

Canlıların temel gereksinimi olan gıda ve lif üretimindeki tartışılmaz yeri nedeni ile toprak, yeryüzünde insan varlığının görülmeye başladığı ilk zamanlardan bu yana oldukça önemli bir doğal kaynak olarak tanınmıştır. Toprak, besin elementlerinin depolanması ve döngüsündeki rolü, biyolojik çeşitliliği desteklemesi, kirleticileri filtrelemesi, toksik etkilerin en aza indirilmesi, en önemlisi üretkenlik gibi fonksiyonları nedeni ile karasal ekosistemlerin çok önemli bir bileşenidir. Bu denli önemli olmasına rağmen, 2009-2014 yılları arasında ülkemizde Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamı dışına çıkarılan tarım alanı büyüklüğü 271 bin ha ulaştığı bildirilmektedir. Tarım dışı kullanımlar ise, çoğunlukla kentsel ve endüstriyel yerleşim, otoyol ve duble yol inşaatları, HES ve RES gibi yatırımlar şeklinde sıralanabilir.

Bu kullanımlar ile toprakların geriye dönüşümsüz bir şekilde işgal edilerek, üretim başta olmak üzere hiç bir fonksiyonunu gerçekleştirilmesine müsaade etmemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere, sürekli artan nüfusun gereksinimlerinin karşılanabilmesi amacı ile tarım dışı faaliyetlerde kullanılan tarım arazilerindeki işgalin önlenmesi ve sürdürülebilir tarımsal üretimin devam edebilmesi için tarım alanlarının korunmasına yönelik yasal düzenlemeler yapılsa da amaç dışı kullanımlar tam anlamı ile engellenememektedir. Toprak oluşumu, oldukça uzun zaman içerisinde gerçekleştiğinden, tarım dışına çıkarılan arazilerin yerine yenilerinin konması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, zamanla üretimde kullanılabilir nitelikteki arazilerin miktarı azalmakta ve gıda güvenliği ile ilgili tehditler ortaya çıkmaktadır.

Yağışların düzensiz dağılımına (Rowell, 1992) sebep olan küresel iklim değişiklikleri (Yang ve Prince, 2000; Hulme ve Kelly, 1993), ekonomik ve politik baskılar, bunun haricinde değişen kültür, artan nüfus, refah seviyesinin daha yüksek olduğu bir yaşam tarzına ulaşma eğilimi arazilerinin yetenekleri dışında kullanılmalarına ve değişen iklim koşullarına adaptasyonun yetersiz olmasına neden olmuştur (Grove, 1973).

Hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından çok önemli olan meralar ile orman alanlarının tarımsal üretim amacı ile işlemeli tarıma dönüştürülmesi ile birlikte yoğun gübre ve pestisit kullanımı toprağın en önemli fonksiyonu olan üretkenliğine zarar vermektedir. Başlangıçta toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinde azalmaya neden

olan uygulamalarda zarar fayda eşiği aşıldığında çölleşme olarak tanımlanan geri dönüşümsüz bir felaket ortaya çıkmaktadır. Hayatımızda bu kadar önemli bir yeri olan bu kaynağı ve onun fonksiyonlarını korumak için öncelikle toprakta gerçekleşen faaliyetlerin ve toprağın koşullarının bilinmesine gereksinim vardır. Bu nedenle, toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi olarak tanımlanan (Karlen, 1997) toprak kalitesinin doğru ve güvenilir bir yöntemle belirlenmesi ve zaman içerisindeki değişiminin izlenmesi tarım arazilerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması adına yapılabilecek önemli adımlardandır (Marzaioli ve ark., 2010).

Toprak kalitesinin zamanında belirlenmesi ile toprak kalitesine etki eden toprak indikatörlerinin durumunun izlenmesi mümkün olacaktır. Bu indikatörlerden herhangi birindeki olumsuz bir duruma karşı zamanında tedbir alındığında, soruna sebep olan uygulamaların önlenmesi veya değiştirilmesi de mümkün olabilecektir. Bu adımların zamanında atılmaması durumunda organik madde yetersizliği, tuzluluk- sodiklik, toprak sıkışması ve erozyon gibi birçok nedenden dolayı toprakların fonksiyon gösterme yeteneğinin azalması ve zamanla arazilerin biyolojik üretkenliğini geri dönüşümsüz olarak kaybetmesi olarak tanımlanan çölleşme sorunu ile karşı karşıya kalınmasına sebep olacaktır. Uzun yıllar çölleşme terimi, objektif göstergelerin olmaması, verilerin eksik olması, bilimsel çalışmaların olmamasından dolayı yanlış kullanılmıştır (Hountondji ve ark., 2006).

Çölleşme sosyo ekonomik ve biyofiziksel faktörlerin etkileşimi ile ortaya çıkan ve gerçek sebeplerinin tam anlamı ile ortaya konulması güç olan oldukça karmaşık bir sorundur. Çölleşme, sadece geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerin sorunu olmayıp, gelişmiş ülkelerin de en önemli konularındandır. Doğal kaynaklı nedenlerden oluşabildiği gibi, çölleşme sorunun ana nedenleri doğal kaynakların insanlar tarafından kendi yaşamlarını devam ettirmek, yaşam standartlarını yükseltmek için bilinçsiz bir şekilde kullanılmasıdır. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve bunların sonucu orman ve tarım ürünlerine olan aşırı talepten dolayı, ormanlar, meralar ve tarım arazileri aşırı ve plansız kullanımlarla sürdürülebilir verimlilik ve üretkenliklerini kaybetmektedir (Özden, 2000). Nihayetinde çölleşme ile neticelenen, toprağın fonksiyonlarının azalması ve yitirmesi ile gözlemlenen felaketler özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde insanların gıda güvenliğini tehdit etmeye başlamıştır. Yaşanan küresel ısınma ve

iklimsel değişiklikler dünyada çevre problemleri doğal afetler, arazi bozunumu ve çölleşmenin etkilerinin artmasına neden olmuştur.

Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde aşırı kullanımdan dolayı azalan suyun depolanması, kirleticilerin filtre edilmesi, biyo-çeşitliliğin temini, gıda gereksiniminin sağlanması ve insanların hayati fonksiyonlarının devam ettirilebilmesi için erozyon gibi sebeplerden kaynaklanan toprak kayıplarının önüne geçilerek toprakların oluştuğu yerde muhafaza edilmesinin sağlanması ve arazilerin çölleşmesine engel olunması gerekmektedir. Tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımlarını sağlayacak planlama stratejilerinin geliştirilmesi ve çevre ile ilgili konulardaki modellemelerin yapılabilmesi için toprak, fizyografya, iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi temel bilgilerin yer alacağı bir veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır.

Toprak kaynağı dinamik canlı bir sistem olarak biyolojik, fiziksel, kimyasal bileşenleri arasında benzersiz bir denge ve etkileşimle açıklanır (Karlen ve ark., 1997). En iyi toprak-bitki ve arazi yönetimlerinin seçimiyle tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması ile toprakların birçok özelliğinin iyileştirilmesine olanak vermek mümkündür. Sürdürülebilir çevre prensipleri doğrultusunda bunu gerçekleştirebilmek doğal kaynakların tanınması, kapasitesine uygun olarak kullanılması ve yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi durumda, doğal kaynakların üretim potansiyeli azalacak ve bozulması kaçınılmaz olacaktır (Özbek, 2004).

Doğal kaynaklardan biri olan toprakların da bu değişim karşısında sonsuza kadar üretim yapabilmeleri mümkün değildir. Toprakların özelliklerine uygun olarak dengeli ve planlı kullanım ve yönetimi ile korunmasını sağlayabilmek için, başta organik madde içeriği gibi temel özelliklerin belirlenerek değişimlerinin izlenmesine gereksinim vardır. Özellikle gelişmiş ülkelerde konunun önemine inanan ve farkında olan yönetimler toprak kalitesi ve sağlığının devam ettirilebilmesi için bilim adamlarının bir an önce sorunları net bir şekilde ortaya koymalarını ve çözüm üretmelerini talep etmektedirler (Karlen ve ark., 2008).

Bir kısım arazilerde bitki örtüsünün zayıf olması veya kuraklığı dayanıklı bitkilerin yetişmemesi, iklimdeki ve topoğrafyadaki farklılıklar yanı sıra farklı amenajman altındaki topraklar veya dik eğimlerde bulunan araziler de erozyon riskinin yüksek olması nedeniyle düşük yağış ve aşırı olaylara karşı oldukça hassastırlar.

Bu kaynakların korunması ve kullanım etkinliklerinin artırılması ise ancak kaynaklar hakkında yeterli bilginin elde edilmesi ile mümkündür. UNEP (1997)'e (United Nations Environment Programme-Birleşmiş Milletler Çevre Programı) göre arazi bozulması, arazilerin verimlilik kapasitesinde görülen kalıcı ya da geçici azalma olarak tarif edilmekte ve genellikle tüm dünya ülkelerinde büyük bir problem olarak algılanmaktadır. Çölleşme ise UNCCD'ye (United Nations Convention to Combat Desertification-Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi) göre insan aktiviteleri ve iklim değişiklikleri de dâhil olmak üzere muhtelif faktörlerin (fiziksel, biyolojik, siyasi, kültürel, ekonomik vb.) etkileri sonucunda kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlarda görülen arazi bozulması olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler kaynaklarına göre, çölleşme dünyadaki 4 milyar hektardan fazla alanı ve 110 ülkede yaşayan 1,2 milyar nüfusun yaşamını doğrudan tehdit etmektedir. Böylece insan yaşamı sosyal ve ekonomik koşullar bakımından farklı boyutlarda çölleşmeden etkilenmiş bulunmaktadır. Bu nedenle çölleşme olayının çözümünde acil davranılmasına ve tüm dünya ülkelerinin birlikte hareket etmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Dejong, 2009).

Bu kapsamda ülkemizde ilk yasa 1998 yılında mera, yaylak ve kışlak alanları ile umuma ait çayır ve otlak alanların korunması adına yapılmıştır. 2005 yılında ise tarım arazilerinin korunması ve kullanılmasına ait en kapsamlı yasal düzenleme çevre öncelikli doğal veya yapay yollar ile toprak kaybını ve niteliğini yitirmesini engelleyerek korunmasını, geliştirilmesini sağlamak için sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun kullanımını esas alan 'Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Yasası'dır. Arazilerin doğru kullanımını ve korunmasını yasal olarak belirleyecek yeni düzenlemeler üzerinde çalışmalar ise devam etmektedir. Bu olumlu adımların yanı sıra arazileri hangi kriterlere göre koruyacağımıza karar verilmemiş olması büyük bir eksikliktir.

Arazilerin korunması için küçük parçalara bölünmesinin, amaç dışı kullanılmasının, meralarda aşırı otlatma yapılmasının, doğal kaynaklara insan baskısının azaltılmasının yanında göz ardı edilmemesi gereken bir hususta toprak kalitesinin ve çölleşmenin ileriye dönük olarak belirlenip her kesimin uygulayabileceği adımlar atılmalıdır.

Çölleşme ve arazi bozulması gibi büyük bir problemin farkında olan politikacıların çalışmaları ile son yıllarda toprak kalitesinin belirlenmesi, izlenmesi ve

korunması adına önemli miktarda kaynak ayrılmaya başlanmıştır. Tarımsal ekosistem de sürdürülebilirliğin sağlanması için tarım arazilerinden en iyi ürünün elde edilme çabalarının bugün ve gelecekte çevreye olumsuz etki yapmadan karşılanabilmesi toprağın kalitesinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerin güvenilirliğine ve geniş alanlarda kullanılabilirliğine bağlıdır. Ülkemizde çölleşmeyi ve kuraklığı artırıcı faktörlerin ortadan kaldırılmasına veya azaltılmasına yönelik programların uygulanmasında ve izlenmesinde, tüm ulusal, uluslararası kurum ve kuruluşlar, sivil toplum örgütleri ve vatandaşların güç birliği oluşturarak, işbirliği halinde ortak projelerle hareket etmesi, gerekli tedbirlerin alınması bu hedeflere ulaşmamızda en önemli husustur.

Son yılların en büyük sorunlarından olan toprak kalitesi ve arazi bozulması ileri aşamalarda çölleşme sorunları için çalışmalar giderek artmaktadır. Fakat bu çalışmalar küçük ölçeklerde ve toprağın bir veya birkaç fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliğinde belirli bir yöntem kullanılmadan yürütülmektedir. Toprak kalitesi ve çölleşmenin kontrol edilmesi ile ilgili tedbirlerin arazilere adapte edilebilmesi için öncelikle değişik iklim ve tarımsal uygulamaların yapıldığı bölge ve ülkeler de çölleşme göstergelerinin veya erken uyarı sinyallerinin belirlendiği çalışmalar yürütülerek tanımlanmasına, zaman içerisindeki değişimlerinin izlenmesine gereksinim vardır.

Çölleşme çalışmaları için ise arazi örtüsünün değişimi, biyoçeşitlilik, toprak verimliliği gibi biyo-fiziksel, ürün miktarında, işletme gelirlerinde ve pazar etkinliğinin azalması gibi ekonomik sorunların belirlenmesi yanı sıra, kırsaldan şehirlere göçün artması, nüfusun yapısının değişimi, toplumda dayanışmanın azalması, sağlığın kötüye gitmesi, işsizlik oranının artması gibi sosyal, devletin gücünün azalması ve göçler ile ilgili anlaşmazlıklar gibi politik göstergelerin yaygın olarak belirlenip depolanan veri tabanlarının olması gerekmektedir.

Günümüze kadar çölleşme riskinin belirlenmesi ve haritalanmasını hedefleyen çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan bir tanesinde, Akdeniz ülkelerinde çölleşmenin olumsuz etkilerini araştırmak ve önlem almak amacıyla 1999 yılında 10 ülkeden ve 31 gruptan oluşan Çevre Programı içerisinde Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı (MEDALUS-Mediterranean Desertification and Land Use) projesi gerçekleştirilmiştir. Bu projede kullanılan yöntemde, iklim ve arazi kullanımı sonucu çölleşme tehlikesi altında bulunan

hassas alanların belirlenmesi amacıyla çevresel hassas alanlar indeksi (ESA, Environmental Sensitive Areas) geliştirilmiştir. Çevre kalitesinin değerlendirilmesinde seçilecek parametreler kolay ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmeli ve güncellenebilmelidir. Bu kapsamda belirlenen alanların her birinin çölleşmeye olan hassasiyeti çeşitli nedenlerle farklılık göstermektedir. ESA indeksi içerisinde iklim, toprak kalitesi, arazi kullanımı, bitki örtüsü ve amenajmanın belirlenmesi gibi çeşitli değişkenler ve tematik göstergeler dikkate alınmaktadır. (Kosmas ve ark., 1999).

Bu tez çalışmasın da Tokat ilinde çoğunlukla yoğun tarımsal faaliyetlerin olduğu alanlarda arazi bozulması ve çölleşme düzeyinin belirlenmesini ve haritalanmasını amaçlamaktayız. Bu amaç için çölleşmenin izlenmesinde MEDALUS (Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) ve ESA indeksi (Çevresel Hassas Alanlar İndeksi) kullanılmıştır. Toprak kalitesi ve kalite indikatörleri yardımı ile arazi bozulması belirlenmiştir. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESA indeksi) olarak ifade edilen bir indeks ile hesaplanarak arazi bozulmasına hassas alanlar belirlenmiştir. ESA İndeksi, çevresel kalite ile ilişkili iklim, vejetasyon ve toprak verileri, amenajman gibi insan etkisine bağlı faktörleri bir araya getirerek arazi çalışmaları, veri setlerinden alınacak değerler ile tanımlama yapılarak bu özellikler yorumlanmıştır. Çalışma alanındaki arazi bozulması ve çölleşme düzeyi belirlenmiş ve mesafeye bağlı değişimlerinin modellenmesi, haritalanması yöntemleri kullanılarak, toprak fonksiyonlarının çalışma alanlarındaki durumları haritalanarak ortaya konulmuştur. Elde edilen haritaların kullanımı ile çalışma alanlarındaki arazi bozulması ve çölleşmenin nasıl ilerlediği belirlenmiştir.

Çiftçilerin uyguladıkları amenajmanlardaki farklılıklar, dinamik toprak kalitesi üzerine olan etkilerin farklılaşmasına neden olmaktadır. Çalışma alanındaki gibi iklim, amenajman, toprak kalitesi ve vejetasyon kalitesinde doğanın ve insanların çeşitli baskıları, olumsuz etkileri sonucunda tarım arazilerinde, ormanlarda ve meralarda oluşan arazi bozulması, çölleşme problemlerinde de farklılıklar söz konusudur. Toprak oluşumları ve iklimleri (özellikle sıcaklık) farklı yoğun tarım yapılan araziler de arazi bozulmasının zamansal değişiminin nedenlerinin araştırılması ve çözüm üretilebilmesi, hazırlanmış doğru veri tabanları sayesinde mümkün olabilecektir.

Ayrıca bu doktora tez çalışmasında çölleşmenin belirlenmesi ve izlenmesini mümkün kılacak, basit, güncellenebilir ve kolay ulaşılabilir CBS tabanlı bir model

olduğu için modifiye edilmiş MEDALUS (Akdeniz ölleşme ve Arazi Kullanımı) modeli kullanılmıştır. ölleşmeye hassas alanların izlenmesi, küresel bir sorun olan ölleşme tehdidinin Tokat ilindeki zararlarının görülmesi, gerekli tedbirlerin alınması mümkün olacaktır.

Sonuç olarak çalışma alanındaki arazi bozulması ve ölleşme etkilerinin olduğu alanlar tespit edilmiş, alınması gereken tedbirleri için uyarılar yapılarak çalışma alanı için uygun görülen tedbirler belirtilmiştir. Bu yönüyle tez çalışmasının sonuçları, benzer iklim ve toprak özelliklerine sahip diğer bölgelerde arazi bozulmasının, çölleşmenin zamansal değişimleri rahatlıkla incelenerek izlenmesi ve erken uyarı sisteminin geliştirilmesinde kullanılabilir niteliktedir. MEDALUS modelinin modifiye edilerek Tokat iline uygulanması ile farklı disiplinlerden araştırmacı ve bilim adamlarının kullanıcıların ve karar vericilerin hizmetine sunulmuştur. Toprak bozulması ve ölleşme ile ilgili çalışmalar için bir referans niteliği taşıyacak olan bu tez çalışması CBS tabanlı bu modelde yeni veriler üretildikçe güncellenebilecektir. Gelecek çalışmalar da ölleşme durumunun izlenmesi için kullanılabilir gibi Tokat ili topraklarının daha iyi nasıl kullanılmaları gerektiği hakkında da verilen bilgiler yoğun tarım yapılan arazilerin sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gıda üretiminin sürekliliği, suyun depolanması ve kirleticilerin filtre edilmesi, bozulmaya karşı direnç gösterme, biyo çeşitliliğin temini ve daha birçok önemli işlevlerinden dolayı toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin kaybolmasına engel olmak ve oluştuğu yerde muhafaza etmek yeryüzünde yaşayan her canlı için son derece önemlidir. Arazi ya da toprak, bütün dünyada miktarı artırılmayan doğal bir kaynaktır. Arazi, ekolojik – hidrolojik süreçlerin geliştiği, bitki örtüsü ve diğer biyolojik öğeleri içeren sistemi tanımlayan canlı bir ortamdır (Erkan ve ark., 2011).

Toprak ve ekonomi arasındaki önemli bağlantıdan dolayı ekonomik - kültürel aktivitelerin temeli topraktır. Tarım, endüstri ve turizm gibi direk ve dolaylı olarak toprak kalitesi ile ilişkili birçok ekonomik faaliyet bulunmaktadır. Toprak bu yüzden de dinamik ve canlı bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemin biyolojik, fiziksel ve kimyasal bileşenleri arasında benzersiz bir denge ve etkileşim bulunmaktadır (Karlen ve ark., 1997). Toprak-bitki ve arazi yönetimlerinden en iyi olanın seçilmesiyle toprakların birçok özelliğinin iyileştirilmesi ile tarımda sürdürülebilirlik mümkün olabilmektedir. Sürdürülebilir çevre prensipleri doğrultusunda bunu gerçekleştirebilmek doğal kaynakların detaylı tanınması, kapasitesine uygun olarak kullanılması ve yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi durumda, doğal kaynakların bozulması veya üretkenlik ve verimlilik parametrelerinin sektöre uğraması kaçınılmaz olacaktır (Özbek, 2004).

Aşırı sulama, yetersiz drenaj uygun olmayan aşırı tarımsal işlemler ve diğer yetersiz tarımsal yönetim şekillerinden kaynaklanan tuzlanma, alkalileşme ve taban suyunun yükselmesi sulanabilir tarım arazilerinin bozulmasına neden olmaktadır. Artan gıda ve giyecek talebi ile tarım arazilerinde bozulma devam ettiğinden gelecekte sulanan alanların dünya gıda üretiminin %50'sini karşılaması mümkün olamayacaktır (Ghassemi ve ark., 1995). Mevcut veriler, tuzlanma ve taban suyu yükselmesi neticesinde sulu tarım arazilerde oluşan arazi bozulmasının her geçen gün arttığını göstermektedir (Seckler, 1996). Bu bozulma sulu tarımın arazilerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Rhoades, 1997; Rhoades, 1998).

Tuzluluk-alkalilik, toprak sıkışması ve erozyon gibi sorunlar yanında ülkemizde artan nüfus, kentleşme, orman, mera ve tarım arazilerinin yeteneklerine uygun kullanılmamaları arazilerin fonksiyon gösterme yeteneğini azaltmakta ve biyolojik

üretkenliğini kaybetmesine neden olmaktadır. Bu sorunların artmasıyla birçok ülke de olduğu gibi ülkemiz de de arazilerin çölleşme sorunu ile karşı karşıya kalmasının önüne geçilememektedir.

Toprak, besin elementlerinin yıkanmayla kaybına engel olduğu gibi besin döngüsü ile ilişkili biyolojik olay, filtreleme faaliyetleri ile toksik etkilerin azalmasına neden olacak şekilde kirleticileri tutup, dönüşümlerini sağladığı için karasal ekosistemlerin çok önemli bir bileşenidir. Önemi çok iyi bilinen, bu kaynağı ve onun fonksiyonlarını korumak için öncelikle toprağın içinde meydana gelen faaliyetleri, arazinin iklim, yöney, besin elementi içeriği gibi özelliklerini bilerek amenajman uygulamalarını belirlemek gerekmektedir (Marzaioli ve ark., 2010).

Tarımsal ürünler stratejik öneme sahip olduklarından sürdürülebilir bir şekilde üretim yapabilmek toprakların bozucu etkilerden korunabilmesi ile mümkün olabilir. Tokat ili için tarım alanlarında Saltalı ve ark (2004) yeteneklerinin bilinmemesi sonucu yapılan bilinçsiz gübreleme ile topraklarda kadminyum ve fosfor birikiminin olduğunu belirtmişlerdir. Ülkemizin önemli tarımsal üretim alanlarından olan Tokat ilinde arazi bozulması, çölleşme gibi olası sorunların geç kalınmadan belirlenerek izlenmesi oluşabilecek olumsuzlukların minimize edilmesi için gerekli tedbirlerin alınması, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından mutlaka gereklidir.

Uzun süredir tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü tarım arazilerinde toprakların sürdürülebilirliğinin saptanabilmesi, çölleşme ve arazi bozulmasındaki değişimlerin sayısallaştırılıp değerlendirilebilmesi, uygulanan amenajmanların ve toprak indikatörlerinin anlaşılması gerekmektedir.

Arazilerin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve çevreyle ilgili planlamaların yapılabilmesi için toprak, fizyografya, iklim, bitki örtüsü, arazi kullanımı gibi kaynakların temel veri tabanlarının oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Avrupa ülkelerinin çoğunun detaylı toprak etütleri tamamlanmış olup bunlara ilişkin veri tabanı oluşturulması işlemleri devam etmektedir (Bathgate ve Duram, 2003).

2.1. Arazi Bozulması

Arazi bozulması, arazinin özellik veya niteliklerinin bozulması veya gerilemesi sonucunda verim potansiyelini düşüren herhangi bir değişimi, arazideki işlemlerin bir

kombinasyonu olarak ekonomik ve biyolojik kaynakların azalmasını veya kaybını ifade eder (Hountondji ve ark., 2006; Hellden, 2008). Arazi bozulması, yanlış veya aşırı insan etkisi sonucu arazideki doğal dengelerin bozulmasıyla oluşur (Williams, 1991) ve yirmi birinci yüzyılda en büyük çevre problemlerinden biri olarak tanımlanır (Hountondji ve ark., 2006). Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Konseyi *arazi bozulmasını*; yağışa bağımlı tarımsal üretimlerde, sulanan tarım arazilerinde, mera, otlak, orman ve çalılık arazilerde arazi kullanımından veya insan aktiviteleri ve doğal işlevlerin birleşiminden kaynaklanan biyolojik veya ekonomik üretkenliğin kaybı, azalması olarak tanımlanmaktadır (United Nations, 1994). Arazi bozulması temel olarak iki grupta toplanır, ilki toprağın su veya rüzgârla uzaklaştırılması, yani erozyon; ikincisi ise, toprağın bulunduğu yerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin gerilemesi sonucunda toprak verimliliğinde azalmaya yol açan küresel bir süreçtir (Fantechi ve ark., 1995). Aynı zamanda arazi bozulması, arazilerdeki ekonomik ve biyolojik olarak kalıcı verim azalması veya kaybını da ifade etmektedir (Helldén, 2008). Cangir ve Boyraz'a (2008) göre, kamuoyunda toprağın bozulumu yerine çölleşme kelimesinin kullanılmasının nedeni çölleşme kavramının ürkütücü ve kalıcı bir etki bırakmasıdır. Ancak birçok araştırmacı kuraklığın etkisi ile insan etkisini karıştırmamak için çölleşme yerine arazi bozulması ifadesini kullanmayı tercih etmektedir (Wessel ve ark., 2004). Arazi bozulması bitki çeşitliliği kompozisyonunun değişimi ve toprak erozyonu gibi çok geniş tanımları olmakla birlikte esas olarak arazinin biyolojik üretkenliğindeki azalma durumunu anlatmak için kullanılmaktadır (Reynolds ve Smith, 2002; UNEP, 1994).

Önemli düzeyde endüstrileşmenin etkisi ile ortaya çıkan iklimdeki salınımlar gibi doğal olaylar, insan faaliyetleri (Bakr ve ark., 2012) ve artan nüfus ile oluşan birim alandan daha yüksek ürün elde etme arzusu tarımsal üretimde toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin azalmasına (UNCED, 1992), hatta bazı durumlarda tükenmesine yani arazi bozularak çölleşmesine neden olmaktadır. Arazide meydana gelen bir kısım değişimler, doğal sistemlerin kendi kendini onarma kapasitelerinden daha yoğun ve uzun süre devam ettiğinde arazi bozulmasına neden olmaktadır, bu bozulmanın da daha çok insan kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Blum, 1998).

Kaplan ve ark (2014), Türkmenistan'da Sovyetler Birliği dağılmadan önceki ve sonraki uydu görüntülerini çölleşme sürecini değerlendirmek için kullanmışlardır.

Sulanan tarım arazilerinin %86'sında nüfusun yoğunluğuna bağlı olarak arazi kullanımında büyük değişimler olduğu belirlenmiştir. Arazi bozulmasının en büyük sebeplerinden biri olan erozyonun zararı daha çok tarım arazilerinde ortaya çıkmaktadır. Bunun temel nedeni arazilerin, sahip oldukları temel özellikler, iklim gibi doğal şartlar, toprak ve arazi nitelikleri dikkate alınmadan ve kullanım planlaması yapılmadan toprağın işlemeli tarımda kullanılmasıdır. FAO uzmanlarına göre erozyonun başlıca nedenleri ormanların yok edilmesi, aşırı otlatma, endüstrileşme ve yanlış kentleşme veya kazı-dolgu işlemleri (yapılaşma) ve yanlış tarım teknikleridir (Yassoglou ve ark., 1998).

Aşındırma ve sömürme olaylarının hızı yeniden kazanım ve ilavelerin hızına eşit olduğu sürece arazi bozulması gerçekleşmez. Pagiola (1999)'a göre yeni tarım alanlarındaki gelişmeler arazi bozulmasının etkilerini maskeleyebilecektir. Yeni tarım arazilerinin oluşmasında erozyonun azalması yavaşta olsa kaba materyallerin parçalanarak ince materyallere ayrışmasına yardımcı olacaktır. Ancak, arazide gerçekleşen değişimler belirli bir eşik değerin üzerinde olursa meydana gelen bozulma işlemi yani çölleşme süreci artarak devam eder ve geri dönüşümsüz değişimlere yol açabilir. Eğer erozyon ana kayanın toprak yüzeyine çıkmasına neden olacak kadar şiddetli olursa, bozulma arazi yüzeyinin çıplak kayalık olmasına yol açacaktır. Bu nedenle de arazi bozulması, hem biyolojik üretimde esneklik kaybı hem de doğal ve insan kaynaklı faktörlerle etkilenmiş toprakların oluşması gibi dünyanın büyük bir bölümünde yaygın olan önemli bir olguyu temsil etmektedir (Mainguet, 1994).

Sadece iklim değişimi bir arazinin çölleşme düzeyine gelmesine neden olamaz. İnsan aktiviteleri ve aynı zamanda doğal olaylar arazi bozulmasını önemli düzeyde olumlu veya olumsuz yönde etkilerler (Bakr ve ark., 2012). İklim değişimi bir takım kritik eşik değerlerin değişmesine neden olur ve diğer etmenlerle birlikte olduğunda ise sistem dinamik dengesini daha uzun süre muhafaza edemez ve geri dönüşümü olmayan arazi bozulması ve çölleşme gibi büyük sorunlar oluşur (EC- European Commission, 1999). Toprak sıkışması, agregatların parçalanması ve toprağın yapısında meydana gelen değişimler fiziksel, organik maddenin azalması, ekolojik yapının ve biyolojik çeşitliliğin kötüleşmesi ise biyolojik bozulmanın göstergeleridir (Blum, 1998). Toprağın kimyasal yapısında meydana gelen değişimler ise toprağın özellikle karbon, azot ve fosfor gibi bileşenlerini etkilemektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma

olaylarının tamamı birbirleri ile ilişkilidir ve toprağın hidrolojik özelliklerinin, erozyona karşı direncinin, besin elementlerinin etkilerinin, element döngüsünün ve karbon depolama kapasitesinin değişmesine yol açarlar (Contador ve ark., 2009).

Dinamik dengenin bozulmasında birçok sebep vardır: Örneğin doğal denge kuramına inanan kimi araştırmacılar, aşırı otlatmanın erozyonu artırıcı etkisinin sanıldığı ölçüde yüksek olmadığını, çünkü bu etkinin hem kesintili nitelik taşıdığını, hem de, florayı uyarıcı etkide bulunduğunu belirtmektedirler (Rowntree ve ark., 2004). Fakat otlaklarda aşırı otlatmanın flora ve fauna toplulukları üzerine yaptıkları etkiler, tür değişimleri, türlerin azalmaları veya çoğalmaları, örtü yüzdesindeki değişimler, kök sistemleri farklılıkları gibi çok önemli konular hemen hiç incelenmemiştir. Bu konular son derecede karmaşık olup, ekolojik koşullara bağlı olarak geçici veya kalıcı geniş etkileri vardır (Behnke ve Scoones, 1993).

Arazi bozulması sorunları tek bir nedene dayandırılmayacak kadar önemli problemlerdir. Çok sayıda ve karmaşıklığa neden olan çeşitli tanımlamaların olmasının temel nedenin de bu küresel sorunun birçok sebepten kaynaklanması olduğu düşünülmektedir (Reynolds, 2001). Bu durum, problemin sayısal olarak tahmin edilmesini de zorlaştırmaktadır. Zira altında yatan nedenler tam olarak bilinmediği zaman arazi bozulmasının belirlenmesinde kullanılacak değişkenlerin kendilerinin veya setlerinin doğruluğu sorgulanmalıdır (Geist ve Lambin, 2004). Buna ilaveten, arazi bozulmasına neden olan faaliyetlerin hızla arttığı ve herhangi bir tedbir alınmadığı takdirde daha ileri düzeyde artışların olacağı da beklenmektedir (Montanarella, 2007). Gao ve Liu (2010), dünyada her yıl ortalama 5 ile 10 milyon ha tarım arazisinin ciddi bozulmalardan dolayı yok olduğunu bildirmişlerdir. Arazi bozulmaları çoğunluğu gelişmiş ülkelerde olmak üzere yeryüzündeki tüm arazilerin yaklaşık 1/3'ünü etkilemektedir (UNCCD, 2002). Arazi bozulmasında bölge veya arazi genelinde nadiren tek düze bir şekilde oluşan bozulma mekânsal farklılıkları gösteren haritaların kullanılması ile tanımlanması kuvvetle muhtemeldir (Dregne, 1999; Ali ve Baroudy, 2008).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) büyük hesaplama gereksinimlerinin ele alınmasına yardımcı olmak ve farklı çöllerleşme parametrelerinin durumunu görselleştirmede yararlı araçlardır (Ali ve Baroudy, 2008; Gad ve Lotfy, 2008). Her ulus en çok onları ilgilendiren bozulma nedenlerine ait verileri toplamak üzerine odaklanmalı ve tüm

lkeler için ortak göstergeler belirleyerek bu soruna kar uluslararası işbirliğini güçlendirmelidir (Dregne, 1999). Arazilerin bozulmalarına neden olan sorunların tespitinde seçilecek göstergeler belirlenirken biyofiziksel faktörlerin yanında özellikle insan faaliyetlerine bağlı olan faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir (Danfeng ve ark., 2006). Tarımsal retimi sürdürülebilir kılmak için toprak bozulmasına neden olan riskler belirlenmeli ve bu süreçlerin oluşturduğu bozulma işlemleri için uygun yöntemler kullanılarak çölleşmenin oluşumu engellenmelidir (Condator ve ark., 2009).

2.2. Çölleşme

Kurak arazilerde biyolojik olarak üretkenliğin kaybolması olarak da bilinen lleme yirmi birinci yüzyılın en önemli evre sorunlarından. Ancak lleme konusunda uzun yıllar boyunca yaygın bir tanım yapılamamış yeterli bilimsel çalışmalar ve veriler retilenmemitir (Hountondji ve ark., 2006). Arazide kayaların yzeyeye çıkması, oldukça sodik toprakların oluşumu gibi toprağın verimliliğini geri dnsmsz bir şekilde yitirdiği durumların oluşmasını lleme göstergeleri olarak kabul ederek, bu sorunların görüldüğü ülkelerde sosyal ve ekonomik problemleri de inceleyerek arazi bozulması ve llemeyi birbirlerinden ayırt edebilmek mümkündür UNCCD (1999).

Dünya, lleme terimi ile ilk defa Fransız bilim adamı Aubreville'nın 1949 yılında hazırladığı "iklim, Afrika tropik ormanlarındaki lleme" raporuyla tanışmıştır. Ancak kavram daha önce Avrupa ve Amerikalı bilim adamları tarafından artan kum hareketleri, kurutma, çöllerin ve sahraların bozulması, insan yapımı çöller gibi terimlerle de tartıılmıtı (Hubert, 1920; Boville, 1921; Coching, 1926; Renner, 1926; Stebbing, 1935;1938; Lowdermilk, 1935; Jones, 1938). 1970'lerin ortalarından buyana lleme bilim adamları, politikacılar, uluslararası yardım ve kalkınma toplulukları tarafından tekrar tekrar farklı kavramlar ile ele alınarak geliştirilmiştir. (Warren, 1993; Kassas, 1995).

Uluslararası toplumun ilk tepkisi 1977 yılında Nairobi'de BM lleme Konferansı'nda ortaya konulmuştur. Bu konferansta BM Genel Kurulu tarafından onaylanan llemeyle Mücadele Eylem Planı (PACD) kabul edilmiştir (UNCOD, 1977; Symeonakis ve Drake, 2004). Takip ve planını koordine sorumluluğu ise BM

Çevre Programına (UNEP) bırakılmıştır. Çölleşme eğilimli ülkelerin kendi PACD'lerini geliştirmeleri istenmiştir.

Türkiye, 14 Şubat 1998 tarihinde BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi" ne taraf olmuştur ve 21 Ekim 2003 'te ise "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine" üye olarak katılmıştır. 189 ülke BM'nin Çölleşme ile Mücadele Anlaşmasını (UNCCD) imzalamış ve taraf olmuştur (UNEP, 1994). Kamu bilincini artırmak ve çölleşme tarafından gündelik yaşamları etkilenen insanların geleneklerini ve arazilerdeki biyo çeşitliliği korumaya yardımcı olmak için 2006 yılı uluslararası çöl ve çölleşme yılı olarak kutlanmıştır (Stringer, 2008).

Tüm dünyada kurak alanlarda, insanlığın karşılaştığı en önemli çevresel problem arazi bozulması ile başlayan ve ileriki safhalarda verimliliğin tamamen yok olması ile oluşan çölleşme sorunudur. Açık veya örtülü olarak çoğu tanımlarda azalan verimlilik durumunun önemli bir süreç olduğu belirtilmektedir. Çölleşme "uzun ömürlü" ve muhtemelen "geri çevrilemez" bir çevre sorunudur. Thomas ve Middleton (1994) tarafından vurgulandığı gibi bu çölleşme sadece Afrika kıtasının bir sorun olmayıp küresel ölçekte insan hayatının kalitesini etkilemeyen bir sorundur.

Çölleşme kurak arazilerde meydana gelen geri dönüşüm ihtimali olmayan arazi bozulmasını tanımlamaktadır (Adamo ve Crews-Meyer, 2006). Bilimsel olarak **çölleşme**; "kutup ve kutup altı bölgeler dışında kalan ve yıllık yağışın, potansiyel evapotranspirasyona oranının 0,05 ile 0,65 arasında değiştiği yöreleri kapsayan kurak, yarı kurak ve kurak alt nemli alanlarda iklim değişiklikleri, anızın yakılması, arazilerin çoraklaştırılması, organik ve inorganik atıklarla toksin elementlerin birikimi, radyoaktif bulaşmalar, aşırı gübre kullanımı, yanlış sürüm ve işleme teknikleri ile toprakların bozulması, yüzeyde kabuk oluşumu, ormansızlaşma, yanlış mera yönetimi, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı gibi birçok yanlış eylemler ile insan aktivitelerinin de dahil olduğu çeşitli etmenler sonucunda ortaya çıkan 'arazi/toprak bozunumudur' (Cangir ve Boyraz, 2008). Arazi bozulması ve çölleşmeyi birbirlerinden ayırt edebilmek için UNCCD (1999) **çölleşmeyi**, kurak, yarı kurak ve yarı yağışlı bölgelerde insan aktiviteleri ve iklim değişkenliklerinden kaynaklanan çeşitli faktörlerin etkisi ile gerçekleşen arazi bozulması işlemi olarak tanımlamıştır (Condator ve ark., 2009: Adamo ve Crews-Meyer, 2006). Arazi bozulmasının artarak devam etmesi yenilenebilir kaynakların potansiyel kullanımında bir azalmaya neden olmaktadır. Kaynakların

potansiyeli ise temel üretkenlik düzeyi, tarıma uygunluk ve doğal biyotik fonksiyonlar ile ilişkilidir (Sombroek ve El Hadji, 1993).

Çölleşme dünyanın her yerinde birçok ülkede önemli çevresel, sosyal ve ekonomik bir sorundur (Breckle ve ark., 2001). Kurak alanlarda çölleşme, su ve rüzgârdan dolayı yüzey toprağının yer değiştirmesine neden olan toprak erozyonu ve sedimentasyonu, toprak sıkışmasını, kumulların ve oyuntuların oluşumunu içermektedir. Erozyonun yeniden oluşması veya artması çölleşme işleminin başlangıcı olarak algılanmalıdır. Bulunduğu coğrafya ve etkileyen dış gücün çeşidine bağlı olarak, çölleşme çoğunlukla arazi yüzeyindeki toprağın uzaklaşması, besin elementlerinin, organik maddenin, kil boyutundaki mineral maddelerin uzaklaşması ile verimsizleşme ve su tutma kapasitesinin azalması, toprak tuzluluğu, sodikliğin artması, gibi biyolojik üretkenliği azaltan ve zamanla ortadan kaldıran göstergeler ile kaşımıza çıkmaktadır.

Bununla birlikte, doğal olarak gerçekleşen yangınlardaki düzensizlik, sistemden besin elementi kaybının artması gibi biyo-jeokimyasal döngünün bozulması olayları arazi bozulması dolayısı ile çölleşmenin nedenleri arasında sayılmaktadır. Egzotik ve daha az arzu edilen bitki çeşitlerinin baskın hale gelmesi, örneğin aşırı otlatma sonucu olarak meralarda çok yıllık değerli hayvan besini olan otların büyük bölümü yok olmuş, otların yerine hayvanların tercih etmediği otların veya otlak yerine çalılıkların oluşması bunların baskın hale geçmiştir. Kurak bölgelerde, daha önceki kırsal ekosistemlerin önemli tümleyicisi olan ahlat, hünnap, alıç, badem, sumak, muşmula, üvez gibi küçük, özel gruplar hızla yok olmakta ve yeniden üreme şansları kalmamaktadır. Otlaklarda hayvanların severek yemediği odunsu otlar yaygınlaşmaktadır.

Çok yıllık doğal bitki örtüsü ve ilişkili birçok mikrobiyal ve hayvan popülasyonu da çölleşme ile birlikte azalmaktadır. Özellikle gelirini tarımdan kazanan ülkelerde hayvan yetiştiriciliği için önem arz eden meralarda bu olumsuz etkilere maruz kalmakta ve ekonomik olarak zarar oluşmaktadır (Reynolds ve Smith, 2002). Meraların dünya hayvansal üretimindeki kaba yem ihtiyacının yaklaşık %70'ini temin ettiği tahmin edilmektedir (Lund, 2007).

Meralarda uygun olmayan otlatmalar sonucunda, özellikle Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü alanlarda, tek yıllık bitki türleri ile karaçalı (*Paliurus spina-cristi*), aptesbozan (*Sarcopoterium spinosum*) gibi dikenli çalılar ve dikensi yapraklı ardıç (*Juniperus oxycedrus*) vejetasyonunda önemli artışlar gözlemlendiği birçok araştırmacı

tarafından belirtilmektedir (Montalvo ve ark., 1993; Seligman, 1996; Lavorel ve ark., 1999; Sternberg ve ark., 2000; Gökkuş ve ark., 2001; Özaslan Parlak, 2011). Manzano ve Na'var (2000) meralardaki bozulmanın ve bitki kayıplarının nedeni olan en önemli insan faaliyeti aşırı otlatma olduğunu belirtmiştir.

Çölleşme göstergeleri, erozyon sonucu arazide kayaların yüzeye çıkması veya oldukça sodik topraklar gibi çölleşmenin son noktaya ulaştığı ve toprağın verimliliğini geri dönüşümsüz bir şekilde yitirdiği durumu göstermektedir. Çölleşme ile mücadelede faydalı göstergeler, çölleşmeyi işaret edecek göstergeler olmalıdır. Göstergelere bakarak gerekli tedbirler alındığı takdirde problemler çözümlenebilir ve çölleşme olmadan gerekli kalite testleri yapılarak geç kalınmadan araziler geri kazanılabilir. Kuru arazilerin kırılabilirliği: kısıtlı su kaynağı, yağış değişkenliği, zayıf bitki örtüsü ve düşük organik madde içeriği gibi ekolojik özelliklerle ilişkilidir (Kasas, 1995). Çölleşme ile ortaya çıkan bu sorunlar, onlarca yıl kalmakta ve çoğunlukla geri dönüşümsüz bir biçimde birkaç nesil boyunca devam edebilmektedir (D'Odorico ve ark., 2013).

Çölleşme, karmaşık bir olaydır ve genellikle çok olumsuz doğa olayları ve insan etkisi sonucunda oluşur (Geist ve Lambin, 2004) ve evrensel olarak oluştuğu ortamda kaçınılmaz sonuçları yaşayan birçok canlının hayatını tehlikeye atmaktadır. Toprağın önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilişkili olan fonksiyonlarını tamamen yitirmesi çölleşmenin en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmelidir (Imeson, 1988). Arazilerin çölleşmesi durumunda insan, kültür hayvanları ve yaban hayatı biyolojik ve ekonomik olarak gerektiği kadar desteklenemeyeceği göz ardı edilmemelidir (Reynolds ve Stafford Smith, 2002).

Tarımsal üretimde, arazinin bozulması geri dönüşümü olan ve kontrol edilebilir bir işlemdir. Ancak çölleşme arazinin biyolojik potansiyelinin tamamen kaybolduğu kalıcı ve pratik olarak geri dönüşün olmadığı bir durumdur (Basso ve ark., 2000).

Kuraklık, arazi bozulması ve çölleşme, birçok ülkede tarımsal üretimi tehdit ettiğinden bunlar ile mücadele her ülke için öncelikli konular arasına girmiştir (UNCCD, 2008). Kurak ve yarı kurak ortamlar küresel arazi yüzeyinin % 40'dan fazlasını kapsamaktadır (Deichmann ve Eklundh, 1991). Ancak doğal ve insan kaynaklı faktörler arasında devam eden karmaşık ve birbirleri ile ilişkili işlemlerden dolayı, arazilerin bozulmaya veya çölleşmeye olan hassasiyetlerini belirlemek oldukça zordur. Bu zorluğuna rağmen, son yirmi yıl içerisinde birçok araştırmacı bozulmaya hassas olan

toprak özelliklerini belirlemek ve farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde bu özellikleri haritalamak için çalışmalar yürütmüşlerdir (Brandt ve ark., 2003; Contador ve ark., 2009; Özgöz ve ark., 2012). Pagiola (1999), yoğun tarımsal faaliyetlerin toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik yapısının bozulmasına ve fonksiyonlarını kaybetmesine neden olduğunu vurgulamaktadır.

Su ve çevremizi saran atmosferdeki kirliliğin takip edilmesi ve kalitesini kontrol edebilmek için yoğun çalışmalar yapılmakta ve yasal düzenlemelere gidilmektedir. Son yıllarda çölleşme konusu bilimsel olarak farklı şekillerde ele alınmış ve çölleşmeyi durdurmak için birçok bölgesel ve ulusal adım atılmıştır. Valle ve ark. (1998), Arjantin'in Patagon'ya bölgesinde çölleşme durumunu değerlendirmek için konopi örtüsü, su ve rüzgâr erozyonu gibi biyolojik, fiziksel göstergeler kullanarak küçük, orta ve büyük ölçekteki çölleşmeye hassas alanları sınıflamışlardır (Farajzadeh ve Egbal, 2007). Çölleşme ekosistemdeki bozulma olayıyla direkt veya indirek olarak etkileşen çeşitli faktörlere bağlıdır ve ağırlıklı olarak iklim, toprak özellikleri, vejetasyon ve amenajman kalitesi ve sosyo ekonomik faktörlerle ilişkilidir (Helldén ve Tottrup, 2008).

Çölleşmenin kontrol edilmesi ile ilgili tedbirlerin adapte edilebilmesi için öncelikle çölleşme göstergelerinin veya erken uyarı sinyallerinin tanımlanması ve zaman içerisindeki değişimlerinin izlenmesine gereksinim vardır. Bu amaçla arazi örtüsünün değişimi, biyo-çeşitlilik, toprak verimliliği gibi biyo-fiziksel, ürün miktarının, işletme gelirlerinin ve pazar etkinliğinin azalması gibi ekonomik, kırsaldan şehirlere göçün artması, nüfusun yapısının değişimi, toplumda dayanışmanın azalması, sağlığın kötüye gitmesi, işsizlik oranının artması gibi sosyal ve devletin gücünün azalması ve göçler ile ilgili anlaşmazlıklar gibi politik göstergeler yaygın olarak kullanılmaktadır (Baartman ve ark., 2007; Hui ve ark., 2008; Vogtz ve ark., 2011). Çölleşmeye karşı hassas bölgelerde bozulmaya duyarlı arazilerin nasıl derecelendirileceği bazı temel göstergeler kullanılarak ayırt edilebilir ve eşlenebilir (Ali ve Baroundy, 2008). Arazi bozulması veya çölleşmenin izlenmesi ise arazi etütleri, veri tabanlarında kayıtlı olan bilgiler ve uzaktan algılama teknolojileri yardımı ile bilginin bir araya getirilmesiyle gerçekleştirilebilir (Vogtz ve ark., 2011). Çölleşme en azından bir kaç insan nesli boyunca geri dönüşümsüz bir süreç olarak düşünülse de, artık kalıcı olarak "çöl" tabir edilen seviyeye ulaşmadan sistemi uzun sürede geriye döndürmek için bir kısım tedbirlerin alınması mümkündür. Bunu gerçekleştirebilmek için ise tipik olarak hem

biyo fiziksel hem de politik ve sosyo ekonomik çözümlerin uygulanması gerekmektedir (D'Odorico ve ark., 2013).

Kaynaklar üzerine sürekli ve daha fazla miktarda yapılan baskı neticesinde, hala kontrol edilebilir ve geri dönüşümü mümkün olan ancak zamanla kontrolün mümkün olmayacağı geri dönüşümsüz çölleşme trendine dönüşmeden çalışmalar yapılmalı ve önceden tedbirler alınmalıdır. Çölleşmeyi değerlendirmek için ilk iş, araziye etkileyen her işlemin kontrol edilmesi ve bu işlemlerin bozulmanın şiddetine etkilerinin belirlenmesidir (Dregne, 1999). Çölleşmenin büyüklüğünü ve boyutunu tahmin etmek için çölleşmeye neden olan etmenlerin bilinmesi gereklidir. Çölleşmenin etkilerini tanımlamak ve onun doğasını anlamak çözümleri bulmak için teknolojileri kullanarak çeşitli modeller ile bölgelerin tanınması, planlamaların yapılması ve haritaların hazırlanması gerekmektedir (Mabbutt, 1986; Dregne, 1999; Pia Centis, 2006).

2.2.1. Çölleşmenin Sebepleri

Çölleşmenin ana sebepleri iklim değişikliği ve insan aktiviteleridir (Gad ve Lotfy, 2008). Geist ve Lambin (2004), Tüm dünyada 132 örnek çalışmayı inceleyerek çölleşmenin olası nedenlerini araştırmışlardır. Bu çalışmada tanımlanan dört temel neden: 1) kuraklığın artması; 2) hayvansal ve bitkisel üretimi içine alan tarımsal üretimin etkisi, 3) ağaç ve ekonomik değeri olan diğer bitkilerin tahrip edilip uzaklaştırılması ve 4) sulama sistemleri, yollar, konutlar, alt yapı inşaatları ve kömür, petrol ve doğal gazların çıkarılması gibi madencilik faaliyetleridir. Araştırmacılar, incelenen durumlardan sadece %10'unu tek bir sebeple (yaklaşık %5'i artan kuraklık ve %5'i tarımsal etkiler) ilişkilendirmiştir. Yaklaşık %30'u ise iki nedenin birleşimine genellikle artan kuraklık ve tarımsal etkiler ve geri kalanların tamamı ise üç veya dört nedene dayandırılmıştır. Geist ve Lambin (2004)'in çalışmalarında belirli bölgeler için önemli olan spesifik nedenleri de belirlemişlerdir. Bu özel nedenleri, o bölgenin karakteristik sosyo ekonomik ve biyo fiziksel faktörlerinin bileşiminden kaynakladığını belirtmişlerdir.

Çölleşmeye sebep olan faktörler doğal ve insan-kaynaklı sebepler olmak üzere iki gruba ayrılır. **Doğal sebepler** daha çok iklim elemanlarının normal olmayan salınımları ve zamansal değişkenliği ile açıklanır. Şiddetli kuraklık, yağıştaki düzensiz dağılımlar,

düşük nemlilik ve yüksek albedo çölleşmeye sebep olabilecek önemli iklimsel sebeplerdir. Diğer taraftan **insan-kaynaklı sebepler** çölleşme için esas nedenleri oluşturmaktadır. Özellikle bitki örtüsünün yok edilmesi, çok sık oluşan orman yangınları, tarımda aşırı kimyasal madde kullanımı, aşırı otlatma ve su kaynaklarının hızlı tüketimi insan-kaynaklı başlıca faktörlerdir (Ceylan ve ark., 2009).

Çölleşme göstergelerinin belirlendiği farklı amaçlara hizmet eden farklı ölçeklerde haritalar bulunmaktadır. Çölleşme veya çölleşme süreçleri, küresel kıta ve ulusal haritaları büyük çevre probleminin olup olmadığı konusuna dikkat çekmek ve arazi bozulmasının genel statüsü hakkında karar vericilere bilgi vermek amacı ile kullanılır (Dregne, 1999). Güney Avrupa'da incelenen çalışmaların %54'ünde çölleşmenin nedeni iklim ve teknolojik (ya yeni teknolojiler veya teknolojinin olmaması) faktörler olarak belirlenmiştir. Afrika'da, iklim tek başına veya nüfusun demografisi ile birlikte örnek çalışmaların %38'ini kapsamakta iken Amerika Birleşik Devletlerinde incelenen çalışmaların %50'sinde çölleşmenin nedeni olarak iklim ve teknoloji birlikte veya ekonomik güçlerin etkili oldukları görülmüştür. Asya, Latin Amerika ve Avustralya'da ise çölleşme tanımlanan dört faktörün veya daha fazla gücün karmaşık etkileşimlerinin ürünü olarak görülmektedir (Reynolds ve ark., 2007).

Ferrara ve ark (2012), Avrupa Birliği tarafından desteklenen MEDALUS projesi kapsamında geliştirilen çevreye hassas alanlar indeksinin (ESA) bozulmaya açık arazileri izlemek için en çok kullanılan yöntem olduğunu belirtmişlerdir. İran'da çölleşme tehlikesini incelemek için yapılan bir çalışmada; 20 parametreyi içeren bir çölleşme veri tabanı oluşturulmuştur (Farajzadeh ve Egbal, 2007). Araştırmacılar, MEDALUS modelinin iklim, toprak, bitki örtüsü ve amenajmanı içeren dört göstergenin gelişmiş haritalarını oluşturarak çölleşmenin izlenmesi için ilk adımları atmışlardır. Daha sonra yer altı suyu ve rüzgâr erozyonu gibi parametreleri de ekleyerek MEDALUS modelini kendi bölgeleri için modifiye etmişlerdir. Modifiye edilmiş MEDALUS yaklaşımı ile daha bölgesel spesifik parametrelerin modellemeleri sayesinde Iyzad Khast ovası boyunca çölleşme sürecinin daha hassas bir şekilde belirlendiğini ve çölleşmenin bir çok etmenden kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Geçtiğimiz yıllarda dünyanın birçok yerinde tarım arazileri ve doğal bitki örtüsü dramatik olarak bozulmuştur (Pia Centis, 2006). Herhangi bir bölgede çölleşmeye yol açacak faktörler çok sayıda olabilir. Avrupa Birliğinin Yunan adalarında yürüttüğü çok

detaylı bir çalışma olan DESERTLINKS projesinde bölgede arazi bozulmasına sebep olacak 50 adet indikatör üzerinde durulduğu belirtilmiştir (Kosmas, 2006). Bu indikatörlerin yanlış arazi kullanımı, iklimsel değişiklikler, yağış, antropojenik özellikler, ormansızlaşma, aşırı otlatma, erozyon, madencilik, kentleşme, yangın yönetim şemaları vb. olduğu belirtilmiştir.

Su dengesindeki köklü değişiklikler nedeniyle bitki bozulması, toprak erozyonu ve tuzluluk gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu faktörler gelecekte iklim değişimi faktörünün etkisiyle daha da ağırlaşabilir (Grainger ve ark., 2000; Pando-Moreno ve ark., 2004; Danfeng ve ark., 2005; Lin ve ark., 2006; Pia Centis, 2006).

Çölleşme oluşumunda bu kadar çeşitli indikatörden bahsedilirken birçok çalışmada sadece iki ana sınırlayıcı indikatör öne çıkmaktadır. Arazi yönetimi uygulanan bir bölgede iklim ve suya bağlı olarak vejetasyon indeksi ve amenajman kalitesi şeklinde iki indikatör öne çıkmaktadır (Grainger ve ark., 2000; Lin ve ark., 2006; Ali ve Baroudy, 2008; Hellden ve Tortrup, 2008). Kosmas (2006), çölleşmeye hassas alanların bulunduğu bölgelerdeki özellikle vejetasyon ve arazi kullanımı gibi indikatörlerin bölgeden bölgeye değişebilmekte olduğunu belirtmiştir. Örneğin gelişmiş bir ülke olan ABD için çölleşme yanlış tarım uygulamaları, madencilik, yangın yönetim planları, kentleşme gibi indikatörlere bağlı iken Etiyopya gibi ülkelerde aşırı nüfus yoğunluğu, ormansızlaşma, ciddi toprak kayıpları, düşük bitki örtüsü, dengesiz bitkisel ve hayvansal üretim gibi sebeplere bağlı olduğu belirtilmiştir (Danfeng ve ark., 2005).

2.2.2. Çölleşmenin Etkileri

İnsanların yaşam koşullarını ve ekonomik gelişmeyi etkilemesinin yanında çölleşme arazilerdeki potansiyel biyo kütle üretiminde, yer altı ve yerüstü kaynaklarında da bir azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Pia Centis, 2006; Hellden, 2008). UNCCD'ye göre çölleşmenin sonuçları bitkisel ve hayvansal üretime zarar vererek bitkisel üretimi sarsmakta ve taze su kaynaklarının kalitesini ve miktarını, doğal iklim değişikliği ile toprağın verimliliğini azaltmakta, yoksulluk, kıtlık ve maliyetlerin artması ile siyasi iktidarlarda sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çölleşmenin nedeni ile kırsal kesimdeki insanlar kentlere, farklı ülkelere veya bölgelere göç ederek

yaşam koşullarını iyileştirmeye çalışarak ikincil sorunlara neden olurlar (Pia Centis, 2006; Sivakumar, 2007; Hellden, 2008).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde iklim değişiklikleri etkilerini daha fazla gösterdiğinde çölleşmenin de artması beklenmektedir. İklim değişikliğinde herhangi bir bölgede mevcut su kaynakları ve tarım arazileri doğru idare edilemediğinde çölleşmenin ilerlemesi ile ülkeler daha büyük bir tehdit ile karşı karşıya kalacaklardır (Henderson-Sellers ve ark., 2008).

Farklı düzeylerde çölleşme etkisi altındaki arazilerde çölleşmenin ürün ve toprak özellikleri üzerine etkilerini araştıran Zhao ve ark (2006), rüzgâr erozyonuna bağlı olarak yüzeyde kum içeriği ve toprak sıcaklığının arttığını organik madde, besin elementi ve nem içeriğinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Bu olumsuz değişimlerin ise tohum verimi ve biyo kütle azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Li ve Dong (2006), farklı çölleşme seviyelerinde seçilmiş dört alanda toprak ve ürün karakteristiği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çölleşme arttıkça organik madde miktarının kuvvetle azaldığını rapor etmişlerdir. Bununla birlikte rüzgâr erozyonu olan bölgede, yüzeyde kum birikmesinden dolayı evapotranspirasyon oranı azaldığı için toprak tuzluluğunun azaldığını belirtmişlerdir.

2.2.3. Çölleşmenin Bölgesel Etkileri

Dünya yüzeyinin yaklaşık üçte biri kurak yarı kurak bölgelerden oluşmaktadır ve dünya ülkelerinin üçte ikisinin %20 den fazlası doğrudan çölleşme tehdidi altındadır (Farajzadeh ve Egbal, 2007). McConnel ve ark (2007), dünyadaki tarım arazilerinin yaklaşık %44'ünün kurak bölgelerde bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu arazilerinde yaklaşık %15'inin önceleri mera olarak kullanılan ve 20. yüzyılın ilk yarısından itibaren tarımsal üretime dönüştürülen alanlar olduğuna işaret etmişlerdir. Bu dönüşümler, geride kalan meraların aşırı otlatılmasına neden olmuştur. Shahidi Hamedani (1998), çölleşmede kurak alanlarda bitki büyümesini sınırlandıran önemli iki faktörün suyun kullanılabilirliği ve insanlardan kaynaklanan gıda, yem ve enerji üretim ve tüketim ile biyokütle yönetimi ve tüketimi olduğunu bildirmişlerdir. Shahidi Hamedani (1998) Dashte Nahavand'da insan kaynaklı çölleşme faktörlerini meraların

aşırı otlatılması, yetersiz arazi yönetimi, madenlerin aşırı sömürülmesi, yeni teknolojilerin tarım arazilerine aşırı uygulanması ve nüfus artışı olarak belirtmiştir.

İran'ın %80'den fazlasında çölleşmeye sebep olan faktörlerin aşırı otlatma ve rüzgâr erozyonu olduğu bildirilmiştir (Babaev, 1999). Yoğun tarımsal faaliyetler de erozyonun artmasına neden olurken hasat ile kaldırılan besin elementlerinin toprağa katılan besin elementlerinden fazla olmasından dolayı da besin elementi kaybı yaşanmaktadır. Birleşmiş Milletler çölleşme ve kuraklıkla mücadele programı (UNSO)'na göre dünyadaki arazilerin %40'ı kurak alanlardan oluşmaktadır. Kurak alanlar, Asya'da %34.4, Afrika ve Amerika'da %24.4, Avustralya'da %15, Avrupa'da ise bu oran %2.5 düzeyindedir (UNSO, 1997).

Kurak bir alanda çölleşme erkenden tanımlanmış olsa dahi kuraklığın etkisi ile arazinin fonksiyonlarını yitirmesi ve çölleşme göstergelerinin ortaya çıkması kaçınılmaz olabilir. Bu durumda diğer koşullara da bağlı olarak çok hafif ile şiddetli arasında çölleşme görülebilir (Grainger ve ark., 2000). Pia Centis (2006), çölleşme veya arazi bozulmasının yağış şiddetinin düşük olduğu alanlarda olabileceği gibi şiddetli yağışların etkisi altındaki alanlarda da ortaya çıkabileceğini belirtmiştir. Yağışın az olduğu bölgelerde arazi üzerindeki aşırı baskılar, toprağın organik madde içeriğinin hızlıca azalmasına neden olacağından, toprağın dayanıklılığını kaybetmesinin bir sonucu olarak rüzgâr erozyonunun araziye çölleştirmesine neden olacaktır (Veron ve ark., 2006).

2.2.4. Çölleşmenin Uluslararası Ölçekte Değerlendirilmesinin Gerekçeleri

Çölleşme, son yılların üzerinde tartışılan en önemli küresel çevre sorunlarından birini oluşturmasına rağmen, kısa bir zamanda meydana gelmiş bir süreç değildir (Bayramin, 2003). Tüm dünyada yaşanan küresel iklim değişikliği nedeniyle, arazilerin üretim potansiyellerinin azalması ve insanların daha çok ürün almak için yaptıkları yönetim hataları çoğalmıştır. Bundan dolayı öncelikle kırsal kesimde yaşayan insanların hayatlarının olumsuz etkilenmesi bunun bir sonucu olarak kentlerde nüfusun artmasından kaynaklanan sanayi ve kentleşmenin artmasıyla tarımsal alanların terk edilmesi veya yanlış kullanılması sonucu yok olması ortak sorundur. Bu sorunun ilerleyen aşamalarında tüm dünya ülkeleri için özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda iklim, bitki örtüsü, toprak ve amenajmanda oluşan olumsuz ve geri dönülemez

bozulmalar sonucunda çölleşme artmaktadır. Kuraklık, arazi bozulması ve çölleşme birçok ülkede tarımsal üretimi tehdit ettiğinden bunlar ile mücadele her ülke için öncelikli konular arasına girmiştir (UNCCD, 2008).

Çölleşmenin doğasını ve sebeplerini anlayarak onun gelecekteki etkilerini tanımlamak, hükümetler ve uluslararası toplumda bir tepki uyandırmak amacıyla sorunun büyüklüğünü ve boyutlarını belirlemek çok önemlidir (Mabbutt, 1986; Dregne, 1999).

Küresel, ulusal veya yerel çölleşme izleme kalkınma planlarının oluşturulması (Dragan ve ark., 2005 Dregne, 1999) çölleşmeyle mücadele yöntemlerine ilişkin politik kararların uygulanması önemli faaliyetlerdir. Özellikle az hassasiyetteki köy, havza boyutundaki haritalardansa (Dregne, 1999) uluslararası ölçekte kıta boyutundaki daha hassas çölleşme haritalarında çölleşme riski olan alanların belirlenmesi daha kolaydır. Bu haritalar kullanılarak uluslararası boyutta büyük projelerle (De Survey, DESIRE, MEDALUS vb.) çözüm önerileri bulunduğu takdirde yerel alanlardaki çölleşme riskleri için daha az masraf ve iş gücü harcayarak çözüm üretilebilecektir (Dragan ve ark., 2005).

2.3. Toprak Kalitesi

Amerika Toprak Bilimi Derneği **toprak kalitesini** “doğal veya amenajman ekosistemleri sınırları içerisinde yer alan belirli bir toprağın bitki ve hayvan üretimini devam ettirebilmesi, su ve havanın kalitesini koruması ve iyileştirmesi, insan sağlığı ve diğer canlıların yaşamlarını desteklemesi şeklindeki işlevselliği” olarak tanımlamıştır (SSSA, 1997).

Toprak kalitesi çalışmalarının genel hedefi, toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerine toprak amenajmanının etkilerinin izlenmesi ile kalitenin değerlendirmesini bir araç olarak kullanarak, toprakların geçmişteki ve şu andaki tarımsal potansiyelini inceleyerek gelecekteki durumu hakkında tahminde bulunmaktır (Karlen ve ark., 2008).

Bone ve ark., 2010’a göre toprak kalitesinin değerlendirmesi ile ilgili gelişmeler, toprak kalitesinin izlenebilmesini mümkün kılacağından kalitenin azalmasının erken

belirlenmesini mümkün kılacaktır. Zamanında alınacak tedbirler, öncelikle toprak ile ilişkili ekonomik faaliyetleri olumlu yönde etkileyeceğini belirtmişlerdir.

Uygun olmayan amenajman yöntemleri, toprak fonksiyonlarında çok ciddi değişimlere yol açtığından dolayı, toprak kalitesindeki değişimin izlenmesi, arazi bozulması ve çölleşmenin izlenmesini de kolaylaştıracaktır. Arazilerin hızla bozulmaları karşısında basit, başkaları tarafından kolaylıkla kullanılıp uygulanılabilecek ve toprak özelliklerindeki değişimleri tanımlayabilen bir metoda gereksinim vardır. Arazi kullanımlarının geleneksel olarak farklı olması, sosyal çevre faktörlerinin, arazilerin çeşitliliğinin daha birçok faktörün bölgesel olarak farklılık göstermesi çölleşme ve toprak kalitesi konusunda çeşitli tanımlamaların ortaya çıkmasına neden olmuş ve kavramların anlaşılmasını zorlaştırmıştır. Dinamik toprak kalitesi genellikle insan kullanımı ve amenajmanın toprak fonksiyonları üzerine etkisi ile şekillenen toprak kalitesi olarak tanımlanmaktadır (Seybold ve ark., 1998).

Arazinin kullanım şekli ve tarımsal amenajman uygulamaları toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile canlıların popülasyonlarında değişime neden olduğu bazı durumlarda arazinin verimliliğinde de bir azalmaya yol açabilmektedir (Caravaca ve ark., 2002). Problemlerin erken belirlenebilmesi onların çok kolaylıkla ele alınıp çözümlenmelerine de yardımcı olacaktır. Benzer şekilde, düzensiz veya zamanla kötüye giden toprak göstergeleri, arazide uygulanmakta olan bazı amenajmanların belirli açılardan gözden geçirilmesi konusunda bir uyarı niteliğindedir. Toprak verimliliği için yapılan analizler bitkinin beslenmesi açısından bu rolü bir derece üstlenmekle birlikte, toprak kalitesinin değerlendirilmesi daha geniş ölçekte toprak fonksiyonlarının ve çevresel etkilerinde dâhil edilmesini kapsamakta bunun incelenmesi ile belirlenen sorunların arazi bozulması veya çölleşme gibi daha büyük sıkıntılara yol açmasının önüne geçilebileceği bilinmektedir (Karlen ve ark., 2008).

Toprak bozulması kavramı halk tarafından sürdürülebilirliğin artırılabilmesi talebi üzerine topraklar ile ilgili bütüncü ve birleştirici bir yaklaşımın belirlenmesiyle doğru amenajmanların ortaya konulabileceğinin kabul edilmesi ile gelişmeye başlamıştır (Herrick ve ark., 2002). Herhangi bir amenajman altında bulunan toprakların kalitesini belirlemek, uzun vadede toprak özelliklerindeki değişimi ölçebilme imkânı sağlayacaktır.

2.4. Arazi Bozulması ve Çölleşme Belirleme Yöntemleri

Toprak kalitesi, arazi bozulması ve çölleşmenin global olarak izlenmesi arazi bozulması ve çölleşmenin önceden fark edilerek ilerlemesinin önüne geçilmesi için gereklidir. Arazi bozulması ve çölleşmenin günümüzde etkin bir şekilde belirlenmesi ve izlenmesini sınırlandıran etmenlerin geçmişten gelen verilerin az olması ve veri tabanlarının bulunmaması gibi faktörlerin etkili olduğunu belirtmiştir (Verstraete ve ark., 2011). Kurak alanların değerlendirilmesi ve karakterize edilerek anlaşılmasında veya bu bölgelerde uydu esaslı ürünlerin performanslarının değerlendirilmesinde yerinde gözlem ağlarının spatial yoğunlukları genellikle yetersizdir. Var olan veri genellikle kısa sürelidir veya zaman içerisinde kesiklik göstermektedir. Özellikle sosyal ve ekonomik değişkenler için var olan bilginin miktarı, tipi ve kalitesi yetersizdir. Uydu esaslı ölçümler ile çevresel değişkenlere ait birçok veri rutin bir şekilde toplanabilmektedir. Ancak sosyal, politik veya ekonomik değişkenlerin çoğunluğunu bu teknikler ile elde etmek mümkün değildir. 1980'li yılların ortasından bu yana uydu görüntüleri ile küresel ölçekte veri toplanabilmesine rağmen bu verilerin çözünürlükleri genelde oldukça kabadır.

Bitki örtüsü ve arazi kullanımındaki uzun süreli trendler hem eski değişimler hem de amenajmanın etkinliklerinin görülmesi açısından önemli indikatörlerdir. Eski arşivlerin incelenerek geçmiş ile ilgili daha detaylı bilgi edinip hali hazırdaki değişimleri anlamak, planlama ve sürdürülebilir amenajmanı destekleyecek yeterli izleme kapasitesini sağlamak ve geliştirmek için gereklidir.

Çölleşmeyle değerlendirmede uygulanan bir dizi yöntem vardır. Arazi çalışmaları, uzman görüşü, uzaktan algılama, modelleme, verimlilikteki değişimler ve örnek çalışmalar yaygın yöntemlerden bazılarıdır, ancak bunların hiçbiri tek başına kullanılmamalıdır (Pia Centis, 2006). Arazi bozulması ve çölleşme çalışmalarında arazi çalışmaları ve uzaktan algılama yöntemleri çok önemlidir. Alan değerlendirilmesiyle karşılaştırıldığında uzaktan algılama maliyet, zaman açısından ve haritalama için daha değerlidir (Gao ve Liu, 2008; Li ve ark., 2007).

Kurak ve yarı kurak arazilerin çoğunluğu bir dizi doğal (biyo fiziksel) ve insan kaynaklı faktörlerin etkileşiminden dolayı arazi bozulması ve çölleşmeden etkilenmektedirler (Ladisa ve ark., 2012). Tarımsal üretimde, arazinin bozulması

kontrol edilip önlemler sonucu geri kazandırılabilirken çölleşme ise arazinin verimliliğinin tamamen kaybolduğu kalıcı ve pratik olarak geri kazandırılmayan bir durumdur (Basso ve ark., 2000). Avrupa Birliği çölleşmeyle mücadele eylem planı önerilerine göre çölleşmenin izlenmesi ve ölçülmesinde kullanılacak sistem standart bir şekilde kurulmalı ve bu sistem içinde iklim, insan faaliyetleri, meteorolojik ve hidrolojik çalışmalar yer almalıdır. Bu bilgilerin tümü birleştirilerek çölleşme haritaları oluşturulmalıdır (Mabbutt, 1986).

Avrupa Birliği çölleşmeyle mücadele eylem planı (PACD) önemli alanlar üzerinde çölleşmenin durumunu ve statüsünü gözlemlemek için çölleşmeyi tanımlamak için gerekli indikatör setlerinin tamamını tanımlamak ve indikatörlerin metodolojik göstergelerin, bir standart metot ile yorumlamak için tavsiye çağrılarını yapmıştır (Mabbutt, 1986). Avrupa Birliği PACD tavsiye zamanından beri pek çok makalede çölleşme probleminin bir bölümü ile ilgili cevaplar düşünüldüğü için çölleşmenin değerlendirilmesinde sınırlı bir yaklaşım kullanılmıştır (Kosmas ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2006). Çölleşme kavramı sık sık tek veya birkaç göstergeyle temsil edilmiştir (Piao ve ark., 2005; Huang ve ark., 2006; Wang ve ark., 2007a:b). Bununla birlikte arazi ve insan faktörleriyle karakterize olan çeşitli diğer faktörlerin daha iyi entegre olduğu eğilimler bulunmaktadır (Kosmas ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2006; Pia Sentis, 2006; Veron ve ark., 2006; Ali ve Baroudy, 2008).

Çölleşme riskinin belirlenmesi ve haritalanmasını hedefleyen çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir (Salvati ve Zitti, 2005). Sistemin şu anki durumunu tanımlamak, bozulma işlemlerini ve etkilerini açıklayabilmek için doğal ve insan kaynaklı faktörleri değerlendirirken seçilecek olan anahtar değişkenler ve indikatörlere dikkat edilmelidir. Bunun için çölleşme riski taşıyan alanların belirlenip yeterli önlemlerin alınması oldukça önemlidir. Dünyanın farklı bölgelerindeki araştırmacılar tarafından takip edilen çalışmalar sonucunda uydu görüntülerinin çölleşme yaklaşımının izlenmesinde çok yararlı bir araç olduğu anlaşılmaktadır (Jaber, 1997).

Çölleşme riskini değerlendirmek için çeşitli göstergeler vardır (Rubio ve Bochet, 1998). Değerlendirmelerde nihai amaç dünyanın farklı bölgelerinde çölleşmeyi tanımlamak ve farklı derecede çölleşmeye hassas ve tehlikeli alanları farklı indikatörlerle haritalanmasını sağlamaktır (Farajzadeh ve Egbal, 2007). Çölleşmeye

hassas alanların modellenmesi, çölleşmeye meyilli çevresel risk alanlarının görselleştirilmesi ve tahmin edilmesinde çok önemlidir. Bu alandaki araştırmalar çölleşmenin modellenmesi, simülasyon modeli, CBS veya parametrik yöntemler kullanılarak farklı şekillerde yapılabilir (Rasmy, 2010). Stephenne ve Lambin. (2001), Afrika'nın Sudano-Sahelian ülkelerinde arazi kullanım değişikliklerinin sürecini dinamik bir şekilde anlatmak için simülasyon modeli geliştirmiştir.

Yu ve ark (2003), arazi kullanımını yönetimdeki etkileşimlere entegre etmek ve karar vericilere yardımcı olmak için dinamik bir model geliştirmişlerdir. Helldén (2008), çölleşme kavramını denklemler, geri bildirim döngüleri, simülasyon çıktı grafikleri ile göstermek, benzerini yapmak için dinamik bir model geliştirmiştir. Geliştirilen model av-avcı tabanlı ve insan – çevre kaynaklı olmak üzere iki seviyelidir. Pimenta ve ark (2007), Portekiz'de çölleşme riski alanlarını değerlendirmek için kolay ve uygulanabilir (hazır veri gerektiren) bilimsel bir metodoloji ile çalışmışlardır. Kullandıkları metodolojinin diğer ülkelere taşınabileceğini düşünerek yöntemi geliştirmişlerdir. Önerilen metodoloji de çölleşme durumu iklim durumu indeksi, toprak kaybını ölçmek için indeks, kuraklığın tanımlanması için indeks olmak üzere üç ayrı indeksin birleşimine dayanır. Gelecekte uygulanabilecek diğer indikatörler ile çölleşmenin onlara etkilerine dayanarak her biri görece ağırlıkla dizayn edilmiştir. Çölleşme eğilimindeki alanları görüntülemek için özellikle CBS araçları kullanılarak üç indeks bir araya getirilmiştir.

İran Çölleşme Sınıflaması (ICD) ve Modifiye Edilmiş İran Çölleşme Sınıflaması (MICD) (Ekhtesasi ve Mohajeri, 1995) modellerde İran'daki çölleşmeyi tanımlamak için geliştirilen modellerdir. Bu kapsamda geliştirilen önemli modellerden biride çevreye hassas alanlar indeksi (ESA) olarak kabul edilmektedir (Khosravi, 2003). Geliştirilen her yeni model çölleşmenin farklı süreçlerini açıklamayı hedeflemiştir (Farajzadeh ve Egbal, 2007). Vogtz ve ark (2011), çölleşmenin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda dünyanın farklı bölgelerinde geliştirilen modellerin karşılaştırmalarını yaparak, avantaj ve dezavantajlarını rapor etmişlerdir. Geleneksel modellerin CBS ortamında yeterince etkin olmamalarından dolayı, çölleşmenin izlenmesini ve zamanında tedbir alınmasını sağlayacak daha dinamik ve etkinliği yüksek modellerin geliştirildiğini belirtmişlerdir.

2.5. MEDALUS Modeli

Akdeniz iklimine sahip ülkelerde çölleşmenin olumsuz etkilerini araştırmak ve önlem almak amacıyla 1999 yılında 10 ülkeden ve 31 gruptan oluşan Çevre Programı içerisinde MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) modeli tanımlanmıştır. Modelin gelişimini sağlayan projede kullanılan yöntemde, iklim ve arazi kullanımı sonucu çölleşme tehlikesi altında bulunan hassas alanların belirlenmesi amacıyla çevresel hassas alanlar indeksi (ESA, Environmental Sensitive Areas) geliştirilmiştir. Bu kapsamda belirlenen alanların her birinin çölleşmeye olan hassasiyeti çeşitli nedenlerle farklılık göstermektedir. ESA indeksi içerisinde biyo-fiziksel (iklim, toprak kalitesi ve bitki örtüsü) ve insan kaynaklı (arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu vb) faktörlerin göstergeleri olan çeşitli değişkenler dikkate alınmaktadır (Salvati ve Zitti, 2005; Ladisa ve ark., 2012). ESA indeksi arazilerin bozulmaya hassasiyetlerinin düzeyini gösteren ve zamanla değişiminin takip edilebileceği bir erken uyarı göstergesi olarak algılanabilir. Çeşitli ESA tipleri daha ileri düzeyde bozulmalara direnci tespit etmeye yardımcı olacak veya arazinin belirli kullanımlara uygunluğunu destekleyecek anahtar göstergeler kullanılarak ayırt edilebilir ve haritalanabilirler. Bölgesel ve ülkesel düzeyde kullanılacak ESA'ların tanımlanması için kullanılacak anahtar göstergeler; toprak kalitesi, iklim, bitki örtüsü ve amenajmanın (stres yapıcı göstergeler) tanımlanacağı dört genel sınıfa ayrılabilir (Kosmas ve ark., 1999).

Modelde yer alan indikatörlerin aldıkları skorların geometrik ortalaması arazilerin çölleşmeye hassasiyetlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu modelde, bir alanda tanımlanan indikatörler yüksek değerler alıyor ise, o arazi çölleşmeye oldukça hassas şekilde tanımlanmaktadır (Kosmas ve ark., 1999).

MEDALUS modeli bugüne kadar Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan gibi Akdeniz havzasındaki birçok ülkede hem lokal hem de daha geniş ölçekli alanlarda test edilmiş ve iyi neticeler alınmıştır (Kosmas ve ark., 1999; Geeson ve ark., 2002; Mairota ve ark., 1998; Arar ve ark., 2009; Contador ve ark., 2009; Benabderrahmane ve Chenchouni, 2010). Son yıllarda ESA yaklaşımı Akdeniz iklimi etkisindeki bölgelerin dışında kurak ve yarı-kurak iklime sahip Basilicata (Basso ve ark., 2000), ve Sicilya (Giordano ve ark., 2002) Güney Doğu İspanya (Hooke ve ark., 2005), İran Iyzad Khast düzlüğü (Farajzadeh ve Egbal, 2007), Güney-batı İspanya'da Extremadura bölgesi

(Contador ve ark., 2009), Kuzey Afrika (Bakr ve ark., 2012), ve özellikle Kuzey Afrika ve Orta Doğu ülkelerinde de yaygın bir şekilde kullanılmıştır. (Sepehr ve ark., 2007; Ali ve El Baroudy, 2008).

Gad ve Lotfy, (2008) uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerini geçici bir data kuruluşu ile MEDALUS modelinden alınan şemalara göre Mısır topraklarında çölleşme için çevresel duyarlılık alanlarını hesaplamaya çalışmıştır. Mısır'da çölleşmeyi belirlemede ESA'yı haritalamak için bir indikatör metodu kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ve topoğrafya, iklim, toprak ve jeolojik veriler kullanılarak çevresel hassas alanları haritalanmıştır. Bu indikatörlerin her biri toprak kalite indeksi, vejetasyon kalite indeksi ve iklim kalite indeksi olmak üzere üç ayrı indeks içinde gruplanmıştır. Avrupa Çevre Ajansı tarafından çölleşmeye hassas alanlar indeksini geliştirmek için ESA'nın biyo-fiziksel faktörleri kullanılmıştır (EEA, 2008). Bununla birlikte modelin farklı coğrafi koşullarda çölleşmeye neden olabilecek farklı indikatörleri de dâhil edebilecek şekilde esnek olduğu belirtilmiştir. Ladisa ve ark (2012), tipik Akdeniz ikliminin hakim olduğu güney doğu İtalya'nın Apulia bölgesinin çölleşme riskini belirlerken MEDALUS modelini kullanmışlardır. Araştırmacılar planlama ve kontrol önlemleri için bölgenin koşullarına uygun yeni arazi kullanımı ve sosyo – ekonomik parametreler ilave etmişlerdir. Arazi bozulmasındaki güvenlik açığının sınırlarını belirlemenin yanında çölleşmeyi etkileyen belirli faktörlerin zamansal ve mekânsal dağılımının etkilerini analiz etmek içinde olumlu bir performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

MEDALUS yaklaşımı, bozulmaya hassas alanları tespit etmek için başarılı bir model olarak yaygın şekilde Avrupa da kullanılmaktadır (Basso ve ark, 2000; Condator ve ark., 2009). Dengiz (2002), MEDALUS modeli ile Ankara'nın Gölbaşı ilçesi ve yakın çevresinde yayılım gösteren arazilerin tarımsal yönden kalite durumlarının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada, alanın büyük bir kısmının (%70.1'i) çok iyi ve iyi ve %14.2'sinin ise tarımsal kullanım bakımından uygun olmadığını belirlemiştir.

Yunanistan'ın Levos adasındaki arazilerin ESA'yı tanımlamak için MEDALUS modeli kullanılmıştır (Basso ve ark., 1999). Farajzadeh ve Egbal (2007) orijinal MEDALUS modelinin Akdeniz bölgesi için tasarlandığını ve yağış, bitki örtüsü gibi farklı koşullara sahip İran için yeni parametrelerle modifiye edilmiş MEDALUS modeli ile daha tatmin edici sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir. Basso ve ark (1999), İtalya'nın Ağrı havzasında yaptıkları çalışmada havza topraklarının ESA indeksine göre

% 51'i düşük, %43'ü orta ve % 9.6'sının ise yüksek kaliteye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

MEDALUS modelinde iklim kalitesi ve bitki örtüsünü izlemek için arazi çalışmaları yanı sıra uzaktan algılama teknolojileri de kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknolojilerinde bitki örtüsü için geliştirilen indeksler önemli bir yer tutmakta ve sıkça kullanılmaktadır. Bölgesel ve küresel ölçekte sağlam ve güvenilir bir şekilde çölleşmeyi değerlendirmek için önerilen yöntem bitki örtüsü eğilimlerini izlemek olduğu sonucuna varılmıştır. Vejetasyon için geliştirilen ve dünyada kabul gören Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmaktadır (Doğan ve ark., 2014). Bitkisel üretim ve biyo kütle, uydu görüntülerinden elde edilen NDVI'nin kullanımı ile başarılı bir şekilde tahmin edilebilmektedir (Prince ve Tucker, 1986). Kuraklığın izlenmesinde bitki örtüsünün zamanla değişimini gösteren NDVI indeksi ve yağış oranları arasında güçlü bir ilişki vardır (Helldén, 2008).

İnsan etkisi ile ortaya çıkan arazi bozulmasında öncelikle bitki örtüsü tahrip edilmekte ve sonrasında ise erozyon olmaktadır. Bu nedenle, uzaktan algılama ile elde edilen NDVI değeri bozulma konusunda erken uyarı için temel bir veri olarak kabul edilmelidir. Çölleşme ile mücadele edebilmek için ülkelerin bitkisel üretim üzerine insan etkisini yağışlardaki değişkenliklerin etkisinden ayırt edebilecek spatial izleme sistemlerine gereksinimleri vardır (UNCCD, 1994; Pickup, 1996).

NDVI verilerinin yorumlanması doğal spatial değişkenlik ile insan etkisini ayırt etmede büyük kolaylık sağlayacağından arazi bozulmasının izlenmesine yönelik bir yaklaşım geliştirilebilir. Aynı iklim ve toprak özelliklerine sahip bozulmuş ve bozulmamış iki doğal otlak alanının farklı mevsimleri de içerecek şekilde NDVI verilerini kullanan Wessel ve ark (2004), arazi bozulmasını izleyebilmişlerdir. Doğan ve ark (2014), Tokat ilinde yaptıkları bir çalışmada NDVI verilerine göre ilin %47.56'sının orta bitki yoğunluğu sınıfına girdiğini bunu %40.36 yoğun, %7.57'si zayıf ve %4.14'ünü de çok zayıf bitki yoğunluğu sınıflarından oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Bitki örtüsünün zayıflığı, bitki örtüsünün kuraklığa dayanıklılığının düşük olması, dik eğimler ve ana materyalin erozyona uğrama potansiyelinin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı bir kısım araziler düşük yağış ve ekstrem olaylara karşı oldukça hassastırlar.

İklim ve topografya bakımından marjinal olan araziler, arazi kullanım şekline bağlı olarak arazi bozulmasına karşı yüksek hassasiyette olabilir. Örneğin; ana materyalin marl olduğu tepelik arazilerde toprak işleme ile yapılan tahıl üretimi çölleşme için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Uzun yıllar yüzey akışı ve erozyon problemlerine neden olabilecek yangın riski bulunan alanlar ve taban suyunun yükselme riskinden dolayı tuzluluk ve toksiklik problemlerinin görülebileceği taban (taşkın) arazileri kendilerine has nedenlerden dolayı çölleşmeye hassas olan arazilerdir. ESA tipleri daha ileri düzeyde bozulmalara direnci tespit etmeye yardımcı olacak veya arazinin belirli kullanımlara uygunluğunu destekleyecek toprak kalitesi, iklim, bitki örtüsü ve amenajman gibi göstergeler kullanılarak ayırt edilebilir ve haritalanabilirler (Kosmas ve ark., 2003).

MEDALUS metodolojisinin bir parçası olan toprak kalite indeksine göre İtalya'nın Sicilya bölgesinde yayılım gösteren arazilerdeki toprakların yaklaşık % 72'sinin orta seviyede kaliteli olduğunu, yüksek kalitedeki toprakların çoğunlukla Catarna ilinin merkez ve güney kısımda bulduklarını, kötü kalitedeki toprakların ise Palermo kentinin civarlarında parçalı olarak dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir (Giordano ve ark., 2002). Dengiz ve ark (2005), Kahramanmaraş Tarım İşletmesi topraklarının parametrik yöntemle kalite durumlarının belirlenmesi adlı yapmış oldukları çalışmalarında; çalışma alanının %71.6'sının tarıma uygun olduğunu, %27.9'unun ise tarıma uygun olmadığını tespit etmişlerdir. MEDALUS, arazi bozulması ile ilişkili olan toprak erozyonu, tuzluluk, sıkışma, kaymak tabakası gibi spesifik bir işlem üzerine yoğunlaşmamakla birlikte, potansiyel arazi bozulmasına yol açabilecek farklı faktörlerin sinerjik etkilerini sayısallaştırmaktadır (Salvati ve Zitti, 2009; a;b).

Bakr ve ark (2012), Mısır'da yaptıkları bir çalışmada standart MEDALUS yaklaşımı ile 1984 ve 2008 yılları için %100 ve %78'nin bitki örtüsü etkisinden dolayı çölleşmeye hassas olarak sınıflandırılmışlardır. Fakat MEDALUS modelinin modifiye edilerek sulama suyu kalitesi parametresinin ve toprak kalitesine organik madde gibi parametrelerin eklenmesiyle 2008 yılına uygulanması sonucunda çalışma alanının %89'nin kritik ESAI alanlarını kapsadığını göstermiştir.

Çölleşme ile ilgili çalışmaların yapıldığı farklı bölgelerde daha fazla sayıda indikatör ve ilişkili parametre kullanıldığında çölleşmeye hassas alanların daha doğru

bir şekilde belirlene bilmektedir (Farajzadeh ve Egbal, 2007; Bakr ve ark., 2012). Araştırmacılar, Akdeniz iklimine göre daha farklı yağış ve vejetasyona sahip ortamlarda MEDALUS modeli ile hassas alanlar belirlenmek istendiğinde indikatör ve parametre eklemenin yanında, skorlamada kullanılan eşik değerlerin ve indikatörlerin ağırlıklarında da değişiklik yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle dengeli bir şekilde çölleşme indikatörleri, indikatörlerin statüsü ve onların temsil ettiği eğilim arasında bir bağ kurularak skorlama yapılmalıdır (Kirkby ve ark., 1998; Basso ve ark., 1999; Kosmas ve ark., 1999a).

MEDALUS modeli İran'ın Hablerood havzasında toprak parametresi üzerine yoğunlaşarak arazi bozulması yoğunluğunun haritalanmasında kullanılmıştır (Zehtabian ve ark., 2010). Toprak parametresi içerisinde elektriksel iletkenlik, kaya parçası, toprak derinliği, eğim ve organik madde yüzdesi değerlendirmeye alınmıştır.

Çin de toprak özellikleri ve bitki örtüsü ile ilgili yapılan çalışmada çölleşme sonucunda çayır alanlarındaki topraklarda bozulma nedeni olarak sıkışma ve yüksek hacim ağırlığı olduğu bildirilmiştir (Huang ve ark., 2007).

Snyman ve Preez (2005), Afrika'da zayıf, orta ve yoğun bitki örtüsüne sahip üç ayrı bölgede yaptıkları çalışmada, mera alanlarında tahribatın artması sonucunda toprak sıkışmasının da arttığını ayrıca bozulmanın ileriki aşamalarında meralardaki topraklarda alınabilir su ve infiltrasyon oranının azaldığını rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve organik maddenin azalması ile topraklarda sıkışmanın arttığı ve agregat dayanıklılığının azaldığını belirtmişlerdir. Bitki örtüsündeki azalma sonucu toprak sıcaklığı ve yüzey akışının da arttığı belirtilmiştir.

Zhengha ve ark (2004) çölleşmeden etkilenmiş altı arazide toprak fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Çölleşmeye karşı tedbirlerin alındığı alanlarından alınan toprak örnekleri, koruyucu uygulamaların infiltrasyonu ve agregat dayanıklılığını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca koruma uygulamalarının toprak organik madde içeriğini, su tutma kapasitesini ve mikro organizma sayısını da artırdığı belirtilmiştir.

İtalya'nın Pisticci bölgesinde çoraklaşmanın oluşumunda parçacık büyüklüğü, mineralojik bileşim ve jeokimyasal olayların rolü araştırılmıştır (Summa ve ark., 2007). Kaollinit ve klorit gibi kil minerallerinin aşınmış yamaçlarda daha yaygın olduğunu bildirmişlerdir.

Rasmy (2010) MEDALUS metodolojisini farklı denklemler ve simulasyon çıktı grafikleri kullanarak geliştirmiş ve çölleşme kavramını tanımlamıştır. Mısır'da Nil deltasında, Al Bihira valiliğine ait arazilerde çölleşmeyi çalışan Rasmy (2010), kentsel gelişme, politik uygulamaları kabul etmeme ve tuzlanma bölgede çölleşmeye en çok sebep olan değişkenler olduğunu rapor etmiştir.

Mısır'ın Kuzey Sina yarım adasında Elsayed (2013), çölleşmenin çevre duyarlılığını değerlendirmek amacıyla MEDALUS yaklaşımı ve CBS tekniklerini kullanarak bir bölge modeli geliştirmiştir. Çölleşmenin çevre duyarlılığını tahmin için toprak, iklim, erozyon, bitki örtüsü ve arazi yönetimi de dahil olmak üzere beş ana çölleşme göstergesi kullanılmıştır. Çalışılan alanın %1.2'sinde çölleşmeye duyarlılık düşük hassasiyette iken Kuzey Sina'nın % 65'lik bir kısmında çok şiddetli ve yaklaşık %23'lük bölümünde ise orta hassas alanlar belirlenmiştir. Güney İtalya'nın Tuscano nehir havzasında yürütülen bir çalışmada, ESAI modeli kullanılarak çölleşmeye hassas alanlar belirlenmiştir. Çalışmada iklim kalitesi, vejetasyon kalitesi, toprak kalitesi, amenajman kalitesi gibi dört parametre kullanmış bunlara bağlı olarak çalışma alanının yarısından fazlasının çölleşme riski bulunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ESA sonuçlarını benzer çevresel faktörleri esas alan "revize evrensel toprak kaybı denklemi" çıktıları ile karşılaştırmışlardır. Elde edilen haritaların çalışma alanındaki erozyon/çölleşme konusunda nasıl önlemler alınması gerektiği konusunda yol gösterici olduğu vurgulanmıştır.

İran'da Hazar Denizi'nin Güneydoğusunda Gürgen ovanın kuzey kesiminde çölleşme şiddeti ve duyarlılığını değerlendiren Honardoust ve ark (2011), çevre koşullarını dikkate alarak, mevcut bölgesel MEDALUS modelini modifiye etmişlerdir. Orijinal MEDALUS 'da yer alan toprak, iklim, bitki örtüsü ve amenajman kalitesi indikatörlerine erozyon ve su baskını şeklinde iki indikatör eklenmiştir.

MEDALUS projesi kapsamında geliştirilen bir modelleme yaklaşımı ile İspanya'nın Extremadura bölgesinde arazi bozulmasındaki duyarlılık değerlendirilmiştir (Contador ve ark., 2009). Araştırma sonuçlarına göre topografya, rakım, yöney, iklim ve bitki örtüsü, arazi kullanımı ve insan faaliyetleri sonucunda bölgenin çoğunluğunun (%67) çölleşmeye yüksek hassasiyet gösterdiği ve sadece %1'inin hassas olmadığı rapor edilmiştir. Fars Eyaletinin Fidyeye Bölgenin çölleşmesinde ana faktör toprak ve

iklim olarak iken erozyon, bitki örtüsü, yeraltı sularının yönetim durumu ve insanın yıkıcı faaliyetlerinin de çölleşmeyi hızlandığı belirtilmiştir (Sepehr ve ark, 2007).

Wang ve ark (2007a)'da insan ve çevresel faktörlerin çölleşmenin oluşmasında önemli olduğunu bildirmişlerdir. Fozooni ve Mohammadi (2013), İtalya'nın Bari bölgesinde çölleşmenin ana sebebinin iklim, bitki örtüsü, arazi kullanımı, yönetimi ve insan baskısı olarak belirlemiş ve alansal dağılımları değerlendirilerek haritalar elde edilmiştir.

MEDALUS modeli kullanılarak Hazarabad Yezd bölgesinde göl aküferlerinde çölleşmenin nedenlerini araştıran Karimi (2006), su erozyon, drenaj, bitki örtüsü, taş yüzdesi ve büyüme mevsimi gibi özelliklerdeki değişimlerin çölleşme sebebi olduğunu rapor etmişlerdir.

Bayramin (2003), Beypazarı topraklarında MEDALUS Toprak Kalite İndeks parametrelerini skorlamış ve CBS kullanarak toprak kalite indeks değerlerinin dağılımını haritalamıştır. Buna göre Beypazarı topraklarının toprak kalitesi sırasıyla %54.6'sı yüksek %31.9'u orta ve %13.5'i düşük olarak haritalanmıştır. Typic Haploxerepts, Typic Xerorhents, Typic Xerofluvents ve Fluventic Haploxerepts'ler de yüksek olan toprak kalitesinin Typic Calcixerepts ve Gypsic Haploxerepts'ler de orta ve Lithic Xerorhents'ler de ise düşük olduğu gözlemlenmiştir. Warren (1984), kurak alanların dinamik bölgeler olduğunu ve binlerce yıllık iklimsel değişimlerin bir sonucu olarak ortaya çıktıklarını ifade etmiştir. Tarih boyunca insanoğlu, bu değişimle mücadele etmek için yeni ve bozulmamış topraklara göç etmeyi bir çare olarak görmüştür. Ancak son yüzyılda toprak kaynaklarının sınırsız olmadığı gerçeği ile karşı karşıya kalınmıştır. Günümüzde bireyler ve toplumlar, aşırı büyüme ve dikkatsiz kullanımın sonucu sınırlı doğal kaynakların tüketilmesine karşı daha duyarlıdır.

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Konseyinin "çölleşme ile mücadele" hedefinin gerçekleşmesi için kurak ve yarı kurak alanların sadece biyo-fiziksel durumunun belirlenmesi değil aynı zamanda çölleşmeye neden olan sosyo ekonomik nedenlerinde hassasiyetle belirlenmesi gerekmektedir.

Çevre ve insanın doğal kaynaklar üzerine oluşturdukları baskının neticesinde oluşan arazi bozulması ile yine ancak insan/sosyal organizasyonlar mücadele etmektedir. Bu tip faaliyetler genelde "sürdürülebilir arazi amenajmanı" (SAA) başlığında kategorize edilmektedir. Sosyal, ekonomik ve politik faktörler SAA

uygulamalarının karlılıklarını etkileyerek adaptasyonuna şekil vermektedirler (Nkonya ve ark., 2011). Arazi kullanımını etkileyen bu faktörler insanın evinin içinin zenginliği, fiziksel, doğal, finansal ve sosyal sermaye, kurallar ve teşviklerdir (Requier Desjardins ve ark., 2011). Arazi mülkiyeti, zenginlik, pazarlara ulaşım, teknoloji, hükümet politikaları ve programları bu açıdan önemli özelliklerdir (Reardon ve Vosti, 1995; Carter ve Barrett, 2006).

UNCCD'nin 2008-2018 yılları için stratejisi temel olarak kurak arazilerin son durumları ve arazi koşullarının hangi duruma doğru gittiğinin belirlenmesi şeklindedir. Bu süre içerisindeki planlar hiyerarşik olarak stratejik amaçların belirlenmesi, bu amaçlar içerisinde beklenen etkiler nelerdir ve bu etkilere neden olan indikatörlerin neler olduğu etrafında yoğunlaşmaktadır. Bu yaklaşım giderek büyüyen çölleşme problemi için mantıklı ve gereklidir ancak daha farklı adımlarda atılmalıdır. Arazi bozulması ve çölleşme probleminin nedenleri ve indikatörlerinin belirlenmesinin yanında çölleşmenin durdurulması veya arazi bozulması aşamasında geriye döndürülmesi için gerekli önlemlerin ve çözümlerinde sunulması gerekmektedir. Çölleşme ile ilgili UNCCD anlayışında eksik olan kısım arazilerin hali hazırdaki durumu ve etkilenme düzeylerinden ziyade arazi bozulması ve çölleşmeye neden olan sosyo-ekonomik ve politik sebeplere konsantre olmamasıdır (Nkonya ve ark., 2011).

Bununla birlikte Avrupa Çevre Ajansı tarafından geliştirilen Sebep-Baskı-Durum-Olumsuz Etki-Tepki (DPSIR) çerçevesi (Smeets ve Weterings, 1999), Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi ve Reynolds ve ark (2011) tarafından geliştirilen Kurak Alan Gelişim Paradigması insan ve çevrenin ortak etkileşimlerine vurgu yapmaktadır. İnsan etkisine etki eden faktörler ise sosyo ekonomik ve politik faktörler (destekler, alt yapı, eğitim gibi) olarak sıralanmaktadır. Çölleşmenin belirlenmesi ve haritalanmasında MEDALUS modeli, FAO-UNEP ve ICD (Iranian Classification of Desertification - İran Çölleşme Sınıflaması) gibi diğer bilinen modeller ile rahatlıkla karşılaştırılabilmekte ve farklı ekolojiler için adapte edilebilmektedir (Sepehr ve ark., 2007; Bakr ve ark., 2012). Bununla birlikte, İran'da yer alan çöllerin doğal ve antropojenik özelliklerini dikkate alınarak geliştirilen ICD gibi modeller sadece geliştirildikleri ekolojilere uygulanma potansiyelleri bulunmaktadır. MEDALUS modeli ile elde edilen ağırlıklı katmanlar CBS kullanılarak rahatlıkla haritalanmaktadır (Geeson ve ark., 2002; Kosmas ve ark., 1999).

Bugün artık çölleşme, yeryüzünde karaların yaklaşık %40'ında özellikle kurak ve yarı-kurak çevrelerde 1 milyardan daha fazla insanın yaşam hakkı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu kadar önemli bir problem olmasına rağmen, bir arazinin çölleşme durumunun ortaya konulması konusunda bir fikir birlikteliği bulunmamaktadır. Bugüne kadar birbirleri ile çelişen tanımlar, farklı değerlendirme metodolojileri ve tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Arazi bozulması ve çölleşmenin geniş ölçekte belirlenmesi önündeki en önemli engel güvenilir ve erişilebilir veri tabanlarının yetersizliğinden dolayı çölleşmenin sayısallaştırılmasının zorluğudur (Wessels ve ark., 2004). Bununla birlikte farklı ekolojilere kolaylıkla adapte edilebilecek ve yorumlanabilecek indikatörleri esas alan kolay anlaşılır, güncellenebilir, sistematik ve mekânsal olarak açık bir ölçüm/değerlendirme yöntemine de acil gereksinim duyulmaktadır (Veron ve ark., 2006). Zira bozulma gıda güvenliğini, uluslararası yardım programlarını, ulusal ekonomik gelişme ve ulusal kaynakların muhafaza stratejilerini etkilemektedir. Son 25 sene içerisinde uzaktan algılama teknolojisi ve ekosistem ekolojisi alanında gerçekleşen ilerlemeler tüm kurak ve yarı kurak bölgelerde çölleşmenin uygun spatial ölçeklerde belirlenmesine imkan tanıyacak şekilde geliştirilmiştir (Asner ve ark., 2003).

Aşırı sulama, gübreleme ve ilaçlama gerektiren yoğun tarım altındaki arazilerde toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin temin edilmesi ancak bu kaynakların kalitelerinin göstergesi olan özelliklerin belirlenmesi ve takip edilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu ise başlangıçta iyi bir toprak veri tabanının oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Oluşturulacak bu veri tabanı, bu konu için oluşturulmuş bilgisayar modelleri ile kullanılarak kaynakların sürdürülebilir kullanım ve aynı zamanda optimum bir verim için “en iyi amenajman uygulamalarının belirlenmesine olanak sağlar.

2.6. Türkiye’de Arazi Bozulması ve Çölleşme

Toprak, iklim ve oluştuğu şartlara göre farklı amenajman uygulamaları sonucunda işlevlerinde herhangi birini yeterince yerine getiremediğinde, kademeli olarak arazilerde verim azalması ve buna bağlı olarak arazi bozulması gündeme gelmektedir. Arazi bozulmasının oluşumu sonucunda önemli hususlar vardır ki bunlardan biri arazi bozulması kavramı sadece tarımsal üretimde verim azalmasına yol açmamaktadır. İkincisi ise iklim, bitki örtüsünde oluşan değişikliklerin yanı sıra, küresel değişikliklerin

miktarı ve çeşitliliği, artan nüfusun taleplerini karşılamak için artan arazi çalışmalarında ki yoğunluk, tarımsal üretimin ve arazi kalitesinin geleceği konusunda görüş bildirmeyi zorlaştırmaktadır (Aşkın ve ark., 2005).

Ülkemiz bulunduğu konum itibariyle iklim özellikleri, jeolojik yapısı ve coğrafi konumundan dolayı toprakların pH değerleri 7.0'nin üstünde, yüksek kil, kireç ve düşük organik madde içeriklerine sahiptirler (Dinç ve ark., 1988; Eyüpoğlu, 1999). Yoğun tarım uygulamaları nedeniyle aşırı gübreleme tuzlu sularla sulama veya drenaj yetersizliğinin olduğu bölgelerde sıcaklığın etkisiyle yüzey arazileri tuzlanmaktadır. Tuzlu toprakların alanı, GAP yöresi başta olmak üzere, yanlış sulama uygulamalarından dolayı, günden güne artmaktadır. Doğal afetler, nükleer kazalar, iklimdeki değişim, nüfusun artması, ekonomik gelişmeler ve fabrikalaşma toprakları olumsuz etkilemekte tekrar üretilmeyen bu doğal kaynağın geri dönüşümsüz olarak kirlenmesi veya yok olmasına neden olmaktadır. Toprakla insanın ilişkisi temel olarak ikili özellik taşımaktadır. Bunlarda birincisi, insanın toprağı kullanma pratikleri çölleşmeyi etkilemektedir. İkincisi ise toprağın bozunumu, çölleşme ihtiyaçlarının birçoğunu ve geçimini topraktan sağlayan insanları bu sürecin kurbanı haline getirmektedir (Aşkın ve ark., 2005).

Sürdürülebilir kalkınma sürecinin temel konularından biri toplumsal sorun olarak görülen çölleşme ve çölleşmeyle mücadeledir (Güneş, 2011). Türkiye'de Karadeniz bölgesi hariç, diğer bölgeleri ağırlıklı olarak yarı kurak ve yarı nemli iklimi; %12'den daha fazla eğime sahip ve erozyona duyarlı yörelerinde topoğrafya bakımından dik, çok dik ve sarp arazilerin bulunduğu, jeolojik olarak çok kireçli ve killi yapısının ortaya çıkardığı hidrolojisi, su potansiyelinin dünya ortalamasından düşük olması, botanik kompozisyonunun çok düşük olması, topraklarının üçte ikisinin işlemeli tarıma uygun olmaması, ormanlarının bozuk orman niteliği taşıması ve demografik baskılar sonucu doğa-insan etkileşimi sonucunda ülkemizin çölleşme riskiyle karşı karşıya olduğu kaçınılmaz bir olgu gibi gözükmektedir. Türkiye, aynı zamanda Kentsel Tarımın da ilk yapıldığı ülke konumundadır (Cangir ve Boyraz, 2008)

Türkiye'de çölleşmenin nedenleri tüm dünyada olduğu gibi a) Doğal nedenler (toprak aşınması, su ve rüzgâr erozyonu, kumul hareketleri) b) Arazi kullanımıyla ilgili teknik ve insanların etkisi ile oluşan nedenler (ormansızlaşma, meraların yanlış kullanımı, aşırı otlatma, anız yakımı, tarım topraklarının yanlış yönetimi, aşırı ve

plansız sulama, taban suyu, tuzlanma, alkalileşme, endüstriyel organik-inorganik atıkların, deterjan gibi kimyasal atıkların bulaşması, toksik element birikimi, toprak sıkışması, pulluk katmanı, kabuklaşma gibi fiziksel etmenler) ve c) Sosyo-ekonomik, yönetsel ve doğal kaynakların rasyonel kullanımına uygun mevzuatın olmaması veya yetersiz kalması nedeniyle yasal mevzuattan kaynaklanan sorunlar nedenlerdir. Günümüzde iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı sorunlar ile arazi politikaları önem kazanmıştır (Cangir ve Boyraz, 2008; Güneş, 2011).

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi kapsamında yürütülen çölleşme ile mücadele ulusal eylem programında çölleşme aynı zamanda bir kalkınma sorunu olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle toprakların organik madde içerikleri, bunun artırılma olanakları ile ilgili çalışmalar yoğun bir biçimde devam etmektedir. Ülkemizde arazi bozulmasının boyutları kara ekosistemimizde yaklaşık %90'lar düzeyindedir. Buna karşın ekolojik bölgelerinin en verimli toprakları yaklaşık 5.08×10^6 ha'dır ve toplam kara parçamızın %6.5'idir (Cangir ve ark., 2008).

Türkiye de çölleşmeye neden olan etmenler yanlış arazi kullanımının yanında yakacak odun ve bitki toplamak için ağaçların kesilmesi, ana materyal veya aşırı gübreleme tuzlu sularla sulama veya drenaj yetersizliğinin olduğu bölgelerde sıcaklığın etkisiyle yüzey arazileri tuzlanmasıdır. Bir diğer önemli sebep olan erozyon farklı düzeylerde eğilimli tarım arazilerinin kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır (Eyüpoğlu, 1999).

Türkiye'de arazi bozulmasının en önemli nedenlerinden biri arazilerin büyük bir bölümünü etkileyen toprak erozyonudur. Nüfus artışı ile birlikte şehirlerin ve endüstrinin gelişimi ve yayılması sonucunda tarım arazilerinden daha fazla ürün alma isteğinin artması, tarım arazilerinin yanlış kullanılması ile tarımsal kullanımlar için ormanların tahrip edilmesi şiddetli erozyonun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun yanında, büyük su kaynaklarının bilinçsiz ve aşırı kullanımı arazilerde tuzun birikmesine ve zamanla arazi bozulması ve hatta yer yer çölleşmelere neden olmuştur (Kapur ve ark., 2003).

Bir değerlendirmeye göre ülkemizde, şiddetli ve çok şiddetli erozyonun etkisinin görüldüğü arazilerin oranı %58.74 iken erozyonun olmadığı sorunsuz araziler %13.86'dır. Türkiye'de su erozyonunun yanı sıra bazı bölgelerde rüzgâr erozyonu da görülmektedir (Erpul ve ark., 2012). Yağış oranına göre Anadolu'nun orta kesimleri

rüzgâr erozyonuna oldukça uygundur. Yağışın yıl içinde dağılışı genellikle çok düzensiz, yıl içinde düşen miktarı ise oldukça yetersizdir. Yörede, toprak yüzeyini ne kadar fazla bitki örtüsü kapatırsa erozyonda o miktarda az olmaktadır. Bitki örtüsünün miktarı ile rüzgâr erozyonunun neden olacağı bozunum ters orantılıdır (Abalı ve ark., 1986).

Ülkemizin %90'ını kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahiptir. Toplam arazi varlığımızın %20'den daha fazla eğimdeki araziler %47.98 iken, 29.7 milyon ha alan da ise eğim %2-20 arasında değişim gösterirken, %12'den fazla eğimi olan araziler ise %62.15'dir. Bununla birlikte, arazi bozulması ve çölleşme için önemli faktörlerden sayılan organik madde kapsamı topraklarımızın sadece %14'ünde %2'den fazla iken, buna karşılık %64'lük bir kısmında bu düzey %1'den daha azdır. Bu da topraklar da verim azalmasının en önemli sebeplerindendir (Çanga ve Erpul, 1994). Aşırı erozyonun olduğu bölgelerde bitki örtüsü miktarı oldukça önemli olup, korunması ve iyileştirilmesi erozyon şartlarına göre önlemler alınması gerekmektedir. Özellikle Konya-Karapınar ve Iğdır-Aralık gibi bölgelerde rüzgâr erozyonu daha hızlı ve etkili bir şekilde genişleyerek kendisini hissettirmektedir.

Türkiye'de çölleşmeyi etkileyen rüzgâr erozyonu probleminin yaygın olduğu alanlar kurak ve yarı kurak bölgelerdir. Türkiye'nin çölleşme riski altında olan önemli bölgelerden biri Konya Karapınar'dır. Şiddetli rüzgâr sonucu oluşan, kum fırtınaları günlük yaşamı ve tarımsal faaliyetleri doğrudan etkileyerek göç tehlikesine yol açmakta aynı zamanda solunum yolu hastalıklarının artmasına sebep olmaktadır (Güneş, 2011) Kum fırtınası aynı zamanda Konya Karapınar'da rüzgâr erozyonuna yol açarken, toprak yönetiminin yetersizliğinden dolayı araziler yaklaşık 50 yıldır hızla çölleşmektedir (DESIRE, 2005). Ülkemizdeki erozyon tehlikesinin boyutunun fazla olduğu yerlerde uygulamaya yönelik her türlü bilimsel önlem ve koruma önlemleri alınmazsa, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir.

Türkiye genelinde kuraklık indeksi değerlerine göre iklim şartları ve yağış oranlarına göz önüne alınarak İç Anadolu Bölgesinde ve Akdeniz Bölgesinde kuraklığın fazla olduğu görülürken genel olarak ülkemizde kuraklığa doğru hafif eğilim görülmektedir. Kuraklık değerlendirildiğinde İç Anadolu Bölgesi'nin batı ve doğu kesimlerinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzey, iç ve doğusunda değişen şiddetlerde

kuraklık mevcuttur. Su kaynaklarında önemli oranda azalmalara yağış miktarlarındaki azalmalar ve son yıllardaki yağış düzensizlikleri neden olmuştur. Ayrıca artan nüfus ile tarım alanlarına talebin artması doğru orantılı olarak verim yükselmesi için sulu tarım alanlarının artırılması ve endüstriyel genişleme suya olan talebi önemli oranda yükseltmişken, İklim değişimleri nedeniyle Türkiye de var olan sulak alanlar ve su kaynakları giderek azalmaktadır (Güneş, 2011).

2050 yılı için yapılan tahminlere göre yer üstü ve yer altı su kaynaklarındaki bu olumsuz gelişme sonucunda özellikle Orta Anadolu Bölgesinde olmak üzere ülkemizin büyük bölümünde yıllık olarak 50-150 mm'lik bir yağış azalmasının görülmesi beklenmektedir. Yıllık yağış miktarı ve dağılımı değişen ülkemizde bu miktar tarımsal ve ekonomik olarak çok etkili olacaktır. Kar yağışlarının azalacağı ve artan sıcaklıklar ile birlikte, ilkbahar aylarında da ülkemizde kuraklıklar görülebileceği belirtilmektedir (Çarkacı ve ark., 2013).

Çölleşmeyi arttıran faktörlerin etkisinin azaltılması çölleşmeyi azaltmak için gereklidir. Uluslararası Çölleşme programı çerçevesinde, bu tür ülkeler arasında işbirliğinin de öncelik, mali, teknik ve teknolojik destek sağlayan, kavramlara verilmelidir. Çölleşmeye karşı su ve enerji tasarrufu teknolojilerinin gelişimine odaklanan araştırmalar teşvik edilmelidir. Gelecekte, drenaj, su, sulama teknolojilerinin geliştirilmesi ve tuza toleranslı genetiği değiştirilmiş bitki türlerinin kullanımının arazi bozunumu önlenmesi girişimleri için tuzdan arındırma son derece önemli olacaktır (Eyüpoğlu, 1999).

Ayrıca, ülkemizde ekonomi politikalarına bağlı olarak, yeni üretim planlamaları yapılmaktadır. Bu da tarım, orman, mera, şehirleşme, enerji üretim alanları ve maden çıkarma alanları gibi alanlar arasında yeni dengelerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Arazi kullanım türleri politik dengelere göre düzenlenmekte tarım ve orman arazileri yanlış kullanılmaktadır. Değişen siyasi kararlar doğrultusunda, artan nüfusun taleplerini karşılamak ve gelişmiş ülkeler statüsünde yer almak için gelişen teknoloji ile enerji üretimi önem kazanmış ve birçok yeni proje hayata geçirilmişken, kimi yerlerde ise, maden sahaları, HES gibi yatırımlar mera, orman ve tarım üretimi ile arazi kullanımı açısından değişiklikler olmuştur (Erpul ve ark, 2012).

Sürdürülebilir kaynak kullanım politika ve planlarını etkin bir şekilde uygulamaya aktarabilmek ve sorunun üstesinden gelebilmek için ilgili alanda çalışan bilim insanları,

mühendis ve uzmanlar doğal kaynakların kullanımı açısından yasaların düzenlenmesinden büyük girdiyi verecektir. Çözüm önerileri sağlayan fikirlerin yaşama geçirilmesi çölleşmenin önceden belirlenmesi için gereklidir. Arazi bozulması ve çölleşmede fiziksel modellerin, toprak kayıplarının tahmin edilmesi ve erozyon tehlikesinin değerlendirilmesinde geçerli ve yaygın bir veri tabanı kümesi gerekmekte ve uygulamada toprak, topografya, su ve bitki örtüsü kaynaklarının sürdürülebilir olarak planlanmasında etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Erpul ve ark, 2012).

Kurak yarı kurak iklim kuşağının yaygın olduğu ülkemizde, arazi bozulması toprakların organik madde kaybı; anızın yakılması, aşırı toprak işleme ve yanlış arazi kullanım uygulamaları nedeniyle oluşmaktadır. Yeşil gübreleme ve uygun ekim nöbeti uygulamaları ile anızlı tarım tekniğine uyumlu ve bilinçli, dengeli gübreleme sonucunda toprakların organik madde içerikleri arttırılmalıdır. Topraklarda organik maddenin artması birçok bozulma sürecini etkileyerek arazi kalitelerinin artmasını sağlamasının yanında, toprağın fiziksel koşullarını iyileştirecek ve biyolojik zenginliğini de arttıracaktır (Okur, 2010).

Türkiye’de, çölleşmeyi etkileyen faktörlerden başta erozyon olmak üzere, herhangi bir nedenle zarar görmüş arazilerin güncel durumları ile ilgili ayrıntılı veri bulunmamaktadır. Arazilere zarar veren süreçlerin temel sebeplerini belirleme amaçlı çalışmalar da yeterli değildir. Birbirinden çok farklı amaç ve tekniklerle bölgesel düzeyde yapılan araştırmaların bulguları ise, genellikle o bölgeyi kapsadığı için genelleştirilebilir nitelikte değildir. Bu nedenlerden dolayı toprak koruma ve arazi iyileştirme çalışmaları için gerçekçi stratejilerin planlanması olanaksızlaşmaktadır (MPM, 1998).

Çölleşme ile Mücadele çalışmalarında Türkiye Ulusal Eylem Programı’nda yer alan kararlar ışığında ilkeler ve amaçlar doğrultusunda öngörülen düzenlemelerin, yapılması gereken çalışmaların öngörülen sürelerle bağlı kalarak kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarının hayata geçirmesi ve uygulaması çölleşmenin önceden takip edilerek önlemler alınması için mutlaka gerekmektedir. Bunun içinde ülkemizin bulunduğu iklim şartlarına ve uygulanması gereken amenajman yöntemleri doğrultusunda karasal ekosistemimizi, doğal nitelik ve yetenekleriyle kullanmak için toprak serileri düzeyinde yapılacak 1/25.000 veya daha büyük ölçekli

ayrıntılı toprak haritalarının temel veri tabanı esaslı çalışmalar çok önemlidir (Cangir ve Boyraz, 2008).

Kuraklık ve çölleşme yavaş gelişmesi nedeniyle, ülkemizde de değişik indeksler ile sürekli olarak takip edilmelidir. Barajların işletilmesinde ve ekilecek bitki türünün seçiminde su toplama havzalarından hangisinde ne kadar kuraklık geliştiğini bilmek kritik rol oynamaktadır. Dolayısı ile kuraklığın gelişimi, günlük/aylık olarak farklı veri tabanları ile izlenmesi, kurak ve nemli alanların ve bunların şiddetinin yerel dağılımı hakkında doğru ve zamanında bilgi sahibi olunması için, ülkemizde bir kuraklık izleme ve erken uyarı sistemi kurulması sağlanmalıdır. Bunun içinde bölgesel şartlarda yürütülen projeler çok önemlidir.

Bu tez çalışmasının amacı; Tokat ilinde çoğunlukla yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanlarda arazi bozulması ve çölleşme düzeyinin MEDALUS modeli ile geliştirilen yöntemin modifiye edilmesi ile belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Çalışmada, MEDALUS projesi kapsamında geliştirilen modelleme ile Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESA indeksi) olarak ifade edilen indeks hesaplanarak arazi bozulmasına hassas alanlar belirlenmiştir. ESA İndeksi, çevresel kalite ile ilişkili iklim, vejetasyon ve toprak verileri ile amenajman gibi insan etkisine bağlı faktörleri bir araya getirerek arazi çalışmaları ve veri setlerinden alınacak değerler ile tanımlama yapılmış ve bu değerler ile toprak özelliklerinin ve çölleşme kriterleri haritalanmıştır.

Çalışılan özelliklerin değişkenliklerini ifade etmede ve haritalanmasında son yıllarda yaygın olarak kullanılan jeostatistik teknikleri kullanılmıştır. Çalışma ile öncelikle çalışacak alanların var olan toprak özellikleri ve çölleşme durumlarını gösteren ve istenen ölçekte detaya sahip haritalar üretilmiştir. Çalışma sonunda, çölleşmenin belirlenmesi ve izlenmesini mümkün kılacak, basit, güncellenebilir ve kolay ulaşılabilir CBS tabanlı bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model, farklı disiplinlerden kullanıcı, araştırmacı ve bilim adamlarının ve karar vericilerin hizmetine sunulmuştur. CBS tabanlı bu model, yeni veriler üretildikçe güncellenebilecek ve çölleşme durumunun izlenmesi mümkün olacaktır. Arazi bozulması ve çölleşmenin belirlenmesi ile çevre kalitesinin değerlendirilmesinde seçilecek parametreler kolay ve ekonomik bir şekilde elde edilebilecek ve güncellenebilecektir. Kullanılan metot, elde

olan bilginin yenilenmesi ve geliştirilmesine adapte edilecek ve yeni bilgilerin ilavesi mümkün olacaktır.

Toprak bozulması ve çölleşme ile ilgili çalışmalar için bir referans niteliği taşıyacak olan bu tez Tokat ili topraklarının sürdürülebilir bir şekilde nasıl kullanılmaları gerektiği hakkında da yeterli bilgi verecektir. Çalışma ile elde edilen çıktılar, doğal kaynaklarımızın sürekli olarak izlenmesini mümkün kılacağı gibi gerekli tedbirlerin zamanında alınmasını da kolaylaştıracaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Tokat, Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Kuzeyinde Samsun, kuzeydoğusunda Ordu, güneyinde Sivas, güneybatısında Yozgat, batısında Amasya ili ile çevrilidir. İlin yüzölçümü, 10.073 km² olup Türkiye topraklarının %1.3'ünü kaplayan Tokat ili 39° 51' – 40° 55' kuzey enlemleri ile 35° 27'- 37° 39' doğu boylamları arasında yer almaktadır.

Arazi çalışmaları Tokat ilinin tamamını kapsamaktadır.

3.1.1.1. Çalışma Alanı Jeolojisi

Yerkabuğunu oluşturan kayaçların oluşumları ve geçirdikleri evreler jeolojik zamanlarla belirtildiği için Tokat'ın jeolojik yapısı: Birinci Zaman (Paleozoyik), İkinci Zaman (Mesozoyik), Üçüncü Zaman (Senozoyik), Dördüncü Zaman (Kuvaterner) jeolojik dönemlere ayrılmıştır (Anonim, 2013 a).

Birinci Zaman (Paleozoyik);

Tokat ve çevresindeki en eski kayaçların oluşumu bu dönemdedir. Bu dönemdeki oluşumlar: Çekerek ve yöresi kuzey ve kuzeydoğuya doğru Turhal-Zile-Tokat yöresi ile Kelkit ve Tozanlı Havzası arasındaki dağlar boyunca Reşadiye'ye kadar uzanır. İl içerisinde Paleozoyik formasyonları, killi şistler, kısmen metarnorfizmaya uğramış (mermerleşmiş) kalkerler, serpantin ve diyabazlardan oluşmuştur. Zile ovasının kuzey ve batı sırtlarında Paleozoyik formasyonlar yeşil şistler ve koyu renkli mermerlerden oluşmuştur (Anonim, 2013 a).

İkinci Zaman (Mesozoyik);

Bu dönemde genel olarak kalker-marn-konglomera ve flişlerden oluşan kayaçlara, Kelkit vadisinde Erbaa-Niksar-Reşadiye yörelerinde rastlanır. Zile'nin kuzeyindeki killi şist mermer serisi üzerinde beyaz renkli, bazen kaba ve zoojen (hayvan kabuklu) yapıda

olan kalkerler bulunmaktadır. İkinci Jeolojik zamanda Zile-Turhal bölgesinde önemli mostralalar doğal yarmalar şunlardır: 1) Kazancı ve Kelkit Köyleri arasında doğu-batı doğrultusunda kalkerler 2) Eski köy ile Çivril arasında lambolar. 3) Çayır ve Yünlü Köyü Kalkerleri. Bu kalkerler bazen tipik breşler halinde bulunurlar. Kazancı ve Kelkit arasındaki kalkerler bölgenin serpantin heyelanlarından etkilendiğinden bazen serpantin serisi içerisinde gibi görünürler. Kervansaray ile Tekke Elik arasındaki kalkerler tamamen zoojendir. Grinoides ve Echinid parçaları ile belemnitesleri içerirler. Belemniteslerin bulunuşu bunların Mesozoyik devrine ait olduğunun kesin kanıtıdır. Zile Ovası'nda tek tek olarak sıralanmış Zile Kalesi, Güvercinlik, Hüseyin Gazi, Akbaba, Çal tepelen Mesozoik Kalkerlerden oluşmuş, etrafı faylarla sınırlı hostlardır. Zile Çukurunun kenarındaki konglomeraların çimentosunda orbitoides, marnlı kalkerlerin içerisinde inoceramus, belemnitella ve Turhal civarında mostralarda anachytes, Tekneli yöresinde inoceramus ve orbitoidesler bulunmuştur. Bunlar bize Kretase'nin varlığını kesin olarak göstermektedir. Zile Ovası'nın güney ve güneybatısında bulunan merkeze bağlı Fatih ve Süleymaniye Köyleri'nden itibaren geniş bir saha Üst Kretase Konglomeraları vardır.

Bunların üzerinde bir marn tabakası bulunmaktadır. Konglomeranın çimentosunda ve marnlardaki mikrofosiller konglomeranın Üst Kretase'ye ait olduğunu göstermektedir. Bu tabakalar genel olarak kuzey eğilimlidir. Yeşilirmak havzasında Mesozoyik'in Jurasik devrine ait Haz katı Kelkit Çayı kuzeyindeki granitik masifleri saran sahralarda görülmektedir. Bunlar Sinemuriyen'den itibaren zengin ve çeşitli fosilleri içerirler. Liyas'ın özelliği kalınlığının az (100 m) ve litoloji bakımından somut (homojen) olmasıdır. Burada Liyas ile Alt Kretase arasında büyük bir lagün (stratigrafik boşluk) vardır. Kelkit Çayı güneyinde az çok beyaz renkli yumuşak ve marnlı kalkerlerden oluşan Alt Kretase vardır. Liyas'ın hemen üzerinde bu Alt Kretase'nin bulunması burada stratigrafik boşluğun olduğunu göstermektedir. Kelkit Çayı Havzası'nda Üst Kretase'ye de rastlanmaktadır. Burada rastlanan Üst Kretase boz-beyaz ve pembe kalker şeritleri bulunan yeşilimsi renkli bir filişten oluşmuştur (Anonim, 2013 a).

Üçüncü Zaman (Senozoyik);

Almus-Erbaa-Niksar yörelerinde rastlanan fliş, kalker, marnlı kalker ve konglomeralar bu zamana ait oluşumlardır. Eosen flişin önemli mostralarına Zile-Çeltek'in kuzeyinde rastlanır. Yine yerel olarak da Zile-Tokat bölgesinde bu devir arazilerine rastlanmaktadır. Bu bölgede Eosen genel olarak volkanik ve fliş fasiyesine (dış görünüşüne) ayrılır. Volkanik formasyonlar esas olarak da kalker çakıllarını içerirler. Flişlerde konglomera, marn ve bazen de kalker mercikleri vardır.

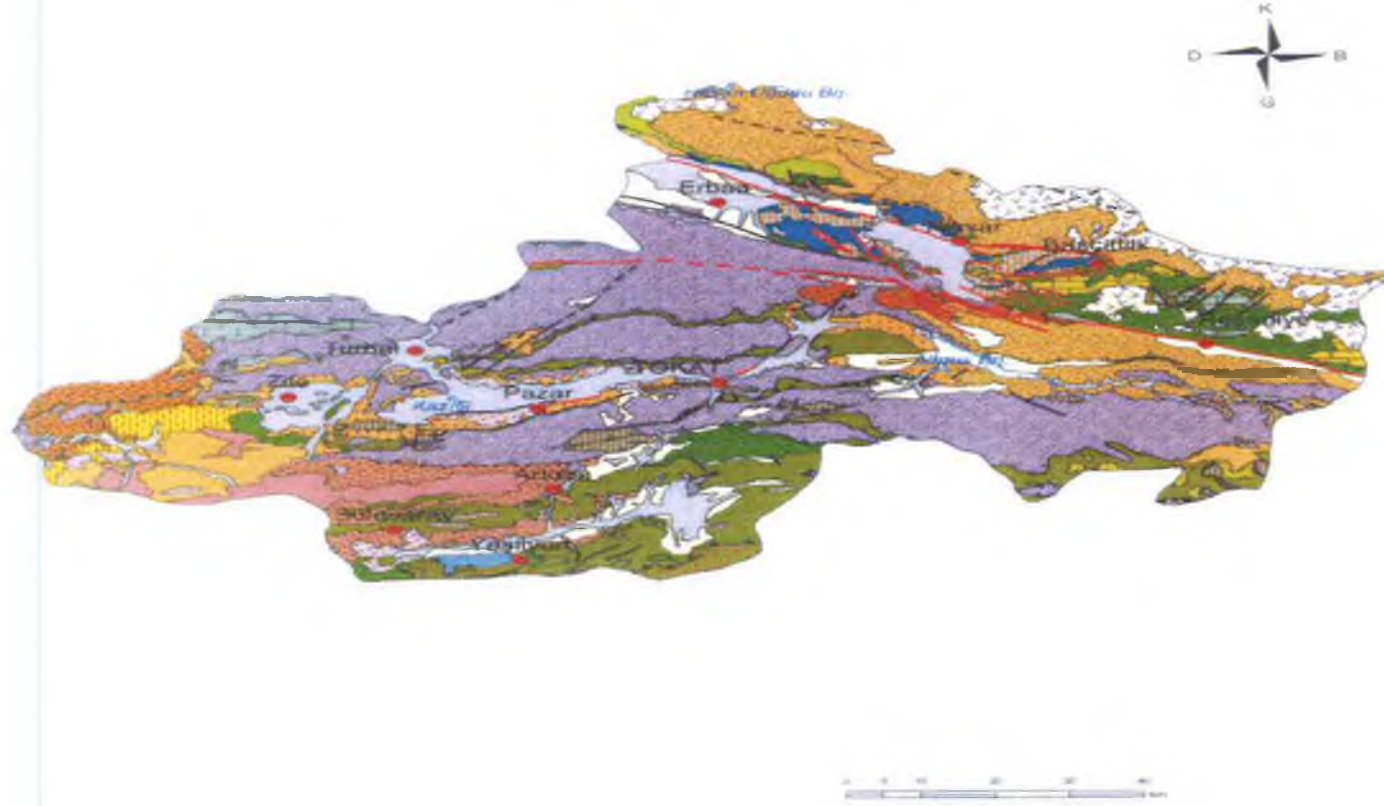
Tokat-Çamlıbel yöresinde Behram Köyü sırtlarında konglomera ve grelerde küçük nummilitler bulunmuştur. Kalkerlerde *ostrea gigantica*, *natica vvillemeti*, *turritella cembricalaria*, *assilina*, *spira*, *nummilites laevigatus* vardır ve bunlar Eosen döneminin tabakalar dizisinin (formasyonlarının) varlığını gösterir. Zile, alüvyon bölgesinin güney sırtlarında alüvyonların bitip, serpantinlerin veya Üst Kretase konglomeraların başladığı yerde açık renkli ve çoğunlukla yatay tabakalardan oluşan gre, konglomera ve marnlar görülmektedir. Bunlar çok yenidir ve üzerleri genç alüvyonlarla örtülüdür. Bu formasyon içinde hiçbir fosil bulunmamasına rağmen diğer benzerlerine göre Neojen olması muhtemeldir. Zile'de Olukman ve Kireçli köyleri arasında Neojen'in tabanında iri elemanlı kumlarla çimentolaşmış çakılların özellikle kuvars, şist, radyolarit ve mermer parçalarından oluşan konglomeralar bulunmaktadır. Aynı konglomera ve kumtaşları Kireçli Köyü'nün kuzeyindeki versanlarda (aklanlar) güney batıya 15-20 derece eğimlidir. Zile Ovası'nın güney kenarında Süleymaniye-Fatih Belpınar çevresinde Neojen'i kaba taneli kumtaşları ve marnlı Üst Kretase Konglomeralarını örtmektedir. Neojen Ova'nın merkezinde ve derelerin yataklarında kalın bir alüvyon örtü bulunmaktadır. Derelerin getirdiği alüvyon ve diğer materyaller olduğu gibi gevşek çimentolu Neojen Konglomeraların dağılması ile oluştukları için birçok yerlerde Neojen'in kalınlığı ova ve tek tek oluşan tepelerin kenarlarında biraz uzaklarında 150-200 m kadar tahmin edilmektedir (Anonim, 2013 a).

Dördüncü Zaman (Kuvaterner);

Dördüncü Zaman arazilerine, Artova-Erbaa-Niksar-Turhal ve Zile ilçeleri ile Kazova-Omala (Gözova) ve Kelkit Ovaları'nda rastlanır. Bu devir arazilerini kum, çakıl,

kil, travertenli topraklar oluşturmaktadır. Magmatik kayaçlar genellikle Turhal Ovası'nda, Tokat'ın kuzeydoğusunda Almus'tan, Erbaa'nın kuzeyinde Ayvacık'a kadar olan bölgenin doğusunda kalan alanın yaklaşık yarısını kaplamaktadır. İl dâhilinde iki ayrı kayaç "heyelan" grubu ayırt edilir. 1) Granitlerden kuvarslı diyoritlere kadar kayaçlar. 2) Adi diyoritlerden itibaren bazik kayaçlar (Anonim, 2013 a) (Şekil 3.1).

TOKAT İLİ JEOLojİ HARİTASI



Şekil 3.1. Tokat ili jeoloji haritası (Anonim, 2009 b)

TOKAT İLİ JEOLOJİ HARİTASI AÇIKLAMALARI



Şekil 3.2. Tokat ili jeoloji haritası lejandı (Anonim, 2009 b)

3.1.1.3. Çalışma Alanı İklimi

Tokat ili konumu itibari ile Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'daki step iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliği taşımaktadır. Genel olarak yaz mevsimi alçak alanlarda sıcak-kurak, yüksek yerlerde serin ve yer yer yağışlı, kış mevsimi soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat'ın iklim özelliğinde denize olan uzaklığın ve yüksekliğin etkisi önemlidir. Bu nedenle ikliminde kuzeyden güneye doğru önemli farklılıklar görülür. Güneye doğru kış mevsimi daha sert bir karakter gösterir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 52 yıllık istatistiklerine göre, Tokat ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 12.5 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 436 mm'dir (Çizelge 3.1.) (Anonim, 2013d). İlçelerdeki ortalama toplam yağış miktarı ise Pazar 448.6 mm, Zile 450.7 mm, Artova 533.9 mm, Sulusaray 436.0 mm, Erbaa 585.3 mm, Niksar 508.7 mm ve Reşadiye 458.5 mm şeklindedir (Anonim, 2013d). Uzun yıllar ortalamaları dikkate alındığında toprak sıcaklık rejimi Mesic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 1999).

Çizelge 3.1. Tokat ili 1960-2012 yılları arası gerçekleşen ortalama iklim değerleri (Anonim 2013 e).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)	1.7	3.3	7.4	12.5	16.4	19.8	22.3	22.3	18.7	13.7	7.9	3.9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	6	8	13	19	24	27	29	29.4	26.3	20.6	13.5	8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.8	-0.9	2.3	6.6	10	13	15.5	15.5	12.1	8.2	3.4	0.4
Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.5	5.6	6.2	7.3	8.4	8.5	9.2	8.3	6.6	4.1	2.3
Yağışlı Gün Sayısı	11.1	10.9	12.2	13.1	13.9	8.8	3.1	2.2	4.9	8.2	9.7	12.2
Aylık Toplam Yağış (mm)	39.4	34.5	40.2	57.5	59.4	38	11.5	6.2	18	38.9	45.6	47.4
Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	-	-	-	105	142.6	144	167.4	213.9	171	65.1	-	-

3.1.1.4. Çalışma Alanı Toprak Özellikleri

Tokat ilinin tamamını kapsayan detaylı bir toprak etüd raporu bulunmamaktadır. İlin tamamını kapsayan toprak varlığı ile ilgili tek kaynak ise 1997 yılında yayınlanan Tokat İli Arazi Varlığı raporudur. Bu raporda ilin genel anlamda toprak varlığı, toprakların problemleri, arazi sınıfları, arazi kullanım durumları ve önemli tarım arazilerine ait bilgiler bulunmaktadır. Rapor ile birlikte basılan toprak haritaları ise 1:100.000 ölçekli olup yeterince detay içermemektedir. İlin farklı noktalarında yapılan bireysel çalışmalarda ise Entisol, Inseptisol, Mollisol ve Alfisol ordolarına ait topraklara rastlandığı rapor edilmiştir. Tokat için çok önemli bir tarım alanı olan Kazova içerisinde mera alanlarında Mollisol, güney yamaçlarda kireç taşı ana materyali üzerinde oluşmuş Alfisol ve Inceptisol ile ova tabanında ise Inceptisol ve Entisol ordolarına ait toprakların olduğu rapor edilmiştir (Durak, 2006; Günel ve ark., 2008).

“Türkiye Genel Toprak Haritasının Toprak Taksonomisine Göre Düzenlenebilme Olanaklarının Tokat Bölgesi Örneğinde Araştırılması” isimli doktora tezinde Durak (1989), Tokat ilinde dört ordo (Entisol, Inseptisol, Mollisol ve Alfisol), beş altordo (Fluvent, Orthent, Ustalf, Ustoll, Ochrept) içerisinde altı büyük grup (Ustifluvent, Ustorthent, Haplustalf, Haplustoll, Argiustoll ve Ustochrept) olduğunu belirtmiştir. FAO/UNESCO lejandında ise on bir sınıf (Calcaric Fluvisol, Calcaric Regosol, Eutric Regosol, Chromic Luvisol, Orthic Luvisol, Calcic Luvisol, Haplic Phaozen, Luvic Phaozen, Rendzina, Eutric Cambisol ve Calcic Cambisol) ayırt edilmiştir. Akar ve ark (2013) Zile ilçesinde yapılan bir havza etüdünde toprakları Typic Calciustepts, Vertic Paleustalfs ve Lithic Ustorthents şeklinde sınıflamışlardır. Yıldız (1997), Tokat meyvecilik üretme istasyonunda detaylı toprak etüt ve haritalaması için yaptığı çalışmada tanımlanan serilerin Entisol ordosunda olduğunu tespit etmiştir.

Tokat ili arazi varlığının belirlendiği geçmiş yıllardaki çalışmalarda ise iklim, topoğrafya ve ana materyaldeki farklılıklar nedeniyle Tokat ili topraklarında çeşitli büyük grupları belirtilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Tokat ili topraklarında çeşitli büyük grupların dağılımları (Anonim, 1997f).

Tokat ili Toprakları Büyük Grupları	Kaplama Alanları (ha)
Aluviyal Topraklar	59 508 ha
Hidromorfik Topraklar	228 ha
Koluvyal Topraklar	32 439 ha
Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar	38 ha
Gri-Kahverengi Topraklar	4 615 ha
Kahverengi Orman Topraklar	617 269 ha
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	125 869 ha
Kestane Rengi Topraklar Topraklar	81 625 ha
Kırmızı Kestane Rengi Topraklar	47.188 ha
Kahverengi Topraklar Topraklar	10 329 ha
Kırmızı Kahverengi Topraklar	1 287 ha
Irmak Taşkın Yatağı Topraklar	3 822 ha
Çıplak Kaya Molozlardan Topraklar	3 818 ha

3.1.1.5. Çalışma Alanı Arazi Kullanımı

Tokat ilinin tamamını kapsayan arazi çalışmalarında, toprak örneklemesinin yapıldığı arazilerin arazi kullanım türleri de belirlenmiştir. Üretim deseni büyük ölçüde arazinin sulama olanakları ile şekillenmiş ve sulama durumuna göre çok çeşitli sebze, meyve ve tahıl üretiminin yapıldığı tespit edilmiştir. Arazi kullanımlarından bir kısmı çok uzun süreli kullanımlar olup (mera, orman ve bahçelikler) diğer bir kısmı ise rotasyona bağlı olarak değişmektedir. Örnekleme zamanında arazilerin çoğunlukla buğday, yulaf, arpa gibi ürünlerle kaplı bulunduğu görülmüştür (Şekil 3.4). Sebze ekili alanlarda çoğunlukla sırık domates ile birlikte biber, soğan, karpuz, kabak, yer domatesi ve fasulye bulunmaktadır. Örnekleme zamanında ayçiçeği, mısır, şeker pancarı, fiğ ekili alanlar Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te tarla bitkileri grubuna dahil edilmiştir. Meyve bahçelerinin çoğunluğu ise bağcılık oluşturmuştur.

Çevre Bakanlığının 2005 yılı verilerine göre çalışma alanının yüz ölçümünün %13'ü meralarla kaplıdır. Tokat ili, gerek orman arazileri, gerekse mera, yaylak ve kışlaklar, flora ve fauna bakımından oldukça zengindir. Otlatma takvimine uygun olmayan sürekli ve aşırı otlatma mera arazilerinde dahi şiddetli erozyonların oluşumuna neden olmuştur. Doğal olarak yetişen birçok yem bitkisinin yanında; kuşburnu, böğürtlen, yabani armut, ıhlamur, kızılıçık, alıç, kekik, madımak, ballıbaba, mahlep gibi

birçok bitki türleri mevcuttur. Ormanlarda yer alan baskın ağaç türleri; Karaçam, Sarıçam, Kayın, Meşe ve Ardıç'tır. Bu ana ağaç türlerinin yanında ve alt florada; Yabani üvez, bazı Ardıç türleri, Kavak, Yabani Badem, Alıç, Yabani Ahlat, Ladin, Kuşburnu, Geven, Kekik ile nispeten daha nemli yerlerde; Dişbudak, Gürgen, Böğürtlen, Yabani Fındık, Tavşan Elması vb. ağaç türleri de bulunmaktadır (Anonim, 2005g).



Şekil 3.4. Örnekleme zamanı arazi kullanım türleri

Çizelge 3.3. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde sulu tarım yapılan alanlardaki (Nisan-Kasım 2013) örnek noktaların arazi kullanımları

Arazideki Ürün	Genel Kullanım Grubu	Örnek Sayısı
Tarla Bitkileri	Buğday	40
	Mısır	6
	Ayçiçeği	25
	Şeker Pancarı	4
	Yulaf ve Arpa	1
	Adi Fiğ	1
	Nohut	1
	Tütün	3
	Toplam	81

Çizelge 3.3. (Devamı) Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde sulu tarım yapılan alanlardaki (Nisan-Kasım 2013) örnek noktaların arazi kullanımları

Sebze	Karışık Sebze (Bamya, Fasulye, Soğan, Karpuz, Patlıcan)	7
	Domates	4
	Toplam	11
Meyvelik	Elma – Şeftali – Üzüm Bağı	13
Yem Bitkileri	Yonca	14
Kavaklık		3
TOPLAM		122

Çizelge 3.4. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde kuru tarım yapılan alanlardaki (Nisan-Kasım 2013) örnek noktaların arazi kullanımları

Arazideki Ürün	Genel Kullanım Grubu	Örnek Sayısı
Tarla Bitkileri	Buğday	217
	Mısır	8
	Ayçiçeği	20
	Şeker Pancarı	8
	Yulaf ve Arpa	3
	Adi Fiğ	13
	Nohut	3
	Tütün	2
	Toplam	274
Sebze	Karışık Sebze (Bamya, Fasulye, Soğan, Karpuz, Patlıcan)	2
	Domates	1
	Toplam	3
Mera		64
Meyvelik	Elma – Şeftali – Üzüm Bağı	17
Yem Bitkileri	Yonca	9
Kavaklık		5
Orman		84
TOPLAM		456

3.1.1.6. Çalışma Alanı Topografyası

Genellikle dağlık bir yapıya sahip olan Tokat ilinde arazilerin %45'ini 188 m ile 2870 m arasında değişen dağlar oluşturmaktadır. Kuzeyde Canik dağları, Akdağ (1900 m), Deveci Dağı (1892 m), Çamlıbel (1930 m), Toraç Dağı (2112 m), Asmalı Dağı (2116 m) ve Dumanlı Dağı (2374 m) bulunmaktadır. İlde yüzölçümün %15.4'ünü kaplayan verimli ovalar topografik yapının önemli bir parçasıdır ve 29.812 ha ile Kazova en büyük ovaların başında gelmektedir.

Amasya ve Tokat illeri arasında Turhal ovası yer almaktadır. Doğu-batı doğrultusunda ve Kelkit Çayı boyunca 22.5 km uzunluğunda olan Erbaa ovası, Kelkit Çayı vadisi boyunca doğu, güney-batı yönünde uzanan 10.215 ha alanda Niksar ovası yer almaktadır. Artova ovası 15.000 ha genişliğinde ve 2.000 ha Maşat Ovası, 2.000 ha İğdir Ovası ve Yeşilirmak'ın kolu Hotam Deresinin iki yanında yer alan 6.000 ha ovalarla birlikte toplam 10.000 ha olan Zile ovasından oluşmaktadır.

Sıra dağlar ile ayrılan kuzeyden güneye doğru Kelkit Vadisi ve Tozanlı Vadisi ile ortasından Behzat Deresinin geçtiği ve şehir merkezinin üzerine kurulduğu vadi olmak üzere üç önemli vadisi vardır.

Topçam Yaylası, Çevreli (Muhat) Yaylası, Dumanlı Yaylası, Selamen Yaylası, Kızılcaören Yaylası, Batmantaş Yaylası, Bozmalı Yaylası, Buğalı Yaylası, Çamiçi Yaylasıdır. Bölgede, temeli "Tokat Masifi" olarak adlandırılan Paleozoik yaşlı Metamorfik kayalardan oluşmuş birçok yayla bulunmaktadır (Anonim, 2013h).

Arazilerde en uygun amenajman uygulamalarının yapılabilmesi için eğim, bakı ve yükseklik gibi topoğrafik özelliklerin önemli bir ağırlığa sahip olduğunu belirten Susam ve ark., (2006), eğim değerinin miktarlarına göre Tokat ili arazilerinin büyük çoğunluğunun tarım için uygun olan (%0-12) aralıkta olmadığını belirlemişlerdir Tokat ili arazileri ana yönlerine göre yaklaşık eşit oranda, sırasıyla kuzey (%26.5), güney (%25.6), batı (%22.2) ve doğu (%20.0) yönlerine bakmakta olup arazilerin %5.7' si ise düz arazilerdir (Susam ve ark., 2006). Bu topoğrafik niteliklere göre Tokat ili arazilerinin çok az bir kısmının topoğrafik açıdan tarımsal kullanıma uygun olduğu vurgulanmıştır. İşlemeli tarımda kullanılabilme potansiyeli olan %0-12 eğim grubunda yer alan araziler il arazi varlığının ancak %34.2'sini oluşturduğu belirlenmiştir.

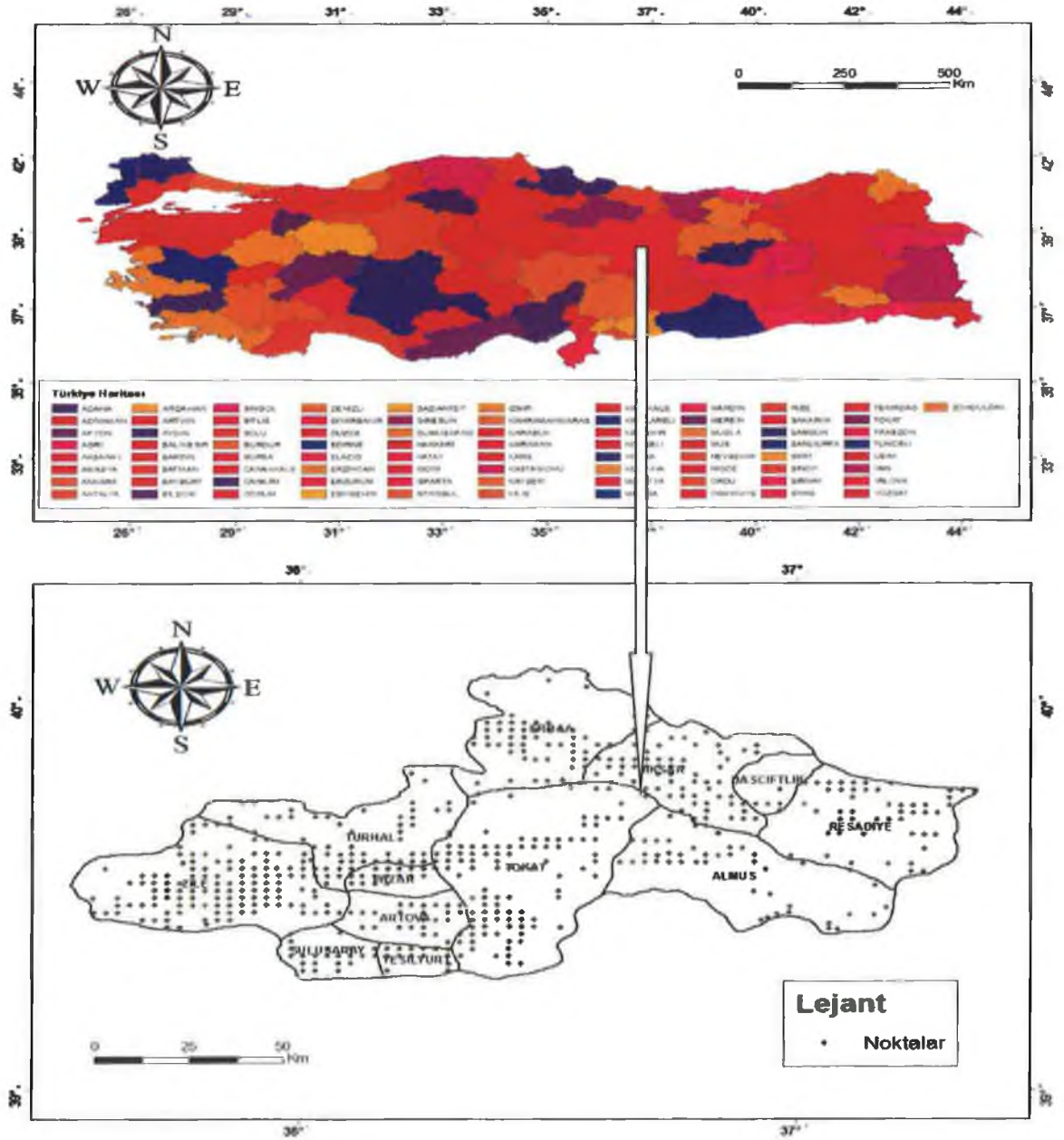
Sürdürülebilir tarım için oldukça sınırlı oranda olan bu alanların toprak bozulma süreçlerine karşı korunması gerekmektedir.

Toprak kayıplarında bakı belirleyicidir. Bu etki bakı özelliğinin belirlediği mikroklimatik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca yöneye bağlı olarak vejetasyonun sağladığı örtülülük yüzdesindeki farklılık ta bu etkiyi artırmaktadır. Tokat ili topraklarının eğim koşulları nedeniyle toprak erozyonunun potansiyel tehdidi altında olduğu ve düz eğimli araziler dışında kalan il arazi varlığının %89.8'inin özel önlemlere ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir (Susam ve ark., 2006).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklemeleri

Toprak örnekleme noktalarının yerlerinin tespitinde Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından sayısal ortama aktarılan 1/25.000 ölçekteki toprak haritalarından yararlanılmış ve arazi kullanım olarak sulu tarım, kuru tarım, bağ, bahçe, gibi tarım arazileri ile meralar dikkate alınmıştır. Örnek noktalarının tespitinde, ana materyal ve arazi kullanımlarından kaynaklanan değişkenliğin yeterince yansıtılması hedeflenmiştir. Tokat ili sınırlarında 2.5 x 2.5 km'lik gridler oluşturulmuş ve bu gridlerin yaklaşık köşe noktaları örnek yerleri olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5). Buna göre Tokat ilinin bir kısım tarım arazileri, mera ve ormanlık alanlardan 578 toprak örneği alınmıştır.



Şekil 3.5. Çalışma alanında toprak örnekleme noktaları gösterir harita

Toprak örnekleri alınmadan önce büro çalışmalarında, karışıklığı önlemek amacıyla her bir örnek noktası veri tabanında numaralandırılmıştır. Örnekleme noktalarının numarası, koordinatı, ilçesi gibi veriler arazide örnekleme noktasını bulmayı kolaylaştırmak amacıyla GPS'e yüklenmiştir. Koordinatları önceden belirlenmiş olan noktalara GPS ile gidilerek, her bir örnekleme noktasında 0-20 cm derinlikten bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Her bir örnekleme noktasında hacim ağırlığı ve yarayışlı su içeriğini belirlemek için bozulmamış toprak örnekleme de

yapılmıştır. Örnekleme noktalarındaki etkili toprak derinliği ise burgu yardımı ile belirlenmiş ve not edilmiştir. Örnekleme noktalarının koordinat, rakım, taşlılık, eğim gibi çeşitli bilgileri de arazi bilgileri formuna işlenmiştir.

3.2.2. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Bozulmamış örnekler hacim ağırlığı için, laboratuvara getirildikten sonra tartılmış ve etüvde 24 saat 105°C'de bekletilerek fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bozulmuş örnekler oda sıcaklığında kurutulmuş ve tahta tokmaklarla dövülerek çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler için 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Agregat stabilitesi analizi için 2 mm ile 1mm arasında kalan topraklardan 4 g ayrılmıştır.

3.2.3. Laboratuvar Yöntemleri

Çalışmada belirlenen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri; hacim ağırlığı, toprak nemi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği, su ile dolu gözenek hacmi, toplam gözeneklilik, agregat stabilitesi, organik madde, yarayışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, sodyum absorpsiyon oranı (SAR), su ile yer değiştirebilir Ca, Mg, K ve Na iyonları, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç, toplam karbon, toplam organik karbon ve bünye analizleri yapılmıştır.

Toprak Bünyesi: Bouyoucus hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986; Bouyocous, 1955).

Toprak Nemi: 100 cm³ hacmindeki silindirlerle alınan bozulmamış toprak örnekleri 105°C'de 24 saat bekletildikten sonra kaybettikleri neme göre hesaplanmıştır.

Hacim Ağırlığı: Blake ve Hartge (1986) tarafından bildirilen yöntemle göre 100 cm³'lük silindirlerle alınan bozulmamış toprak örnekleri 105°C'de 24 saat bekletildikten sonra belirlenmiştir.

Tarla Kapasitesi: Klute (1986)'a göre basınçlı plaka setlerinde belirlenmiştir. Araziden alınmış ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş bozulmuş toprak örnekleri bilezik halkalarda laboratuvar ortamında doygun hale getirilmiş ve 1 atm basınca dayanıklı plakalar üzerine yerleştirilmiştir. Doygun hale gelen topraklar 1/3 atm basınç altında tuttuğu nem miktarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Solma Noktası: Klute (1986)'a göre araziden alınmış ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş bozulmuş toprak örnekleri bilezik halkalar yardımıyla 15 atm basınca dayanıklı plakalar üzerine serilmiş ve daha sonra saf su ile doygun hale getirilmiştir. Doygun hale gelen topraklar 15 atm basınç altında tuttuğu su miktarının hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Yarayışlı Su İçeriği: Tarla kapasitesindeki toprağın nem içeriğinden solma noktasındaki nem içeriğinden çıkarılması ile hesaplanmıştır (Klute, 1986).

Su İle Dolu Gözenek Hacmi: Tarla kapasitesinde tutulan nemin hacim ağırlığıyla çarpımı sonucunda elde edilen hacimsel su içeriğinin toplam gözenekliliğe oranı şeklinde hesaplanmıştır.

Toplam Gözeneklilik: Toplam gözeneklilik $(1-\rho_b/\rho_p)$ eşitliği ile belirlenmiştir. Bu eşitlikte; ρ_b = Toprağın hacim ağırlığı, ρ_p = Toprağın özgül ağırlığıdır (2.65 g/cm^3 olarak kabul edilir).

Agregat Stabilitesi: Kemper ve Rosenau (1986)'a göre 2.0 ile 1.0 mm arasında kalan toprak parçacıkları ıslak eleme yöntemine göre önce saf su ile 3 dk karıştırılmış ve bu sürede dispers olan toprak ağırlığı kaydedilmiştir. Daha sonra %0.2'lik kalgon çözeltisinde toprağın tamamen dispers olmasıyla belirlenen toprağın ağırlığından saf su ile dispers edilen toprağın ağırlığının çıkartılmasıyla hesaplanmıştır.

Toprak Reaksiyonu (pH): Hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Rhoades, 1999).

Elektriksel İletkenlik (EC) (dS m^{-1}): Toprakların tuz içerikleri, saturasyon çamurunda kondaktivite cihazı ile ölçülmüştür (Rhoades, 1999).

Kireç: Scheibler kalsimetresinden karbondioksit çıkış hacmine göre ölçülen değer, sıcaklık ve analiz yapılan ortamın atmosfer basıncı yardımıyla %kireç içeriği hesaplanmıştır (Kacar, 1994).

Yarayışlı Fosfor (P_2O_5) (kg/da): 5 gr toprak örneği 100 ml 0.5 M Sodyum Bikarbonat (NaHCO_3) ile ekstrakte edilmiş örneklerde çözeltiye geçen bitkiye yarayışlı fosfor düzeyi askorbik asit ile mavi renk yöntemi kullanılarak spektro fotometrede belirlenmiştir (Olsen ve ark., 1954).

Organik Madde (%): Nelson ve Sommers (1982) tarafından belirtilen "Modifiye Edilmiş Walkey-Black" yaş yakma metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntemde göre; 0.5 gr toprak örneği 500 ml'lik erlenmayere konulmuş ve üzerine önce 10 ml potasyum dikromat ve daha sonra 20 ml sülfürik asit çözeltisi eklenmiş ve karışım 1 dk

çalkalanmıştır. Oda sıcaklığına gelen örneklere 200 ml saf su eklenmiş ve üzerine 5-6 damla o- fenantrolin eklenmiştir. Demir sülfat heptahidrat çözeltisiyle titre edilerek kırmızı rengin yeşil renge dönmesiyle harcanan demir sülfat miktarı hesaplanarak organik madde miktarı bulunmuştur.

Alınabilir Potasyum (K₂O) (kg/da): Toprak örneklerinin bitkiye yararışlı potasyum içerikleri, 1 N Amonyum Asetat (pH=7.0) kullanılarak hazırlanmış ekstrakt eriyiğine geçebilen potasyum miktarı fleymfotometre ile ölçülmek suretiyle tespit edilmiştir (Richards, 1954).

Su ile Yer Değiştiren Ca, Mg, K ve Na Miktarı: 100 gr toprak örneği doygun hale getirilmiş, 24 saat bekletildikten sonra vakum pompasıyla süzükler alınmış ve bu süzüklerden atomik absorbsiyon'da Ca, Mg, K ve Na konsantrasyonları belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1996; Thomas, 1982).

SAR Değeri: Saturasyon çamurundan elde edilen süzüklerden hesaplanan K, Na, Ca ve

Mg konsantrasyonları
$$SAR = \frac{[Mg^{2+}]}{\sqrt{\frac{([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}{2}}}$$
 eşitlikte belirtildiği gibi hesaplanmıştır (Soil Survey Staff, 1996).

Karbon: Kuru yakma yöntemiyle yaklaşık 0.01 gr toprak örneği Costech Ecs 4010 CHNSO Analyzer cihazı yardımıyla yüksek ısıda yakılarak belirlenmiştir (Tabatabai, 1994).

Toplam Karbon: Toprak organik maddesinde bulunan karbondur. Toplam C'dan inorganik karbonların çıkarılmasıyla belirlenmiştir (Tabatabai, 1994).

Toplam N: Kuru yakma yöntemiyle yaklaşık 0.01 gr toprak örneği Costech Ecs 4010 CHNSO Analyzer cihazı yardımıyla yüksek ısıda yakılarak belirlenmiştir (Tabatabai, 1994).

3.2.4. Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi

Bu aşamada, genel metodolojisi Kosmas ve ark (1999) tarafından açıklanan ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Metotlarının kullanıldığı MEDALUS modelinden faydalanılmıştır. Çevreye hassas alanların araştırılması için seçilen CBS katmanlarının arazi bozulması ile ilişkili olmalarına dikkat edilmiştir. Parametrelerin bir kısmı eldeki

veri tabanlarından, yapılan analizlerin sonuçlarından ve önemli bir kısmı da arazi çalışmalarından derlenmiştir.

Bölgesel ölçekte arazi bozulmasına hassasiyet ile ilişkili temel çevresel ve sosyo ekonomik parametreler; toprak, iklim, bitki ve arazi kullanımı yani amenajman uygulamalarıdır. Bu başlıklardan her biri toprak ile ilişkili çeşitli parametreler, iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanımı için verilecek skorların ortalaması ile elde edilecek bir kalite indeksinin hesaplanması ile değerlendirilmiştir.

Skorlar her parametrenin arazi bozulması işlemi ile ilişki düzeyine bağlı olarak 1.0 ile 2.0 arasında değişmiştir. Skorlamada 1.0 en iyi ve 2.0 ise en kötüyü ifade etmektedir. Metot parametrelerin dahil edilmesi veya çıkarılmasına, belirli çevresel koşulların veya farklı çalışmaların özel durumlarını modellemeye izin verecek esnekliğe sahiptir. Kosmas ve ark., (1999 ve 2003), farklı parametrelerin arazi bozulması ile ilişkilerini daha detaylı açıklamaktadır. MEDALUS modelinde arazi bozulmasına hassasiyet ile ilgili indikatörler toprak, iklim, bitki örtüsü ve amenajmandır.

MEDALUS modelinde uzman görüşü ile parametrelere skorlar verilmemiştir. Bu skordardan indikatörlerin hesaplanması aşamasında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHS) yardımı ile her bir parametrenin ağırlığı yeniden belirlenmiş ve seçilen parametreler tekrar skorlanmıştır. Burada MEDALUS modelinde yapılan skorlama her parametre için eşit veya eşite yakın değer verirken, AHS yönteminde bölgeyi, iklim şartlarını, yapılan amenajman uygulamalarını bilen bir uzman tarafından çölleşmede daha etkili olduğu düşünülen parametrelere diğerleriyle koordinasyonlu olarak değerler verilerek hesaplanmaktadır.

3.2.4.1. Çevreye Hassas Alan İndeksi Hesaplaması

Çevreye Hassas Alan indeksi hesaplaması aşağıda gösterilmiştir.

Toprak Kalitesi İndeksi (TKİ) = (Ana Materyal * Kaba Materyal* Tekstür * EC * pH * Fosfor * Kireç * Agregat Stabilitesi * Organik Madde * Toprak Derinliği * Drenaj * Eğim*SAR)^{1/13}

İklim Kalitesi İndeksi (İKİ) = (Yağış * Kuraklık indeksi * Yöney)^{1/3}

Vejetasyon kalitesi İndeksi (VKİ) = (Yangın Riski * Erozyon Koruma * Kuraklık Direnci * Bitki Örtüsü)^{1/4}

Amenajman Kalitesi İndeksi (AKİ) = (Tarımsal Ürünlerin Ekili Olduğu Araziler*Meralar*Nüfus Yoğunluğu)^{1/3}

3.2.4.1.1. Toprak Kalitesi İndeksi

Bu çalışmada, MEDALUS modeli içerisindeki toprak kalitesi indikatörüne MEDALUS'un orijinalinde yer almayan organik madde, bitkiye yararlı fosfor, kireç, elektriksel iletkenlik, pH ve agregat stabilitesi, SAR gibi parametreler ilave edilmiştir. Yeni ilave edilen toprak özelliklerinin skorlanmasında, her bir indikatör için belirlenen eşik değerler baz alınmış ve skorlamalar yapılmıştır (Çizelge 3.5). İlave edilen yeni indikatörlerin direk veya dolaylı olarak arazi bozulması ile ilişkili olmalarına dikkat edilmiştir. Besin elementlerinin yararlılığına etkilerinden dolayı toprakların pH'sı ve kireç içeriği de toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasına ilave edilmiştir. Organik madde içeriği de modelin orijinalinde bulunmadığı halde, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine var olan etkisinden dolayı parametre olarak toprak kalitesi indikatörüne dahil edilmiştir. Bitkinin sağlıklı gelişimine ve toprağın fiziksel stabilitesine etkilerinden dolayı fosfor, EC ve SAR toprak kalite indeksi hesaplanmasına ilave edilmiştir.

Toprakta bulunan kum, silt ve kil büyüklüğündeki mineral parçacıkların organik madde, kireç ve demir oksitler ve mikroorganizmalar tarafından çimentolama durumu gibi bir etkiyle bir araya gelerek oluşturdukları ve nispeten parçalanmaya dirençli olan doğal yapılar agregat olarak tanımlanmaktadır. Toprakların gözenek büyüklük dağılımları ile toplam gözeneklilikleri üzerine büyük etkisi olan, aşınma ve taşımaya karşı direncin bir göstergesi olan agregat stabilitesi de bu çalışmada toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasına dahil edilmiştir.

Özellikle yoğun tarımsal üretimin yapıldığı sahalarda var olan bilinçsiz gübre kullanımı sonucunda topraklarda birikme eğiliminde olan fosfor durumu da toprak kalitesi indikatörünün bir parametresi olarak skorlanmıştır. Bitkinin önemli besin elementlerinden olan ve bitkiler tarafından birçok reaksiyonda kullanıldığı ortaya konulmuş olan fosfor, bitkideki kök oluşumunu desteklemesi gibi, birçok fonksiyondan dolayı eksikliğinde bitkisel üretim geri kalırken fazla uygulandığı koşullarda ise yüzey suları ile taşınmakta ve ötrifikasyon gibi olumsuz şartlar oluşturabilmektedir. Belirtilen

bu özelliklerinden dolayı bitkiye yararlı fosfor içeriklerine göre topraklar altı gruba ayrılmış ve optimum düzeyi en iyidir şeklinde düşünülerek skorlanmıştır.

Çizelge 3.5. Toprak Kalitesi İndeksinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999'dan alınarak düzenlenmiştir).

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks
Tekstür	1	Çok İyi	L	1.0
	2	İyi	SCL, SiCL, CL	1.2
	3	Orta	SL, SiL, LS	1.5
	4	Zayıf	SiC, C, SC	1.7
	5	Oldukça Zayıf	S, Si ve %60 dan fazla kil	2.0
Ana Materyal	1	İyi	Şeyl, şist, bazik ve Ultra bazik kayalar konglomeralar çimentolaşmamış materyaller	1.0
	2	Orta	Kireç taşı, mermer, granit, riyolit, İgnibrit, gnays, silt taşı, kum taşı	1.7
	3	Zayıf	Marl (çok yıllık bitkiler için marl skoru 1.0 olmalıdır), pyrosilikatlar	2.0
Kaba Materyal (Kaya Parçaları)	1	Çok Taşlı	Kaba materyal (KB) > %60	1.0
	2	Taşlı	KB, %20-60	1.3
	3	Çıplak ve hafif taşlı	KB, < %20	2.0
Eğim (%)	1	Hafif eğimli ile Düz	< % 6	1.0
	2	Hafif eğimli	%6-18	1.2
	3	Dik Eğimli	%18-35	1.5
	4	Çok Dik Eğimli	> % 35	2.0
Derinlik (cm)	1	Derin	>75 cm	1.0
	2	Orta Derin	75-30 cm	1.33
	3	Sığ	15-30 cm	1.66
	4	Çok Sığ	< 15 cm	2.0
Drenaj	1	İyi Drenajlı	>150 cm	1.0
	2	Yetersiz Drenajlı	90-150 cm	1.2
	3	Orta Drenajlı	60-90 cm	1.5
	4	Kötü	30-60 cm	1.8
	5	Çok Kötü	< 30 cm	2.0
Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	1	İyi	<3	1.0
	2	Hafif	3-6	1.3
	3	Orta	6-13	1.6
	4	Yüksek	>13	2.0
Tuzluluk (dS/m) (Bakr ve ark., 2012)	1	İyi	<1.2	1.0
	2	Hafif	1.2-2.5	1.2
	3	Orta	2.5-4.5	1.5
	4	Tuzlu	4.5-9.0	1.7
	5	Çok Tuzlu	>9.0	2.0

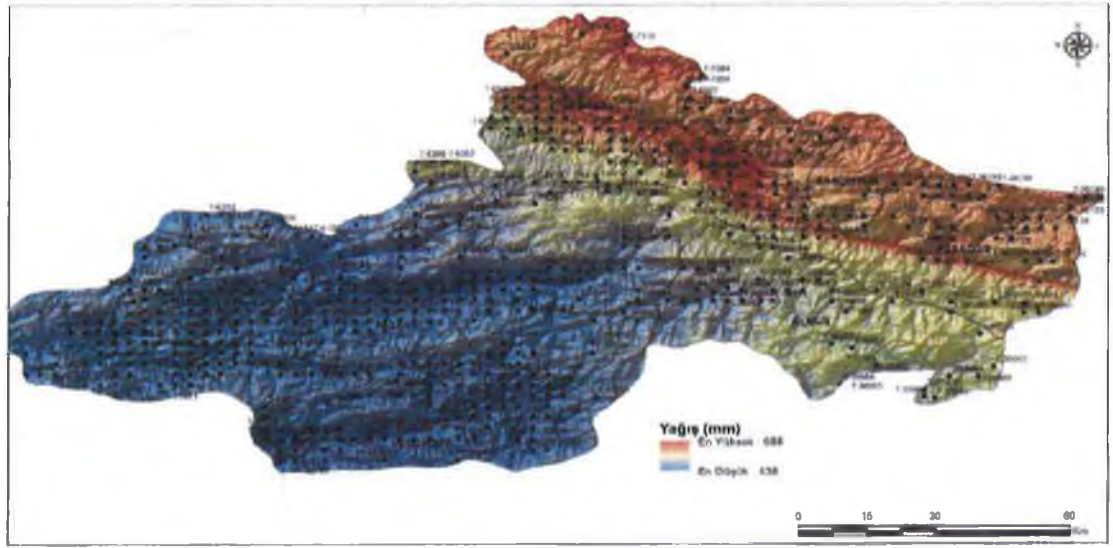
Çizelge 3.5. (Devam) Toprak Kalitesi İndeksinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999'dan alınarak düzenlenmiştir).

pH (Saturasyon)	1	Şiddetli Asidik	< 5.0	2.0
	2	Kuvvetli Asidik	5.1-5.5	1.8
	3	Orta Asit	5.6-6.0	1.6
	4	Hafif Asit	6.1-6.5	1.2
	5	Nötr	6.6-7.3	1.0
	6	Hafif alkali	7.4-8.0	1.2
	7	Orta Alkali	8.1-8.5	1.6
	8	Kuvvetli Alkali	>8.5	2.0
Organik Madde (%)	1	Çok Yüksek	>4.0	1.0
	2	Yüksek	3.0-4.0	1.2
	3	Orta	2.0-3.0	1.4
	4	Düşük	1.0-2.0	1.6
	5	Çok düşük	0.5-1.0	1.8
	6	Aşırı Düşük	<0.5	2.0
Fosfor (P) (ppm)	1	Çok Düşük	<5	2.0
	2	Orta	5 – 10	1.5
	3	Yeterli	10 – 30	1.0
	4	Yeterli	30 – 50	1.0
	5	Yüksek	50 – 60	1.5
	6	Çok Yüksek	>60	1.8
Kireç (%)	1	Çok Az Kireçli	0-2	1.4
	2	Az Kireçli	2-4	1.2
	3	Orta Kireçli	4-8	1.0
	4	Kireçli	8-15	1.2
	5	Çok Kireçli	15-30	1.6
	6	Aşırı Kireçli	>30	2.0
Agregat stabilitesi (%)	1	Düşük	<25	2.0
	2	Orta	25 - 50	1.6
	3	İyi	50 - 75	1.2
	4	Çok iyi	>75	1.0
Toprak kalitesi İndeksi	1	Yüksek		<1.13
	2	Orta		1.14-1.45
	3	Düşük		>1.46

$(TKİ) = (Ana\ Materyal * Kaba\ Materyal * Tekstür * EC * pH * Fosfor * Kireç * Agregat\ Stabilitesi * Organik\ Madde * Toprak\ Derinliği * Drenaj * Eğim * SAR)^{1/13}$

3.2.4.1.2. İklim Kalitesi İndeksi

İklim kalite indeksi, toplam yıllık yağış miktarı (mm), iklimsel kuraklık ve yöney durumu gibi bitkiler için suyun yarayışlılığını etkileyen parametrelerin kullanımı ile hesaplanmıştır. Toplam yağış miktarı ile ilgili sınıflama ve skorlar Kosmas ve ark. (1999) tarafından belirtildiği şekilde bitki gelişimi ve toprak erozyonu için çevresel anlamda eşik değer kabul edilen 280 mm'lik sınır değer temel alınarak yapılmıştır (Çizelge 3.6).



Şekil 3.6. Tokat ili yağış haritası (Yıldız ve ark., 2009)

Meteorolojik veriler yardımı ile yağış (izohit) haritaları ve FAO Kuraklık İndeksi (WMO, 1968) katmanları için veriler hesaplanmıştır

FAO kuraklık indeksi ise eşitlik 3.1 deki gibi hesaplanmıştır:

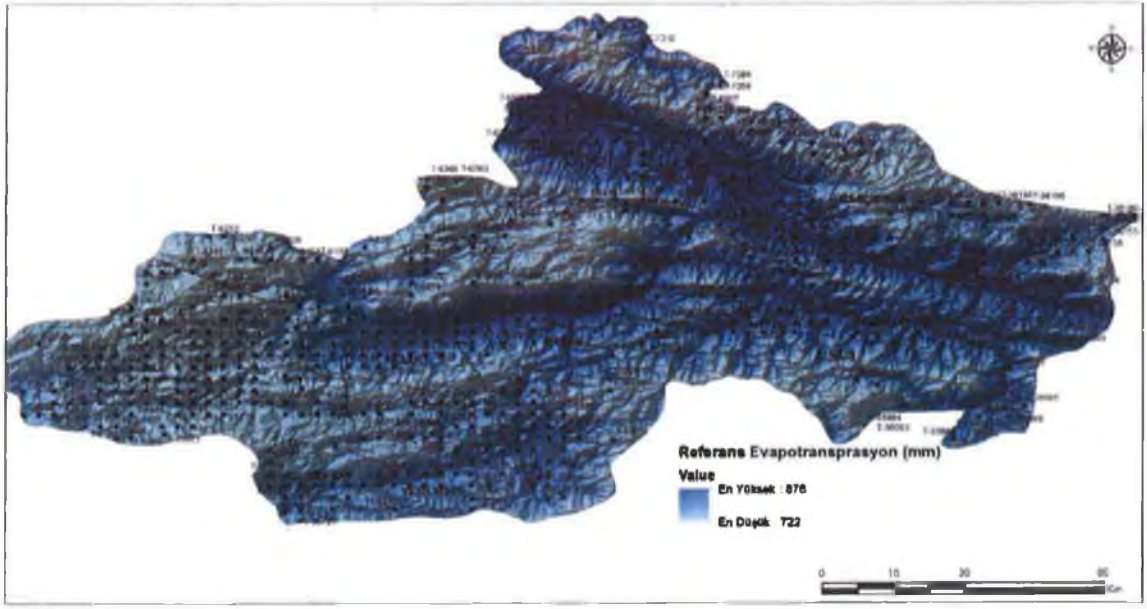
Eşitlik 3.1

$$FI : P/ETP$$

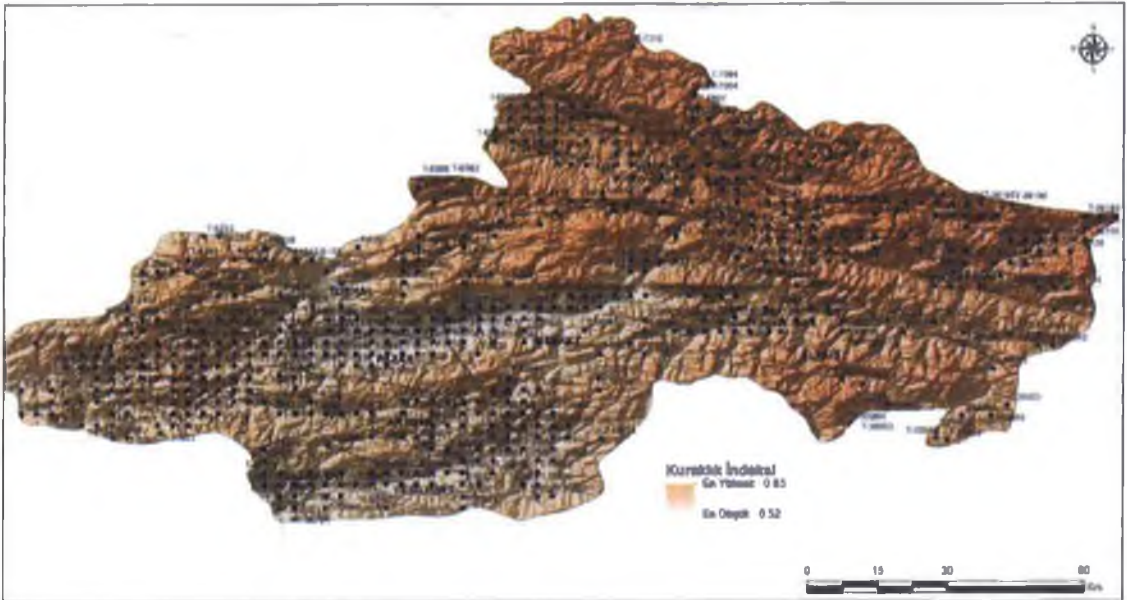
FI: FAO kuraklık indeksi

P: Yıllık yağış (mm)

ETP: Evapotransprasyon



Şekil 3.7. Tokat ili evapotransprasyon haritası (Yıldız ve ark., 2009)



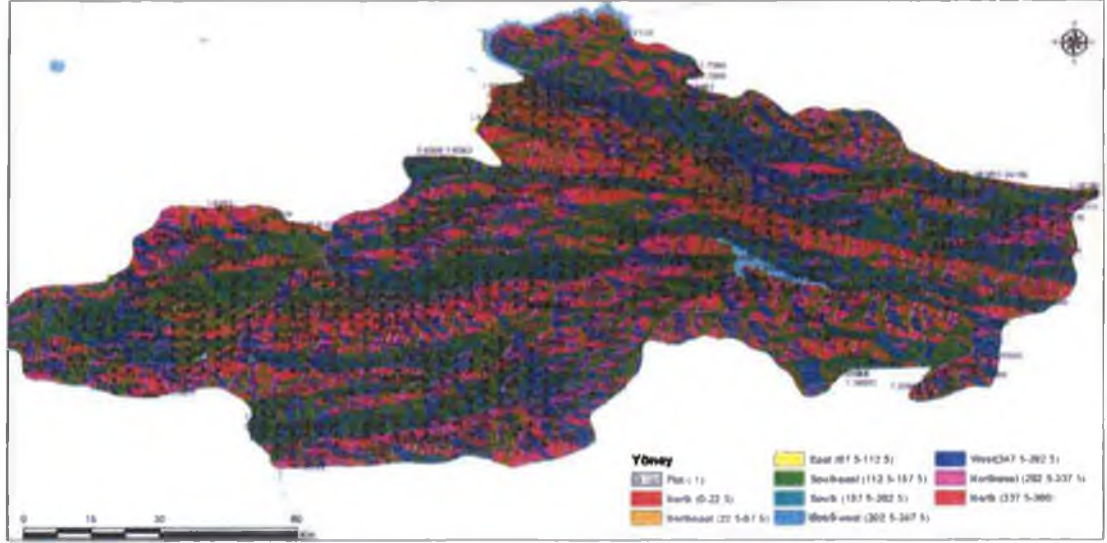
Şekil 3.8. Tokat ili kuraklık indisi haritası (Yıldız ve ark., 2009)

Çizelge 3.6. İklim Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999).

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks
Yağış (mm)	1		>650	1
	2		280-650	1.5
	3		<280	2
FAO Kuraklık Katsayısı	1	Hamid (yağışlı)	>0.65	1.0
	2	Kurak-yarı yağışlı	0.5-0.65	1.2
	3	Yarı kurak	0.2-0.5	1.5
	4	Kurak	0.05-0.2	1.7
	5	Çok kurak	<0.05	2.0
Yöney	1	Batı sektörü	B-KB, B,B-GB ve düz	1.0
	2	Kuzey sektörü	KB, K-KB, K, K-KD, KD	1.3
	3	Doğu sektörü	D-KD, D, D-GD	1.7
	4	Güney sektörü	GB, G-GB, G, G-GD, GD	2.0
İklim Kalitesi	1	Yüksek Kalite		<1.15
	2	Orta Kalite		1.16-1.81
	3	Düşük Kalite		>1.82

$$İKİ = (\text{Yağış} * \text{Kuraklık} * \text{Yöney})^{1/3}$$

Çalışma alanı topraklarının yöney durumu SRTM sayısal yükselti modelinden (90 m mekânsal çözünürlük) spatial analiz eklentisi kullanılarak yöney bilgisi elde edilmiştir. Elde edilen katmanın piksel değeri pikselin bulunduğu yerin kuzeyle yaptığı açı değerini içermektedir (Yıldız ve ark., 2009).



Şekil 3.9. Tokat İli Yöney Haritası

3.2.4.1.3. Vejetasyon Kalitesi İndeksi

Yangın riski, erozyon koruma, kuraklık direnci ve bitki örtüsü indikatörlerinden gelen değerler vejetasyon kalitesinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu değerler ayrıntılı olarak Çizelge 3.7’de verilmiştir. Yangın riski, erozyon koruma ve kuraklık direnci parametreleri arazide toprak örneklemeleri esnasında yapılan gözlemler ile belirlenmiştir. Uzaktan Algılama yöntemleri ile uydu görüntüleri temel alınarak bitki ile kapalılık tanımlanabilir. Bitki örtüsü ile kapalılık durumu ise çalışma alanına ait MODIS ve LANSAT uydu görüntülerinden normalize edilmiş vejetasyon indeksinin (NDVI) hesaplanması ile belirlenmiştir. NDVI indeksi, ilk kez Rouse ve ark (1973) tarafından geliştirilmiştir. Uzaktan algılama teknolojisinde NDVI verileri yeşil bitki örtüsünün izlenmesinde en çok kullanılan araçlardan biridir. NDVI uydu görüntülerinin yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı (RED) ışık dalga boyunda algılama yapan bantlarından hesaplanmaktadır. Aşağıdaki matematiksel eşitlikte belirtildiği gibi bu iki dalga boyunun matematiksel modellenmesi ile oluşturulan NDVI bitkilerin biyokütle miktarı ve yaprak alan indeks değerinin ana göstergesi olarak kabul edilmekte ve büyüme döneminde bitki gelişiminin izlenmesi ve verim tahmini amacıyla kullanılmaktadır (Yıldız ve ark., 2012). Bu uydu görüntülerinde ağaç ve çalılıkların tepe noktaları ile bitki gövdelerinin ve yapraklarının toprak yüzeyine yansıyan toplam iz

düşümlerinin, birim arazideki % oranıdır. Arazide bitkiler tam kapalı ise bitki örtüsü oranı %100 olarak kabul edilir. NDVI'nin hesaplanması eşitlik 3.2 de verilmiştir.

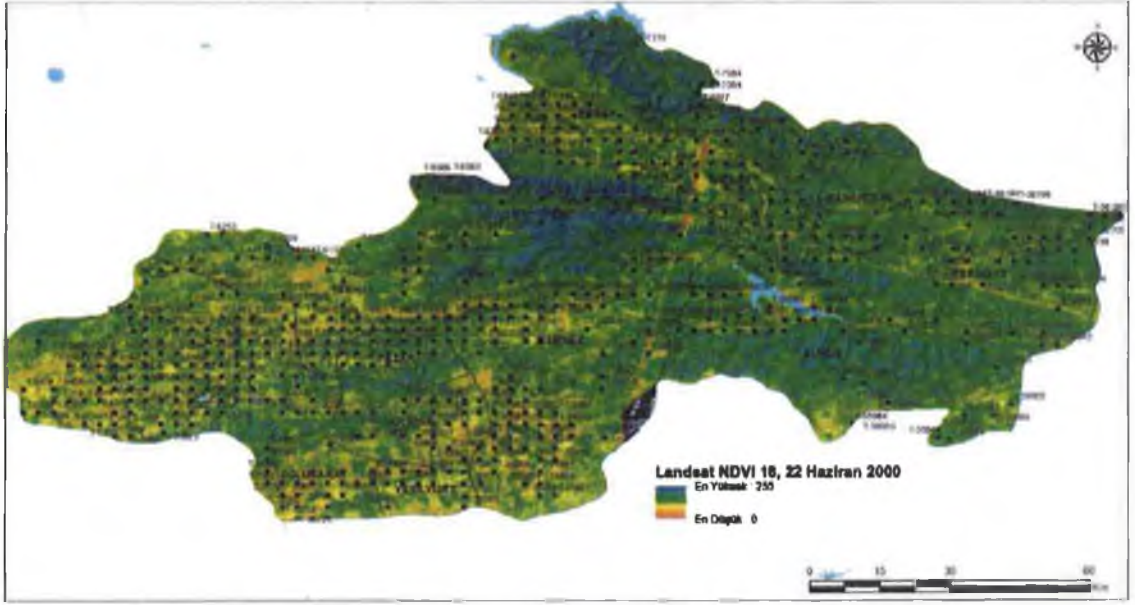
Eşitlik 3.2. $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$

NDVI, -1 ile +1 arasında değerler alan birimsiz bir indekstir. Pratik olarak, çıplak toprak yüzeyi veya su yüzeyine denk gelen alanlar 0.1'in altındaki değerler ile ifade edilmektedir. Fotosentez aktivitesi ile ilişkili olan çalılık, ormanlık veya tarımsal aktivitelerin bulunduğu alanlar ise daha yüksek değerlere denk gelmektedir (Tucker, 1979). NDVI değerlerini ERDAS Imagine (versiyon 9.2) uzaktan algılama yazılımını kullanarak 0 ile 256 değerleri arasına esnetmek mümkündür (Doğan ve ark., 2014). Araştırmacılar, yeşil yaprakların mümkün olan en yüksek yoğunluğun 256'ya yakın değerler aldığını. 0'a yakın değerlerde ise mümkün olan en düşük yoğunluktaki yeşil yapraklara veya çıplak alanlara işaret ettiğini bildirmişlerdir. Bitki örtüsü indeksi, biokütle miktarının ve bitkisel ürün veriminin tahmin edilmesi ve bitki örtüsü oranının ve mera alanı verimliliğinin tahmin edilmesi, ekosistemin taşıma kapasitesi tayini gibi konular dahil, geniş bir uygulama alanına sahiptir (Yıldız ve ark., 2012; Doğan ve ark., 2014).

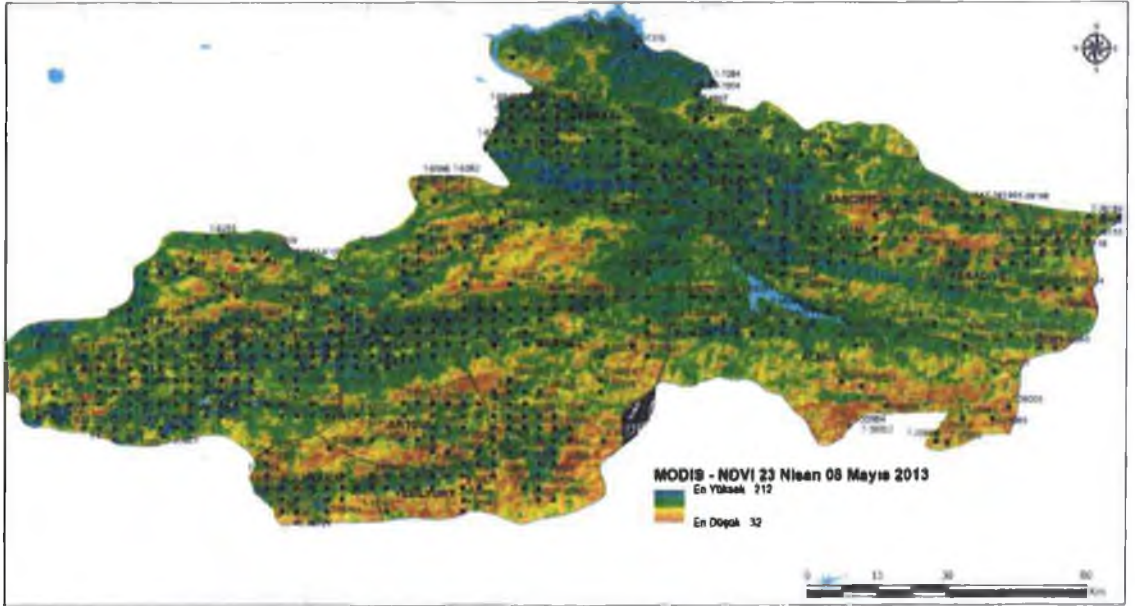
Verinin normalize edilmiş olması, farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırmaktadır (Duran, 2007). NDVI, biyofiziksel bir özellik olarak, bitki örtüsünün fotosentez faaliyeti ile bağıntılıdır ve bitkinin canlı olup olmadığının göstergesi olarak kabul edilir (Wang ve Tenhunen, 2004). NDVI değerinin yüzey kapalılığı Doğan ve ark. (2014)'na göre NDVI değerleri 19 ile 77'ye kadar olduğunda %25'e kadar yüzey kapalılığı. 78-134 arası %25 -50 arası yüzey kapalılığı, 135-192 arası %50-75 arası yüzey kapalılığını ve 192-256 arası ise %75-100 arası yüzey kapalılığına işaret etmektedir. Yüzey kapalılığı ile NDVI değerinin ilişkilendirilmesinde Doğan ve ark., (2014)'nın belirttiği sınıflar dikkate alınmıştır.

Bitki örtüsü ile kapalılık durumu yağmur damlasının parçalama etkisinden korunmada ve agregat stabilitesi organik madde ve su tutma kapasitesinin artması gibi konulara etkisi bakımından önemlidir. Toprak kaybı ve yüzey akışının arazi yüzeyindeki bitki ile kapalılığının azalması ile büyük miktarda arttığını rapor edilmiştir

(Brandt ve ark., 2003). Vejetasyon Kalite İndeksinde yer alan yangın riski ve erozyon koruma verileri ise arazide yapılan gözlemler ile belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Tokat ili 18-22 Haziran 2000 Landsat NDVI haritası



Şekil 3.11. Tokat ili 23 Nisan – 08 Mayıs 2013 MODIS – NDVI haritası

Çizelge 3.7. Vejetasyon Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999).

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım-Vejetasyon Tipi	İndeks
Yangın Riski	1	Düşük	Çıplak arazi, çok yıllık tarımsal ürünler. Tek yıllık tarımsal ürünler (mısır, tütün, ayçiçeği)	1.0
	2	Orta	Tek yıllık tarımsal ürünler (tahıllar, meralar) geniş yapraklı meşe (karışık). Akdeniz bitki örtüsünde maki türü sürekli yeşil kalanlar	1.5
	3	Yüksek	Akdeniz maki	1.8
	4	Çok Yüksek	İğne yapraklı ormanlar (çamlar)	2.0
Erozyon Koruma	1	Çok Yüksek	Karışık Akdeniz makisi/sürekli yeşil orman örtüsü	1.0
	2	Yüksek	Akdeniz Makisi	1.3
	3	Orta	Çam ormanı, kalıcı otlak, sürekli yeşil kalan çok yıllık ürünler	1.6
	4	Düşük	Geniş yapraklı ağaçlardan oluşan orman	1.8
	5	Çok Düşük	Tek yıllık tarımsal ürünler (tahıllar), tek yıllık otlaklar, bağlar	2.0
Kuraklık Direnci	1	Çok Yüksek	Karışık Akdeniz makisi/sürekli yeşil orman örtüsü, Akdeniz maki	1.0
	2	Yüksek	Geniş yapraklı ağaçlardan oluşan orman, zeytin	1.2
	3	Orta	Çok yıllık tarımsal ağaçlar (bağ, badem vs.)	1.4
	4	Düşük	Çok yıllık otlaklar	1.7
	5	Çok düşük	Tek yıllık tarımsal ürünler, tek yıllık otlaklar	2.0
Bitki Örtüsü (%)	1	Yüksek	Bitki ile kaplama 75-100	1.0
	2	Orta	50-75	1.33
	3	Zayıf	25-50	1.66
	4	Çok Zayıf	<25	2.0
Vejetasyon Kalitesi	1	Yüksek Kalite		<1.13
	2	Orta Kalite		1.13 – 1.38
	3	Düşük Kalite		>1.38

$$VKI = (\text{Yangın riski} * \text{Erozyon Koruma} * \text{Kuraklık Direnci} * \text{Bitki Örtüsü})^{1/4}$$

3.2.4.1.4. Amenajman Kalitesi İndeksi

Amenajman kalitesi İndeksi (AKİ) insanlar tarafından yapılan uygulamalar ile oluşturulan stresin derecesine göre araziler temelde beş gruba ayrılmaktadır (Kosmas ve ark., 1999). Çalışmada istenen hassasiyete ve veri tabanlarının detayına bağlı olarak

amenajman kalitesinde kullanılacak kriterler değişebilir (Çizelge 3.9.) Burada arazinin kullanım şekli temel alındığından dolayı tarım arazileri, doğal alanlar, maden sahaları, regresyon sahaları ve altyapı şeklinde araziler kullanım şekillerine göre sınıflandırılmaktadır. Belirtilen her bir arazi kullanımı için ise kullanımın yoğunluğu ayrı ayrı belirlenmektedir.

Sulama sıklığı, mekanizasyon derecesi, terasların varlığı, gübre ve zirai ilaç kullanımı ve ürün çeşidi ile tarımsal arazi kullanım yoğunluğu karakterize edilir. Buna göre arazi yoğunluğu düşük, orta ve yüksek şeklinde 3 seviye ile ifade edilir. Çayır-mera arazisinin yönetim kalitesi otlatma kapasitesi tahmini ile değerlendirilir.

TUBITAK KAMU 1007 Ulusal Mera Islahı ve Yönetimi Projesi kapsamında meraların vejetasyon etüdüleri yapılarak her bir meranın azalıcı çoğalıcı ve istilacı işgalci bitkileri belirlenmiştir. Buna göre meraların kalite dereceleri ve vasıfları ortaya konmuştur. Bu şekilde ülke meraları çeşitli homojen alanlara ayrılmıştır. Bu rapora göre kapladıkları alanlar değişmekle beraber Tokat ilinde toplam 101 mera bulunmaktadır. Tez kapsamında örneklenen 578 noktadan 64 nokta meralara denk gelmiştir. Bu meraların durumuna ait bilgiler hem kendi gözlemlerimiz hem de Ulusal Mera Projesi veri tabanındaki veriler ile edilmiştir. Meraların otlatma kapasiteleri Gökkuş ve ark, (2000)'nın bildirdiği yöntem uygun olarak eşitlik 3.3.'te olduğu gibi hesaplanmıştır.

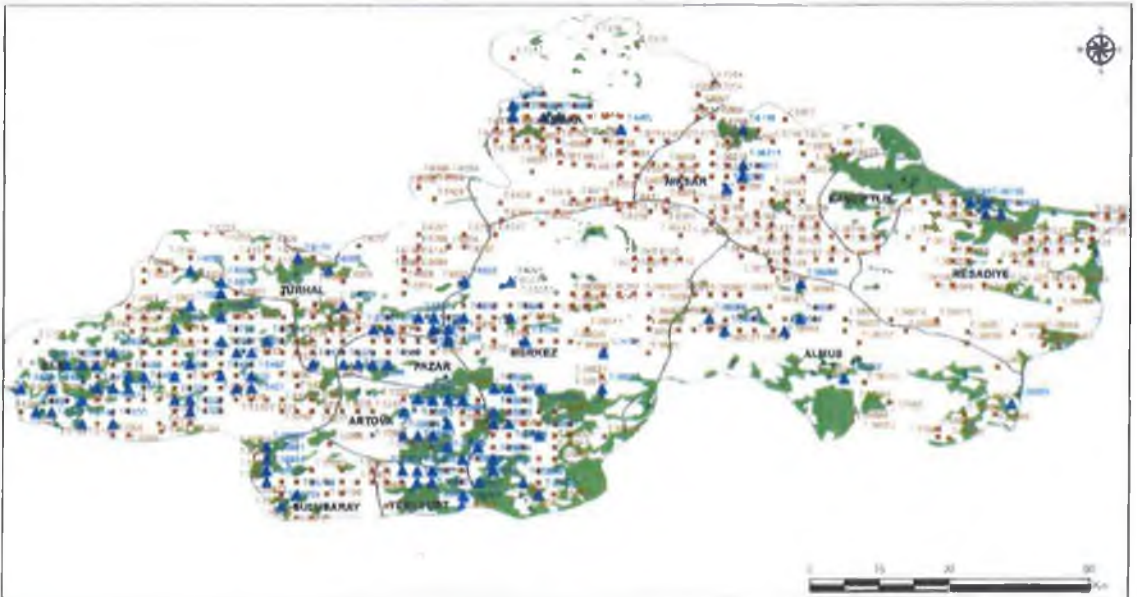
Eşitlik 3.3. Otlatma Kapasitesi = (Mera Alanı*Verim*Yararlanma Faktörü)/(Otlatma Gün sayısı*bir hayvanın günlük tüketim miktarı)

Erozyon ve Redis mera kapasitesi meraların amenajman kalitesindeki etkilerini belirlemede kriter olarak kullanılmıştır.

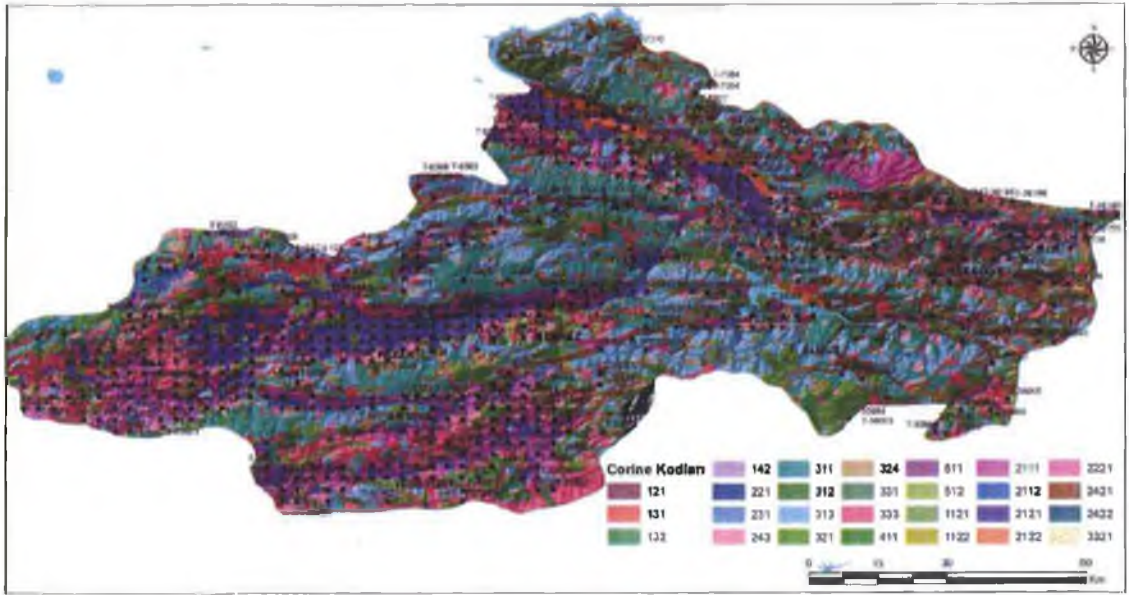
Tokat ili nüfus bilgileri ise TÜİK 2013 verileri kullanılarak belirlenmiştir. AKİ'nin hesaplanmasında kullanılan kriterler arasında orman alanları, madencilik aktiviteleri ve politika yer almaktadır. Bu alanların doğal ve insanlar tarafından yönetilen ormanların birbirinden ayrı değerlendirilmesi gerekir. Amenajman gerektirmeyen doğal ormanlar için kalite yüksek kabul edilirken, amenajman gerektiren ormanlarda ise kullanım yoğunluğu orman üretim talebi ile tanımlanır. Değerlendirmelerde doğrudan talep kullanılamıyorsa bunun yerine dolaylı yöntemler kullanılır. Bu yaklaşımda bir ormanın üretim sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için

gerekli ürün ve aktif üretim oranı kullanılmaktadır. Amenajman kalitesinin belirlenmesinde bir diğer indikatör madencilik aktiviteleridir ve madencilik aktiviteleri için maden çıkarılmasının devam ettiğinde veya madencilik faaliyetleri sonlandırıldığında yüksek derecede bozulma etkisine sahiptir. Öncelikle maden sahasının aktif olup olmadığının belirlenmesi ve aktif alanlar için ıslah uygulama politikalarının uygulanması bu alanlardaki bozulma işlemi için önemli bir faktördür.

Politikanın belirlenmesinde mera koruma kanunları, erozyona hassas alanların tanımlanması, tarım alanlarının sınıflandırılarak kullanım şartlarının belirlenmesi ve arazilerin miras yoluyla bölünmesinin önüne geçilmesi için önlemlerin daha hızlı alınmasında politikaya özel bir önem verilmesi gerekmektedir. Çünkü arazi koruma ile ilgili teraslama desteği, ekstansif tarım desteği kıyı koruma gibi politikalar arazi koruma ile ilişkilidir. Politikaların gücüne bağlı olarak elbette etkinliği değişmektedir. Bu nedenle, politikaların değerlendirilmesi politikanın gücünün derecesine bağlı olarak, yürürlükte olan politik bakış açısı ve kanunlar üzerine onların gücü/uygulanabilirliği gibi bilgiler toplanmalıdır. Değerlendirilen politikaya bağlı olarak uygulanabilirlik ve bilgi gerekliliği değişir. Çalışmamızda Amenajman Kalitesi İndeksi değerlendirme tarımsal ürünlerin ekildiği araziler, meralar, nüfus yoğunluğu parametrelerinin alacağı skorların geometrik ortalaması ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.12. Tokat ilinde yer alan meraların dağılımı



Şekil 3.13. Tokat ili arazi kullanımını (CORINE 2013) haritası

Çizelge 3.8. Tokat ili arazi kullanımını (CORINE 2013) lejantı

121	Endüstriyel veya Ticari Birimler	3321	Çıplak Kayalar
333	Seyrek Bitkili Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar
131	Maden Çıkarım Sahaları	2121	Sürekli Sulanan Alanlar
411	Bataklıklar	312	İğne Yapraklı Ormanlar
132	Boşaltım Sahaları	2112	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar içinde Sera Alanları
511	Su Yolları	313	Karışık Ormanlar
142	Spor ve Eğlence Alanları	2122	Sürekli Sulanan Alanlar
512	Su Kütleleri	321	Doğal Çayırliklar
221	Üzüm Bağları	2221	Sulanmayan Meyve Alanları
2422	Sulanan Karışık Tarım Alanları	324	Bitki Değişim Alanları
231	Meralar	1121	Endüstriyel veya ticari Alanlar
2421	Sulanmayan Kırsal Tarım Alanları	331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar
243	Doğal Bitki Örtüsü ile birlikte bulunan Tarım Alanları	1122	Karayolları, Demiryolu Ağları veya Bun Bağlı Araziler

Çizelge 3.9. Amenajman Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri (Kosmas ve ark.. 1999).

		Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks
Tarımsal ürünlerin ekildiği araziler		1		Düşük arazi kullanım yoğunluğu	1.0
		2		Orta düzeyde arazi kullanım yoğunluğu	1.5
		3		Yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğu	2.0
Meralar (Ot. Yoğ.* R. Mera Kalite Der.*Erozyon)^{1/3}	Otlama Yoğunluğu	1	Yok	>1	1.0
		2	Hafif	1.5-1	1.7
		3	Orta	1.5-2.5	1.5
		4	Yoğun	2.5-3	1.3
		5	Çok Yoğun	<3	1.0
	Redis Mera Kalite Derecesi	1	Çok iyi	75.1-100	2
		2	İyi	50.1-75	1.7
		3	Orta	25.1-50	1.5
		4	Zayıf	0-25	1.0
	Erozyon	1	Hafif	2-5	1
		2	Orta	5-10	1.3
		3	Yüksek	10-50	1.6
4		Şiddetli	50-100	2	
Nüfus Yoğunluğu (kişi/km²) (Farajzadeh ve Egbal, 2007).		1		<50	1.0
		2		50-100	1.3
		3		100-150	1.6
		4		>150	2.0
Amenajman Kalitesi		1		Yüksek	1.0 -1.25
		2		Orta	1.26-1.50
		3		Düşük	>1.51

$$AKI = (\text{Tarımsal Ürünlerin Ekildiği Araziler} * \text{Meralar} * \text{Nüfus Yoğunluğu})^{1/3}$$

3.2.4.1.5. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESAI)

Toprak, Vejetasyon, iklim ve amenajman kalitelerini oluşturan bireysel indikatörlerin skorlanmasının ardından geometrik olarak hesaplamalar ile dört farklı özellik için kalite skorları elde edilmiştir. Çevresel anlamda hassas alanların haritalanmasında elde edilen dört kalite skoru kullanılmış ve araziler bozulmadan etkilenmemiş (N), potansiyel olarak etkilenmiş (P), etkilenmeye meyilli (F) ve kritik (C) şeklinde dört ayrı sınıf oluşturulmuştur. Kritik ve kırılgan olanlar kendi arasında sonradan yüksek (3) orta (2) ve düşük hassasiyette (1) şeklinde üç gruba ayrılmışlardır (Çizelge3.10).

ESA İndeksi daha önce hesaplanan kalite indekslerinin geometrik ortalaması ile eşitlik 3.4'teki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Eşitlik 3.4.} \quad \text{ESA İndeksi} = (\text{TKİ} * \text{İKİ} * \text{VKİ} * \text{AKİ})^{1/4}$$

Çizelge 3.10. ESAI değerlerine göre arazilerin sınıfları (Kosmas ve ark., 1999).

Tip	Alt sınıf sembolü	ESAI Aralığı	Özellikleri
Kritik	Yüksek	C1	>1.53
	Orta	C2	1.42-1.53
	Düşük	C3	1.38-1.41
Kırılgan	Yüksek	F1	1.37-1.33
	Orta	F2	1.32-1.27
	Düşük	F3	1.26-1.23
Potansiyel	P	1.22-1.17	Önemli düzeyde iklim değişimi ile beraber arazi kullanımında değişim olduğu durumda bozulma tehdidi ile karşı karşıya bulunan araziler
Etkilenmemiş	N	< 1.17	Bozulması tehdidi bulunmayan araziler

3.2.5. Analitik Hiyerarşi Sürecini Kullanarak Çok Kriterli Karar Verme İşlemi

Çok kriterli karar verme tekniklerinden bir olan AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) çok kriterli karmaşık karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem en iyi alternatifi belirlemede parametreler veya indikatörler arasında ikili karşılaştırılma yapmaktadır. Karar verme için birçok yöntem olsa da basit olması, esnek ve kullanım kolaylığı yanı sıra uzman görüşü içermesinden dolayı en çok kullanılan karar verme metodolojilerinden birisidir. Doğrusal Kombinasyon tekniğinde bu yöntemde arazi bozulması veya çölleşmeyi etkileyen kriterlerin her birine bir ağırlık değeri atanmaktadır. Bu ağırlık değerleri kriterlerin çölleşme üzerine göreceli önemine göre belirlenmektedir. Sonrasında bu kriterler alt kriterlere ayrılmakta ve bu alt kriterler kendi içinde ayrı bir sayısal değerlendirmeye tabi tutularak alt kriter puanları saptanmaktadır. Daha sonra bu alt kriter puanları ait olduğu kriterin ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Böylece kriterler aynı ölçeğe konularak birlikte toplanabilir yani kombine edilebilir hale getirilmektedir. Bu teknikteki arazilerin çölleşmeye hassasiyetinin belirlenmesinde parametre skorları kullanılarak indikatörlerin ve indikatörlere ait parametreler kullanılarak ESAI'nin hesaplanmasına ait matematiksel denklem Eşitlik 3.5'de verilmektedir.

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i)$$

Eşitlik 3.5.

Burada S. İndikatör skoru; W_i parametrenin ağırlık değeri; X_i parametresine ait alt kriter puanı; n, ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır. MEDALUS içerisinde yer alan her bir indikatör ve ESAI için doğrusal kombinasyon tekniği ile hesaplanan değerler Çizelge 3.11'e göre sınıflandırılarak Tokat ilinin çölleşmeye hassas alanlarına ait haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 3.11. Çölleşmeye hassas alanların sınıfları ve sınıflara ait değerleri

Tip		Alt sınıf sembolü	ESAI Aralığı
Kritik	Yüksek	C1	>1.53
	Orta	C2	1.42-1.53
	Düşük	C3	1.38-1.41
Kırılgan	Yüksek	F1	1.37-1.33
	Orta	F2	1.32-1.27
	Düşük	F3	1.26-1.23
Potansiyel		P	1.22-1.17
Etkilenmemiş		N	<1.17

Çölleşmeye hassas alanlar için belirleyici olabilecek toprak kalitesi indeksi için 10 parametre dikkate alınmıştır. Bu parametreler fiziksel kriterler (eğim, derinlik, bünye, ana materyal, kaba materyal ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, SAR, organik madde içeriği, verimlilik) olmak üzere iki grupta toplanmıştır. İklim kalitesi indeksi için yağış, kuraklık ve yöney olmak üzere 3 parametre seçilirken, vejetasyon kalite indeksi için yangın riski, erozyon direnci, kuraklık indeksi ve bitki örtüsü olmak üzere 4 parametre seçilmiştir. Amenajman kalite indeksi için ise tarımsal ürünlerin ekildiği araziler, mera ve nüfus yoğunluğunu içine alan 3 parametre seçilmiştir. ESAI için tüm parametreler (toprak kalite indeksi, iklim kalite indeksi, vejetasyon kalite indeksi ve amenajman kalite indeksi) tekrar değerlendirilmiştir. Ayrıca bu kriterler alt faktörlere ayrılarak 1 ile 2 arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Alt faktör arazilerin tarımsal açıdan kullanımlarını imkansız kılıyorsa 1, kültür bitkilerinin yetiştirilmesine optimum imkan sağlaması durumunda 2 değerini almaktadır. 1-2 arasında kalan değerler ise toprak karakteristiğinin bitki gelişimini sınırlama derecesine göre değişmektedir. (Çizelge 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9).

Parametrelerin ve indikatörlerin her birine ait ağırlık puanlarının belirlenmesi işlemi, değerlendirmeye alınan kriterlerin birbirlerine göre önemi dikkate alınarak ağırlık puanları Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bu teknik, ele alınan parametrelerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm teorisidir ve en iyi karar alternatifinin seçilmesinde, hem kantitatif (objektif, nicel) hem de kalitatif (sübjektif, nitel) faktörlerin dikkate alınmasına imkan vermektedir. İkili

karşılaştırmalara dayalı göreceli önceliklendirme ölçeği Çizelge 3.12’de verilmiştir (Saaty, 1980).

Çizelge 3.12. AHS tekniğinde tercihler için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği

Sözel tercih hükmü	Açıklama	Değer
Eşit tercih edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur	1
Kısmen tercih edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor	3
Oldukça tercih edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor	5
Kuvvetle tercih edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor	7
Kesinlikle tercih edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliliğe sahip	9
Orta Değer	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasma düşen değerler	2, 4, 6, 8
Ters (Karşıt) değerler	Bir eleman başka bir elemanla karşılaştırıldığı zaman yukardaki değerlerden birisi atanır. Bunlardan ikinci eleman birinci elemanla karşılaştırıldığında ters değerlere sahip olur.	

Çalışmada değerlendirmeye alınan kriterlerin (parametrelerin) ağırlık puanları AHS tekniği ile belirlenirken;

a) İlk adımda kriterlerin etki durumu göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrisler eşitlik 3.6’da olduğu gibi oluşturulur.

Eşitlik 3.6.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & . & . & . & a_{1n} \\ a_{21} & . & . & . & a_{2n} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ a_{n1} & . & . & . & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada A. ikili karşılaştırmalar matrisi; a_{ij} hiyerarşinin bir üst düzeyindeki elemana göre i elemanının j elemanına göre önemlidir. $(i,j=1,2,\dots, n)$ ’dir. İkili karşılaştırma matrisinin özellikleri eşitlik 3.7 ve 3.8’de olduğu gibi sıralanabilir.

Eşitlik 3.7. $a_{ji} = 1/a_{ij}$

Eşitlik 3.8. $a_{ij} > 0 \quad (i,j=1,2,\dots, n)$

İkili karşılaştırma testi tam tutarlı olabilmesi için eşitlik 3.9’daki özellikleri sağlaması gerekir.

Eşitlik 3.9. $a_{ik} = a_{ji} a_{jk} \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, n)$

İkili karşılaştırma hükümleri kesin olarak tutarlı ise yani eşitlik 3.9 sağlanıyor ise, A ikili karşılaştırmalar matrisinin girdileri hata içermeyecektir ve eşitlik 3.10 şeklinde ifade edilebilecektir.

Eşitlik 3.10. $a_{ij} = W_i / W_j$

Burada W_i , A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan i elemanına ilişkin öncelikli değeri; W_j , A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan j elemanına ilişkin öncelikli değerleri ifade etmektedir. Yukardaki eşitlikten faydalanılarak eşitlik 3.11 ve 3.12 yazılabilir.

Eşitlik 3.11. $a_{ik} a_{kj} = W_i / W_k \cdot W_k / W_j = W_i / W_j = a_{ij}$

Eşitlik 3.12. $(i, j, k = 1, 2, \dots, n)$

İkili karşılaştırmalar matrisinin köşegen elemanları eşitlik 3.13'deki gibi 1 değeri almaktadır.

Eşitlik 3.13. $a_{ij} = 1 \quad (i, j, k = 1, 2, \dots, n)$

b) A matrisi oluşturulması sonrasında karşılaşılan parametrelerin her birinin önceliğinin hesaplanması (en büyük özdeğer vektörü veya öncelik vektörü veya kriterin ağırlık değeri):

Adım 1: İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanır.

Adım 2: İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütünün toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda elde edilen matrise *normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi* denir.

Adım 3: Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesap edilir. Bu aritmetik ortalama değeri, karşılaştırılan elemanların göreceli öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlar.

c) Yöntemin son aşamasında ise elde edilen özvektörün tutarlılık kontrolünün yapılmasıdır. İkili karşılaştırmalar matrisi (A), sonuçta elde edilen öncelik vektörü (W) ile çarpılmak suretiyle yeni bir vektör elde edilir. Bu yeni vektörün her bir elemanını öncelik vektöründe buna karşılık gelen değere bölünerek ikinci bir yeni vektöre ulaşılır. Bu son vektörün değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak maksimum özdeğer λ_{max} tahmin edilmiş olur. λ_{max} ikili karşılaştırmalar matrisinin eleman sayısına (n) ne kadar yakın bir değer olursa, sonuç o kadar tutarlı olacaktır (Kumar ve Ganesh, 1996). O halde A ikili karşılaştırmalar matrisinin tam tutarlı olması durumunda λ_{max} değeri n'den ve diğer öz değerler de sıfırdan sapacaklardır. Bu sapmalar eşitlik 3.14'deki gibi "Tutarlılık İndeksi (Tİ)" yardımı ile belirlenmektedir.

Eşitlik 3.14.
$$T\dot{I} = \lambda_{max} - n / n - 1$$

Öte yandan tutarlılık oranını (TO) hesaplayabilmek için "Rastgele (tesadüfi) indeks (Rİ)" değerleri de bilinmelidir. Bu değerler 1-15 boyutlu matrislerin her bir boyutunda 100'er adet matrisin rastgele olarak doldurulması ve eşitlik 3.14'e göre hesaplanan tutarlılık indekslerinin ortalamasını almak suretiyle eşitlik 3.15'teki gibi hesaplanarak Çizelge 3.13. oluşturulmuştur.

Eşitlik 3.15.
$$TO = T\dot{I} / R\dot{I}$$

Tutarlılık kontrolü, yargıların mantıksal tutarlılığını ölçer ve yargılarda olabilecek hataların tanımlanmasına olanak sağlar. Yöntemin geçerli olması için tutarlılık oranı 0.10 (% 10) veya daha küçük olmalıdır. Eğer bu oran 0.10'dan büyük ise ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturulması gerekir (Saaty, 1980).

Çizelge 3.13. Tutarlılık oranının hesaplanmasında kullanılan ve matris boyutlarına göre değişen rastgele indeks değerleri (Saaty, 1980)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

3.2.6 MEDALUS Skorlarının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Yorumlanması

Analiz, gözlemler diğer veri tabanlarında alınan değerler MEDALUS modelinin modifikasyonu sonucunda skorlanmıştır (Çizelge 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9) ve her parametre için çalışılan her noktadaki değere bir skor verilmiştir. Bu skorlamada toprak kalite indeksi içindeki tüm parametrelerin (tekstür, ana materyal, kaba materyal, eğim, derinlik, drenaj, tuzluluk, pH, organik madde, fosfor, SAR, agregat stabilitesi, kireç) toprak kalitesi indeksine katkıları eşit olmuştur. MEDALUS modelinin orijinalinde de Toprak kalite indeksi, her değer birbiriyle çarpıldıktan sonra geometrik ortalama alınarak hesaplanmaktadır.

Benzer şekilde iklim kalite indeksi hesaplanırken seçilen parametrelere ait skorlar birbiriyle çarpıldıktan sonra geometrik ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Vegetasyon kalite indeksi ve amenajman kalitesi indeksi de benzer şekilde hesaplanmıştır. İndikatör skorlarının birbirleri ile çarpımının geometrik ortalaması ise ESAI (çevreye hassas alanlar indeksi)'nin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında hem parametrelerin indikatör skorlarına etkisinde hem de indikatörlerin ESAI hesaplamasına olan katkılarının eşit olmadığı düşünülmüştür. Elde edilen parametre ve indikatör skorları Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile uzmanların görüşüne başvurularak ağırlıklar elde edilmiş ve uzman görüşü ile verilen skorlar ile çarpılarak hesaplamalar yapılmıştır.(Çizelge 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18).

Çizelge 3.14. Toprak parametreleri için ağırlıklı değerlendirme (AD)

Toprak Parametreleri	Ağırlıklı Değerlendirme (AD)
Bünye	0.1576
Ana Materyal	0.0242
Kaba Materyal	0.0303
Eğim	0.2647
Derinlik	0.1379
Drenaj	0.0496
SAR	0.0547
Tuzluluk (EC)	0.0717
pH	0.0374
Organik Madde	0.1718

Çizelge 3.15. İklim parametreleri için ağırlıklı değerlendirme (AD)

İklim Parametreleri	Ağırlıklı Değerlendirme (AD)
Yağış	0.1884
Kuraklık	0.7306
Yöney	0.0810

Çizelge 3.16. Vejetasyon parametreleri için ağırlıklı değerlendirme (AD)

Vejetasyon Parametreleri	Ağırlıklı Değerlendirme (AD)
Yangın Riski	0.4550
Erozyondan Koruma	0.6730
Kuraklık Direnci	0.1703
Bitki Örtüsü	0.1111

Çizelge 3.17. Amenajman parametreleri için ağırlıklı değerlendirme (AD)

Amenajman Parametreleri	Ağırlıklı Değerlendirme (AD)
Ekilebilir Tarım Arazisi	0.7306
Mera	0.0810
Nüfus	0.1884

Çizelge 3.18. ESAİ için ağırlıklı değerlendirme (AD)

ESAİ parametreleri	Ağırlıklı Değerlendirme (AD)
TKİ	0.522
İKİ	0.200
VKİ	0.200
AKİ	0.078

Bu teknik, ele alınan parametrelerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm teorisidir ve en iyi karar alternatifinin seçilmesinde, hem kantitatif (objektif, nicel) ve hem de kalitatif (sübjektif, nitel) faktörlerin dikkate alınmasına imkan vermektedir. Ağırlık değerleri belirlendikten sonra her bir noktanın değeri aşağıdaki şekilde toplanarak hesaplanmıştır. Toprak kalite indeksi Çizelge 3.14.'deki değerlere göre eşitlik 3.16'daki gibi hesaplanarak belirlenmiştir.

$$\text{Eşitlik 3.16. } TKI = \sum_{n=1}^{10} AD_T * MS_T + AD_a * MS_a + \dots + AD_O * MS_O$$

İklim kalite indeksi eşitlik 3.17'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Eşitlik 3.17. } İKİ = \sum_{n=1}^3 AD_Y * MS_Y + AD_K * MS_K + AD_{Y0} * MS_{Y0}$$

Vejetasyon kalite indeksi eşitlik 3.18'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Eşitlik 3.18. VKİ} = \sum_{n=1}^4 AD_{Yr} * MS_{Yr} + AD_{Ek} * MS_{Ek} + AD_{Kd} * MS_{Kd} + AD_{Bo} * MS_{Bo}$$

Amenajman kalite indeksi eşitlik 3.19’da olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Eşitlik 3.19. AKİ} = \sum_{n=1}^3 AD_{Et} * MS_{Et} + AD_M * MS_M + AD_N * MS_N$$

Çevreye hassas alanlar indeksi (ESAİ) eşitlik 3.20’da olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Eşitlik 3.20. ESAI} = \sum_{n=1}^4 AD_{TKI} * AHS_{TKI} + AD_{IKI} * AHS_{IKI} + AD_{VKI} * AHS_{VKI} + AD_{AKI} * AHS_{AKI}$$

3.2.7 İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada örnekleme yapılan alanlarındaki toprak özelliklerine en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı, yatıklık ve basıklık değerleri şeklindeki ait tanımlayıcı parametreler SPSS programı (SPSS 21) yardımı ile hesaplanmıştır. Her bir kalite indikatörü için de benzer şekilde tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Farklı rakımlarda yer alan toprakların özelliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmaları amacı ile tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Toprak özelliklerinin büyük bir kısmı rakımla istatistiksel olarak önemli düzeyde değişim gösterdiğinden dolayı benzer olan rakımları gruplamak amacı ile homojenlik testi olan DUNCAN gruplaması yapılmıştır.

3.2.8. Jeostatistiksel Analizler ve Toprak Haritalarının Oluşturulması

Tokat ili topraklarının toprak özellikleri, MEDALUS modelinde ve AHS yöntemine göre hesaplanan kalite indekslerinin tümü için birer harita üretilmiştir. Bu indekslerin kullanımı ile hesaplanan ESA indeksi değerlerinin yer aldığı çalışma alanının çevresel anlamda hassasiyetini gösteren bir harita da elde edilmiştir.

Sonuçta oluşturulan ESAI haritasında çölleşme riski Çizelge 3.9'da belirtildiği gibi dört ana sınıfa ayrılmıştır. Arazi örnekleme sonucu alınan koordinatlı toprak örneklerinin analiz sonuçları ve tüm coğrafik veri jeoistatistik metotlar yardımıyla ArcGIS 9.3 programında birleştirilmiş, işlenmiş ve haritalar oluşturulmuştur. Jeoistatistik teknikler çalışılan özelliklerin ve hesaplanan indeks değerlerini mesafeye bağlı değişkenliklerinin ifade edilmesinde ve haritalanmasında kullanılmıştır (Goovaerts, 1999; Mulla ve McBratney, 2000). Haritalama öncesi verilerin normal dağılım göstermeyenleri özelliklere uygun dönüşümler uygulanmış ve haritalama kısmında ordinary kriging yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca özelliklerin trend gösterip göstermedikleri belirlenerek ve trend gösteren özelliklerin trendleri kaldırıldıktan sonra haritalama yapılmıştır. Jeoistatistiksel analizler ve ordinary kriging yöntemine göre haritalama işlemi ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008) ile yapılmıştır.

“ArcGIS 9.3 Geostatistical Extension” program, üretilen haritalarda (ME) tahminin ortalama hatası ve (RMSSE) tahminin standardize ortalama hatalar karekökü kriterlerini kullanmaktadır. Yapılan haritada tahminin ortalama hatası 0'a yakın ve tahminin standardize ortalama hatalar karekökü ise 1'e yakın ise haritanın ne kadar doğru olduğu anlaşılmaktadır (Johnston ve ark., 2001). Örnek alınan her bir noktada Her bir özellik için ve MEDALUS, AHS yöntemine göre yapılan skorlamaların en uygun modelleri seçilerek, çalışma alanında incelenen özelliklere ait haritalar üretilmiştir. En son oluşturulan haritalar 100x100m'lik raster formatına dönüştürülüp arazinin sınırları boyunca bu raster katmanı kesilip lejantlar eklenerek haritalar elde edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanı Genel Toprak Özellikleri

Çalışma alanında önceden belirlenen 2.5km*2.5km'lik gridlerin köşe noktalarından yüzey toprakları örneklenmiştir. Çölleşmeye hassas alanların belirlenmesinde kullanılacak olan MEDALUS modeli için gerekli olan çalışma alanının genel fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 de verilmiştir. Çalışma alanında toprak örneklemelerinin yapıldığı noktaların denizden yükseklikleri 192.48 m ile 1899.53 m arasında değişmiştir. Denizden yükseklikle beraber toprak oluşum faktörlerinden topografya ile birlikte, bitki örtüsü, ana materyal ve ikliminde değişiyor olması toprak özelliklerinin de önemli oranda değişimine neden olmuştur. Bir bölgede denizden yükseklikteki değişim özellikle sıcaklık ve yağışın önemli miktarda farklılaşması ile karakterize edilir. Bromley (1995) yükselti ile toprağın fiziksel özellikleri arasında önemli bir korelasyonun olduğunu ifade etmektedir. Yükseklik toprak su dengesi, toprak erozyonu, jeolojik depolanma işlemleri, doğal vejetasyonun ve kültür bitkilerinin biyokütle üretim miktarını kontrol ettiğinden dolayı en fazla etkilenen toprak özelliği organik maddedir (Tan ve ark., 2004).

Toprak örnekleri yedi farklı arazi kullanım türünden alınmıştır. Kuru tarım yapılan arazilerde tarla bitkileri (274), sebze (3), mera (64), meyvelik (17), yem bitkisi (9), kavaklık (5), orman (84) şeklinde arazi kullanım türlerinden örnekler alınmıştır (Çizelge 3.4) Sulu tarım yapılan alanlarda ise tarla bitkileri (81), sebze (11), meyvelik (13), yem bitkileri (14), kavaklık (3) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3; Çizelge 3.4).

Çizelge 4.1. Çalışma alanı topraklarının fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri ve ANOVA sonuçları

N=578	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	^a CV %	Yatıklık	^b ANOVA
Rakım	m	192.48	1899.53	936.25	351.29	37.52	-0.14	---
Kum	%	15.70	92.80	47.49	13.92	29.31	0.33	**
Kil	%	0.60	69.90	24.77	12.21	49.30	0.30	**
Silt	%	2.10	54.00	27.74	8.11	29.22	0.37	**
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1.00	1.99	1.50	0.23	15.47	-0.07	öd
Rutubet	%	1.57	66.62	15.99	10.57	66.13	1.69	**
Agregat Stabite	%	19.76	99.67	78.22	14.88	19.03	-1.18	**
Tarla Kapasitesi	cm ³ cm ⁻³	10.09	41.61	21.58	5.75	26.67	0.75	öd
Solma Noktası	cm ³ cm ⁻³	5.13	28.08	11.72	4.29	36.63	1.30	öd
Yar. Su	cm ³ cm ⁻³	3.82	19.49	9.85	2.20	22.32	0.31	*
Su Dol. Göz. H.	%	35.43	99.71	74.14	13.33	17.98	-0.35	öd

^a CV: Varyasyon Katsayısı

^b Rakıma göre toprak özelliklerinin değişimi için yapılan ANOVA

** Gruplar arası farklılık P<0,01 düzeyinde önemlidir

*Gruplar arası farklılık P<0,05 düzeyinde önemlidir

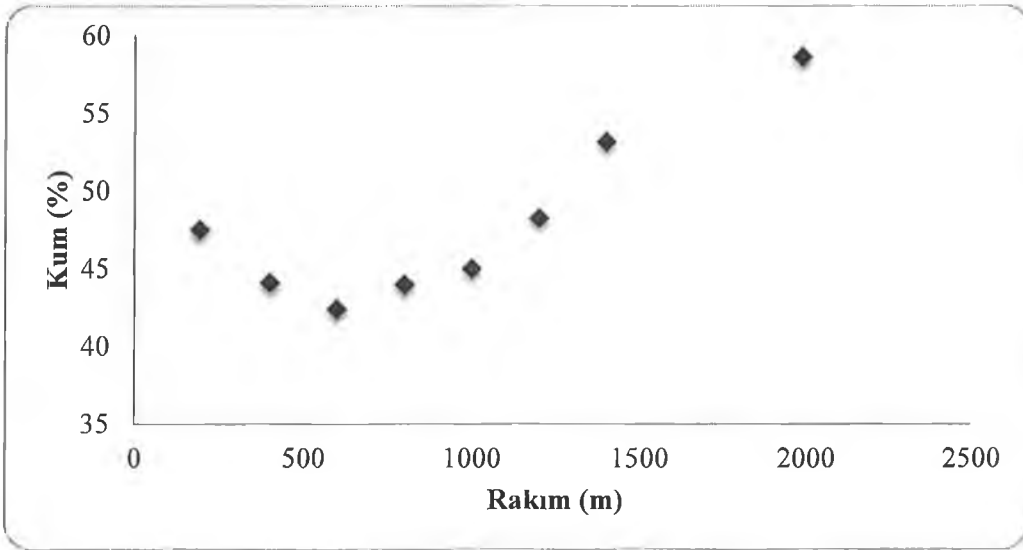
öd: Önemli Değil

Çalışma alanında jeolojik materyalin çeşitliliği, ayrışma ürünü olan toprakların tekstürlerinin de değişkenlik göstermesine yol açmıştır. Kum içeriği %15.7 ile %92.8 arasında değişirken kil içeriği %0.6 ile %69.9 arasında değişmiştir. Klasik istatistikte popülasyonun dağılımının yaygınlığını anlamada önemli olan varyasyon katsayısı değeri en yüksek tekstür bileşeni %49.9 ile kil olmuştur. Varyasyon katsayısı %15'den küçük olanlar az değişken. %16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve %36'dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak gruplandırılmıştır (Cambardella ve ark., 1994). Bu gruplamaya göre. tekstür bileşenlerinden kum ve silt orta düzeyde değişken iken kil içeriğine göre topraklar yüksek değişken olarak sınıflandırılmıştır.

Hacim ağırlığı toprağın organik madde içeriği, tekstürü, mineral bileşimi ve gözenekliliği gibi toprak özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Hacim ağırlığı bilgisi, toprak amenajmanı konusunda özellikle sıkışma benzeri problemlerin tanımlanması ve modern tarım uygulamalarının planlanması gibi uygulamalarda yol göstericidir (Arshad ve ark., 1996). Çalışma alanı topraklarının ortalama hacim ağırlığı 1.50 g cm⁻³ olmakla beraber tüm alan için bu değer 1.00 g cm⁻³ ile 1.98 g cm⁻³ arasında değişmiştir. Tarım arazileri, meralar, ormanlık alanlar ve bahçe alanları gibi çok çeşitli kullanım altındaki toprakların yönetimlerinin de farklı olması çalışma alanı topraklarının hacim ağırlıklarının bu denli geniş bir aralıkta değişimine neden olmuştur. Tarla kapasitesi 10.09 cm cm⁻³ ile 41.61 cm cm⁻³ arasında değişirken

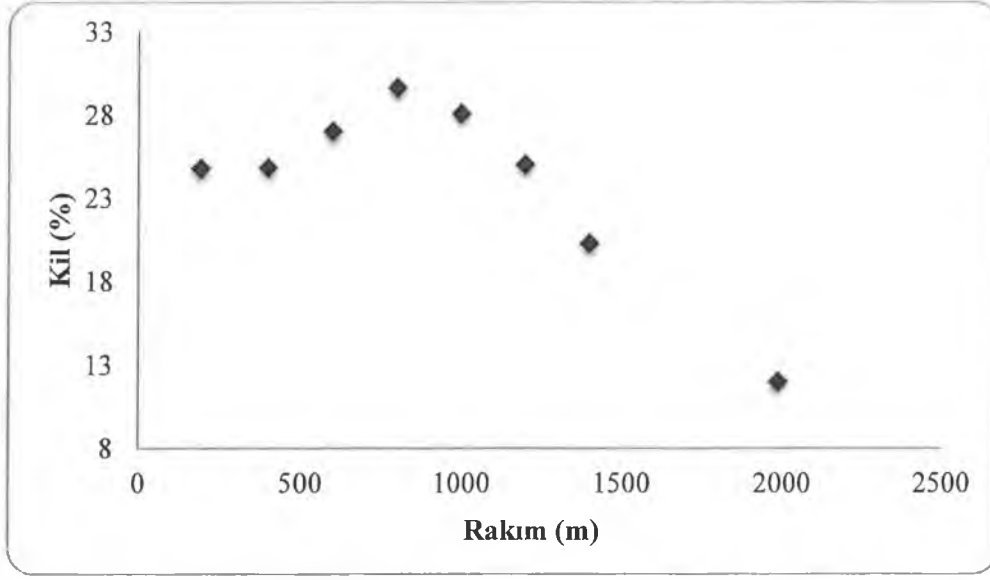
solma noktası 5.13 cm cm^{-3} ile 28.08 cm cm^{-3} arasında değer almaktadır. Tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği ve su dolu gözenek hacmi özelliklerinin varyasyon katsayıları %16-35 arasında değişen değerler aldığı için orta derecede değişken olarak tanımlanmıştır.

Çalışma alanında belirlenen % kum içeriğinde 500 m civarındaki rakımlara kadar belirgin bir azalma varken. 1000 m'den sonraki rakımlarda kum içeriklerinin arttığı görülmektedir (şekil 4.1). Farklı rakımlarda yer alan toprakların özelliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmaları amacı ile yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre, farklı rakımlardaki toprakların kum içerikleri birbirlerinden önemli düzeyde farklılık göstermektedir (izelge 4.1).



şekil 4.1. Ortalama kum içeriğinin yükselti ile değişimi

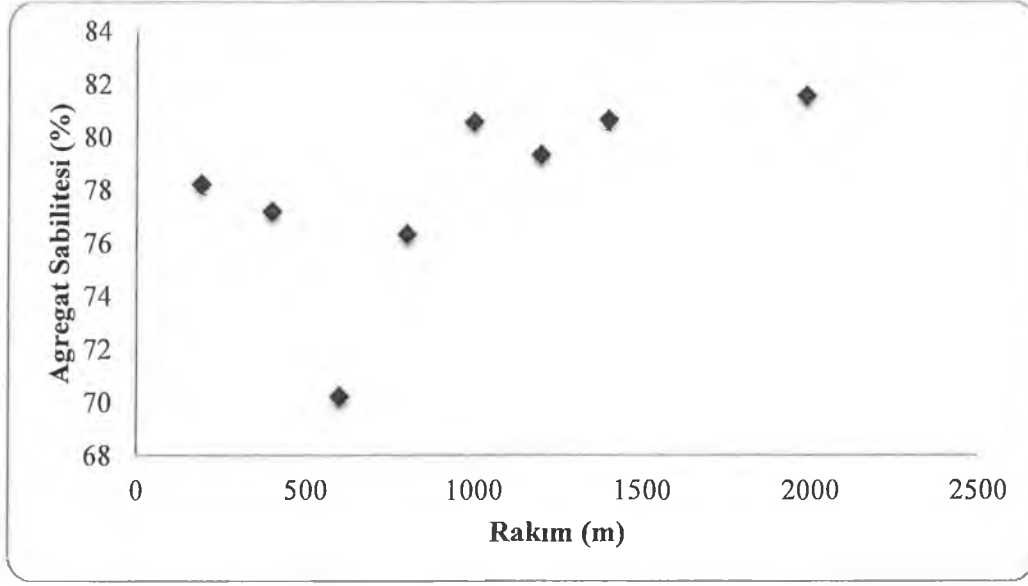
Çalışma alanında, kil içeriği ise 1000 m'ye kadar olan yükseltelerde düzenli bir artış gösterirken, bu yükseltiden sonra belirgin şekilde azalmaktadır (şekil 4.2). ANOVA testi, farklı rakımlarda yer alan toprakların kil içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı ($P < 0.01$) olduğunu göstermiştir (izelge 4.1).



Şekil 4.2. Ortalama kil içeriğinin yükselti ile değişimi

Örnekleme noktalarından alınan topraklarda yapılan hacim ağırlığı analizlerinin rakıma göre oranları 500 m'ye kadar belirgin bir azalma gösterirken 500 ile 1000 m arasında artmış ve 1000 m'den sonra azalmıştır. Yükselti ile birlikte değişim gözlenmiş olmasına rağmen, yapılan ANOVA testi sonuçları, farklı rakımlardaki toprakların hacim ağırlığı anlamında önemli düzeyde farklılık göstermediğini belirtmiştir (Çizelge 4.1). Bununla birlikte, Kidanemariam ve ark., (2012) ve Saeed ve ark., (2014), toprak hacim ağırlığının yükselti ile önemli düzeyde korelasyonu olduğunu ve düşük yükseltiye sahip olan arazilerin hacim ağırlığının daha yüksek arazilere göre yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışma alanı içerisinde ortalama agregat stabilitesi içeriği 1000 m'ye kadar azalmakta 1000 m'den sonra hafif artarak sabit bir şekilde devam etmektedir (Şekil 4.3). Farklı yükseltilerdeki toprakların ortalama agregat stabilitesinin gösterildiği grafikte, farklılık çok belirgin olmamakla birlikte, yapılan ANOVA testi agregat stabilitesinin istatistiksel önemli düzeyde farklılık gösterdiğine işaret etmektedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.3. Ortalama agregat stabilitesinin yükselti ile değişimi

Farklı rakımlarda yer alan toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri ile su dolu gözenek hacmi değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden önemli olmadığı belirlenmiştir. Toprağın tarla kapasitesine birinci derecede etki eden, toprakların gözenek miktarı, gözeneklerin dağılımı ve dayanıklılığıdır (Cassel ve Nielsen, 1986). Buna karşın solma noktası, toprağın genetik bir özelliği olan tekstür bileşenleri ile direkt ilişkilidir. Tekstür bileşenleri rakımla birlikte önemli düzeyde değişkenlik gösteriyor olmasına rağmen, solma noktası önemli düzeyde değişkenlik göstermemiştir.

Farklı rakımlarda yer alan toprakların kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması amacı ile yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Buna göre, farklı rakımlarda yer alan toprakların EC, pH, kireç, organik madde, azot, toplam karbon, çözünebilir kalsiyum ve sodyum ile SAR değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı göstermektedir. Bununla birlikte, farklı rakımlardaki toprakların yarayışlı fosfor potasyum, çözülebilir potasyum ve magnezyum konsantrasyonlarının önemsiz olduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 2.85 dS m^{-1} ile 0.09 dS m^{-1} arasında değişim göstermekte iken ortalama EC 0.67 dS m^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde sulamanın yapıldığı tarım arazilerinde toprakların önemli düzeyde fonksiyon gösterme yeteneğinin azalmasına yol açan bir problemdir. EC, çalışma alanının çok büyük bir bölümü için sorun oluşturacak sınırlar içerisinde değildir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanı topraklarının kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri ve ANOVA sonuçları

N=578	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	^a CV%	Yatkınlık	^b ANOVA
Rakım	m	192.48	1899.53	936.25	351.29	37.52	-0.14	---
EC	dSm ⁻¹	0.09	2.85	0.67	0.32	47.53	1.89	**
pH		5.17	8.93	7.40	0.58	7.83	-1.56	**
Kireç	%	0.72	37.00	10.17	8.89	87.37	0.96	**
Organik Madde	%	0.21	5.80	1.83	0.78	42.49	1.39	**
Fosfor (P ₂ O ₅)	kgda ⁻¹	0.50	48.32	6.15	6.13	99.74	3.59	öd
Potasyum(K ₂ O)	kgda ⁻¹	25.75	936.51	114.90	72.98	63.52	3.43	öd
Azot	%	0.89	1.97	1.33	0.17	12.65	0.71	**
Karbon	%	1.01	9.46	3.40	1.62	47.66	1.08	**
ToplamKarbon	%	0.12	3.37	1.06	0.45	42.49	1.39	**
Çöz. Ca	ppm	2.46	222.38	30.93	19.46	62.94	4.77	**
Çöz. K	ppm	0.55	110.52	7.03	8.75	124.35	7.35	öd
Çöz. Mg	ppm	0.40	83.50	13.36	8.22	61.52	3.22	öd
Çöz. Na	ppm	2.04	748.15	27.85	34.04	122.19	16.60	**
SAR		0.42	202.98	4.96	8.76	176.72	20.11	*

^a CV: Varyasyon Katsayısı

^b Rakıma göre toprak özelliklerinin değişimi için yapılan ANOVA

** Gruplar arası farklılık P<0.01 düzeyinde önemlidir

*Gruplar arası farklılık P<0.05 düzeyinde önemlidir

öd: Önemli Değil

Toprakların pH'sı iç ve dış etkenlerden etkilenen dinamik bir faktördür ve toprak verimliliğinin önemli bir göstergesidir. pH, topraklarda tamponlama, filtreleme kapasitesi, organik madde kalitesi ve biyokütle üretimini etkiler (Krnáčová, Račko ve Bedrna, 1997). Çalışma alanı topraklarında pH 8.93 ile 5.17 arasında değişim gösterirken ortalama pH 7.40'dir. Topraklardaki besin elementlerinin yarayışlılığının en yüksek olduğu pH aralığının 6.5 ile 7.0 arasında olduğu bilinmektedir. Çalışma alanı topraklarının pH değerleri (birkaç değer haricinde) bitkiler için bitki besin elementlerinin yarayışlılığını etkilemeyecek aralıkta olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma alanının tamamında organik madde miktarı %0.21 ile %5.80 arasında değişmekte iken ortalama %1.83 olarak belirlenmiştir. Bender ve ark (1998)'na göre, tarımsal üretim faaliyetlerinde bitkinin toprakta iyi bir gelişim sağlayabilmesi, yetiştiği ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilidir. Toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmede ve sürekliliğini sağlamada en fazla başvurulan yöntem ise toprağa organik kökenli materyallerin ilavesidir. Organik madde, toprak agregat dayanıklılığı, su tutma ve havalanma kapasitesi, suyun ve havanın toprak içerisindeki hareketi, kök gelişimi ve dağılımı, mikrobiyal toplulukların aktivitesi gibi özellikler üzerine etkili olmaktadır (Tate, 1995).

Tokat ili toprakların da bir diğerkimyasal özellik olan toprağın kireç içeriğičalışma alanında en düşük %0.72 ile en yüksek %37.00 arasında değişmektedir. Topraklarda fosfor (P) ve potasyum (K) önemli bir besin elementidir ve topraklara farklı yollarla katılabilir. Ana kayadan kaynaklanabileceğigibi gübreleme ile de toprağap ve K ilavesi yapılabilir. İklim ve jeolojik yapısı yanı sıra coğrafi durumundan dolayı ülkemiz toprakları yüksek kil, kireç, pH ve düşük organik madde içeriğine sahiptir (Dinç ve ark., 1988). Toprakların kimyasal yapısından dolayı bir besin elementinin bitkiye alımı değişir, en önemli besin elementlerinden biriside P'dir ve bu kimyasal özellikler P'nin bitkiler tarafından alınmasını sınırlandırmaktadır (Gallet ve ark., 2003; Fransson ve ark., 2003). Diğerbis besin elementlerine göre toprağay uygulanan fosforun büyük bir bölümü toprakta adsorbsiyon ve çökelererek veya toprağın yapısına katılarak güçlü bir şekilde tutulmakta bitkilerin alamayacağı forma dönüşmektedir (Zhu ve ark., 2003; Shin ve ark., 2004).

Bu çalışmada örnekleme yapılan alanların genellikle tarım alanları olması nedeniyle, topraklardaki yarayışlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 0.50 kg da^{-1} ile 48.32 kg da^{-1} arasında değişim gösterirken ortalama yarayışlı fosfor 6.15 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu ise en yüksek 936.5 kg da^{-1} ile en düşük 25.75 kg da^{-1} arasında değişmektedir. Topraklarda analiz sonuçlarına göre fosfor bilinçsiz uygulanan gübrelerden kaynaklanmakta ve potasyum değerlerinin yüksek olması ise ana materyalin farklı olmasının yanında ana materyale bağlı olarak kil tiplerindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ana materyalin, iklimin ve gübreleme vb. etmenlerin toprakların kimyasal özelliklerine etkisi büyüktür (Bielek, 1998). Potasyum bitkilerde hayati öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahiptir. Bu işlevlerin etkisi sonucu bitkilerde ürün miktarı ve kalitesi artar. Bitkilerde su azalmasını ve solmayı önleyerek kök gelişmesini ve büyümesini olumlu şekilde etkilerken bitkilerde yatmayı önler, soğuga dayanıklılığı artırır, erkencilik sağlar azotun, etkinliğini artırır, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı pozitif şekilde etkilemektedir. Topraktan bitkiler tarafından alınan besin elementlerinin birçoğundan farklı olarak potasyum hiç bir kimyasal bileşene girmez ise gelişme mevsimi sonunda fazla potasyum bitki köklerinden toprağageçebileceğigi (Forth ve Ellis, 1988) gibi çoğuz enzimlerin aktivitesini artırdığı ve buna bağlı olarak da kimyasal aktiviteleri arttırdığı bildirilmiştir (Lauchli ve Pflunger, 1978). Yapılan farklı çalışmalarda lif bitkilerinin

hücre duvarının kalınlaşmasına K'nun olumlu etki yaptığı bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 1998). Topraklardan en uygun verimi alabilmek için dengeli gübreleme yaparak bitki besin elementlerinin noksanlıklarını gidermek için potasyum konsantrasyonu yüksek olduğu düşünülse de yetiştirilecek bitki türüne göre gerekli gübrelemenin yapılması şarttır.

Çalışma alanı topraklarının toplam %N konsantrasyonu 0.89 ile 1.97 arasında değişmektedir ve ortalama N konsantrasyonu %1.33'dir. Karbondioksitin topraklarda vejetasyon yoluyla organik karbon biçiminde tutulması (IPCC, 2000) özellikle çölleşme ve arazi bozunumunun olduğu alanlarda karbonun organik ve inorganik biçimde topraklarda tutulmasının büyük önem taşıdığı bildirilmiştir (Kapur ve ark., 1998). Karbon içeriğinin istatistik analiz sonuçları incelendiğinde %1.01 ile %9.46 arasında değişmektedir ve ortalama %3.40 değerini göstermektedir. Toplam karbon ise toprak organik madde içinde yer alan karbonun bir ölçüsüdür. Toprak örneklerde ki toplam karbon analizine dikkat edildiğinde en düşük 0.12 ile en yüksek 3.37 arasında değerler almaktadır ve ortama olarak 1.06 bulunmuştur.

Saturasyon çamurunda çözülebilir makro elementlerden Ca konsantrasyonu 2.46 ppm ile 222.38 ppm arasında değişmiş ortalama Ca konsantrasyonu ise 30.93 ppm bulunmuştur. Çözülebilir K konsantrasyonu 0.55 ppm ile 110.52 ppm arasında değişmiş, ortalama K konsantrasyonu ise 7.04 ppm olarak belirlenmiştir. Saturasyon çamurunda çözülebilir Mg konsantrasyonu en yüksek 85.50 ppm iken en düşük konsantrasyonu 0.40 ppm iken, ortalama olarak ise 13.37 ppm olarak belirlenmiştir. Tarım arazileri ve ekim dikim işlemlerinin yapıldığı tarım arazilerinin bitki gelişimi açısından sorunlarından olan çözülebilir sodyum en küçük konsantrasyonu 2.04 ppm iken, en yüksek konsantrasyonu 748.15 ppm olarak belirlenmiş ortalama olarak da 27.86 ppm'dir. SAR değeri yani topraklardaki sodyum absorpsiyon oranının belirlenmiştir. SAR değeri için en küçük 0.42 ile en büyük 202.98 değeri bulunmuştur. Ortalama SAR değeri ise 4.96'dır. EC, organik madde, kireç, fosfor (P_2O_5) ve potasyumun (K_2O) varyasyon katsayılarının %36'dan büyük olması bu özelliklerin yüksek derece değişken olduğuna işaret etmektedir. Bu değişkenliğin özellikle toprakların orman, mera, tarım arazisi gibi farklı yüksekliklerde farklı yağış ve sıcaklığa maruz kalmasından ve oluştukları materyalin farklılığından kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.2).

Farklı rakımlarda yer alan toprakların EC değerleri istatistiksel olarak birbirlerinden önemli düzeyde farklı olmasına rağmen, yapılan DUNCAN gruplaması sadece 1400-1980m rakımları arasında (R7) farklı iken, diğer tüm rakımlarda benzer olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.3). Diğer birçok toprak özelliğinde de EC'ye benzer şekilde genellikle R7'de yer alan toprakların özelliklerinin farklı olduğu görülmüştür. Toprak pH'sı açısından 192 m ile 800 m arasındaki topraklar aynı grupta yer almıştır. Rakımı 800 m ile 1000 m arasında olanlar ayrı bir grupta yer alırken R6 ve R7 olarak belirtilen rakımlardaki toprakların pH değerlerinin yağışında etkisi ile istatistiksel olarak farklılığı gösteren ayrı bir grupta yer aldıkları belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Çalışma alanında farklı rakımlardaki arazilerin kimyasal toprak özelliklerine ait DUNCAN gruplaması

Rakım	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Örnek Sayısı	47	71	82	108	132	99	39
EC	0.7b	0.6b	0.7b	0.7b	0.7b	0.6b	0.4a
pH	7.7d	7.6d	7.6d	7.4c	7.4c	7.0b	6.3a
Kireç	12.0cd	9.3bc	12.3cd	13.2d	10.4cd	7.2b	2.7a
Organik Madde	1.6ab	1.5a	1.7ab	1.8ab	1.8b	1.9b	2.2c
Fosfor (P ₂ O ₅)	7.9b	6.8ab	5.2a	5.3a	6.4ab	5.9ab	5.8ab
Potasyum(K ₂ O)	127.2b	103.4ab	111.7ab	114.7ab	128.7b	108.9ab	95.7a
Azot	1.3a	1.4b	1.4b	1.3ab	1.3ab	1.3a	1.3ab
Karbon	3.3ab	3.2a	3.6ab	3.9b	3.3a	3.1a	3.4ab
Toplam Karbon	1.0ab	0.9a	1.0ab	1.1ab	1.1b	1.1b	1.3c
Çöz. Ca	33.4bc	35.4c	29.3bc	31.5bc	33.8bc	26.9ab	21.8a
Çöz. K	7.8a	7.0a	6.5a	8.3a	6.2a	7.3a	6.1a
Çöz. Mg	14.1ab	15.0b	13.4ab	13.8ab	13.9ab	11.5a	11.1a
Çöz. Na	18.9a	17.1a	23.0ab	37.2c	31.8bc	28.8abc	26.4abc
SAR	3.1a	2.9a	4.1ab	7.0b	5.3ab	5.2ab	5.4ab

R1 192 m ile 400 m arasındaki rakımlar. R2; 400 ile 600 m arasındaki rakımlar. R3;600 m ile 800 m arasındaki rakımlar. R4; 800 m ile 1000 m arasındaki rakımlar. R5; 1000 m ile 1200 m arasındaki rakımlar. R6; 1200 m ile 1400 m arasındaki rakımlar. R7; 1400 m ile 1980 m arasındaki rakımlar

Çizelge 4.4. 192 m ile 400 m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=47	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	192.48	393.53	270.28	51.13	18.92	0.37	-0.27
EC	dSm ⁻¹	0.26	1.88	0.73	0.35	47.14	1.77	3.64
pH		7.25	8.91	7.75	0.26	3.39	1.82	7.77
Kireç	%	1.48	29.83	12.06	6.31	52.34	0.77	0.66
Organik Madde	%	0.72	3.15	1.68	0.50	29.90	0.61	0.74
Fosfor (P₂O₅)	kgda ⁻¹	0.50	43.74	6.82	6.98	102.24	3.53	16.76
Potasyum(K₂O)	kgda ⁻¹	43.48	287.58	127.26	60.57	47.60	0.85	0.02
Azot	%	0.97	1.62	1.29	0.12	9.84	-0.23	0.61
Karbon	%	1.04	7.26	3.32	1.29	39.01	0.68	0.95
Toplam Karbon	%	0.42	1.83	0.97	0.29	29.90	0.61	0.74
Çöz. Ca	ppm	11.00	122.11	33.44	17.25	51.58	3.19	14.80
Çöz. K	ppm	1.55	49.46	7.77	7.10	91.34	4.64	26.39
Çöz. Mg	ppm	2.88	63.36	14.11	11.73	83.14	2.68	8.81
Çöz. Na	ppm	5.57	46.84	18.93	11.08	58.52	0.66	-0.48
SAR		0.96	7.83	3.07	1.78	57.98	0.89	0.02

CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının denizden yüksekliği 192 ile 400m'si arasında değişen arazilerden alınan toprakların EC değerleri 1.88 dS m⁻¹ ile 0.26 dS m⁻¹ arasında değişirken ortalama EC 0.73 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının pH'sı en yüksek 8.91. en düşük ise 7.25 arasında değişmektedir ortalama pH değeri ise 7.74 tür. Kireç içeriği ise %29.83 ile %1.48 arasında değişim göstermektedir ortalama kireç içeriği ise %12.06 olarak belirlenmiştir. Organik madde düzeyleri ise %0.72 ile % 3.15 arasında değişmiş olup ülkemiz tarım topraklarında uzun yıllardır işlemeli tarım yapıldığından dolayı organik maddece oldukça fakir (Dinç ve ark., 2001) olduğu bilinmektedir. Ancak farklı kullanım altında bulunan (orman, mera, tarım arazisi, bahçe ve bozkır vb.) topraklardan örneklemeler yapıldığı için ortalama organik madde içeriği %1.6 olarak belirlenmiştir ve organik madde değeri yetersiz sınır değeri olan %1.0'den yüksek çıkmıştır. Türkiye ortalamasının üzerindedir.

Yarayışlı fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu 0.50 kg da⁻¹ ile 43.74 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve ortalama yarayışlı fosfor konsantrasyonu 6.82 kg da⁻¹ değerindedir. Yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu ise en düşük 43.48 kg da⁻¹ ile en yüksek 287.58 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken ortalama yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu 127.26 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bir diğer parametre olan azot içeriği %0.97 ile %1.62 arasında değişirken ortalama %N içeriği 1.29 olarak

bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C içeriği en yüksek 7.26 en düşük ise 1.04 arasında değişmektedir ortalama karbon oranı ise %3.32'dir. Toplam karbon değeri ise en düşük %0.42 ile en yüksek %1.83 arasında değişim göstermektedir. Çizelge 4.4'te ortalama TK içeriği ise %0.97 olarak belirlenmiştir. Toprakların diğer kimyasal özelliklerin den çözünebilir Ca konsantrasyonu 11 ppm ile 122.11 ppm arasında değerler alırken ortalama çözünebilir Ca konsantrasyonu 33.44 ppm olarak belirlenmiştir. Çözünebilir K konsantrasyonu ise 1.55 ppm ile 49.46 ppm arasında değişirken ortalama çözünebilir K konsantrasyonu 7.77 ppm değerindedir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu en düşük 2.88 ppm ile en yüksek 63.36 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünebilir Mg konsantrasyonu 14.11 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı rakımda çözünebilir Na konsantrasyonu ise 5.57 ppm ile 46.84 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünebilir Na konsantrasyonu 18.93 ppm olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.96 ve en yüksek 7.83 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 3.07 olarak hesaplanmıştır. 192 ile 400 m rakımları arasındaki toprakların kimyasal özelliklerin den EC, kireç, fosfor (P₂O₅), potasyumun (K₂O), %C, Çözünebilir Ca, K, Mg, Na ve SAR değerlerin yüzde varyasyon katsayısının 36'dan büyük olduğu için yüksek değişkenlik göstermektedir. Organik madde, TK değeri ise %29.9 ile orta derecede değişkenlik göstermekte, bu rakımlar arasında pH ile %N az değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. 400m ile 600m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=71	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	401.94	598.32	537.48	51.78	9.63	-1.06	0.22
EC	dSm ⁻¹	0.22	2.26	0.63	0.29	46.80	2.76	12.49
pH		6.64	8.12	7.69	0.25	3.25	-1.58	4.310
Kireç	%	0.74	28.40	9.39	6.07	64.73	1.27	1.766
Organik Mad	%	0.46	3.67	1.59	0.56	35.57	1.34	3.56
Fosfor (P ₂ O ₅)	kgda ⁻¹	1.15	48.32	7.93	8.44	106.52	2.87	9.64
Potasyum(K ₂ O)	kgda ⁻¹	41.19	391.76	103.42	69.89	67.57	2.00	4.87
Azot	%	1.04	1.93	1.38	0.19	14.21	0.92	0.63
Karbon	%	1.23	7.13	3.19	1.25	39.38	1.10	1.09
ToplamKarbon	%	0.27	2.13	0.92	0.32	35.57	1.34	3.56
Çöz. Ca	Ppm	3.90	151.08	35.39	21.20	59.92	3.22	14.21
Çöz. K	Ppm	1.24	43.36	6.99	6.96	99.55	3.44	13.41
Çöz. Mg	Ppm	0.40	59.21	14.98	10.41	69.46	1.46	3.65
Çöz. Na	Ppm	3.34	46.54	17.14	11.36	66.30	0.76	-0.50
SAR		0.42	8.16	2.89	2.18	75.58	1.05	-0.03

*CV: Varyasyon Katsayısı

Toprakların 400 ile 600 metre rakımları arasındaki kimyasal özelliklerinde ise öncelikle EC 0.22 dS m⁻¹ ile 2.26 dS m⁻¹ arasında değişirken ortalama EC 0.63 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının pH'sı en yüksek 8.12 en düşük ise 6.64 arasında değişmektedir ortalama pH değeri ise 7.69 tur. Kireç içeriği ise %28.40 ile %0.74 arasında değişim göstermektedir ortalama kireç içeriği ise %9.39 olarak belirlenmiştir. Toprakların diğer kimyasal özellikleri ise organik madde %0.46 ile %3.67 arasında değerler alırken ortalama organik madde içeriği %1.58 olmuştur.

Yarayışlı fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu bu rakımlar arasında da 1.15 kg da⁻¹ ile 48.32 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve ortalama fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu 7.93 kg da⁻¹ değerindedir. Yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu ise en düşük 41.19 kg da⁻¹ ile en yüksek 391.76 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken ortalama yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu 103.42 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı toprağının diğer kimyasal özelliklerin den %azot içeriği %1.04 ile %1.93 arasında değişmektedir ve ortalama %N konsantrasyonu 1.38 olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C konsantrasyonu en yüksek 7.13 en düşük ise 1.23 arasında değişmektedir ortalama yüzde karbon konsantrasyonu ise 0.92 değerindedir. Toplam karbon konsantrasyonu ise en düşük %0.27 ile en yüksek %2.13 arasında değişim göstermektedir ortalama Toplam karbon konsantrasyonu ise 0.92 olarak belirlenmiştir. 400 ile 600 metre rakımları arasındaki toprakların diğer kimyasal özelliklerin den çözünebilir Ca konsantrasyonu 3.90 ppm ile 151.08 ppm arasında değerler alırken ortalama çözünebilir Ca konsantrasyonu 35.39 ppm olarak bulunmuştur.

Çözünebilir K konsantrasyonu ise 1.24 ppm ile 43.36 ppm arasında değişirken ortalama çözünebilir K konsantrasyonu 6.99 ppm değerindedir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu en düşük 0.40 ppm ile en yüksek 59.21 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünebilir Mg konsantrasyonu 14.98 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı rakımda çözünebilir Na konsantrasyonu ise 3.34 ppm ile 46.54 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünebilir Na konsantrasyonu 17.14 ppm olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.42 ve en yüksek 8.16 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 2.89 olarak hesaplanmıştır. 400 ile 600 metre rakımları toprağın kimyasal özelliklerinden EC, kireç,

fosfor (P_2O_5), potasyumun (K_2O), %C, TK, çözünebilir Ca, K, Mg, Na ve SAR değerlerinin yüzde varyasyon katsayısının 36'dan büyük olduğu için yüksek değişkenlik göstermektedir. Bu rakımlar arasında pH ile %N az, organik madde %35 ile orta derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. 600m ile 800m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=82	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	602.66	798.82	697.93	62.17	8.90	0.11	-1.41
EC	dSm ⁻¹	0.26	2.85	0.69	0.32	46.99	3.65	22.93
pH		6.72	8.60	7.63	0.26	3.52	-0.88	4.09
Kireç	%	0.75	36.58	12.35	9.35	75.79	0.69	-0.55
Organik Mad	%	0.22	4.53	1.70	0.79	46.91	1.06	1.60
Fosfor (P_2O_5)	kgda ⁻¹	1.15	33.43	5.27	5.05	95.94	3.64	15.85
Potasyum(K_2O)	kgda ⁻¹	42.74	339.18	111.89	68.08	60.84	1.83	3.23
Azot	%	1.01	1.85	1.36	0.18	13.55	0.72	0.27
Karbon	%	1.01	8.91	3.59	1.64	45.74	0.94	0.86
ToplamKarbon	%	0.13	2.63	0.98	0.46	46.91	1.06	1.60
Çöz. Ca	ppm	11.76	50.56	29.27	9.66	33.02	0.19	-0.69
Çöz. K	ppm	0.55	22.24	6.45	4.13	64.01	1.91	4.20
Çöz. Mg	ppm	5.35	39.90	13.42	5.70	42.49	2.06	7.09
Çöz. Na	ppm	2.04	163.08	23.02	22.15	96.22	3.24	18.66
SAR		0.51	37.32	4.07	4.62	113.63	4.69	32.55

*CV: Varyasyon Katsayısı

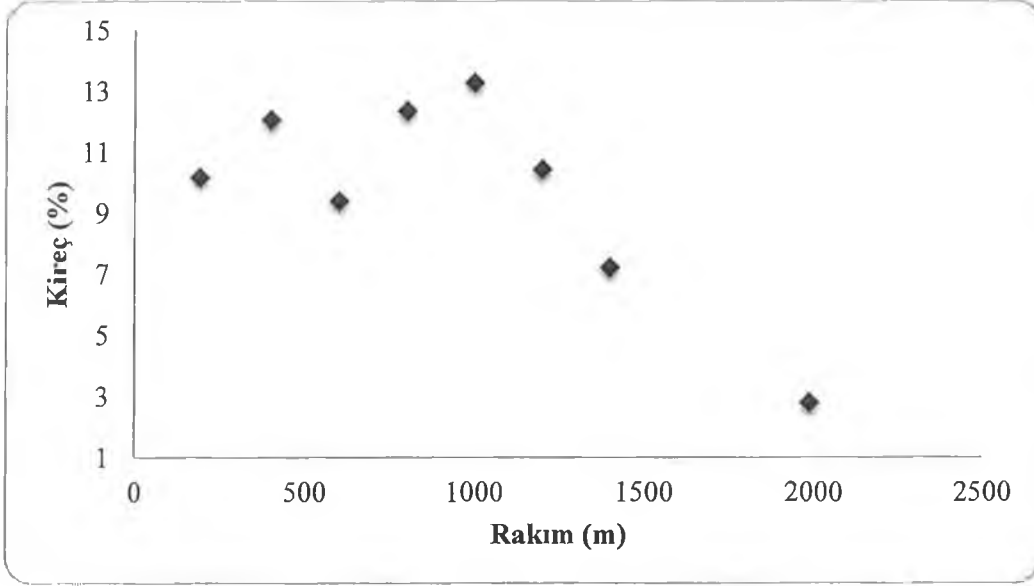
Çalışma alanı topraklarının 600 m ile 800 m rakımlarındaki kimyasal özelliklerden öncelikle EC 0.26 dS m⁻¹ ile 2.85 dS m⁻¹ arasında değişirken ortalama EC 0.69 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının pH'sı en yüksek 8.60 en düşük ise 6.72 arasında değişmektedir. Ortalama pH değeri ise 7.63 tür. Kireç içeriği ise %36.58 ile %0.75 arasında değişim göstermekte, ortalama kireç içeriği ise %12.34 olarak belirlenmiştir. 600 m ile 800 m rakımları arasındaki toprakların organik madde düzeyleri %0.22 ile %4.53 arasında değişmiş ortalama organik madde içeriği ise %1.70 olarak belirlenmiştir.

Yarayışlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 1.15 kg da⁻¹ ile 33.43 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve ortalama fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 5.27 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu en düşük 42.74 kg da⁻¹ ile en yüksek 339.18 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken, ortalama yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu 111.89 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Diğer kimyasal özelliklerden azot %1.01 ile %1.85 arasında değişirken ortalama %N konsantrasyonu 1.36 olarak bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C konsantrasyonu en

yüksek 8.91 en düşük ise 1.01 arasında değişmektedir ortalama karbon konsantrasyonu ise %3.59 olarak belirlenmiştir. Toplam karbon konsantrasyonu ise en düşük %0.13 ile en yüksek %2.63 arasında değişim göstermekte, ortalama toplam karbon (TK) konsantrasyonu ise 0.98 olarak belirlenmiştir. 600 m ile 800 m rakımları arasındaki toprakların çözünebilir Ca konsantrasyonu 11.76 ppm ile 50.56 ppm arasında değişim göstermiş, ortalama çözünebilir Ca konsantrasyonu ise 29.27 ppm olarak bulunmuştur. Çözünebilir K konsantrasyonu 0.55 ppm ile 22.24 ppm arasında değişirken ortalama çözünebilir K konsantrasyonu 6.45 ppm olarak belirlenmiştir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu en düşük 5.35 ppm ile en yüksek 39.90 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünebilir Mg konsantrasyonu 13.42 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı rakımda çözünebilir Na konsantrasyonu ise 2.04 ppm ile 163.08 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünebilir Na konsantrasyonu 23.02 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

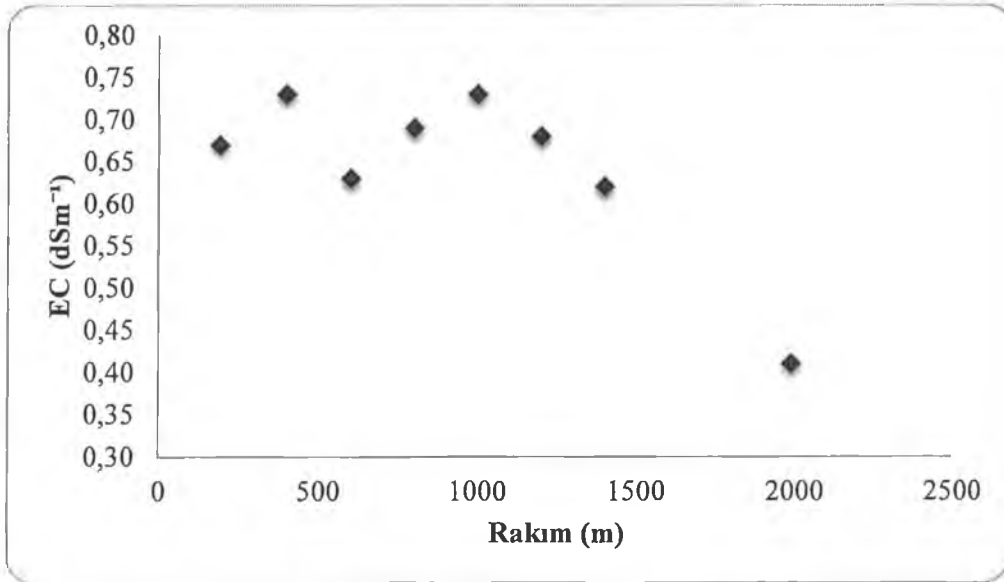
Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.51 ve en yüksek 37.32 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 4.07 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.6'da varyasyon katsayıları incelendiğinde EC, kireç, organik madde, fosfor (P_2O_5), potasyumun (K_2O), %C, TK, Çözünebilir K, Mg, Na ve SAR değerleri %36 değerinden büyük olduğu için yüksek değişkenlik göstermekte sadece pH 3.52, %N 13.55 ile %15 ten az olduğu için az değişkenlik göstermektedir. Çözünebilir Ca değeri ise %33.02 ile orta derecede değişkenlik göstermektedir.

Çalışma alanında ortalama kireç içerikleri 500 ve 1000 m rakımları civarında yükselme gösterirken diğer rakımlarda belirgin düşüşler vardır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ortalama kireç içeriğinin yükselti ile değişimi

Çalışma alanı topraklarının ortalama EC'leri kendi içerisinde yükselmeler ve düşmelere gösterse de topraklarda aşırı EC değişimleri görülmemektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Ortalama elektriksel iletkenlik (EC) yükselti ile değişimi

Çizelge 4.7. 800m ile 1000m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

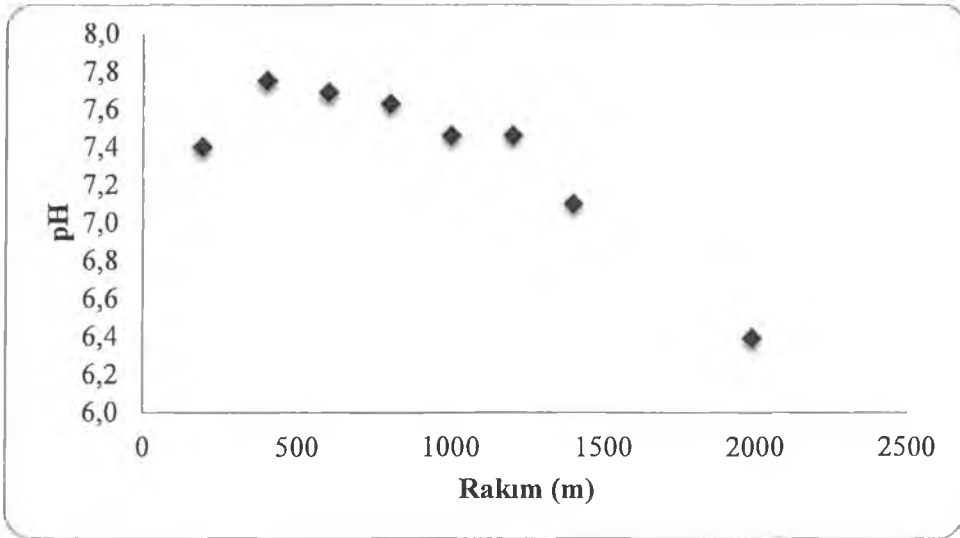
N=108	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	801.64	998.80	906.49	59.48	6.56	-0.13	-1.23
EC	dSm ⁻¹	0.20	2.64	0.73	0.33	45.61	2.13	9.50
pH		6.00	8.93	7.46	0.40	5.40	-1.11	3.92
Kireç	%	0.74	37.00	13.27	9.68	73.01	0.51	-0.60
Organik Mad	%	0.21	3.91	1.86	0.72	38.86	0.17	-0.33
Fosfor (P ₂ O ₅)	kgda ⁻¹	0.92	48.09	5.36	5.99	111.87	4.49	26.44
Potasyum(K ₂ O)	kgda ⁻¹	41.46	340.73	114.80	65.63	57.17	1.50	2.01
Azot	%	0.94	1.97	1.33	0.17	13.05	0.33	1.25
Karbon	%	1.08	9.46	3.87	1.80	46.49	0.72	0.26
ToplamKarbon	%	0.12	2.27	1.08	0.42	38.86	0.17	-0.33
Çöz. Ca	ppm	2.46	189.15	31.54	20.71	65.68	4.56	31.69
Çöz. K	ppm	0.78	93.99	8.31	13.22	159.07	5.16	29.11
Çöz. Mg	ppm	2.11	83.50	13.79	10.34	74.94	4.36	24.98
Çöz. Na	ppm	2.24	748.15	37.24	70.65	189.70	9.69	98.23
SAR		0.43	202.98	6.97	19.17	275.13	10.16	104.77

*CV: Varyasyon Katsayısı

Rakımları 800 ile 1000 m arasında olan toprakların kimyasal özelliklerinden olan EC 0.20 dS m⁻¹ ile 2.64 dS m⁻¹ arasında değişirken ortalama EC 0.73 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının pH'sı en yüksek 8.00 en düşük ise 6.00 arasında değişmekte, ortalama pH değeri ise 7.46 tür. Ana materyal, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve sulama gibi faktörler çalışma alanı içerisinde toprak pH'ının bu hafif asidik ile kuvvetli alkali arasında değişmesine neden olmuştur. Kireç içeriği ise %37.00 ile %0.74 arasında değişim göstermektedir ortalama kireç içeriği ise %13.27 olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki toprakların diğer kimyasal özellikleri ise sırasıyla organik madde %0.21 ile %3.91 arasında değerler alırken ortalama organik madde içeriği %1.86 olmuştur.

Yarayışlı fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu 0.92 kg da⁻¹ ile 48.09 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve ortalama fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu 5.36 kg da⁻¹ değerindedir. Yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu en düşük 41.46 kg da⁻¹ ile en yüksek 340.73 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken ortalama yarayışlı potasyum (K₂O) konsantrasyonu 114.80 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. %azot konsantrasyonu %0.94 ile %1.97 arasında değişirken ortalama %N konsantrasyonu 1.33 olarak bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C konsantrasyonu en yüksek 9.46 en düşük ise 1.08 arasında değişmekte, ortalama karbon konsantrasyonu ise %3.87 değerindedir. Toplam karbon konsantrasyonu ise en düşük %0.12 ile en yüksek %2.27 arasında değişim göstermektedir ortalama TK konsantrasyonu ise 1.08 olarak belirlenmiştir. 800

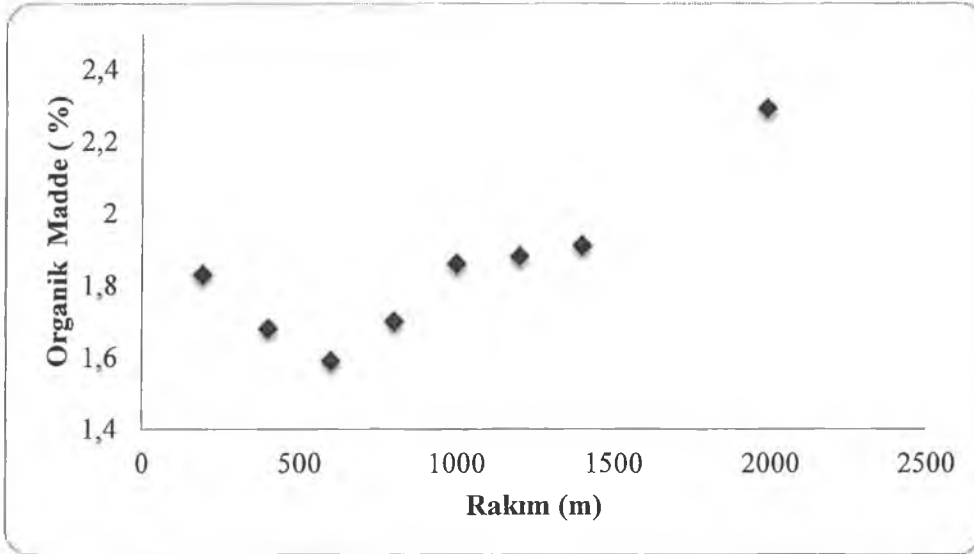
ile 1000 m rakımları arasındaki toprakların çözünebilir Ca konsantrasyonu 2.46 ppm ile 189.15 ppm arasında değerler alırken ortalama çözünebilir Ca konsantrasyonu 31.54 ppm olarak bulunmuştur. Çözünebilir K konsantrasyonu ise 0.78 ppm ile 93.99 ppm arasında değişirken ortalama çözünebilir K konsantrasyonu 8.31 ppm değerindedir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu en düşük 2.11 ppm ile en yüksek 83.50 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünebilir Mg konsantrasyonu 13.79 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı rakımda çözünebilir Na konsantrasyonu ise 2.24 ppm ile 748.15 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünebilir Na konsantrasyonu 37.24 ppm olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.43 ve en yüksek 202.98 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 6.97 olarak hesaplanmıştır. 800 ile 1000 m rakımları arasındaki toprakların kimyasal özelliklerin den EC, kireç, organik madde, fosfor (P_2O_5), potasyumun (K_2O), %C, TK, çözünebilir Ca, K, Mg, Na ve SAR değerlerin de yüzde varyasyon katsayısının 36'dan büyük olduğu için yüksek değişkenlik gösterirken bu rakımlar arasında pH ve %N az değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.7). Çalışma alanı topraklarının ortalama pH değerleride rakıma göre aynı oranda değişmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Ortalama pH değerinin yükselti ile değişimi

Çalışma alanı ortalama organik madde içeriği 750m'ye kadar belirgin bir düşüş gösterirken bu rakımdan sonra sabit bir şekilde arttığı görülmektedir (Şekil 4.7). Organik madde içeriğinin daha düşük rakımlarda bulunan Erbaa ovası gibi işlemeli

tarımın daha çok yapıldığı alanlarda toprak işlemeyle azalmakta fakat yüksek rakımlarda mera ve ormanlık alanların daha fazla bulunması ile artmaktadır. Leifeld ve ark. (2005)'da sürekli otlak olarak kullanılan arazilerde yükselti ile birlikte organik madde içeriğinin arttığını belirtmişlerdir. Ancak yükseltinin daha da artması ile toprak derinliğinin azalmasının toprakta depolanacak karbon miktarını azalttığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle de araştırmacılar yükselti ile toprakta depolanan karbon arasında önemli bir ilişki tespit edememişlerdir. Bir başka araştırmada ise Dai ve Huang (2006), yüzey toprağındaki toprak organik madde içeriğinin yıllık ortalama sıcaklık ile negatif bir korelasyona sahip olduğunu ve yıllık ortalama toplam yağış ve yükselti ile ise pozitif korelasyona sahip olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.7. Ortalama organik madde içeriğinin yükselti ile değişimi

Daha alçak olan rakımlarda organik madde içeriğinin düşük olmasının bir nedeni de bu arazilerin bulunduğu yerlerde sıcaklığın yüksek rakımlardan fazla olmasıdır. Yüksek sıcaklık organik maddenin mineralizasyonunu hızlandıracağından topraklardaki konsantrasyonun azalmasına neden olacaktır. Yarayışlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 500 m'ye kadar artarken, bu yükseltiden sonraki arazilerde daha düşük konsantrasyonlardadır. Kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yüksek pH'da karbonatların artışı ile fosforun yüksek oranlarda Ca-fosfatlarca tutulduğu ve düşük organik madde içeriği ile de fosforun çökelerek yarayışlılığının düştüğü belirtilmiştir (Gahrooe, 2003).

Çizelge 4.8. 1000m ile 1200m arasında yer alan toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=132	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	1001.07	1199.43	1106.67	53.77	4.85	-0.17	-1.06
EC	dSm ⁻¹	0.09	1.43	0.68	0.25	36.79	0.64	0.43
pH		5.37	8.13	7.46	0.50	6.74	-1.73	3.62
Kireç	%	0.73	30.97	10.43	8.88	85.24	0.76	-0.63
Organik Mad	%	0.45	4.82	1.88	0.74	39.84	1.12	2.51
Fosfor (P ₂ O ₅)	kgda ⁻¹	0.69	37.33	6.43	5.36	83.50	2.57	9.69
Potasyum(K ₂ O)	kgda ⁻¹	31.85	936.51	128.73	96.78	75.18	4.73	36.39
Azot	%	0.89	1.89	1.32	0.17	13.01	0.66	1.07
Karbon	%	1.16	8.29	3.26	1.32	40.50	0.86	0.71
ToplamKarbon	%	0.26	2.79	1.09	0.43	39.84	1.12	2.51
Çöz. Ca	ppm	6.64	222.38	33.84	26.88	79.43	4.76	27.49
Çöz. K	ppm	1.52	24.31	6.20	3.61	58.17	2.51	8.47
Çöz. Mg	ppm	2.01	53.35	13.93	7.35	52.74	2.13	7.33
Çöz. Na	ppm	2.84	105.14	31.83	16.58	52.08	0.65	2.00
SAR		0.48	21.34	5.32	2.91	54.69	1.18	5.71

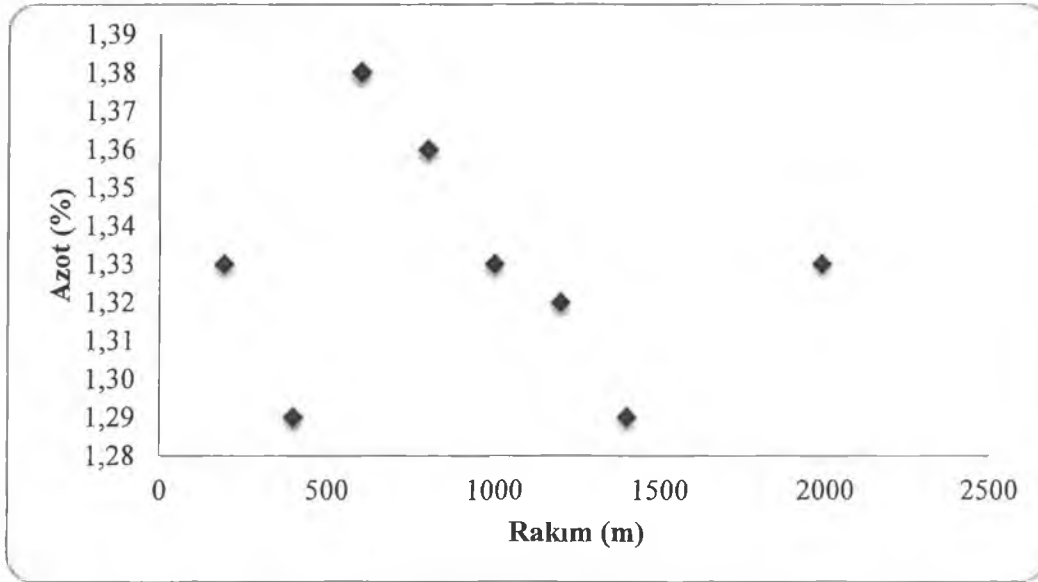
*CV: Varyasyon Katsayısı

Bin ile 1200 m rakımları arasında yer alan toprakların EC değeri 0.09 dS m⁻¹ ile 1.43 dS m⁻¹ arasında değişirken ortalama EC 0.68 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının pH'sı en yüksek 8.13 en düşük ise 5.37 arasında değişmektedir ve ortalama pH değeri ise 7.46'dır. Kireç içeriği ise % 30.97 ile % 0.73 arasında iken ortalama kireç içeriği % 10.42'dir. Organik madde ise % 0.45 ile % 4.82 arasında değişirken ortalama % 1.88 olarak bulunmuştur.

Yarayıklı fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu ise 0.69 kg da⁻¹ ile 37.33 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve ortalama fosfor (P₂O₅) konsantrasyonu 6.43 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur. Yarayıklı potasyum (K₂O) konsantrasyonu 31.85 kg da⁻¹ ile 936.51 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken ortalama yarayıklı potasyum (K₂O) konsantrasyonu 128.73 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toplam azot içeriği %0.89 ile %1.89 arasında değişirken ortalama %1.32 olarak bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C konsantrasyonu 8.29 ile 1.16 arasında değişmektedir ve ortalama ise 3.26'dır. Değişen iklim koşulları topraklarda depolanmış organik karbonun hızlı bir şekilde ayrışmasına yol açmaktadır. Ayrıca çeşitli tarımsal uygulamalar toprak işleme, gübreleme vb. toprakta bağlanan karbon miktarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007). 1000 ile 1200 m rakımları arasında genellikle mera ve orman alanları yer aldığından TK konsantrasyonu yüksektir. Ancak ülkemizde çok sık

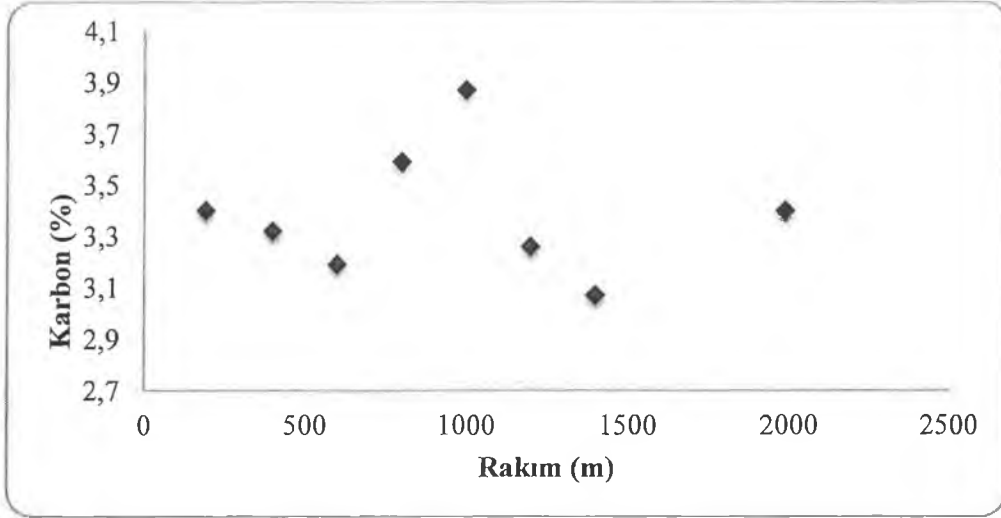
rastlanan ormanlık alanların veya meraların bozularak tarım arazisine dönüştürüldüğü yerlerde ise TK konsantrasyonu düşüktür. Toprakların diğer kimyasal özellikleri ise sırasıyla çözünebilir Ca konsantrasyonu 6.64 ppm ile 222.38 ppm arasında ve ortalama Ca konsantrasyonu 33.84 ppm. K konsantrasyonu 1.52 ppm ile 24.31 ppm arasında ve ortalama K konsantrasyonu 6.20 ppm'dir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu 2.01 ppm ile 53.35 ppm arasında değişirken ortalama Mg konsantrasyonu 13.93 ppm olarak belirlenmiştir. Çözünebilir Na konsantrasyonu ise 2.84 ppm ile 105.14 ppm arasında iken ortalama Na konsantrasyonu 31.83 ppm olarak belirlenmiştir. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) 0.48 ile 21.34 arasında ve ortalama SAR ise 5.32'dir. 1000 ile 1200 m rakımları arasındaki topraklarda diğer rakımlarda olduğu gibi varyasyon katsayısı değerlerine göre pH ve %N az değişkenlik gösterirken diğer özellikler yüksek değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.8).

Çalışma alanı topraklarının ortalama %N içeriği 500 m ve 1500 m rakımlarında oldukça düşük iken 750m'den sonraki rakımlarda hızla düşmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Ortalama %N içeriğinin yükselti ile değişimi

Ortalama toplam C konsantrasyonu organik madde içeriğine benzer olarak değişim göstermektedir. 750 m rakıma kadar düşen toplam C konsantrasyonunun önce 1000 m'ye kadar arttığı sonrasında ise azaldığı görülmektedir (Şekil 4.9)



Şekil 4.9. Ortalama toplam karbon içeriğinin yükselti ile değişimi

Çizelge 4.9. 1200m ile 1400m arasındaki toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

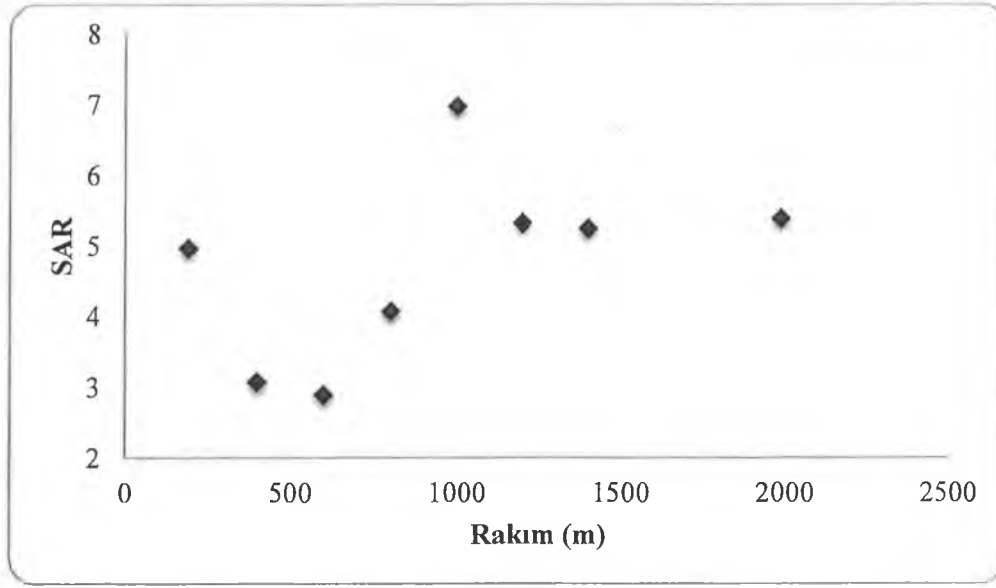
N=99	Birim	En		Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
		Küçük	Yüksek					
Rakım	m	1200.73	1399.50	1290.56	55.66	4.31	0.24	-1.02
EC	dSm ⁻¹	0.10	2.21	0.62	0.33	54.13	1.46	4.10
pH		5.17	7.99	7.10	0.68	9.67	-0.79	-0.22
Kireç	%	0.72	36.70	7.22	9.32	129.12	1.80	2.38
Organik Mad	%	0.59	5.32	1.91	0.76	39.80	1.17	3.29
Fosfor (P2O5)	kgda ⁻¹	1.15	46.72	5.89	5.99	101.80	4.38	25.48
Potasyum(K2O)	kgda ⁻¹	25.75	344.98	108.95	63.47	58.26	1.52	2.81
Azot	%	1.03	1.67	1.29	0.13	10.08	0.39	0.35
Karbon	%	1.07	9.28	3.07	1.79	58.52	1.57	2.26
ToplamKarbon	%	0.34	3.08	1.10	0.44	39.80	1.17	3.29
Çöz. Ca	ppm	3.36	73.62	26.93	12.05	44.76	0.60	1.36
Çöz. K	ppm	1.42	110.52	7.28	12.79	175.68	6.56	47.90
Çöz. Mg	ppm	3.93	31.61	11.45	4.96	43.30	1.56	3.58
Çöz. Na	ppm	2.76	57.31	28.80	11.58	40.21	-0.31	0.02
SAR		0.45	9.78	5.24	2.10	40.21	-0.19	0.09

*CV: Varyasyon Katsayısı

Bin iki yüz ile 1400 m arasında toprağın EC değeri 0.10 dS m^{-1} ile 2.21 dS m^{-1} arasında değişirken ortalama EC 0.62 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının ortalama pH değeri ise 7.09 iken en yüksek 7.99 en düşük ise 5.17 arasında değişmektedir. Kireç içeriği ise %36.70 ile %0.72 arasında değişim göstermekte ve ortalama kireç içeriği ise %7.22 olarak belirlenmiştir. 1200 m ile 1400 m rakımları arasındaki toprakların diğer kimyasal özellikleri ise sırasıyla organik madde %0.59 ile %5.32 arasında ve ortalama değeri %1.91'dir.

Yarayışlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 1.15 kg da^{-1} ile 46.72 kg da^{-1} arasında değişim göstermiş ve ortalama fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu ise 5.89 kg da^{-1} olarak bulunmuştur. Yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu en düşük 25.75 kg da^{-1} ile en yüksek $344.98 \text{ kg da}^{-1}$ arasında değişim gösterirken yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu $108.95 \text{ kg da}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Azot konsantrasyonu %1.03 ile %1.67 arasında değişirken ortalama %1.29 olarak bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının %C konsantrasyonu en yüksek 9.28 en düşük ise 1.07 arasında değişmektedir ortalama yüzde karbon konsantrasyonu ise 3.07 değerindedir. 1200 ile 1400 m rakımları arasındaki toprakların diğer kimyasal özellikleri ise sırasıyla çözünebilir Ca konsantrasyonu 3.36 ppm ile 73.62 ppm arasında değerler alırken ortalama çözünebilir Ca konsantrasyonu 26.93 ppm olarak bulunmuştur. Çözünebilir K konsantrasyonu ise 1.42 ppm ile 110.52 ppm arasında değişirken ortalama çözünebilir K konsantrasyonu 7.28 ppm değerindedir. Çözünebilir Mg konsantrasyonu en düşük 3.93 ppm ile en yüksek 31.61 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünebilir Mg konsantrasyonu 11.45 ppm olarak belirlenmiştir.

Aynı rakımda çözünebilir Na konsantrasyonu ise 2.76 ppm ile 57.31 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünebilir Na konsantrasyonu 28.80 ppm olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.45 ve en yüksek 9.78 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 5.24 olarak hesaplanmıştır. 1200 ile 1400 m rakımların da toprağın kimyasal özelliklerin den EC, kireç, organik madde, fosfor (P_2O_5), potasyumun (K_2O), %C, TK, Çözünebilir Ca, K, Mg, Na ve SAR değerlerin de yüzde varyasyon katsayısının 36'dan büyük olduğu için yüksek değişkenlik gösterirken bu rakımlar arasında %N ve pH değeri %15 ten düşük olduğu için az değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.9). Çalışma alanı Ortalama SAR içeriği 500 m ye kadar düşmekte daha sonra 1000 m ise arttığı görölmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Ortalama SAR değerlerinin yükselti ile değişimi

Çizelge 4.10. 1400m ile 1988m arasındaki toprakların kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=39	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	1409.35	1899.53	1572.05	126.26	8.03	0.72	-0.03
EC	dSm ⁻¹	0.09	0.94	0.41	0.24	58.66	0.68	-0.50
pH		5.17	7.80	6.39	0.67	10.57	0.17	-0.76
Kireç	%	0.74	16.26	2.79	3.69	132.31	2.33	4.95
Organik Madde	%	0.69	5.80	2.29	1.27	55.81	1.64	2.03
Fosfor (P ₂ O ₅)	kgda ⁻¹	1.60	23.13	5.80	4.68	80.69	1.84	3.82
Potasyum(K ₂ O)	kgda ⁻¹	47.42	175.56	95.78	37.42	39.07	0.75	-0.15
Azot	%	1.09	1.79	1.33	0.15	11.48	0.81	0.44
Karbon	%	1.04	9.15	3.40	2.10	61.94	1.06	0.29
Toplam Karbon	%	0.40	3.37	1.32	0.74	55.81	1.64	2.03
Çöz. Ca	ppm	5.32	38.83	21.84	9.24	42.31	-0.07	-0.99
Çöz. K	ppm	2.84	15.74	6.13	2.79	45.57	1.78	3.63
Çöz. Mg	ppm	4.90	27.00	11.14	4.33	38.91	1.90	4.79
Çöz. Na	ppm	2.80	53.82	26.40	11.80	44.71	-0.19	0.03
SAR		0.65	9.88	5.38	2.54	47.20	-0.28	-0.55

*CV: Varyasyon Katsayısı

1400 m ile 1988 m arasındaki arazilerde var olan eğim ve yüksek yağışında etkisi ile tuzlar toprak yüzeyinden uzaklaşmıştır. Bu nedenle EC değerleri 0.09 dS m⁻¹ ile 0.94 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Topraklarının pH'sı ise 7.80 ile 5.17 arasında değişmekte ve ortalama pH değeri 6.39'dur. Kireç içeriği ise %16.26 ile %0.74 arasında değişmekte olup ortalama %2.79'dur.

Organik madde içeriği %0.69 ile %5.80 arasında değişmektedir. Jones (1991), terk edilmiş arazilerde, bitki örtüsünden dolayı zamanla toprağa katılan organik

maddelerin birikmesi ile toprağın strüktürünün iyileştiği ve toprakların su tutma kapasitesinin yükseldiğini belirlemişlerdir. Organik madde artışı ile toprakların su ve rüzgâr erozyonuna uğramalarının engellediği de bildirilmiştir. Örneklenen noktalarının 1400 m ile 1988 m arasındaki rakımlarda genellikle mera ve orman arazisi olduğundan dolayı ortalama organik madde içeriği %2.29'dir.

Yarayışlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 1.60 kg da^{-1} ile 23.13 kg da^{-1} arasında değişmiş ve ortalama fosfor (P_2O_5) konsantrasyonu 5.80 kg da^{-1} olarak bulunmuştur. Yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu ise 47.42 kg da^{-1} ile $175.56 \text{ kg da}^{-1}$ arasında değişim gösterirken yarayışlı potasyum (K_2O) konsantrasyonu 95.78 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Varyasyon katsayılarına göre 1400 m-1988 m arasında pH hariç diğer özellikler yüksek değişkenlik göstermektedir. 1400 ile 1988 m arasındaki toprakların toplam azot konsantrasyonu %1.09 ile %1.79 arasında değişirken ortalama %1.33 olarak bulunmuştur. Bu rakımlar arasındaki çalışma alanı topraklarının toplam C konsantrasyonu %9.15 ile %1.04 arasında değişmekte ve ortalama toplam C ise %3.40'dir. Çözünabilir Ca konsantrasyonu 5.32 ppm ile 38.83 ppm arasında değerler alırken ortalama çözünabilir Ca konsantrasyonu 21.84 ppm olarak bulunmuştur. Çözünabilir K konsantrasyonu ise 2.84 ppm ile 15.74 ppm arasında değişirken ortalama çözünabilir K konsantrasyonu 6.13 ppm değerindedir. Çözünabilir Mg konsantrasyonu en düşük 4.90 ppm ile en yüksek 27.00 ppm arasında değişim gösterirken ortalama çözünabilir Mg konsantrasyonu 11.14 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı rakımda çözünabilir Na konsantrasyonu ise 2.80 ppm ile 53.82 ppm arasında değişim göstermekte ve ortalama çözünabilir Na konsantrasyonu 26.40 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucu SAR değeri hesaplandığında en düşük 0.65 ve en yüksek 9.88 değerleri bulunmuştur. Topraklardaki ortalama SAR değeri ise 5.38 olarak hesaplanmıştır. Rakımları 1400 ile 1988 metre arasındaki 39 adet toprağın kimyasal özelliklerin den % C, TK, Çözünabilir Ca, K, Mg, Na ve SAR değerlerin de yüzde varyasyon katsayısının 36 'dan büyük olduğu için yüksek değişkenlik gösterirken bu rakımlar arasında %N az değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.10).

Toprak fiziksel özellikleri için yapılan DUNCAN gruplamasına ait sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmektedir. Kil ve kum içerikleri bakımından R7'de yer alan toprakların diğer rakımlardaki topraklardan farklı bir grupta yer aldığı görülmektedir. Toprak tekstürü kadar arazi kullanımının da önemli düzeyde etkilediği hacim ağırlığı

ANOVA sonuçlarına göre farklı rakımlar için önemsiz görünürken, DUNCAN gruplamasında R7’de yer alan toprakların hacim ağırlıklarının diğer gruplardakinden önemli düzeyde farklı olduğu ve ayrı bir grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Çalışma alanında farklı rakımlardaki arazilerin fiziksel toprak özelliklerine ait DUNCAN gruplaması

Rakım	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Örnek Sayısı	47	71	82	108	132	99	39
Kum	44.1ab	42.4a	43.9ab	45.0ab	48.2b	53.1c	58.6d
Kil	24.8c	27cd	29.6d	28cd	25c	20.3b	12a
Silt	31.0c	30.5c	26.4a	26.9ab	26.8ab	26.6ab	29.4bc
Hacim Ağırlığı	1.5ab	1.5ab	1.5ab	1.5b	1.5ab	1.5ab	1.4a
Rutubet	23.3b	20.9b	14.5a	14.4a	13.8a	14.5a	14.3a
Agregat Stabite	77.1b	70.2a	76.3b	80.5b	79.3b	80.6b	81.5b
Tarla Kapasitesi	21.9a	22.1a	21.2a	21.1a	21.3a	22.0a	22.1a
Solma Noktası	11.3a	11.8a	11.4a	11.7a	11.6a	12.1a	12.2a
Yar. Su	10.6c	10.4bc	9.8ab	9.4a	9.7ab	9.9abc	9.9abc
Su Dol. Göz. H.	73.3a	73.6a	73.9a	76.8a	74.6a	72.5a	71.9a

R1 192 m ile 400 m arasındaki rakımlar. R2; 400 ile 600 m arasındaki rakımlar. R3;600 m ile 800 m arasındaki rakımlar. R4; 800 m ile 1000 m arasındaki rakımlar. R5; 1000 m ile 1200 m arasındaki rakımlar. R6; 1200 m ile 1400 m arasındaki rakımlar. R7; 1400 m ile 1980 m arasındaki rakımlar

Çizelge 4.12. 192m ile 400m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=47	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	192.48	393.53	270.28	51.12	18.91	0.37	-0.27
Kum	%	20.9	77.8	44.07	14.00	31.78	0.35	-0.83
Kil	%	7.2	50.3	24.84	11.29	45.48	0.33	-0.76
Silt	%	12.4	54.0	31.07	9.98	32.14	0.35	-0.33
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1.03	1.91	1.47	0.20	13.89	-0.05	-0.22
Rutubet	%	4.42	62.76	23.35	14.87	63.70	0.98	0.06
Agregat Stabilitesi	%	41.15	96.78	77.19	13.00	16.84	-0.95	0.44
Tarla Kapasitesi	cm ³ cm ⁻³	12.05	36.00	21.90	4.77	21.78	0.63	0.91
Solma Noktası	cm ³ cm ⁻³	6.39	19.46	11.30	2.84	25.12	0.88	0.88
Yar. Su	cm ³ cm ⁻³	4.25	18.25	10.59	2.47	23.39	0.53	1.86
Su Dol. Göz. H.		43.89	98.55	73.25	13.73	18.74	-0.26	-0.75

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 192 ile 400 m rakımları arasında ki toprak örneklerin de kum % 20.9 ile %77.8 arasında değişim göstermekte ve ortalama kum değeri ise %44.07 dir. Kil değerleri ise %7.2 ile %50.3 arasında değişmiş ortalama değeri %24.84 olarak belirlenmiştir. Silt değeri ise 12.4 ile 54.0 arasında iken ortalama olarak 31.07 değeri belirlenmiştir. Agregat stabilitesi ise 96.78 ile 41.15 arasında değişmiştir ortalaması ise 77.19 tür. Hillel (1982)’a göre agregat stabilitesi ölçümleri toprak agregatların bozulmayı oluşturan çevresel etmenlere karşı direncinin belirlenmesinde önemli bir

parametre olduğunu belirtmiştir. Rutubet değeri en düşük 4.42. en yüksek 62.76 değeri arasında değişmiştir ortalama rutubet oranı ise 23.35 dir.

Hacim ağırlığı değeri en düşük 1.03 g cm^{-3} ile 1.91 g cm^{-3} arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.47 g cm^{-3} olarak belirlenmiştir. 192 ile 400 metre rakımları arasında 47 adet toprak örneğinin fiziksel özellikleri üzerine yapılan tanımlayıcı istatistik çizelgesine göre kil ve rutubet içeriği %36'dan yüksek değer aldığı için yüksek değişkenlik gösterirken kum, silt ve agregat stabilitesi orta derecede değişkenlik göstermektedir. Hacim ağırlığı ise %15'ten küçük değer aldığı için az değişkenlik göstermektedir. Tarla kapasitesi $12.05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $36.00 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişkenlik gösterirken ortalama olarak $21.90 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerini almıştır. Solma noktası ise $6.39 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $19.46 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Solma noktasının ortalama değer ise $11.30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Yarayıslı su içeriği $4.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $18.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişen değerler alırken SDGH ise 43.89 ile 98.55 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama değerleri ise sırasıyla $10.59 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $73.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ bulunmuştur. Varyasyon katsayısı. %18.74 ile 25.12 arasında değiştiği için %16-35 arasında yer almaktadır ve orta derecede değişkendir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. 400m ile 600m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=71	Birim	En	En	Ortalama	Std. Sapma	CV %	Yatıklık	Basıklık
		Küçük	Yüksek					
Rakım	m	401.94	598.32	537.48	51.78	9.63	-1.06	0.22
Kum	%	15.7	73.4	42.40	14.76	34.82	0.26	-0.91
Kil	%	5.8	51.0	27.01	10.64	39.40	0.20	-0.40
Silt	%	2.1	53.3	30.58	9.81	32.10	0.14	0.11
Hacim Ağırlığı	g cm^{-3}	1.02	1.95	1.48	0.21	14.52	-0.06	-0.30
Rutubet	%	1.57	56.06	20.97	13.01	62.06	1.25	1.14
Agregat Stabilitesi	%	19.76	99.64	70.21	21.37	30.44	-0.75	-0.34
Tarla Kapasitesi	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	10.63	38.65	22.14	6.40	28.92	0.84	0.42
Solma Noktası	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	5.94	23.93	11.75	4.43	37.69	1.20	0.93
Yar. Su	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	3.82	19.49	10.39	2.75	26.48	0.62	1.56
Su Dol. Göz. H.		39.85	94.95	73.58	11.81	16.06	-0.52	-0.12

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 400 ile 600 m rakımları arasındaki toprak örneklerinin kum oranı %15.7 ile %73.4 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise %42.40 dır. Kil değerleri ise %5.8 ile %51.0 arasında değişmiş ortalama değeri 27.01 olarak belirlenmiştir. Silt düzeyleri %2.1 ile %53.3 arasında değişim göstermiş, ortalama silt düzeyi ise 30.58 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı alanda hacim

ağırlığı değeri en düşük 1.02 ile 1.95 arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.48 olarak Çizelge 4.13'te görülmektedir. Çalışılan toprakların nem içerikleri %1.57 ile %56.06 arasında değişmiş ve %20.97 olarak belirlenmiştir. Agregat stabilitesi %19.76 ile %99.64 arasında değişmiştir ve ortalaması %70.21'dir. 400 m – 600 m arasındaki topraklarda fiziksel özelliklerin varyasyon katsayısına bakıldığında nem ve kil içeriği yüksek değişkenlik gösterirken, agregat stabilitesi, Silt, kum içerikleri orta derecede değişkenlik göstermektedir. Hacim ağırlığı değeri ise az değişkendir. Tarla kapasitesi $10.63 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $38.65 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişim gösterirken ortalama $22.14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerini almıştır. Solma noktası ise $5.94 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $23.93 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişim göstermiş olup ortalama solma noktası $11.75 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerini almıştır. Yarayıslı su içeriği en düşük $3.82 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ iken en yüksek değeri $19.49 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ belirlenmiştir. Ortalama değeri ise $10.39 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ dur. Su dolu gözenek hacminin en düşük değeri 39.85 iken en yüksek 94.95 arasında değişmektedir. Ortalama olarak 73.58'dir. Tarla kapasitesi, yarayıslı su içeriği ve SDGH varyasyon katsayıları %36'dan küçük olduğu için orta değişken iken solma noktası %37.69 ile yüksek değişkenlik göstermektedir(Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. 600m ile 800m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=82	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	602.66	798.82	697.93	62.17	8.90	0.11	-1.41
Kum	%	19.3	91.2	43.94	14.44	32.87	0.85	0.53
Kil	%	4.5	69.9	29.62	12.74	43.00	0.27	0.10
Silt	%	4.3	47.8	26.42	7.91	29.93	0.29	0.54
Hacim Ağırlığı	g cm^{-3}	1.05	1.97	1.52	0.21	14.35	-0.07	-0.57
Rutubet	%	2.72	47.55	15.52	8.03	51.73	0.90	1.80
Agregat Stabilitesi	%	34.92	99.67	76.33	16.79	22.00	-0.73	-0.29
Tarla Kapasitesi	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	10.19	40.86	21.20	6.26	29.52	0.77	0.66
Solma Noktası	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	5.13	28.08	11.44	4.59	40.18	1.42	1.95
Yar. Su	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	4.21	17.42	9.75	2.31	23.74	-0.09	0.70
Su Dol. Göz. H.		46.10	96.60	73.93	10.61	14.35	-0.01	-0.15

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 600 ile 800 m rakımları arasında ki toprak örneklerin de kum %19.3 ile %91.2 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise 43.94 dür. Kil değerleri ise %4.5 ile %69.9 arasında değişmiş ortalama değeri 29.62 olarak belirlenmiştir. Silt düzeyleri %4.3 ile %47.8 arasında değişim göstermiş, ortalama silt düzeyi ise 26.42 olarak belirlenmiştir. Hacim ağırlığı değeri en düşük 1.05 g cm^{-3} ile

1.97 g cm⁻³ arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.52 g cm⁻³ olarak çizelge 4.14'te görülmektedir. Rutubet ve agregasyon indeksi değerleri sırasıyla en düşük %2.72 değeriyle, en yüksek %47.55 değeri arasında değişmiştir ortalama nem oranı ise %15.52 dir. Agregat stabilitesi ise %99.67 ile %34.92 arasında değişmiştir ortalaması ise %76.33 dür. Tarla kapasitesi 10.19 cm³ cm⁻³ ile 40.86 cm³ cm⁻³ arasında değişen değerler almaktadır ortalama olarak 21.20 cm cm⁻³ değerini almıştır. Solma noktası ise en düşük 5.13 cm³ cm⁻³ ile en yüksek 28.08 cm³ cm⁻³ arasında iken ortalama olarak 21.20 cm³ cm⁻³ değerini almıştır. Yarayırlı su içeriği analiz sonucunda en düşük 4.21cm³ cm⁻³ ile en yüksek 17.42 cm³ cm⁻³ değerini almıştır. Ortalama olarak ise 9.75 cm³cm⁻³ değerini almıştır. SDGH en düşük değer 46.10 iken en yüksek değer 96.60 olarak belirlenmiştir. Ortalama değer ise 73.93 tür. 600 m ile 800 m arasındaki rakımlardaki toprak fiziksel özelliklerinde yüzde varyasyon katsayısı değerlerine göre bakıldığında rutubet ve kil içeriği ve solma noktası yüksek değişkenlik gösterirken, agregat stabilitesi, silt, kum içerikleri ile tarla kapasitesi, yarayırlı su içeriği orta derecede değişkenlik göstermektedir. SDGH ve hacim ağırlığı değeri ise az değişken olarak belirlenmektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. 800m ile 1000m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=108	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	801.64	998.80	906.49	59.48	6.56	-0.13	-1.23
Kum	%	18.1	89.7	44.96	13.28	29.55	0.66	0.61
Kil	%	2.1	61.1	28.04	13.27	47.33	0.07	-0.62
Silt	%	8.2	47.8	26.99	6.46	23.93	0.46	1.12
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1.02	1.98	1.54	0.22	14.28	-0.23	-0.40
Rutubet	%	2.88	43.68	14.02	7.71	54.98	1.50	2.66
Agregat Stabilitesi	%	36.99	95.90	80.56	10.85	13.47	-1.14	1.85
Tarla Kapasitesi	cm ³ cm ⁻³	10.09	39.33	21.11	5.42	25.65	0.75	0.86
Solma Noktası	cm ³ cm ⁻³	5.28	27.22	11.67	4.28	36.71	1.49	2.40
Yar. Su	cm ³ cm ⁻³	4.81	14.12	9.45	1.85	19.54	-0.17	0.08
Su Dol. Göz. H.		35.52	98.63	76.85	12.25	15.94	-0.38	-0.08

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 800 ile 1000 m rakımları arasında ki toprakların kum %18.1 ile %89.7 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise %44.96 dır. Kil değerleri ise en düşük %2.1 değeri ile en yüksek %61.1 arasında değişmiş olup ortalama kil değeri ise 28.04 olarak belirlenmiştir. Ortalama silt değeri 26.99 iken, silt değeri 8.2 ile 47.8 arasındadır. Bu çalışmada 800 ile 1000 metre rakımları arasında ki örneklerin hacim ağırlığı değeri en düşük 1.02 g cm⁻³ ile 1.98 g cm⁻³ arasında değişim göstermekte

ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.54 g cm^{-3} olarak Çizelge 4.15’de görülmektedir. Rutubet ve agregasyon indeksi değerleri sırasıyla en düşük 2.88 en yüksek 43.68 değeri arasında değişmiştir ortalama rutubet oranı ise 14.02 dir. Agregat stabilitesi ise %95.90 ile %36.99 arasında değişmiştir ortalaması ise %80.56 değerindedir. Tarla kapasitesi 10.09 cm cm^{-3} ile 39.33 cm cm^{-3} arasında değişirken ortalama değeri 21.11 cm cm^{-3} belirlenmiştir. Solma noktası en düşük $5.28 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ iken en yüksek 27.22 cm cm^{-3} olarak belirlenmiştir. Ortalama solma noktası değeri ise $11.67 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ dir. Yarayırlı su içeriği özelliğinin en düşük değeri 4.81 cm cm^{-3} ile en yüksek değeri 14.12 cm cm^{-3} değerini alırken ortalama değeri 9.45 cm cm^{-3} ’tir. SDGH ise 35.52 ile 98.63 arasında değişen değerler almıştır ortalama değeri 76.85 dir. Yüzde varyasyon değerlerine bakıldığında rutubet, solma noktası ve kil içeriği yüksek değişkenlik gösterirken, silt, kum, tarla kapasitesi, yarayırlı su içeriği, SDGH içerikleri orta derecede değişkenlik göstermektedir. Agregat stabilitesi ve hacim ağırlığı değeri ise az değişken olarak belirlenmektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. 1000m ile 1200m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=132	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	1001.07	1199.43	1106.67	53.77	4.85	-0.17	-1.06
Kum	%	21.0	76.6	48.20	12.10	25.10	0.17	-0.57
Kil	%	3.6	53.8	24.98	11.36	45.48	0.17	-0.60
Silt	%	12.3	49.5	26.80	6.68	24.94	0.66	0.70
Hacim Ağırlığı	g cm^{-3}	1.00	1.97	1.51	0.22	15.03	-0.01	-0.60
Rutubet	%	1.86	66.62	13.88	9.83	70.78	2.12	6.56
Agregat Stabilitesi	%	28.37	98.84	79.32	12.86	16.22	-0.91	1.28
Tarla Kapasitesi	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	10.97	41.61	21.32	5.65	26.50	0.75	0.86
Solma Noktası	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	5.91	27.24	11.65	4.29	36.84	1.29	1.34
Yar. Su	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	4.37	17.25	9.67	1.96	20.32	-0.14	1.72
Su Dol. Göz. H.		35.43	99.11	74.56	14.69	19.70	-0.32	-0.59

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 1000 ile 1200 m rakımları arasındaki topraklar da kum %21.9 ile %76.6 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise %48.20’dir. Kil en düşük %3.6 değeri ile en yüksek %53.8 arasında değişmiş olup ortalama değeri 24.98 olarak belirlenmiştir. Silt değeri ise 12.3 ile 49.5 arasındadır yapılan istatistik analizinde ortalama silt değeri olarak 26.80 belirlenmiştir. Bu çalışmada, hacim ağırlığı değeri en düşük 1.00 g cm^{-3} ile 1.97 g cm^{-3} arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.51 g cm^{-3} olarak Çizelge 4.16’ da görülmektedir. Rutubet değerleri en

düşük 1.86 en yüksek 66.62 arasında değerleri değişmiştir ortalama rutubet oranı ise 13.88 dir. Agregat stabilitesi ise %28.37 ile %98.84 arasında değişmiştir ortalaması ise %79.32'dir. Tarla kapasitesi en düşük $10.97 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile en yüksek $41.61 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerleri arasında değişirken ortalama $21.32 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerini almıştır. Solma noktası değerleri $5.91 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $27.24 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değiştiği ortalama $11.65 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değeri aldığı belirlenmiştir. Yarayıslı su içeriği ve SDGH özellikleri ise sırasıyla en düşük $4.37 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $35.43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ iken en yüksek değerleri $17.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $99.11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişmiştir. Ortalama değerler ise $9.67 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $74.56 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Varyasyon katsayısı değerleri göz önüne alındığında solma noktası, kil ve rutubet parametreleri yüksek değişkenlik gösterirken agregat stabilitesi, kum, silt, tarla kapasitesi, yarayıslı su içeriği ve SDGH gibi parametreler orta derecede değişkenlik göstermektedir. Hacim ağırlığı değeri ise %15 ile sınır değerdedir ve az dağılım göstermektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.17. 1200m ile 1400m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=99	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	1200.73	1399.50	1290.56	55.66	4.31	0.24	-1.02
Kum	%	27.8	92.8	53.12	12.80	24.10	0.65	0.87
Kil	%	0.6	44.4	20.26	9.91	48.90	0.09	-0.67
Silt	%	2.1	48.2	26.61	8.66	32.55	-0.21	0.96
Hacim Ağırlığı	g cm^{-3}	1.02	1.99	1.47	0.22	15.53	0.18	-0.35
Rutubet	%	2.46	57.59	14.55	9.87	67.85	1.66	3.63
Agregat Stabilitesi	%	36.82	98.40	80.65	12.65	15.69	-1.18	1.19
Tarla Kapasitesi	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	10.44	39.35	21.96	5.94	27.07	0.65	0.33
Solma Noktası	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	5.46	26.55	12.11	4.61	38.06	1.14	0.84
Yar. Su	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	4.34	15.87	9.86	2.11	21.38	0.17	0.79
Su Dol. Göz. H.		39.07	99.71	72.48	12.98	17.90	0.01	-0.41

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 1200 ile 1400m rakımları arasındaki toprak örnekleri çizelge 4.17'de kum %27.8 ile %92.8 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise 53.12'dir (Çizelge 4.17). İstatistik analizine göre kil değerleri ise %0.6 ile %44.4 arasında değişmiş ve ortalama değeri 20.26 olarak belirlenmiştir. Toprakların silt değeri ise 2.1 ile 48.2 arasındadır ortalama silt değeri ise 26.61 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada toprak örneklerinin fiziksel özelliklerinden hacim ağırlığı değeri en düşük 1.02 g cm^{-3} ile 1.99 g cm^{-3} arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.47 g cm^{-3} olarak Çizelge 4.17'de görülmektedir. Rutubet ve agregasyon indeksi

değerleri sırasıyla en düşük 2.46 en yüksek 57.59 değeri arasında değişmiş ve ortalama rutubet oranı ise 14.55 dir. Agregat stabilitesi ise %36.82 ile %98.40 arasında değişmiş ve ortalaması ise %80.65'dir. Tarla kapasitesi değeri $10.4 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile $39.35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişirken ortalama olarak $21.96 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerini almıştır. Solma noktası en düşük 5.46 ile en yüksek 26.55 değerini aldığı belirlenmiştir. Ortalama değeri $12.11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ dir. Yarayırlı su içeriği ise en düşük $4.34 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ile en yüksek $15.87 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişmektedir. Ortalama yarayırlı su içeriği ise $9.86 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ dir. SDGH 39.07 ile 99.71 arasında değişen değerler alırken ortalama SDGH ise 72.48'dir. Çizelge 4.17'teki yüzde varyasyon indeksi değerlerine bakıldığında fiziksel özelliklerin tüm rakımlarındaki istatistik analizler gibi kil ve rutubet, solma noktası değerleri 36'dan yüksek olduğu için yüksek değişkenlik gösterirken silt ve kum, Tarla kapasitesi, yarayırlı su içeriği ve SDGH değerleri ise orta derecede değişkenlik göstermektedir. Hacim ağırlığı ve agregat stabilitesi değerleri ise az değişkenlikle orta değişkenlik arasında %15'lik sınırı çok az geçmektedir.

Çizelge 4.18. 1400m ile 1988m arasında yer alan toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=39	Birim	En Küçük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	*CV %	Yatıklık	Basıklık
Rakım	m	1409.35	1899.53	1572.05	126.27	8.03	0.72	-0.03
Kum	%	36.2	84.1	58.59	10.62	18.12	0.37	0.11
Kil	%	3.5	30.6	11.97	6.87	57.45	0.65	-0.24
Silt	%	12.4	49.5	29.45	7.55	25.64	0.34	0.76
Hacim Ağırlığı	g cm^{-3}	1.00	1.89	1.45	0.27	18.62	-0.16	-1.19
Rutubet	%	5.29	46.65	15.15	8.99	59.31	1.59	2.97
Agregat Stabilitesi	%	34.90	98.73	81.55	14.97	18.35	-1.24	1.39
Tarla Kapasitesi	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	13.99	39.11	22.11	5.46	24.69	0.98	1.58
Solma Noktası	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	6.57	25.12	12.20	4.25	34.80	1.27	1.57
Yar. Su	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	5.21	16.15	9.90	2.10	21.15	0.39	1.41
Su Dol. Göz. H.		38.08	96.40	71.88	18.36	25.55	-0.64	-0.85

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanımızın 1400 ile 1988 m rakımları arasındaki toprak örneklerinin fiziksel özellikleri üzerine yapılan tanımlayıcı istatistiklere göre Çizelge 4.18'de kum %36.2 ile %84.1 arasında değişim göstermektedir ortalama kum değeri ise 58.59 olarak belirlenmiştir. Kil değerleri ise %3.5 ile %30.6 arasında değişmiş ortalama değeri 11.97 olarak belirlenmiştir. Silt değeri ise 12.4 ile 49.5 arasındadır ortalama silt 29.45 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada alınan toprakların hacim ağırlığı değeri en düşük 1.00 g cm^{-3} ile 1.89 g cm^{-3} arasında değişim göstermekte ve ortalama hacim ağırlığı değeri 1.45 g

cm⁻³ olarak çizelge 4.18'de görülmektedir. Rutubet en düşük 5.29 en yüksek 46.65 belirlenirken ortalama rutubet oranı ise 15.15 dir.

Agregat stabilitesi ise en yüksek 98.73 en düşük 34.90 arasında değişmiştir ortalaması ise 81.55 değeri bulunmuştur. Tarla kapasitesi değerleri en düşük 13.99 cm³ cm⁻³ ile en yüksek 39.11 cm³ cm⁻³ arasında değişirken ortalama tarla kapasitesi 22.11 cm³ cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Solma noktası en düşük 6.57 cm³ cm⁻³ ile en yüksek 25.12 cm³ cm⁻³ değerini almıştır. Ortalama solma noktası 12.20 cm³ cm⁻³ dir. Yarayışlı su içeriği ve SDGH değerleri sırayla en düşük 5.21 cm³ cm⁻³ ile 38.08 cm³ cm⁻³ en yüksek 16.15 cm³ cm⁻³ ile 96.40 cm³ cm⁻³ arasında değişmiştir. Ortalamalar yarayışlı su içeriğinde 9.90 cm³ cm⁻³ iken SDGH ise 71.88 olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin yüzde varyasyon katsayıları değerlendirildiğinde kil ve rutubet yüksek değişkenli göstermekte, silt, kum, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği ve SDGH ise orta derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.18).

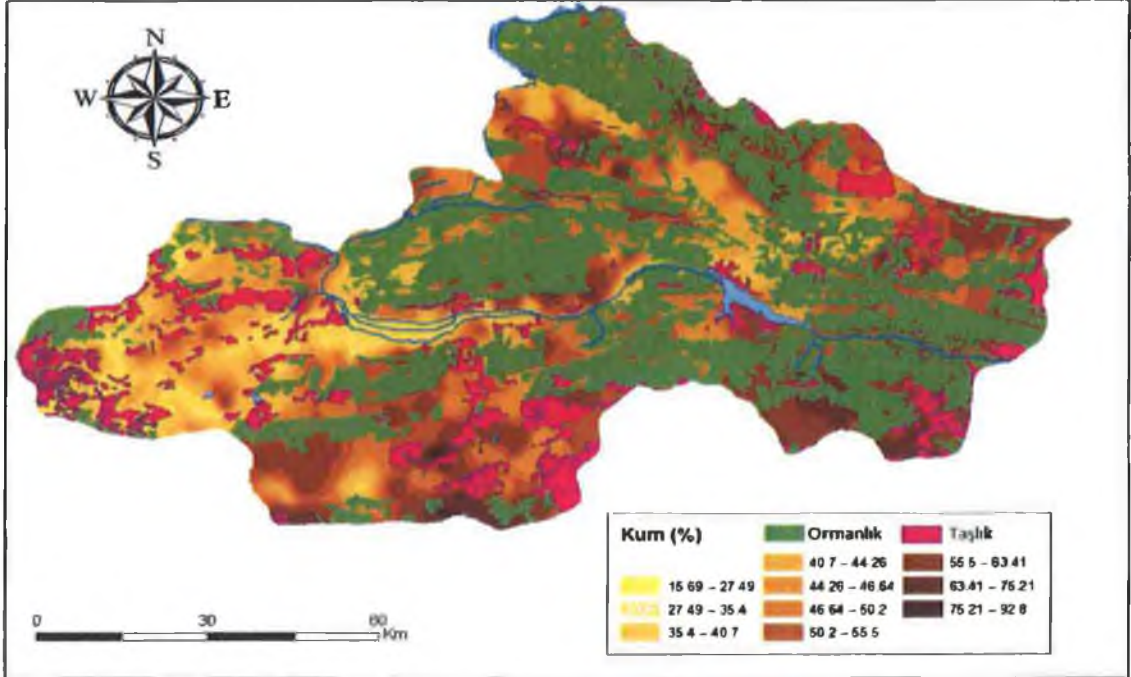
4.2. Çalışma Alanı Toprak Özelliklerinin Mesafeye Bağlı Dağılımları

Çalışma alanında örneklenen 578 noktaya ait toprakların özelliklerinin mesafeye bağlı dağılımları jeostatistiksel yöntemlerle modellenmiş, en uygun semivaryogram modeli seçildikten sonra krigleme yöntemi ile özelliklerin alansal dağılımları haritalanmıştır. Şekil 4.11 ile 4.30 arasında bu özelliklere ait dağılım haritaları verilmiştir.

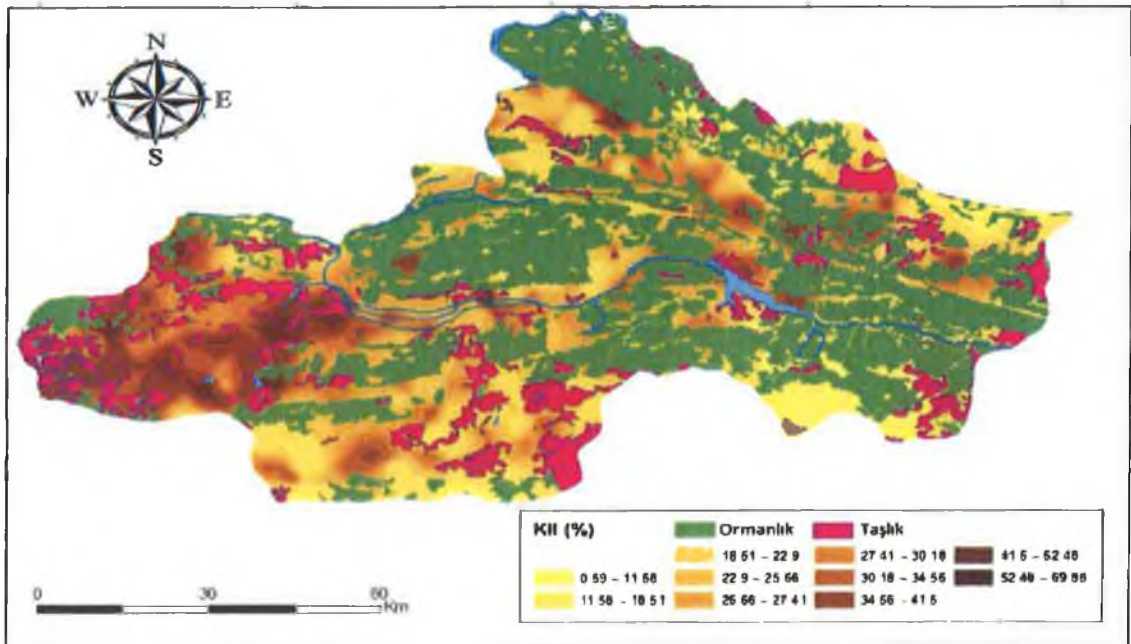
Toprakların tekstürü nem, besin elementi durumu ve havalanma gibi birçok toprak özelliğini etkilediği gibi besin elementlerinin tutulması, su tutma kapasitesi, sıkışma ve aşınma gibi özellikler toprağın bünyesiyle doğru orantılıdır. Kaba bünyeli toprakların varlığı çölleşme arazi bozulması ve erozyonun belirtileri arasındadır (Parlak, 2009).

Çalışma alanında kum içeriği yüksek olan arazilerin genelde ilin güneydoğusunda Almus-Reşadiye ilçeleri arasında, Niksar ilçesinin kuzeyinde ve Sulusaray ile Yeşilyurt ilçeleri sınırlarında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.11.). Kum içeriğinin yüksek olması, düşük kation değişim ve su tutma kapasitelerine neden olduğundan toprakların tarımsal üretim potansiyellerinin de önemli düzeyde düşmesine neden olmaktadır. Kil içeriğinin yüksek olduğu topraklar ise ilin güney batısında Pazar ile Zile

ilçeleri arasında yer almaktadır. Niksar ve Başçiftlik ilçeleri arasında da toprakların kil içeriklerinin %40 civarında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Çalışma alanı topraklarının % kum içeriğinin alansal değişkenliği

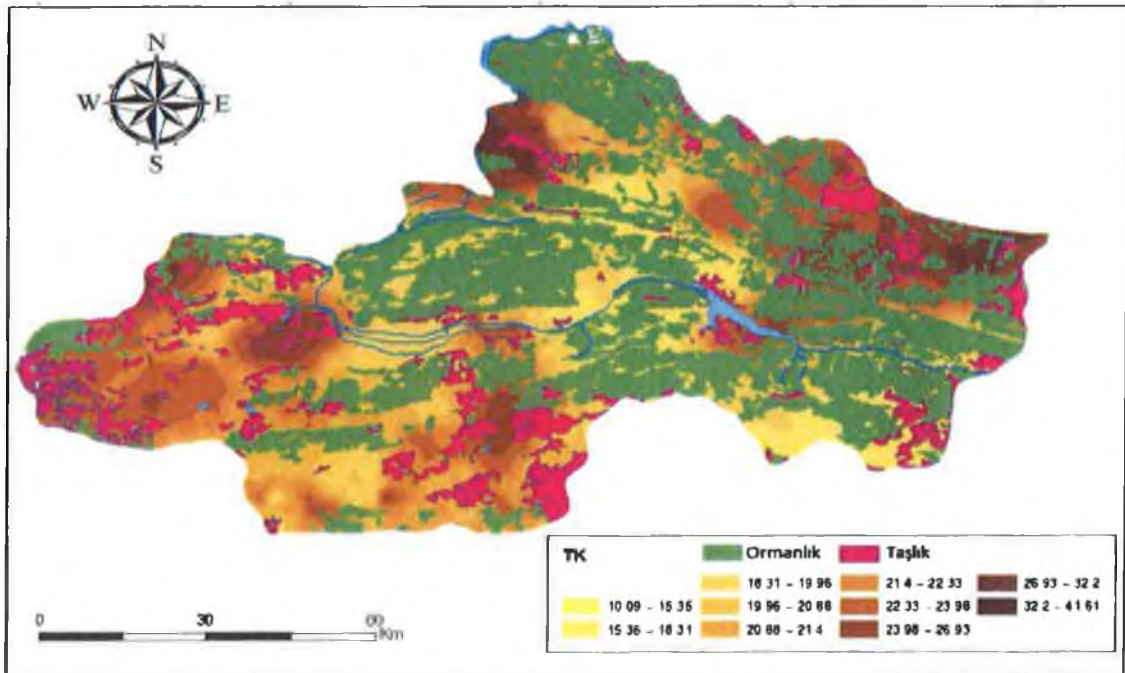


Şekil 4.12. Çalışma alanı topraklarının % kil içeriğinin alansal değişkenliği

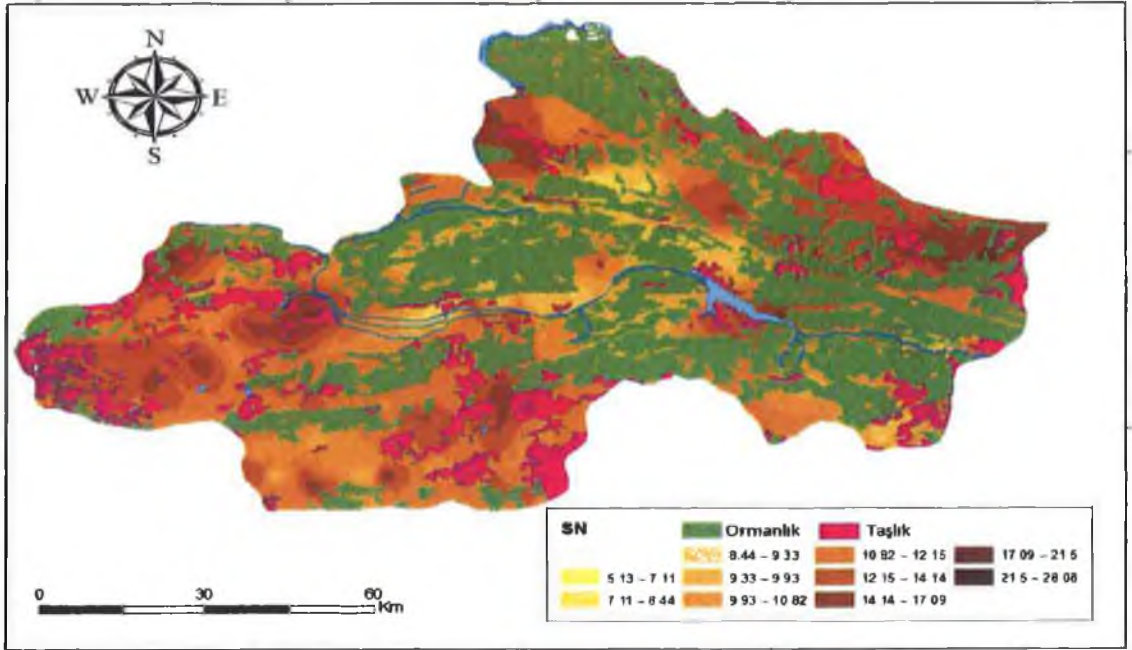
Çölleşme sürecinde toprak nemi, buharlaşma, infiltrasyon gibi toprak hidrolojik işlemleri için önemli bir değişkendir ve toprak, iklim ve bitkiyi içeren kompleks interaksiyonlar ile kontrol edilir (Puma ve ark., 2005). Bitkilerin büyümesi toprakta

tutulabilir yarayışlı suyun durumuna bağıdır (Baver, 1961). Kurak ve yarı kurak alanlarda toprak nemi, bitki büyümesi için suyun alınımı ve kuraklık sürecinin izlenmesinde kullanılabilir (Hymer ve ark., 2000). Tarla şartlarında ortalama 1/3 atm'e karşılık gelen basınç altında toprağın tutabildiği su miktarına tarla kapasitesi denir. Tarla kapasitesini yerçekimi, topraktaki farklı çekim güçleri, bünye ve topraklardaki boşluk miktarı etkiler, Solma noktası ise toprak daneleri tarafından 15 atm'de tutulan nem içeriği olarak tanımlanmaktadır. Tarla kapasitesi ve solma noktası ağır bünyeli topraklar için yüksek, hafif bünyeli topraklarda düşük değerler almaktadır (İpek, 2006). Tarla kapasitesi ve solma noktası arasında tutulan ve yarayışlı nem içeriği olarak tanımlanan su miktarı bitki gelişimi için önemli olduğundan arazi bozulması ve çölleşme sürecinin izlenmesinde indikatörler arasında yer almaktadır.

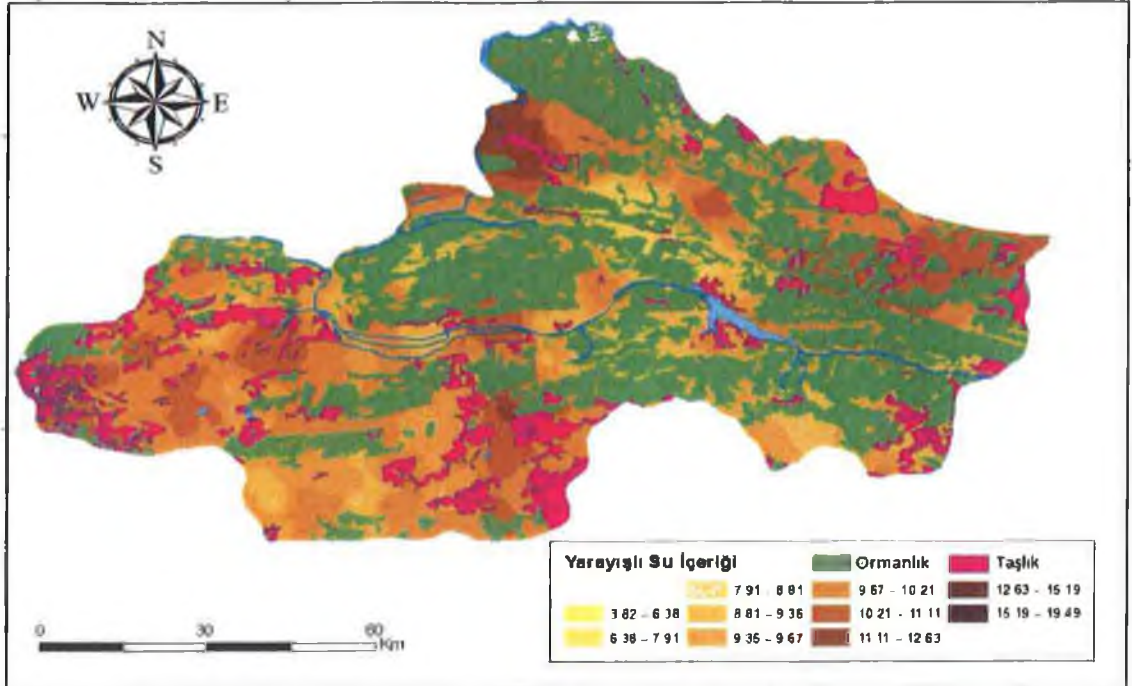
Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi nem içeriklerinin belirli bir dağılım deseni oluşturmadığı görülmekle birlikte çalışma alanında %18 ile %24 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.13). Daimi solma noktası nem içeriğinde tutulan nem miktarı en düşük olan araziler Turhal Sulusaray arasında bir hat ile Reşadiye merkezinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi içeriğinin alansal değişkenliği



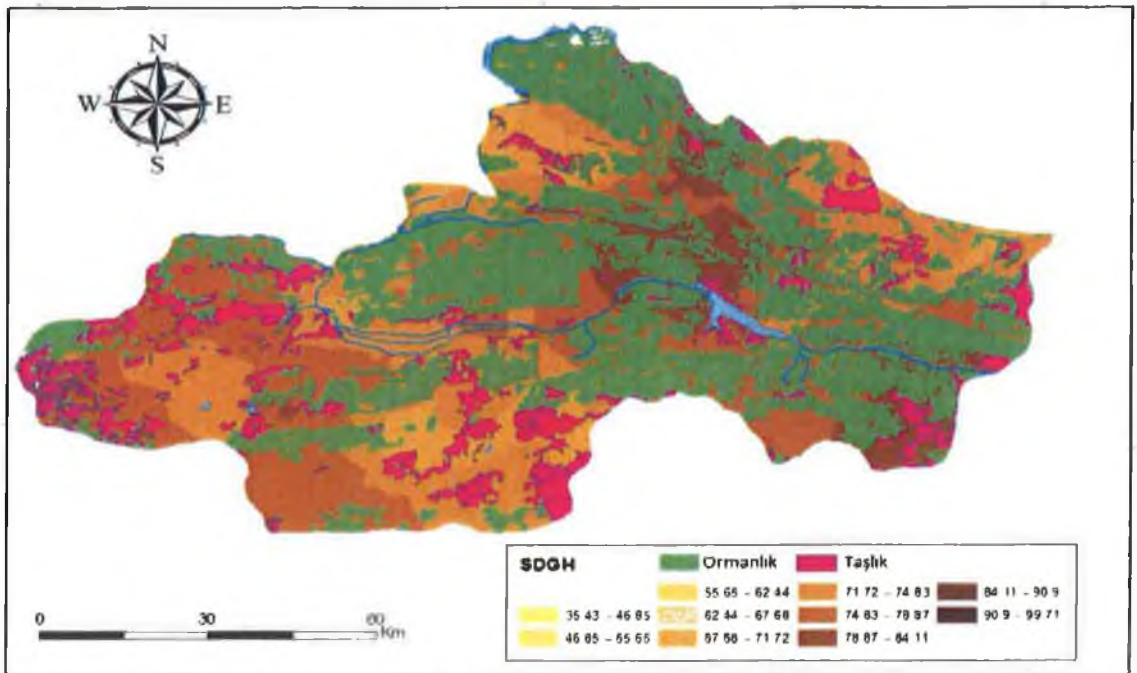
Şekil 4.14. Çalışma alanı topraklarının solma noktası nem içeriğinin alansal değişkenliği



Şekil 4.15. Çalışma alanı topraklarının yaraysılı su içeriğinin alansal değişkenliği

Toprakta hidrolik özelliklerin bozulması, toprağa infiltre olan ve toprakta depolanan su miktarlarının azalmasına ve yüzey akışının artmasıyla erozyonun şiddetlenmesine sebep olmaktadır (Miller ve Donahue, 1995). Bitkiler su yardımıyla toprak çözeltisinde kullanılabilir halde bulunan besin elementlerini kökleri ile alabilirler. Alınan besin elementlerini organik maddeye dönüştürmesi, taşıyabilmesi,

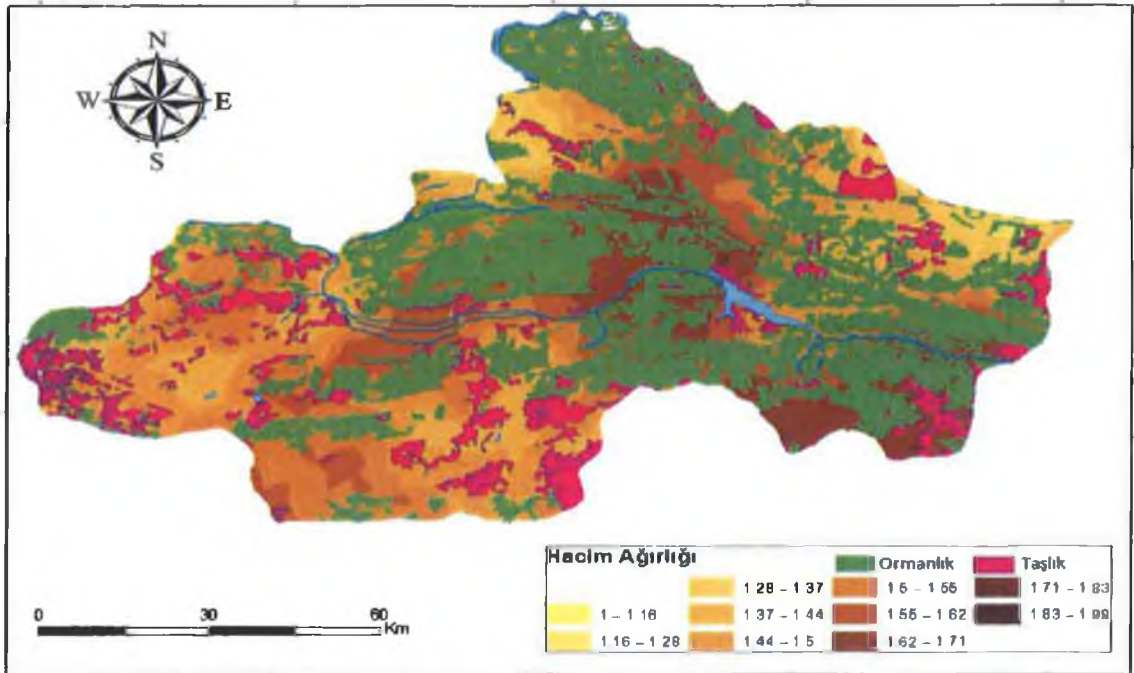
parçalayabilmesi, fotosentez yapabilmesi ve hücrelerin birçok fonksiyonu yerine getirebilmeleri için gereken turgor basıncının gerçekleşmesinde de suya ihtiyaç duyarlar (Çepel, 1993). Çölleşmenin belirlenmesinde yağmur ve sulama suyu ile toprağa giren su miktarının ve su dolu gözenek hacminin belirlenmesi kadar evaporasyon, transpirasyon, drenaj, yüzey akışı gibi etmenlerle topraktan uzaklaşan suyun miktarının belirlenmesi de önemlidir (Yeşilsoy, 2002). Çalışma alanında, yarayışlı su içeriği %3.8 ile %19.5 arasında değişim göstermektedir. Zile ilçesinin kuzey ve kuzey batısında, Tokat merkezin güney doğu ve kuzey batısındaki arazilerde, Başçiftlik ilçe merkezi ile güney doğu ve kuzey batısındaki alanda Reşadiye ilçesinin güney kesimlerinde yarayışlı su içeriği yüksektir. Bununla birlikte, Reşadiye merkez, Niksar ilçesinin güney batı kesimleri, Erbaa ilçesinin kuzey doğu ile Pazar ilçesinin kuzeyinde yarayışlı su içeriği %3.8 ile %7.9 arasında değişim göstermektedir (Şekil 4.15). Su dolu gözenek hacmi ise çalışma alanı genelinde yüksek iken Zile ilçesi Kuzey kesimleri ve kuzey batısı ile Erbaa ilçesi kuzey batı kesimleri ve Başçiftlik ilçesi güney doğu kesimlerinde %67 den düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çalışma alanı topraklarının su dolu gözenek hacmi (SDGH)'nin alansal değişkenliği

Tarım alet ekipmanlarının uyguladığı basınç ile toprakta meydana gelen sıkışma belirli bir tarla içerisinde dahi hacim ağırlığında önemli değişimler gözlemlenebilir

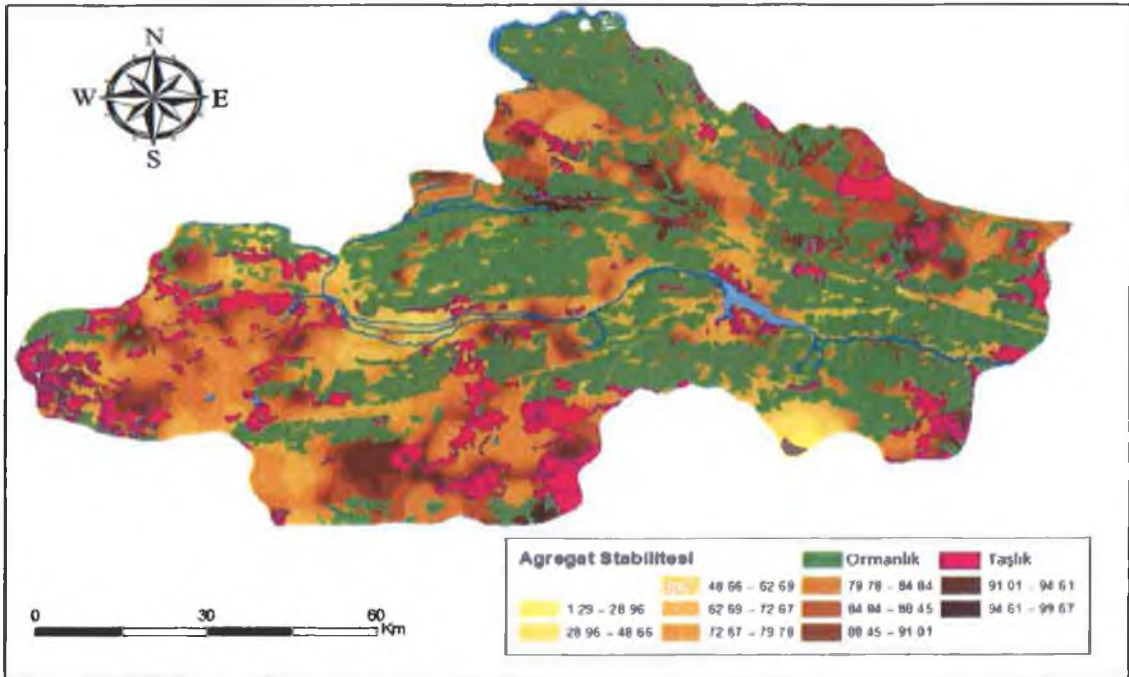
(Keçecioglu ve Gülsoylu, 2002). Sıkışma ile birlikte porozite azaldığından toprak nemi. Havalanması, sıcaklığı ve kök penetrasyon direnci olumsuz etkilenmektedir (Kayhan ve ark., 2013). Çalışma alanında hacim ağırlığı Tokat ilinin kuzey bölgesi ile Reşadiye ilçesinin güneyinde batısında yüksek düzeylerde. İlin kuzey doğusunda Niksar ve Başçiftlik ilçelerinin güney batısında ve Reşadiye ilçesinin güneyinde 1.62 ile 1.83 g cm⁻³ arasında değiştiği görülmektedir. Zile ve Pazar ilçelerinin kuzey doğusu ile Sulusaray ilçesinin kuzey batısında da kısmen yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.17). Erbaa ilçesi güney batısı ile Tokat ili ve Turhal ilçesinin güneyi ve Reşadiye ilçesinin kuzey doğusunda hacim ağırlığı düşüktür.



Şekil 4.17. Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığının alansal değişkenliği

Çalışma alanında topraklarının agregatlarının dayanıklılığı bozulma sürecine olan dirençlerini gösteren önemli bir fiziksel özelliktir. De Ploey ve Poesen (1985) agregat stabilitesi yüzey toprağının hidrolojisini, kabuklanmasını ve erozyona uğramasını etkileyen en önemli toprak özelliğidir. Agregat stabilitesi, suyun depolanması ve boşluklar arasındaki hareketini, havalanmayı, erozyonu, bitki gelişimini etkiler. Amezketa (1999)'a göre yüksek agregat stabilitesi toprak bozulması ve erozyondan kaynaklanan çevre kirliliğinde de önemli bir rol oynar. Toprak organik maddesi ve SAR oranı topraklarda agregat stabilitesini etkilemektedir. Çalışma alanında agregat stabilitesi, Erbaa ilçesinin güney kesimi ile Niksar merkez arasında, Başçiftlik ilçesi ile

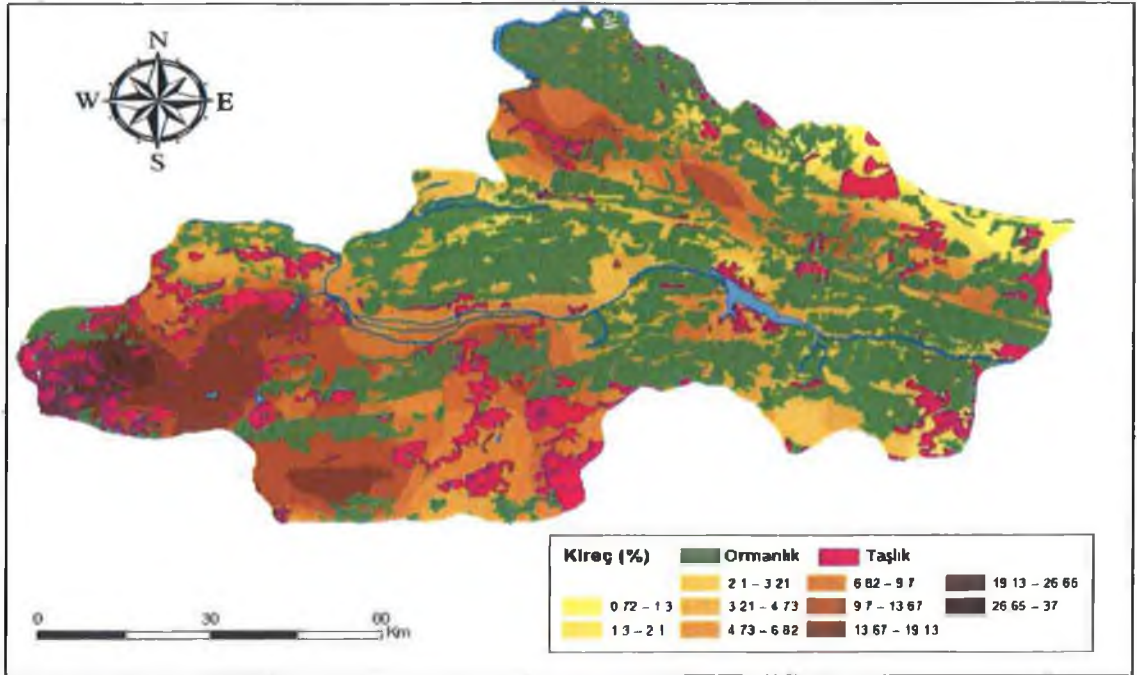
Reşadiye ilçesinin kuzey kesimlerinde ve Artova, Sulusaray, Yeşilyurt ilçeleri arasındaki bölgede %79 ile %91 arasında değişmektedir. Turhal ve Pazar ilçeleri ile Almus ve Reşadiye ilçelerinin güney kesiminde %29 ile %48 arasında değişmektedir (Şekil 4.18). Topraktaki dayanıklı agregatların yüzdesi ve hacim ağırlığının değeri bozulma riski yüksek olan alanlarda erozyona dayanıklılığın göstergesi olan önemli bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Guerrero ve ark., 2001). Buna göre agregat dayanıklılığının nispeten daha düşük olduğu sahalarda, agregat dayanıklılığını artırıcı uygulamaların teşvik edilmesi ve adaptasyonu bozulmanın önlenmesi adına oldukça önemlidir.



Şekil 4.18. Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesinin alansal değişkenliği

Çölleşmeye hassas alanların belirlenmesinde çölleşme için önemli faktörler olarak kabul edilen kireç içeriği, yağış ve ana materyal gibi diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Toprakların birçoğunun doğal bileşeni olarak kabul edilen CaCO_3 miktarının artmasında ana materyal ve gübrelemenin etkisinin olduğu bilinmektedir (Al-Kaysi, 1989). Topraklarda pH, kireç tarafından kontrol edilirken kireç içeriğinin yüksek olması çözülebilir metal içeriğini düşürdüğü için alınabilir besin elementi içeriğini de azaltmaktadır (Güneş ve ark., 2002; Hamid, 2009). Kireç içerikleri yüksek topraklarda pH genelde 7.0'nin üzerindedir. Toprakta sodyum tuzlarının artmasıyla pH 9.0'un üzerine çıkmaktadır.

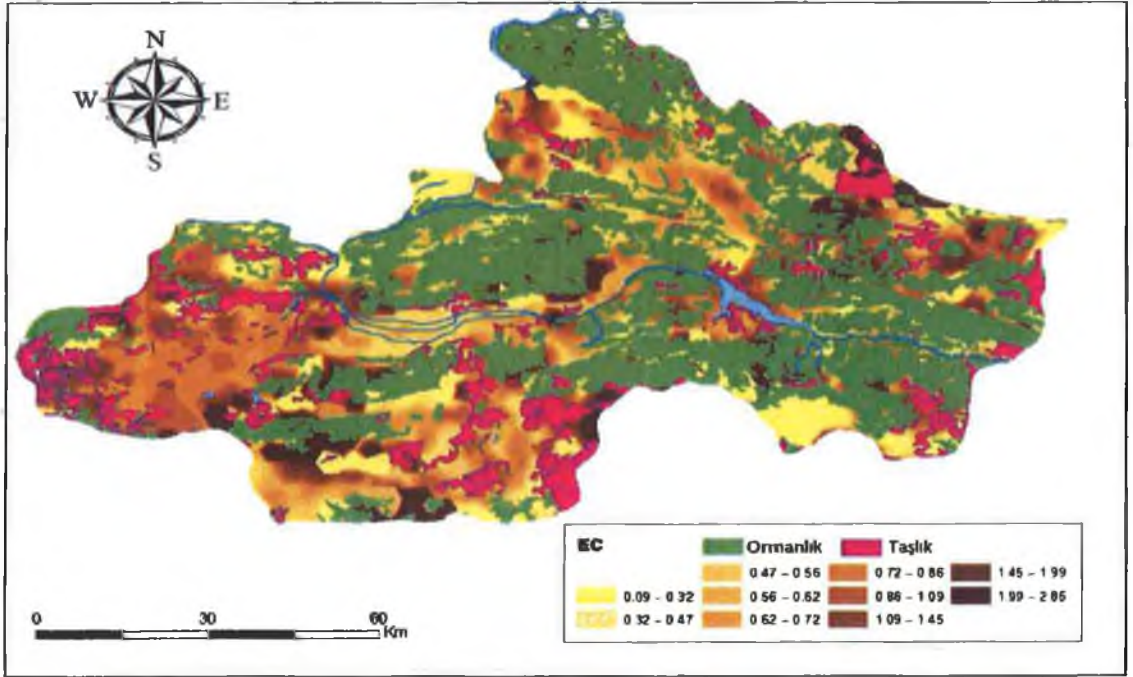
Kurak ve yarı kurak alanlarda özellikle sulamanın yapıldığı alanlarda toprakların önemli düzeyde fonksiyon göstermesini etkilediği bilinen kireç içeriği çalışma alanında Zile ilçesinin kuzeyinde çok yoğunlaşmışken, Zile, Pazar, Artova, Sulusaray ilçeleri arasında bu yoğunluk azalarak devam etmektedir (Şekil. 4.19). Erba ilçesinin kuzey batısında da kireç içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Kireç içeriği ana materyalden kaynaklanmaktadır ve toprak profili içerisindeki konsantrasyon yağışın miktarı ile birlikte yıkanmanın da etkisi ile değişkenlik göstermektedir. Tokat merkez ve ilçe merkezlerinde yer alan tarım arazilerinde kireç içeriği diğer alanlara göre daha yüksek görülmektedir.



Şekil 4.19. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriğinin alansal değişkenliği

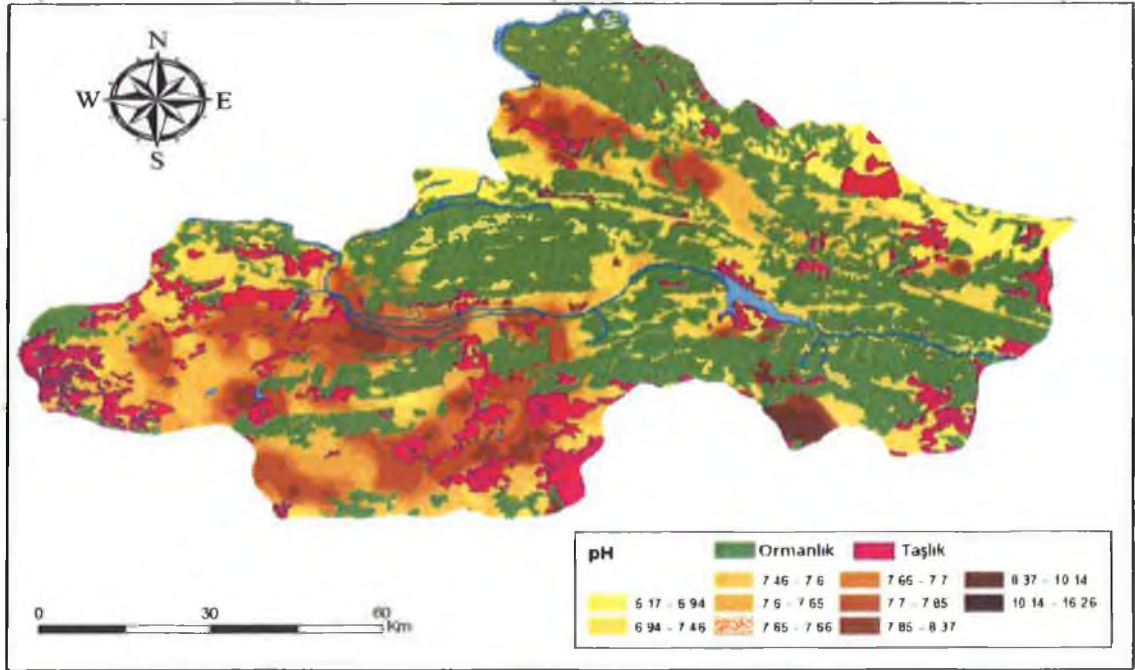
Kurak ve yarı kurak alanlarda yağışın azalması, drenaj sistemlerinin eksikliği, uygulanan sulama sularının tuz içeriği neticesinde ortaya çıkan toprak tuzluluğu vejetasyon için olumsuz etkiler yapmakta ve toprakların fonksiyon gösterme özelliğini ve toprak kalitesini bozarak bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Genelde kurak ve yarı kurak iklimlerde yer alan arazilerin bozulmasının temel nedeni olan tuzluluğun tüm dünyada yaklaşık 831 milyon ha araziye etkilediği rapor edilmektedir (Beltran ve Manzur, 2005). Çalışma alanı her ne kadar yarı kurak bir iklim kuşağında yer alıyor olsada örnekleme noktaları içerisinde elektriksel iletkenliğin sorun oluşturacak sınırlar içerisinde olmadığı görülmüştür. Çalışma alanının güney-batı

ucunda kil içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde EC'nin bir miktar yüksek olması hafif tuzluluğa işaret etmekte ise de genel anlamda tuzluluk ile ilgili önemli bir sorun olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil. 4.20).



Şekil 4.20. Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin alansal değişkenliği

Örnekleme yapılan noktaların rakımlarının 192 m ile 1899 m arasında değişmesi, arazilerin farklı miktarlarda yağış almasına da neden olmaktadır. Yağış ile birlikte ana materyalin ve tarımsal uygulamalarında çok büyük değişkenlik gösteriyor olması, toprak pH'sının değişkenliğine yol açmaktadır. Çalışma alanının özellikle Karadeniz'e sınır olan Erbaa-Reşadiye hattında pH'nın düşük olması temelde yağışın yüksekliği ile ilişkilidir. Turhal-Erbaa arasında yüksek arazilerde de fazla yağış ile birlikte toprak pH'sının 7.0'nin altında olduğu görülmektedir. İlin tarımsal üretim yapılan Kazova, Niksar Ovası ve Erbaa Ovasında ise pH'nın 8.0'in üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.21).



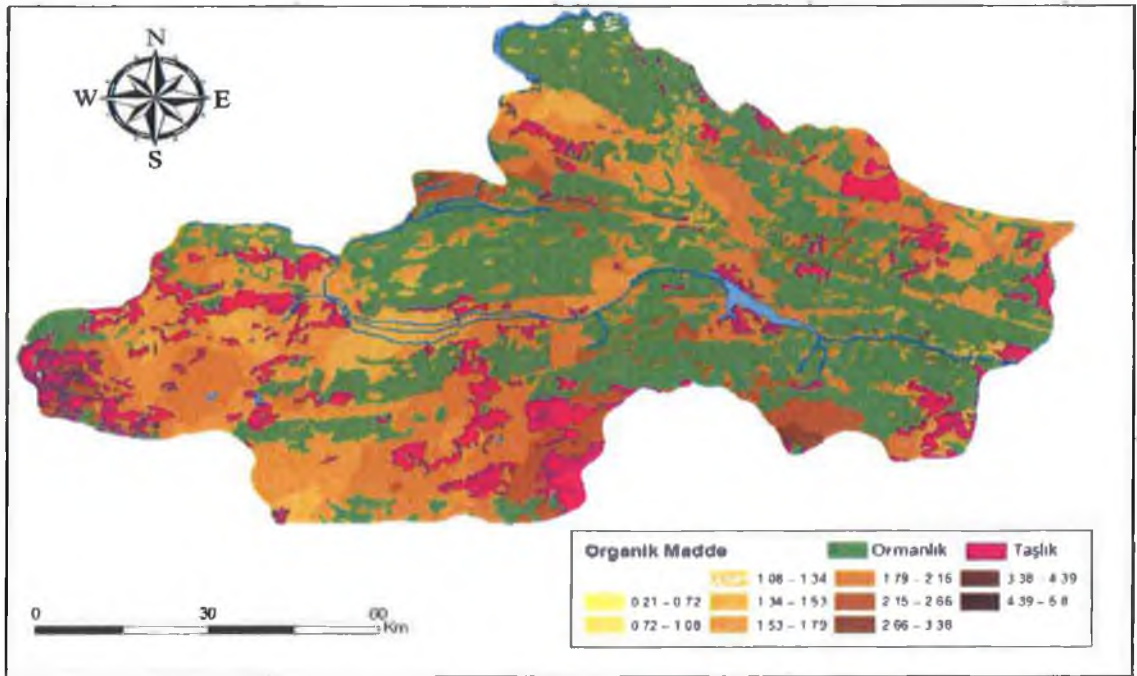
Şekil 4.21. Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinin alansal değişkenliği

Rüzgâr ve su ile toprağın taşınmasını engellemesi, tamponlama ve filtreme özelliği bitkiler ve mikro organizmalar için doğal yaşam kaynağı olması, atmosferdeki karbon için yutak olması gibi temel nedenlerden dolayı toprağın organik madde kapsamı arazi bozulması ve çölleşme çalışmalarında önemli bir indikatör olarak kabul edilmektedir. Organik madde, bitkinin büyümesi için besin kaynağı olduğu gibi suyun toprak içerisine girmesi ve profil boyunca hareket etmesi için gerekli olan kanalcıkların oluşmasında, yağmur sularıyla agregatların parçalanmaya karşı dirençli olmasına önemli rol oynayan bir bileşendir (Wysocki, 1988).

Toprak organik maddesi genellikle çürüyen bitki ve hayvan artıklarından oluşmaktadır. Toprağa organik madde ilavesi bireysel mineral parçacıkların yapışması ile sağlam ve kalıcı strüktür oluşumuna neden olmaktadır. Agregat oluşumu ile birlikte makro ve mikro gözenek sayısının artması neticesinde su ve besin elementi tutunmasını da arttırdığı ve hatta bazı topraklarda organik madde ilavesi ile su tutma kapasitesinin 20 katına kadar çıkabilmektedir (Reicosky, 2005). Hudson (1994) toprak organik maddesinin her %1'lik artışı, toprakta mevcut su tutma kapasitesini 3.7 oranında arttırmaktadır.

Farklı amenajman altındaki toprakların organik madde içeriği genellikle bitki örtüsünün azaltılması veya yok edilmesi ve toprağın işlenmesi ile hızlı bir şekilde

azalmaktadır. Bunun yanı sıra organik madde topraklar da birçok etmene bağlı olarak azalır. Özellikle bölgenin sıcaklığı, yağış durumu, toprak işleme metotları, tekstür ve drenaj bu etmenlerden bazılarıdır. Toprak verimliliğinde organik madde düzeyinin göz ardı edilemeyecek bir önemi olduğu bilinmektedir. Çalışmanın yapıldığı Tokat ili genelinde organik madde %0.21 ile %5.80 arasında değişim gösterirken ortalama %1.83 değerindedir. Organik maddenin alansal değişikliğini gösterir haritasında da (Şekil 4.22) görüldüğü üzere tarım topraklarının genelinde organik madde içeriği çok az ile orta arasında değişkenlik göstermektedir.



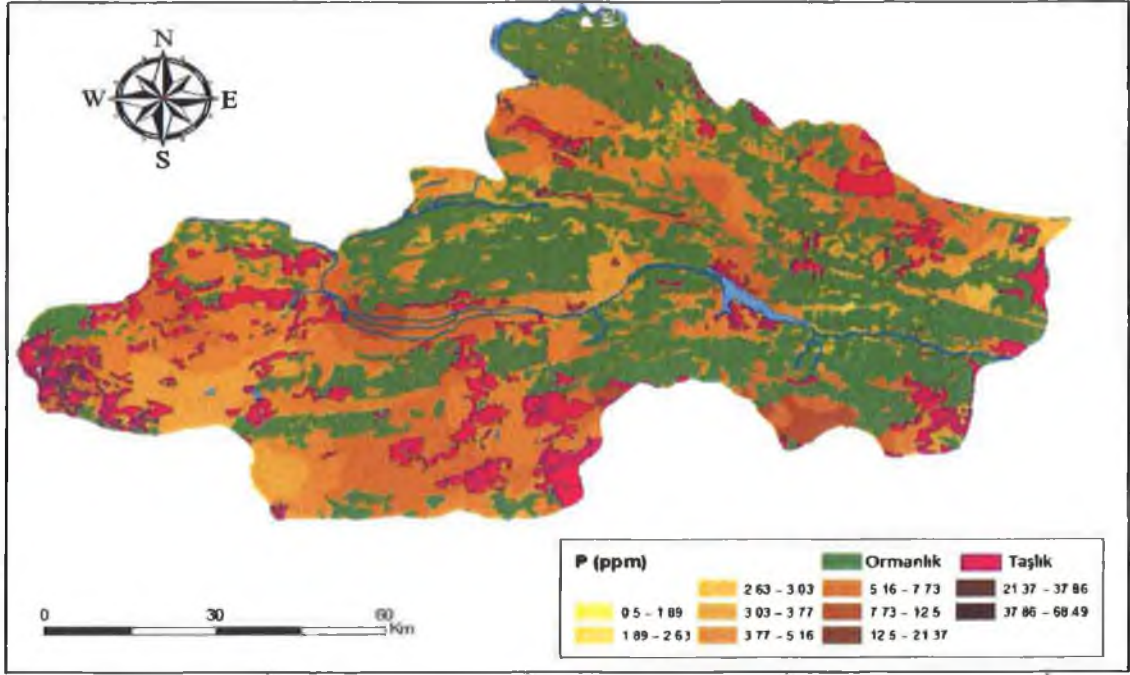
Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarının organik madde içeriğinin alansal değişikliğı

Topraklarda bitki için en önemli besin elementlerinden biri fosfordur ve topraklarda farklı miktarlarda olması toprağın oluştuğu ana materyal etkilerken, topraklarda bitkiye yararlı fosforu toprağın kireç oranı, demir ve alüminyum miktarı, organik madde miktarı, kil tipi ve miktarı etkilemektedir. Çalışma alanında MEDALUS modelinde çöleşmeye hassas alanlar belirlenirken MEDALUS modelinde aslında olmayan fakat çöleşme ve arazi bozulması için önemli bir parametre olduğu düşünülen bir diğer parametre yararlı fosfor (P_2O_5) konsantrasyonudur. Fosfor toprakta pek çok formda çeşitli süreçler ve döngülerin içinde görev alır. Bitkilerde büyüme ve çoğalma için fotosentezde enerji üretimi ve transferi gibi özellikleri etkilemesinde görev yapmaktadır (Elser ve ark., 2007). Ancak aşırı gübreleme ile toprakların fosforca

zenginleşmesi toprağın bir kısım fonksiyonlarını yeterince yerine getirmesine engel oluşturmaktadır. Toprakta oldukça hareketli olan ancak yağış ve sulama suyunun yanında erozyon ile su kütlelerine taşınan fosfor ötrifikasyona neden olarak sularında kalitelerinin bozulmasına yol açmaktadır (Bennett ve ark., 2001. Smith ve Schindler, 2009).

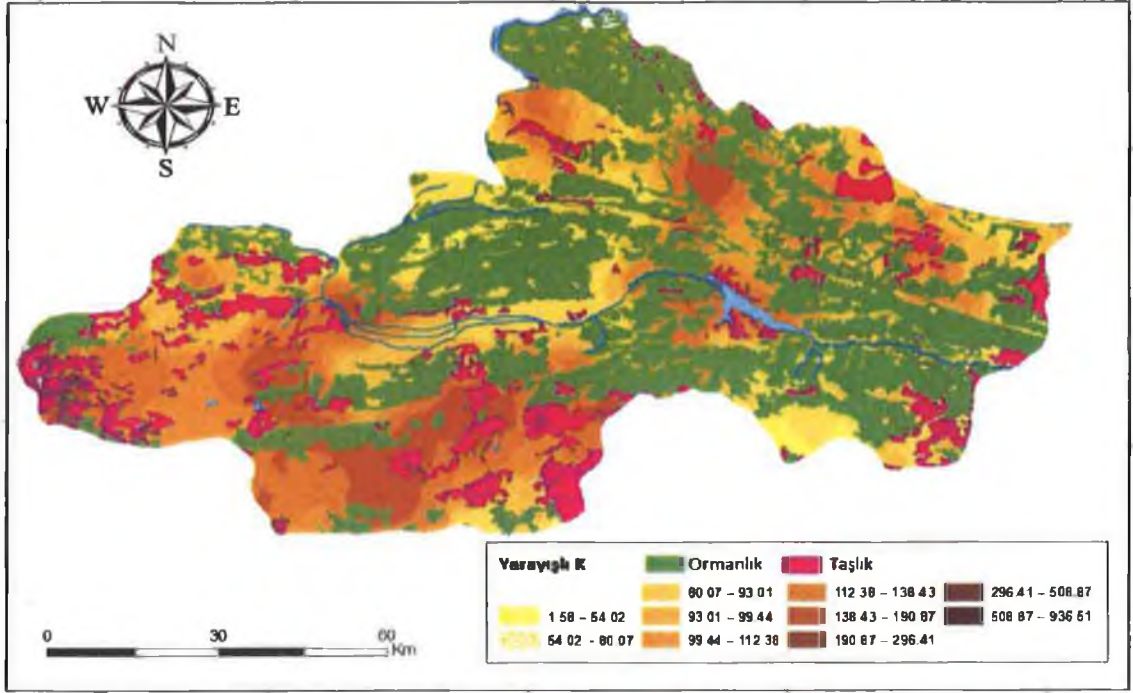
Topraktaki fosforun yarayırlılığı pH, kireç, EC, organik madde gibi birçok parametre tarafından etkilenmektedir. Fosforun toprakta kalsiyum fosfat, alüminyum oksit demir fosfat şeklinde çökelerek yarayırsız hale geçtiği bildirilmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yüksek pH, karbonat ve düşük organik madde içeriğinin olduğu topraklarda fosforun çökelerek yarayırlılığının azalmasına neden olduğunu belirtilmiştir (Braschi ve ark., 2003). Topraklara uygulanan fosforun büyük bir kısmı bu etmenlerden dolayı topraklarda çökelme veya fikse ya da adsorpsiyon yoluyla tutunmakta veya organik bileşiklerin bünyesine katıldığı için bitkilerin alamayacağı formlara dönüşmektedir. Türkiye topraklarının genel özelliklerinden dolayı bitkiye yarayırlı fosfor içeriği düşüktür (Eyüpoğlu, 1999). Tokat ilinde 6889 adet çiftçiye ait toprak örneğinin %53'ünde fosfor çok az ve az olarak belirlenmiştir (Tetik ve Oğuz, 2004).

Çalışmanın yapıldığı alanda yoğun tarım yapılan aşırı gübrelemenin olduğu alanların yanında meralar ve az da olsa ormanlık alanlar gibi farklı arazi kullanımının olduğu araziler yer almaktadır. Denizden yükseklik, ana materyal, farklı arazi kullanımı gibi etmenler çalışma alanı fosfor konsantrasyonunun değişkenliğine neden olmuştur. Özellikle gübrenmeyen alanlarda fosfor içeriğinin düşük olduğu tespit edilirken fosforlu gübrelemenin aşırı ve çok uzun süredir yapılması sonucu yüzey sularıyla fosforun taşınması ile ötrifikasyon olan alanlara da rastlanmıştır. Çalışma alanında yarayırlı fosfor 3.8 kg da^{-1} ile 12.5 kg da^{-1} arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Tokat ilinde genellikle yoğun tarım yapılan Kazova'yı da içerisine alarak Turhal ilçesinin güney kesimiyle Artova, Yeşilyurt ilçesinde. Tokat ilinin güney doğusunda, Almus ilçesinin Güney ve kuzeyiyle, Niksar ilçesinin güney batısında ve Zile ilçesinin doğu ve batı kesimlerinde fosfor konsantrasyonu 7.7 ile $12.5 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ arasında değiştiği ve diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.23).

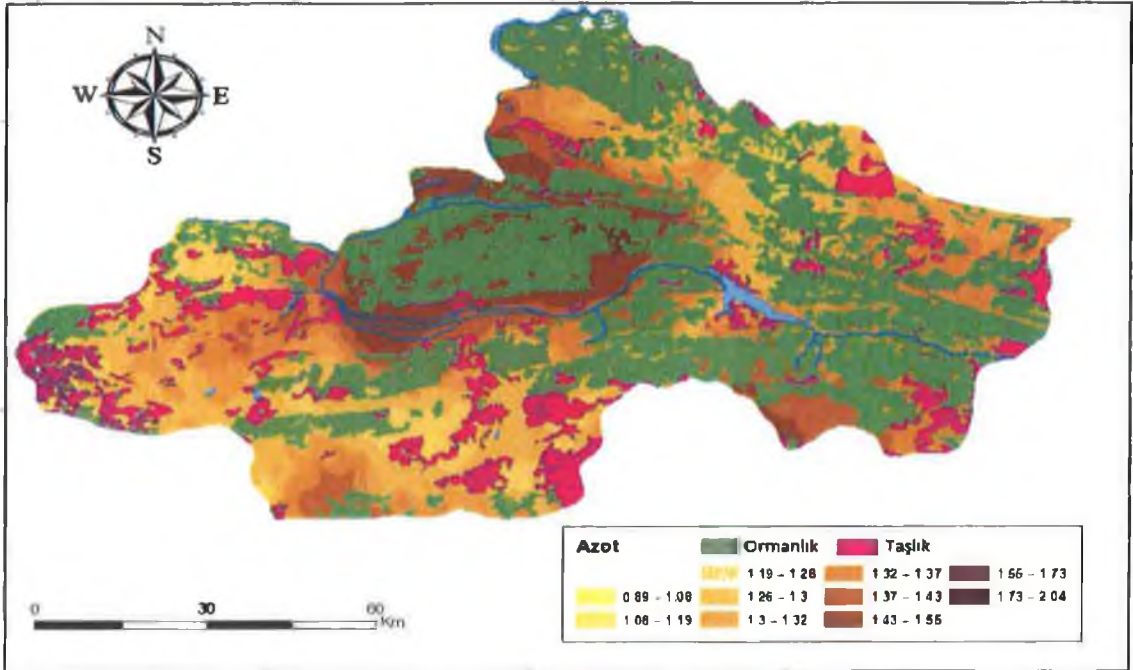


Şekil 4.23. Çalışma alanı topraklarının yarıyıllı fosfor konsantrasyonunun alansal değişkenliği

Bitki tüketiminin yanında bazı arazilerde yer alan kaba bünyeli topraklarda yıkanmadan dolayı potasyum bitki gelişimi için yeterli olmayabilir. Çalışma alanı topraklarının potasyumun alansal değişkenliğini gösterir haritasında da (Şekil 4.24) görüldüğü gibi potasyum konsantrasyonu oldukça değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanında yarıyıllı potasyumun bitki gelişimi için gerekli olan sınırların üzerinde bulunduğu alanlar olmasına rağmen önemli miktarda tarım arazisinde de yetiştiriciliği yapılan tarım ürünleri için potasyumlu gübreleme yapılması gerektiği görülmektedir. Artova ilçesi ve çevresinde Sulusaray ilçesinin güney doğu ve kuzey doğusunda Yeşilyurt ilçesi Güney batısında, Zile ilçesinin doğusunda ve batısında örneklenen tarım alanlarında, Turhal ilçesinin güneyinde, Niksar ilçesinin merkezinde potasyum konsantrasyonunun çok yüksek olduğu, diğer alanlarda ise $25.71 \text{ kg K}_2\text{O da}^{-1}$ ile $936.21 \text{ kg K}_2\text{O da}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir.



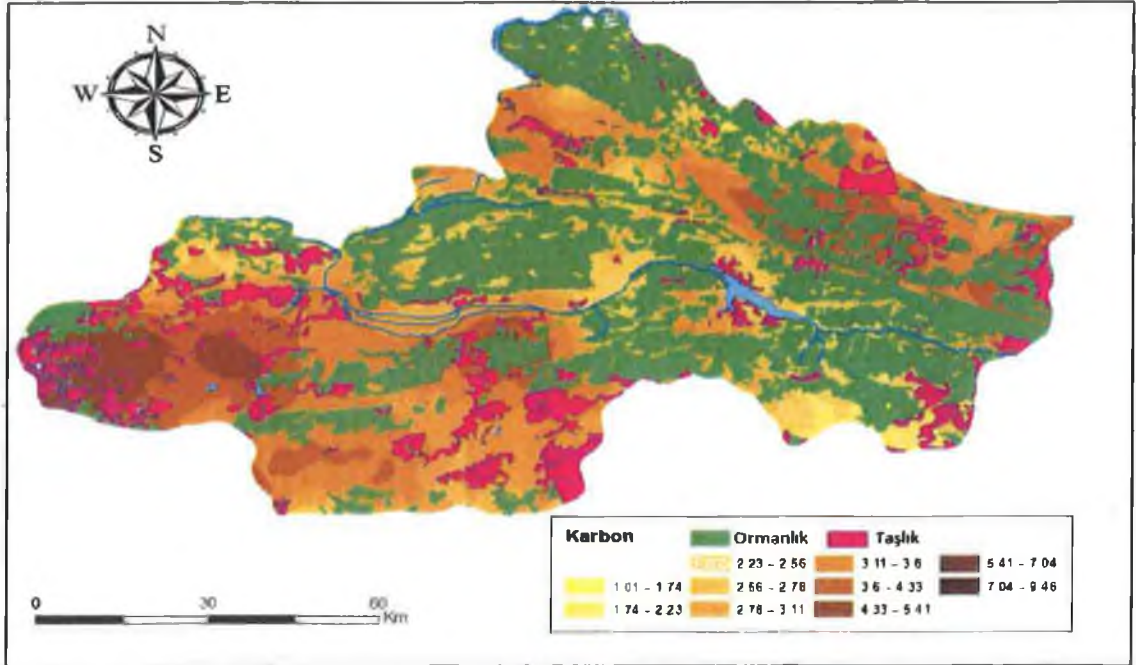
Şekil 4.24. Çalışma alanı topraklarının yarayıp potasyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği



Şekil 4.25. Çalışma alanı topraklarının toplam azot içeriğinin alansal değişkenliği

Topraklarda organik maddenin yarayıpılığını ve C ve N döngüsünü kontrol eden en önemli etken mikrobiyal aktivitedir. Topraklarda mikrobiyal aktiviteyi toprak sıcaklığı, nem durumu, organik madde içeriği, farklı toprak işleme yöntemleri etkilemektedir (McGill ve ark., 1986). Koçyiğit (2006), Tokat'ta yürütülen bir

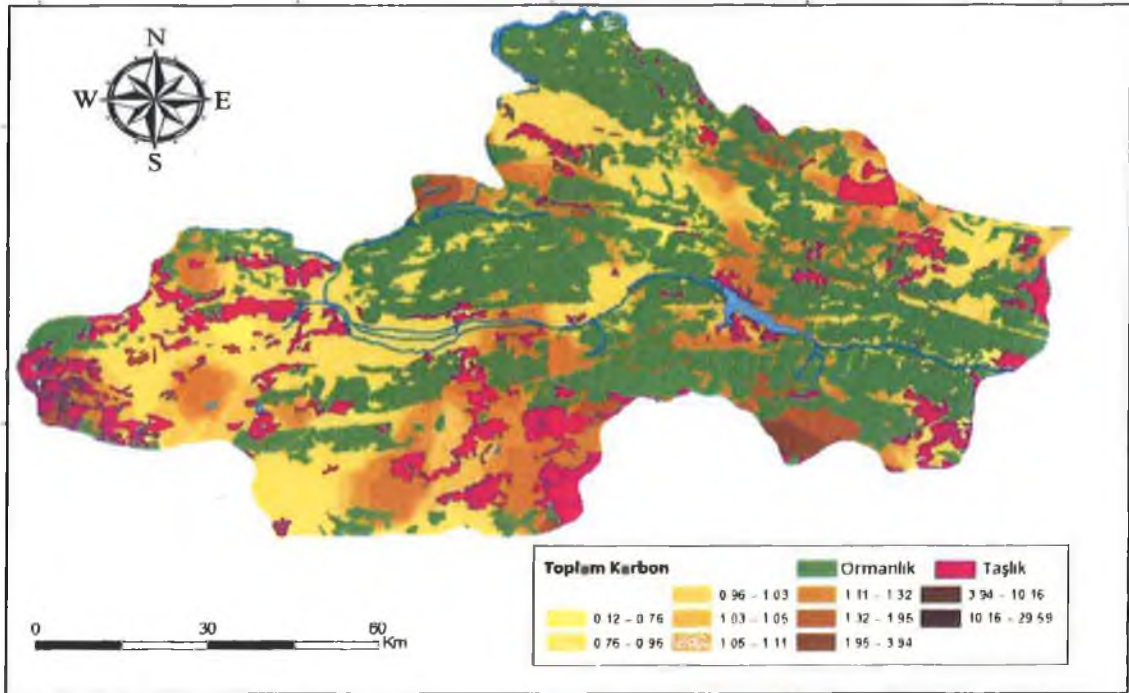
çalışmada mera topraklarında buğday ekili arazilere göre C ve N içeriğinin iki kat fazla olduğunu rapor etmiştir. Araştırmacı buğday ekili alanlarda ise meralara göre mineralize olmuş C ve N içeriğinin fazla olduğunu belirtmiştir. Bunun hızlı C ve N döngüsünün ve daha dinamik C kaynaklarının yoğun olarak yapılan toprak işlemenin toprak strüktürüne yapmış olduğu tahribatın bir sonucu olduğunu belirtmiştir. Ellert ve Gregorich (1996), sıcak bölgelerdeki orman topraklarının tarıma açılmasıyla 30 yıl içerisinde A ve B horizonlarında bulunan C'un %30-35'inin kaybedildiğini belirlemişlerdir. Çalışma alanında Tokat merkez ve Pazar ilçesinin kuzey kesiminde Turhal ilçesinin ise kuzey batı kesimlerinde toplam N içeriği oldukça yüksektir. Zile, Artova, Niksar ve Erbaa ilçelerinde ise toplam N içeriği oldukça düşük olduğu görülmektedir. Almus ve Reşadiye ilçelerinin çevresinde ise toplam N içeriği orta düzeydedir (Şekil 4.25). Toplam C'nun alansal değişkenliği Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Tokat ilinin batı kesiminde ve Niksar ilçesinin güney doğu kesimlerinde toplam C %3.6 ile %4.33 arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.26. Çalışma alanı topraklarının karbon içeriğinin alansal değişkenliği

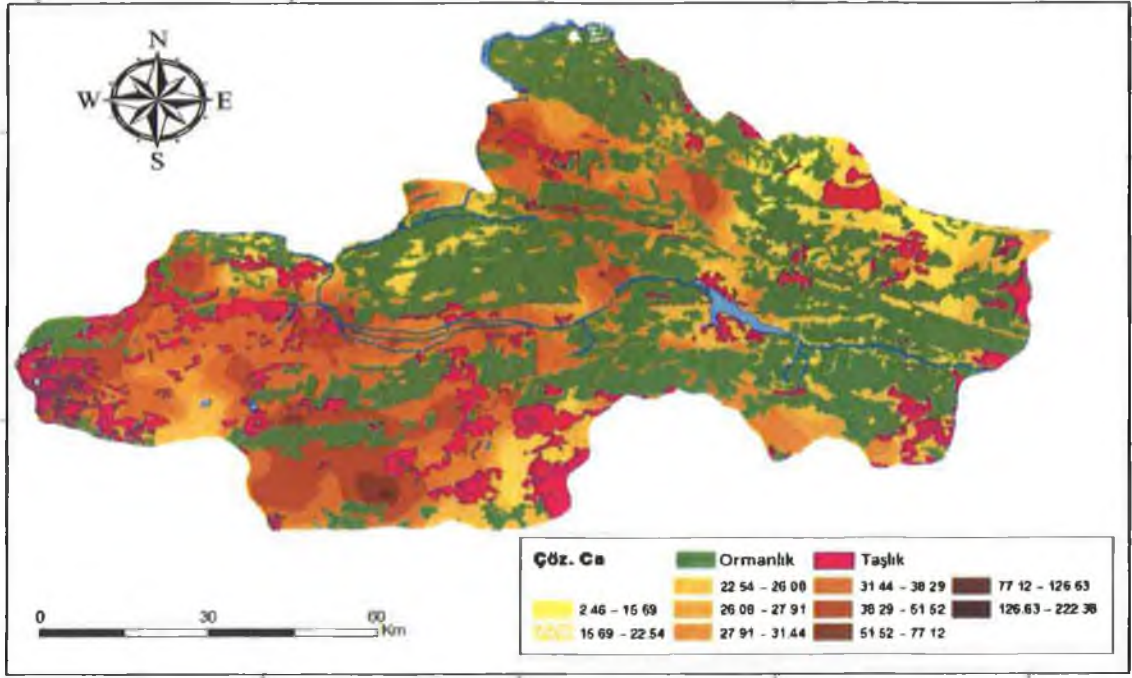
Avustralya'nın Güney Wales Bölgesinde beş farklı amenajman altındaki toprakta agregatlara bağlı organik karbon oranını araştıran Chan (2001), toplam organik C'nun %42 ile %74'ünün toprak parçacıklarına bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu değerlerin uzun süreli tarımsal işleme yapılmayan mera gibi alanlarda daha yüksek olacağını fakat bu

alanların tarıma dönüştürülmesi ile bu oranın azalacağını ifade etmiştir. Nogueira ve ark. (2006), Güney Brezilya'da birbirine yakın doğal orman, tarım ve otlaktan ormana dönüştürülen arazilerde yaptıkları çalışmada, mikrobiyolojik olarak karbon ve azot dengesi ile toprak kalitesinin ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. İşlemeli tarım yapılan topraklar ile orman ve mera toprakları karşılaştırıldığında yoğun toprak işlemeden dolayı agregatlaşma düzeyinin işlenen topraklarda daha az olduğu ve yoğun toprak işleme ve iklimin etkisi ile agregatların ıslanma kuruma durumunda parçalanmasından dolayı organik karbon içeriğinin azaldığı belirtilmiştir (Chenu ve ark., 1999). Çalışma alanı topraklarının toplam karbon (TK) içeriğinin alansal değişkenliği oldukça yüksektir. Tokat ilinin güney kesimler. Almus ilçesi ve güney kesimlerinde TK oldukça yüksektir. Başçiftlik ilçesi, Zile ilçesinin batı kesimleri Turhal ve Erbaa ilçeleri arasındaki bölgede de toplam organik karbon içeriği yüksektir (Şekil 4.27).

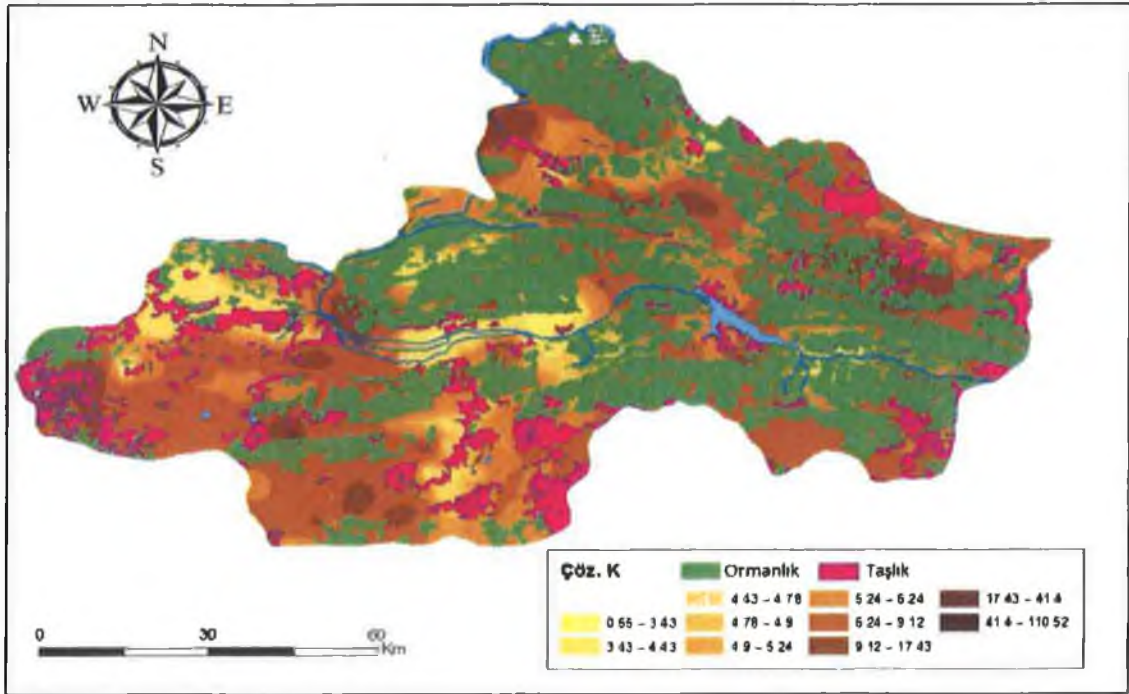


Şekil 4.27. Çalışma alanı topraklarının toplam karbon içeriğinin alansal değişkenliği

Toprakta çözünebilir Ca konsantrasyonu, Tokat ili kuzey batısı ile güney kesimlerinde ve güney doğu bölgesiyle doğusunda oldukça düşüktür. Pazar, Artova, Sulusaray ve Yeşilyurt ilçelerinde ise oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.28). Çözülebilir potasyum konsantrasyonu ise çalışma alanının tamamında oldukça yüksek görülmektedir (Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Çalışma alanı topraklarının çözünebilir kalsiyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği

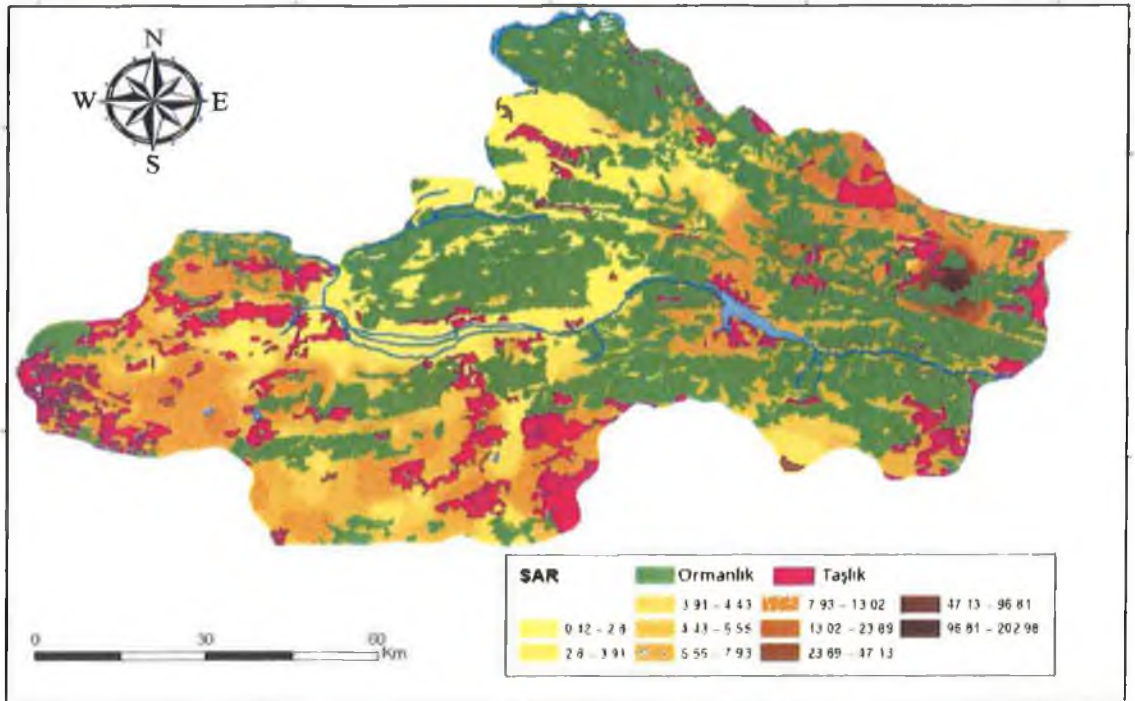


Şekil 4.29. Çalışma alanı topraklarının çözünebilir potasyum konsantrasyonunun alansal değişkenliği

Drenaj siseminin yetersiz olduğu topraklarda tuzların özellikle sodyum tuzlarının birikmesi bitkisel gelişimi sınırlandırır ve zamanla toprağın fiziksel yapısını bozabilir (Corwin ve ark., 2003). Na tuzları toprakta Ca ve Mg tuzlarına göre daima daha

hareketli ve daha fazla çözünürdür. Yüksek miktardaki Na, toprak tuzluluğuna, kaymak tabakası oluşumuna ve daha farklı sorunlara yol açabilir (Patterson, 2001). Yüksek sodyum, toprak agregatlarının yapısının bozduğundan suyun infiltrasyonu olumsuz etkilenir ve yüzeyde kaymak tabakası oluşur. Bu durum ise tohumun çıkışını engeller, üst topraklar kaba bünyeli gevşek topraklar olsa dahi alt topraklar da oluşan geçirimsiz katman ise bitki gelişimini olumsuz etkiler (Irvine ve Doughton, 2001).

Çölleşmede kullanılan bir diğer önemli indikatör sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)'dır. Yarı kurak bölgelerde bitki gelişiminde suyun alımı üzerine ağırlıklı olarak etkili olan SAR indikatörü toprak nem içeriğini tahmin etmede kullanılabilir (Wang ve ark., 2004). Topraklarda SAR oranı özellikle Reşadiye ilçesinin çevresinde yer alan arazilerde çok yüksektir. Turhal, Pazar ilçelerinin kuzey doğusu ile Tokat ilinin kuzey kesimlerinde, Erbaa, Niksar ilçelerinin ise Güney batı kesimlerinde SAR oranı oldukça düşüktür (Şekil 4.30). Toprakta gözeneklerinin tıkanması genellikle sulama amaçlı kullanılan suların sodyum içeriklerinin yüksek olması ile ilişkilidir. Toprakta yüksek miktarda bulunan sodyum killerin disperse olmasına ve toprak sütürktürünün bozulmasına neden olmaktadır (Karımpour ve Reihan, 2002).



Şekil 4.30. Çalışma alanı topraklarının sodyum adsorbsiyon oranının (SAR) alansal değişkenliği

4.3. MEDALUS Modeli ile Analitik Hiyerarşi Sürecini Kullanarak Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi

Çölleşme tehdidi altındaki arazilerin durumlarının belirlenmesi, bu alanların biyolojik üretkenliklerinin tamamen yok olmasının önlenmesi ve çevreye olan zararlarının azaltılması adına yapılabilecek en önemli ve öncelikli işlemidir. Bir bölgede çölleşmeye neden olan oldukça farklı nedenler olabileceği gibi bu nedenlerin etkisi ve yoğunlukları da bölgeden bölgeye değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, çölleşmeye hassas olan alanların belirlenmesi, bu alanların daha ileri düzeyde bozulmalarının önlenmesi ve gerekli tedbirlerinin zamanında alınabilmesi adına oldukça önemlidir.

Çölleşme potansiyeli bulunan arazilerin belirlenmesinde kullanılacak en faydalı yöntem ve/veya model, var olan veri ve bilginin kullanılmasına izin vermeli ve tüm önemli faktörleri içine alacak esnekliğe sahip olmalıdır (Farajzadeh ve Egbal, 2007). MEDALUS modeli ile Tokat ili sınırları içerisinde çevreye hassas alanların (ESA) belirlenmesinde toprak kalitesi (TK), vejetasyon kalitesi (VK), iklim kalitesi (İK) ve amenajman kalitesi (AK) şeklinde dört kalite indeksi belirlenmiştir. ESA'nin tanımlanmasında kullanılan indekslerin her birinin skorlanmasında arazide ve laboratuvarında çeşitli parametreler tanımlanmıştır. MEDALUS modeli, Akdeniz iklimi etkisi altındaki ülkeler düşünülerek geliştirildiğinden dolayı, Tokat ili kapsamındaki iklim ve amenajman uygulamaları göz önünde alınarak modele yeni parametreler eklenmiştir.

Modeldeki her bir parametre arazi bozulmasındaki etkisine bakılarak 2.0 (en kötü) ile 1.0 (en iyi) arasında değerler almaktadır (Kosmas ve ark., 2003). Farklı iklim, topografya, vejetasyon ve sosyo kültürel yapıya sahip olan çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalarda MEDALUS modelinin çölleşmeye hassas olan alanların belirlenmesinde güvenilir bir şekilde kullanılacağı rapor edilmiştir (Basso ve ark., 2000; Kosmas ve ark., 2003; Sepehr ve ark., 2007; Bakr ve ark., 2012; Salvati ve ark., 2013). Modeldeki parametrelerin her birinin farklı katmanlar şeklinde mesafeye bağlı dağılımının modellenerek haritalanması, parametrelerin kolaylıkla elde edilebilir olması ve parametrelerin ilişkili oldukları indeks içerisinde birleştirmeleri işleminde daha hassas

olduğundan dolayı geometrik ortalamanın kullanılıyor olması MEDALUS'un tercih edilmesine neden olmuştur (Parvari ve ark., 2011).

Modelin orijinal halinde yapılan hesaplamalarda her kalite indeksi içerisinde yer alan parametrelerin kalite indeksinin skoruna etkisi eşit kabul edilmektedir. Ancak çalışılan alanın özelliklerine göre çölleşmeye neden olan ana unsurlar değişebilmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında. MEDALUS modelindeki parametrelerin skorları, Analitik Hiyerarşi yöntemiyle (AHS) elde edilen *ağırlık* değerleri ile çarpılmış ve kalite skorları hesaplanmıştır. Elde edilen skorların alansal dağılımları modellendikten sonra çalışma alanına ait ESAI belirlenmiş ve haritalanmıştır. ESAI'nın hesaplanması aşamasında da modelin orijinalinde dört kalite indeksinin geometrik ortalaması alınırken, bu çalışmada kalite indekslerinin ağırlıkları eşit kabul edilmemiş ve AHS ile her birinin ağırlığı hesaplanmıştır. Çalışma alanına ait her bir kalite indikatörünün oluşumunda etkili olan bireysel parametreye ait skorlar, bu parametrelerin kullanımı ile hesaplanan indikatör skorları ve indikatörlerin kullanımı ile belirlenen hassas alanlara ait skorların yer aldığı haritalar **Şekil 4.31 ile 4.56** arasında verilmiştir.

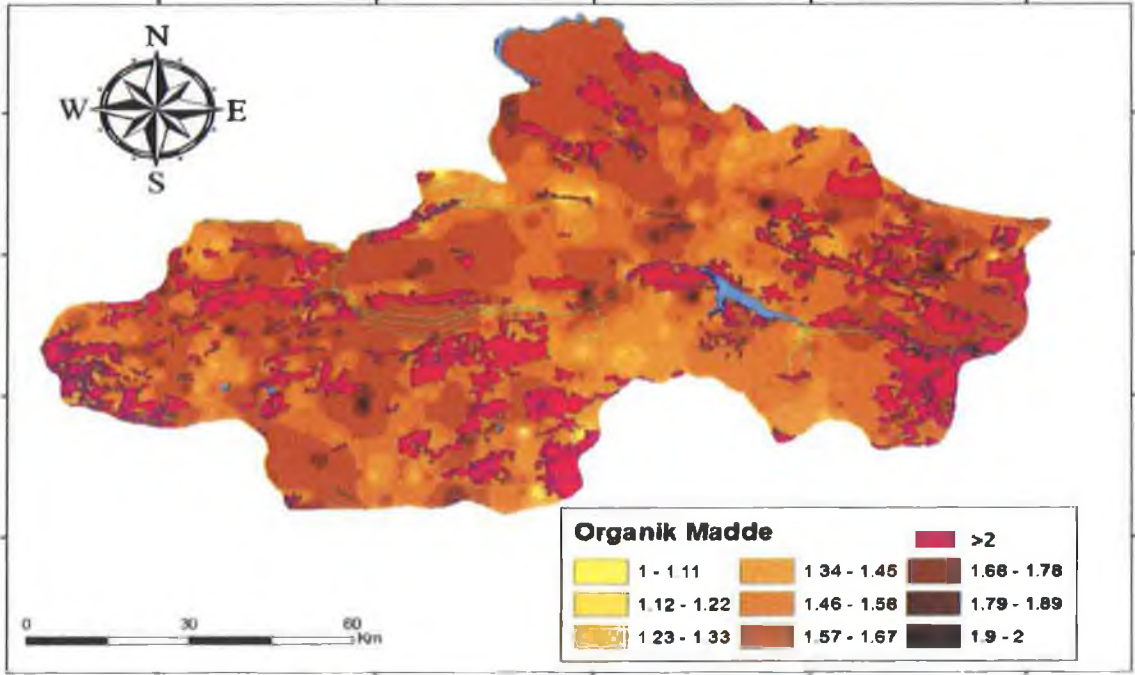
4.3.1. Toprak Kalitesi İndeksi

Kurak ve yarı kurak alanlarda karasal ekosistemlerde toprak kalitesi bitkisel üretim üzerine oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bitki gelişimi için gerekli olan hava, besin elementi ve su ihtiyacı yeterince karşılanmaz ise biyolojik üretimin sınırlanması ve nihayetinde arazinin çölleşmesi kaçınılmaz olacaktır. Karasal ekosistemlerde bitkiler için gerekli olan toprak, su veya rüzgâr gibi etmenler ile uzaklaştırıldığında yeterli kök derinliği elde edilemeyeceğinden dolayı araziler geri dönüşümsüz olarak çölleşecektir. Toprak derinliği uygun olan arazilerde ise suyun olmayışı çölleşmeyi tetikleyen bir diğer etmendir (Kosmas, 1999). Çölleşme için ESA'ların belirlenmesinde kullanılan toprak kalitesi indeksine ait parametreler, suyun varlığı ve kullanılabilirlik durumu, organik madde kapsamı, besin elementi durumu, toprak tuzluluğu, pH'sı ve toprağın erozyona karşı göstermiş olduğu direncidir. Toprak kalitesine etki eden parametrelerin ne olacağına verimlilik gibi toprak fonksiyonları üzerine etkileri göz önüne alınarak karar verilmiştir. Bu tez çalışmasında, toprak kalitesinin belirlenmesi için MEDALUS modelinin orijinalinde yer alan parametrelerden tekstür, ana materyal, toprak derinliği,

eğim derecesi ve drenaj kullanımının dışında iklim, vejetasyon ve amenajman gibi bölgesel şartlar da göz önüne alınarak ilaveler yapılmıştır. Çölleşme ve arazi bozulmasında etkili olduğu düşünülen ve toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi olarak tanımlanan toprak kalitesini etkilediği kabul gören organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, bitkiye yararlı fosfor ve sodyum absorpsiyon oranı (SAR) parametreleri toprak kalitesi indeksinin hesaplamasına dahil edilmiştir (Çizelge 3.5).

Çalışmada seçilen parametrelerin çoğu birbiriyle ilişkili olduğu gibi toprak fonksiyonları üzerine etkileri olan parametrelerdir. Özellikle sonradan eklenen parametrelerden kireç içeriği, belirli adsorpsiyon ve çökeltme olaylarının yanında yüzeyinin metal yüzey etkileşimi için alan oluşturduğu ve yararlılıklarını etkilediği rapor edilmiştir. Topraktaki kirecin metal iyonlarının çözünürlüğü üzerine doğrudan ve dolaylı etkisinin olduğu da belirtilmiştir (Soil Survey Staff, 1999).

Toprakların bitki gelişimi için besin elementi kaynağı olması, mikrobiyolojik aktiviteler ve mikroorganizma çeşitliliği için uygun ortam oluşturması, toprağa hava ve suyun girişinin ve hareketinin temini, pestisit ve ağır metal gibi kirleticilerin tutulması, erozyona dayanıklılık ve azaltma ve su tutma kapasitesini artırma gibi çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır (Gregorich ve ark., 1994). Bu fonksiyonların gerçekleştirilmesindeki hayati öneminden dolayı toprak kalitesi indikatörü içerisinde organik madde parametre olarak eklenmiştir. Bu çalışmada örneklenen noktaların bir kısmı mera ve ormanlık alan olsa da büyük çoğunluğu yoğun tarım yapılan alanlardan oluşmaktadır. Ürün miktarını artırmak için yapılan yoğun toprak işleme toprak organik maddesinin mineralizasyonu arttırarak daha hızlı parçalanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle de tarım arazilerinin mera ve orman alanlarına göre organik madde içeriği daha düşüktür. Toprak organik maddesi parametresine ait skorların modellenmesi ile elde edilen harita Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Kazova, Erbaa Ovası, Niksar Ovası ile Zile Ovasının bulunduğu arazilerde organik madde içeriğinin nispeten daha düşük skorlar aldığı görülmektedir.



Şekil 4.31. Çalışma alanına ait organik madde parametresine ait skorların alansal dağılımı

MEDALUS modeline göre skorlanan verilerin analitik hiyerarşi yaklaşımı ile belirlenen ağırlıklar ile çarpılarak yeni skorlar elde edilmiştir. Bu skorlara ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.19'de verilmiştir. Toprak kalitesi parametrelerinden kaba materyal, tekstür, ana materyal, SAR, eğim ve derinlik parametrelerinin varyasyon katsayısı (CV) değerleri %16 ile %36 arasında değiştiği için orta derecede değişken olarak sınıflandırılmıştır. Bunun dışında kalan pH, organik madde, drenaj ve tuzluluk parametreleri ile ve genel toprak kalite indeksi skorlarına ait CV değerleri %15'in altında olduğu için az değişken olarak kabul edilmişlerdir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Toprak kalitesi indeksi (TKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistik verileri

N=578	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV*	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	1900	936.25	351.288	37.52	-0.137	-0.497
Tekstür	0.16	0.32	0.21	0.04	18.29	0.38	-0.78
Ana Mater	0.02	0.05	0.03	0.01	29.17	0.46	-1.57
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	23.06	-0.66	-1.37
Eğim	0.27	0.53	0.31	0.06	20.04	1.83	3.56
Derinlik	0.14	0.28	0.15	0.03	19.08	2.43	5.64
Drenaj	0.05	0.07	0.05	0.01	6.46	3.26	12.01
SAR**	0.06	0.11	0.07	0.01	18.26	0.14	-1.05
Tuzluluk	0.07	0.11	0.07	0.01	4.88	5.79	40.46
pH	0.04	0.08	0.05	0.01	12.67	2.22	7.41
Organik Mad	0.17	0.34	0.26	0.03	10.50	-0.49	1.54
TKI***	1.07	1.69	1.26	0.09	7.49	1.06	1.69

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorbsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

Toprak kalitesi parametrelerinden tekstür ait değerler analiz yapılarak elde edilmiştir (Çizelge 3.5). Sınıflar MEDALUS modelinin orijinalindekine benzer şekilde beş grup olarak ayrılmış ancak grup içerikleri ve skora bu çalışma alanı için uzman görüşüyle belirlenmiştir. Tın tekstürüne sahip orta bünyeli topraklarda kil, silt ve kum büyüklüğündeki parçacıklar düzenli dağılım gösterdiğinden tarımsal anlamda arzu edilmektedirler. Bu toprakların su ve besin elementi tutma kapasitesi yeterli, drenajı iyi ve alet ekipmanların çalışmasına elverişli olduklarından skorlamada çok iyi sınıfını ifade eden 1.0 kalite indeksi verilmiştir. Siltli killi tın, kumlu killi tın, killi tın iyi, kumlu tın, siltli tın ve tınlı kum içeriğine sahip topraklar orta, siltli kil ve kil, kumlu kil olan topraklar zayıf ve kum, silt ve %60'dan fazla kil içeriğine sahip topraklar ise çölleşme açısından en kötü performansa sahip olduklarından oldukça zayıf topraklar olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.5). Tekstür skorlarına ait CV değeri çalışma alanında ortalama %18 ile orta derecede değişkendir (Çizelge 4.19).

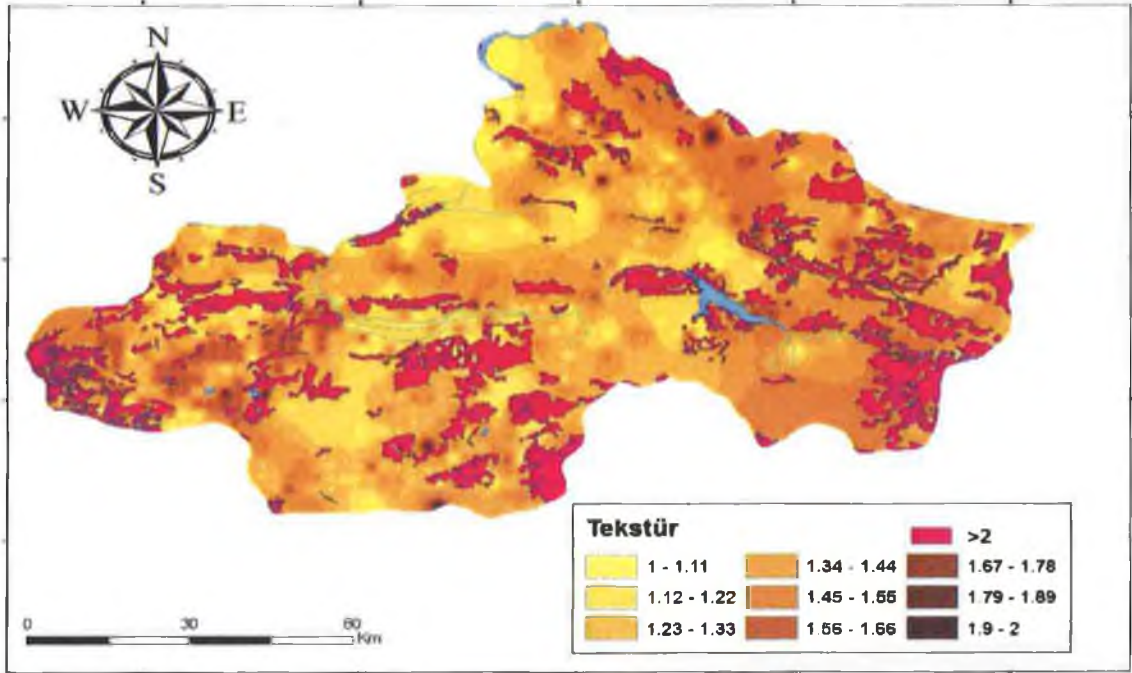
Rakımları 192 m ile 400 m arasında yer alan arazilerde kaba materyal, ana materyal, eğim, tekstür ve SAR parametreleri orta derecede değişkendir. Diğer özelliklerin CV değerleri %15 ve daha düşük olduğu için az değişkendirler. Organik madde yüksek 1.2 ile düşük 1.8 arasında skorlar alırken tekstür 1.0 (çok iyi) ile 1.7 (zayıf) arasında değerler almıştır. Bu rakımlarda önemli bir tuzluluk problemi olmadığından 1.0 ile 1.2 arasında almıştır. MEDALUS skorlarının AHS ağırlıkları ile çarpımı sonucunda elde edilen yeni skorlara ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. 192m ile 400m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=47	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV*	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	394	270.28	51.129	18.917	0.375	-0.273
Tekstür	0.16	0.27	0.20	0.04	17.48	0.46	-0.90
Ana Mater	0.02	0.04	0.03	0.01	25.74	1.30	-0.33
Kab Mater	0.03	0.06	0.06	0.01	17.05	-2.17	3.07
Eğim	0.27	0.53	0.28	0.04	15.20	4.61	25.73
Derinlik	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00		
Drenaj	0.05	0.07	0.05	0.01	10.07	2.20	5.58
SAR**	0.06	0.09	0.06	0.01	17.04	0.93	-0.19
Tuzluluk	0.07	0.09	0.07	0.00	5.55	3.07	7.77
pH	0.04	0.08	0.05	0.01	12.09	3.81	17.59
Organik Mad	0.21	0.31	0.27	0.02	7.21	-0.80	1.96
TKI***	1.13	1.44	1.21	0.06	4.97	1.40	3.37

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorbsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

Tekstür parametresi skorları çoğunlukla 1.0 ile 1.33 arasında değişmektedir. Bu aralıkta yer alan topraklar, sulama ve yağmur ile toprağa ulaşan suların yüzey akışıyla erozyona neden olmadan toprak profili içerisine infiltre olmasını sağlayabilmektedir. Erozyonun azalması veya engellenmesi ise çölleşmeye karşı direncin yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 4.32). Çalışma alanında belirli bölgelerde tekstür skorlarının 1.57 ile 2.0 arasında değiştiği görülmektedir. İnfiltrasyon yeteneği yüksek olan topraklar su erozyonuna karşı dirençli olsa da kurak ve yarı kurak alanlarda rüzgâr erozyonu riski yüksek olduğu için MEDALUS modelindeki tekstür sınıfları bölgeye göre modifiye edilmiştir. Kil içeriği yüksek olan topraklar yoğun işleme sonucunda su ve köklerin derine inmesini engelleyecek geçirimsiz bir katmanın oluşmasından dolayı, yoğun sulama veya yağış suyun yüzeydeki verimli toprağı aşındırması ve taşınmasına sebep olacaktır. Taşınan sedimentler drenaj ve sulama kanalları gibi alt yapının işlevinin azalmasına veya yitirilmesine neden olmaktadır. Bunun yanında yüzey toprağı ile taşınan yoğun besin elementleri ve pestisit dolayısı ile özellikle yüzey sularında ötrifikasyona sebep olabilmektedir (Şekil 4.33). Daha ilerleyen dönemlerde ise topraklarda tuzlanma gibi arazi bozulması ve nihayetinde çölleşme gibi geri dönülemeyen bozulmalara sebep olmaktadır.



Şekil 4.32. Çalışma alanına ait tekstür parametresine ait skorların alansal dağılımı



Şekil 4.33. Tokat Kazova'da yüzey akışı ile drenaj kanallarına taşınan besin elementlerinin oluşturduğu ötrofikasyon

Denizden yüksekliğin 400 m ile 600 m arasında olduğu arazilerde kaba materyal, ana materyal, tekstür ve SAR parametrelerine ait skorlar %15 ile % 35 arasında olduğu için orta değişken, organik madde, pH, eğim, derinlik, drenaj ve tuzluluk parametrelerine ait skorlar %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak belirlenmiştir. Bu rakımlar arasında tekstür, pH, kireç, SAR, ana materyal, eğim, derinlik ve tuzluluk parametreleri 1.0 skorunu almaktadır(Çizelge 4.21).

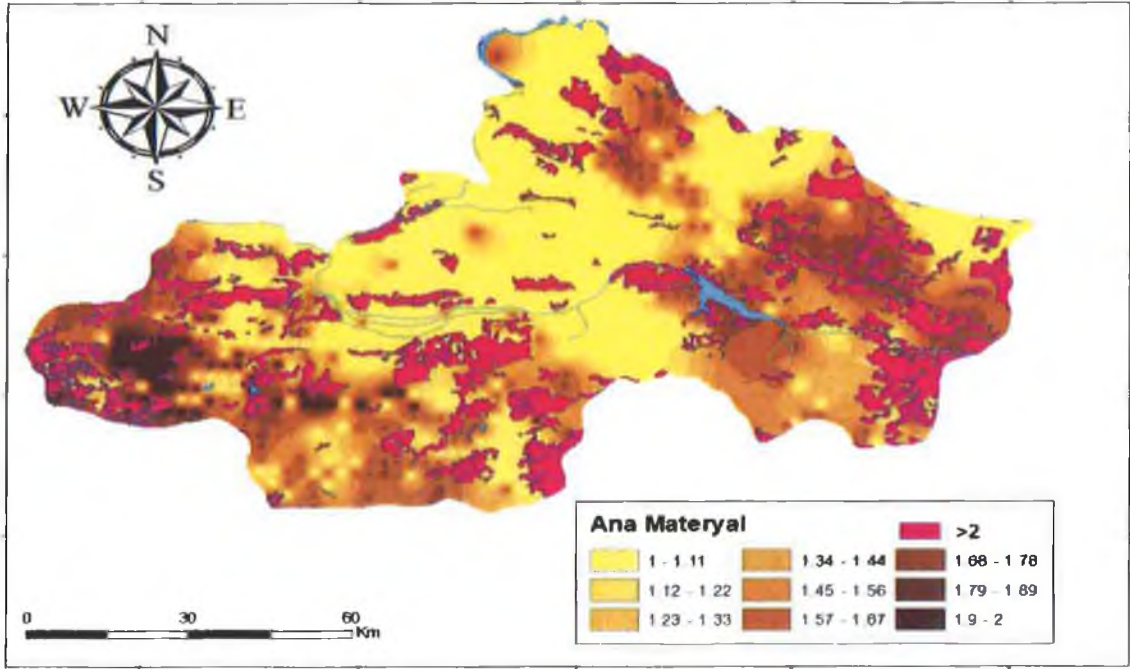
Çizelge 4.21. 400m - 600m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=71	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	402	598	537.48	51.784	9.635	-1.067	.227
Tekstür	0.16	0.27	0.20	0.04	18.85	0.48	-1.07
Ana Mater	0.02	0.04	0.03	0.01	24.17	1.67	0.83
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	21.43	-0.92	-0.95
Eğim	0.27	0.40	0.28	0.03	11.64	2.06	4.23
Derinlik	0.14	0.23	0.14	0.02	12.27	4.13	17.05
Drenaj	0.05	0.07	0.05	0.00	8.27	3.38	13.36
SAR**	0.06	0.09	0.06	0.01	18.84	1.27	0.19
Tuzluluk	0.07	0.09	0.07	0.00	4.02	4.65	20.19
pH	0.04	0.06	0.05	0.00	9.78	2.09	6.39
Organik Mad	0.21	0.34	0.27	0.02	8.05	-0.60	3.64
TKI***	1.07	1.38	1.21	0.06	5.26	0.46	0.00

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

Farklı ana materyallerden oluşan toprakların erozyona karşı dirençleri ve bitki örtüleri farklı olmaktadır. Örneğin ana materyali kireç taşı olan arazilerde kurak yarı kurak bölgelerde genellikle sıg toprak oluşurken flišlerden oluşan araziler de daha derin ve bitki örtüsü kuvvetli topraklar gelişmektedir. Akdeniz iklimi altında kireç taşı ana materyalinden oluşan arazilerde, şiddetli su erozyonunun etkisi ile geri dönüşümü olmayan aşırı aşınmış ve sıg topraklar oluştuğu bildirilmiştir (Kosmas ve ark., 1999). Kosmas ve ark., (1999). Akdeniz bölgesinde kurak ve yarı kurak alanlarda yer alan engebeli tarım arazilerinde genellikle tahıl üretildiğini ve bu alanların Marn ana materyalinden oluştuğu için çölleşmeye karşı çok hassas olduğunu rapor etmişlerdir. Bu arazilerde yağışların normal olduğu yıllarda toprak derinliği iyi ise elde edilen ürün miktarının tatmin edici olduğunu fakat kurak yıllarda ise bitkilerin besin elementi ve su açısından desteklenemediğinden verimin yetersiz olduğu bildirilmiştir. Çalışma alanının genişliği nedeni ile çok sayıda ana materyal yer almaktadır. Tokat ili sınırlarında genellikle, paleozoyik formasyonlar, killi şistler, kısmen metamorfizmaya uğramış (mermerleşmiş) kalkerler, serpantin ve diyabazlar yer almaktadır (Şekil 3.1; 3.2). Ana materyal haritasında yer alan sınıflar çalışma alanının jeolojik haritası kullanılarak tanımlanmıştır. Şeyl, şist, bazik ve ultra bazik kayalar ile konglomeralar ve çimentolaşmamış materyaller iyi (1.0) olarak sınıflandırılırken, aşırı düzeyde aşınma riski olan kireç taşı ve mermer gibi ana materyaller ile oldukça sert olan ve ayrıca ayrışıklarında genelde asit karakterli ve düşük besin elementi içerikli toprakları oluşturan granit, riyolit, İgnibrit, gnays, silt taşı ve kum taşı gibi ana materyaller orta

(1.7) olarak sınıflandırılmıştır. Marl ve pyrosilikatlar ise zayıf (2.0) olarak sınıflandırılmışlardır (Çizelge 3.5). Çalışma alanında ana materyallere verilen skorların mesafeye bağlı dağılımlarının modellenmesi ile oluşturulan harita Şekil 4.34’de gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Çalışma alanına ait ana materyal parametresine ait skorlarının alansal dağılımı

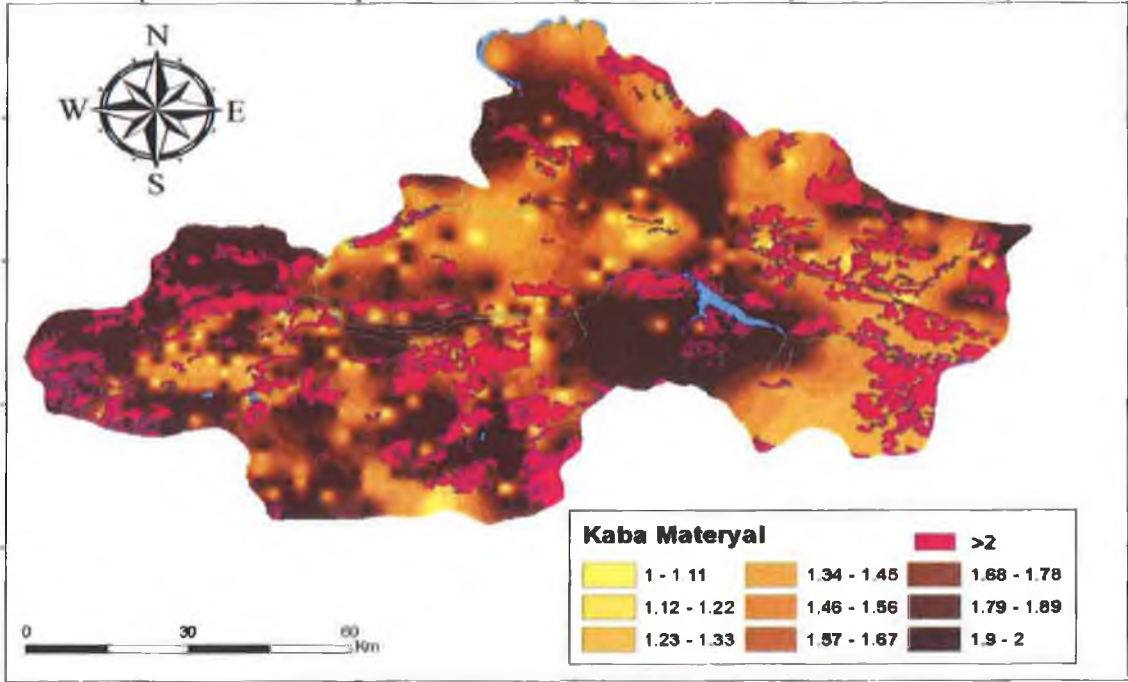
Çalışma alanında 600 m ile 800 m arasındaki rakımlarda yer alan toprakların kaba materyal, tekstür, SAR, ana materyal, eğim ve derinlik parametreleri orta değişken iken, organik madde, pH, drenaj ve tuzluluk parametreleri %15’ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Rakımın artışı ile birlikte bir kısım parametrelerin düşük kottaki arazilere göre çölleşme adına daha kötü skorlar aldığı görülmektedir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. 600m ile 800m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=82	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	603	799	697.93	62.179	8.909	0.119	-1.414
Tekstür	0.16	0.32	0.21	0.04	20.07	0.49	-0.95
Ana Mater	0.02	0.05	0.03	0.01	29.11	0.93	-0.93
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	25.66	-0.37	-1.67
Eğim	0.27	0.53	0.31	0.07	21.82	1.88	3.38
Derinlik	0.14	0.28	0.15	0.03	18.36	2.69	7.20
Drenaj	0.05	0.06	0.05	0.00	6.16	2.54	4.58
SAR**	0.06	0.11	0.07	0.02	21.37	0.55	-0.97
Tuzluluk	0.07	0.11	0.07	0.00	5.87	7.66	61.42
pH	0.04	0.08	0.05	0.00	9.83	4.12	28.86
Organik Mad	0.17	0.34	0.27	0.03	11.18	-0.38	1.23
TKI***	1.09	1.59	1.25	0.10	7.57	1.09	1.82

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

Toprakların kaba materyal kapsamı genellikle yağış sonrasında oluşan akış hızını etkileyen önemli bir parametredir. Bunun yanında biyo kütle ve toprak neminin korunmasında da büyük bir etkiye sahiptir (Kosmas, 1999). Özellikle yoğun ve aşırı yağışlar sonucunda kaba materyali çok olan arazilerde erozyonun daha çok olduğu ve kaya parçaları arttığında sediment kaybının da %20 oranında arttığını bildirmiştir. (Bunte ve Peosen, 1993). Kosmas (1999)'ın bildirdiğine göre kaba materyal akış hızı ve erozyon için etkili olsa da ısınma ve soğuma sonrasında kaba materyalin parçalanması ile toprak neminin korunması bitkiler için suyun sağlanması da önemlidir (Kosmas ve ark., 1998). Arazide kaba materyalin artması bitkilerin su ihtiyacı, suyun infiltre olması drenaj, derinlik ve erozyon gibi çölleşmeyi başlatan veya artıran önemli sebeplerin belirtisi veya bunlara yol açan bir durum olduğundan bu çalışmada toprak kalitesi parametresi olarak seçilmiştir. Çalışma alanında yer alan arazilerin önemli bir kısmı kaba materyal açısından 1.79 ile 2.0 arasında değerler alırken yer yer 1.67 ile 1.0 arasında değerlerin olduğu da görülmektedir. Bu durum, çalışma alanında çölleşme belirtilerinin varlığını veya gelecek zamanlarda iklimdeki değişimler ve insan faaliyetlerinin artması ile çölleşme olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Çalışma alanına ait kaba materyal parametresi skorlarının alansal dağılımı

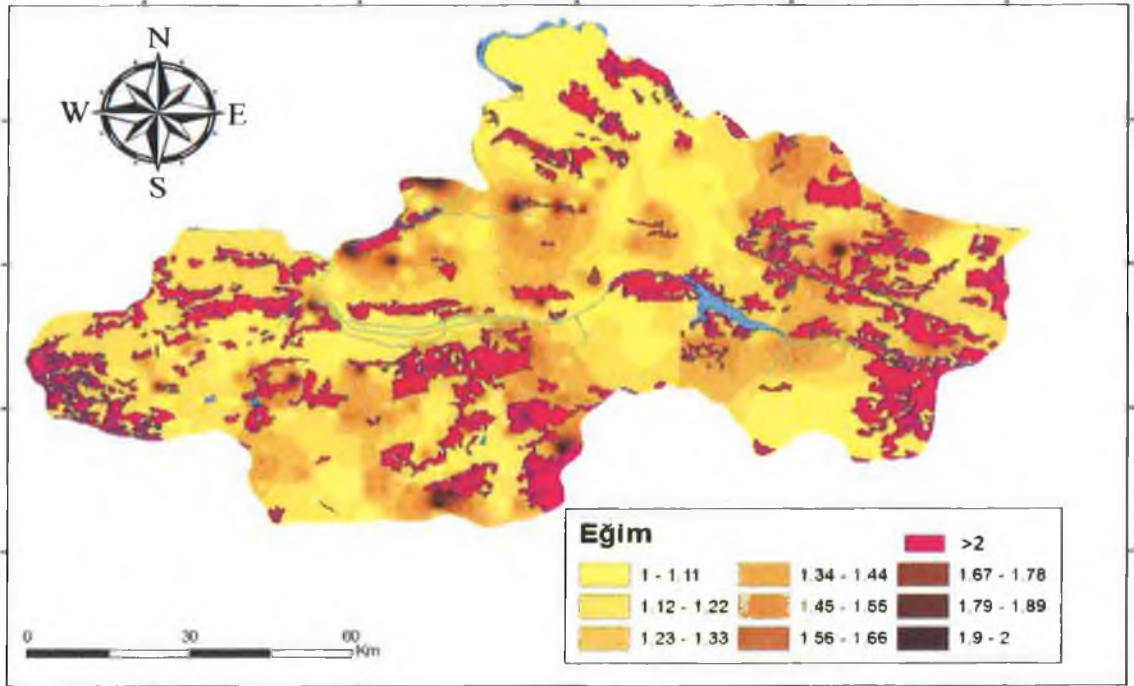
Çalışma alanında 800 m ile 1000 m arasında yer alan arazilerin kaba materyal, ana materyal, tekstür, SAR ve eğim, derinliklerine ait CV değerleri %36 ile %15 arasında olduğu için orta değişken olarak sınıflandırılmıştır. Organik madde, pH, drenaj ve tuzluluk skorlarına ait CV değerleri ise %15'ten düşük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. 800m ile 1000m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKI) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=108	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	802	999	906.49	59.486	6.562	-0.132	-1.237
Tekstür	0.16	0.32	0.21	0.04	19.58	0.31	-1.05
Ana Mater	0.02	0.05	0.04	0.01	30.32	0.03	-1.83
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	24.66	-0.51	-1.54
Eğim	0.27	0.53	0.32	0.06	19.64	1.62	2.93
Derinlik	0.14	0.28	0.16	0.03	20.79	1.96	3.27
Drenaj	0.05	0.06	0.05	0.00	5.46	3.06	7.49
SAR**	0.06	0.11	0.07	0.01	16.27	0.01	-0.46
Tuzluluk	0.07	0.11	0.07	0.01	6.25	5.50	34.91
pH	0.04	0.08	0.04	0.00	9.43	3.57	27.77
Organik Mad	0.21	0.34	0.26	0.03	10.54	0.56	0.84
TKI***	1.12	1.69	1.28	0.10	7.96	0.98	1.576

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

MEDALUS modelindeki bir diğer parametre olan eğim, arazi bozulmasının önemli bir etkenidir. Yoğun ve sağanak yağışlar sonrasında en şiddetli erozyonun gerçekleştiği araziler yüksek düzeyde eğime sahip arazilerdir. Arazi çalışmaları sırasında her bir örnekleme noktasının eğim dereceleri belirlenmiş ve not edilmiştir. Eğim skorlarının haritasında da görüldüğü üzere çalışma alanı daha çok orman veya dağlık alanlara gelen noktalarda eğim 1.68 ile 2.0 arasında skorlar alırken tarım arazileri genelde daha düşük eğimlerde yer aldığından skorlar da düşük olmuştur (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Çalışma alanına ait eğim parametresi skorlarının alansal dağılımı

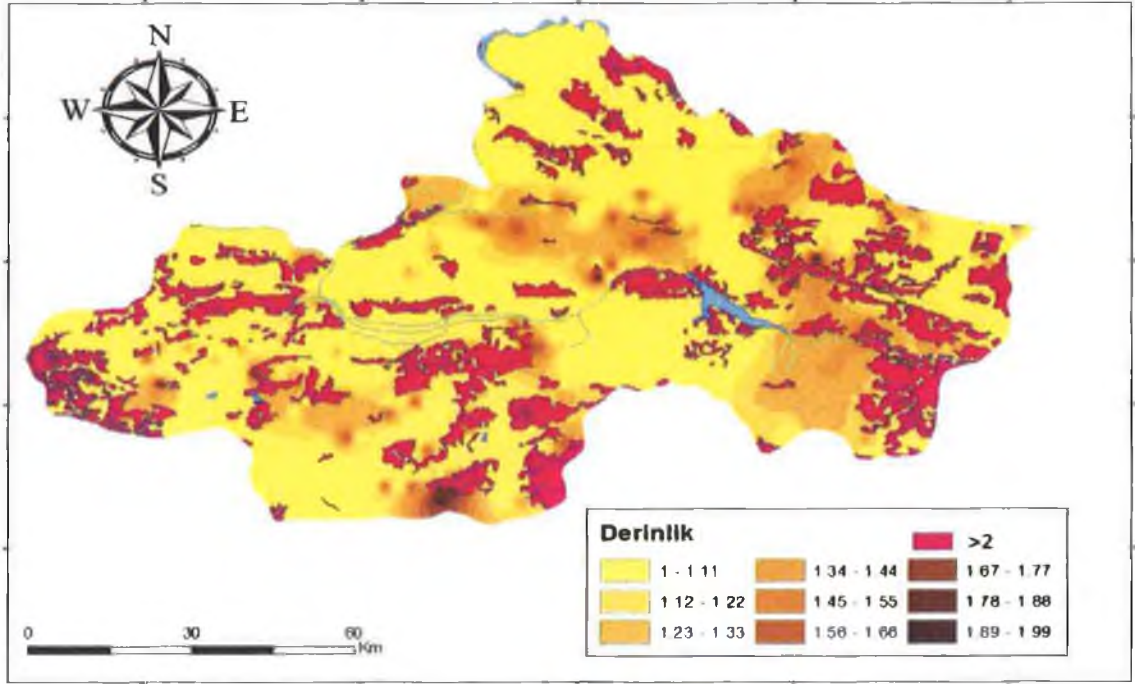
Çalışma alanının 1000 m ile 1200 m arasında yer alan arazilerine ait toprak kalitesi parametrelerden kaba materyal, ana materyal, SAR, tekstür, eğim ve derinlik %36 ile %15 arasına CV değerlerine sahip olduklarından orta değişken olarak sınıflandırılmıştır. Organik madde, pH, drenaj ve tuzluluk skorlarına ait varyasyon katsayısı ise % 15'ten düşük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Bu rakımda yer alan toprakların en kötü tekstür skoru 1.7, pH için 1.8, agregat stabilitesi için 1.6, drenaj ve tuzluluk için ise 1.2 olarak belirlenmiştir(Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. 1000m ile 1200m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=132	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1001	1199	1106.67	53.775	4.859	-0.175	-1.062
Tekstür	0.16	0.27	0.21	0.04	16.82	0.28	-1.08
Ana Mater	0.02	0.05	0.03	0.01	27.55	0.02	-1.75
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	19.98	-0.90	-1.00
Eğim	0.27	0.53	0.32	0.06	17.64	1.88	4.72
Derinlik	0.14	0.28	0.15	0.02	16.31	2.72	8.02
Drenaj	0.05	0.06	0.05	0.00	2.98	6.48	40.59
SAR**	0.06	0.11	0.07	0.01	16.70	-0.12	-0.76
Tuzluluk	0.07	0.09	0.07	0.00	3.80	4.90	22.32
pH	0.04	0.07	0.05	0.01	11.73	1.99	6.35
Organik Mad	0.17	0.34	0.26	0.03	10.62	-0.38	1.51
TKI***	1.09	1.56	1.26	0.08	6.62	0.69	0.79

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

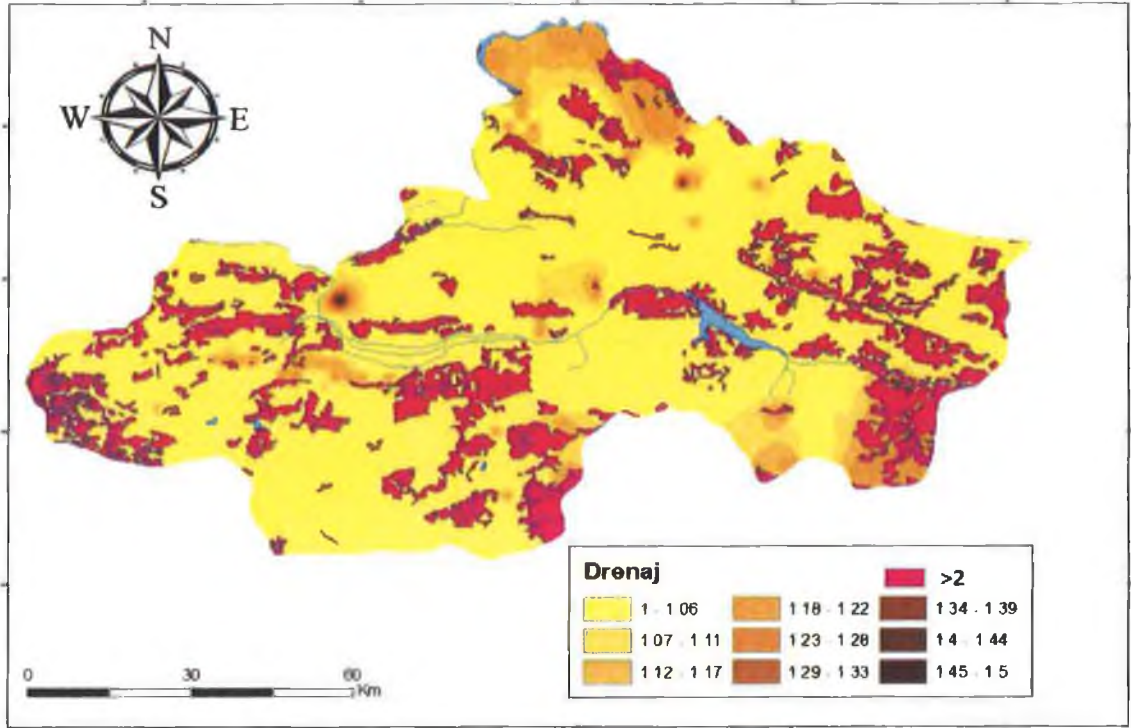
Toprak derinliği yüzeyden ana kayaya kadar olan veya bitki köklerinin gelişebildiği mesafe olarak kabul edilir. Tepelik ve kurak alanların bitki örtüsü bozulduğunda erozyona karşı savunmasız kaldıklarından, çok hızlı bir şekilde toprak derinlikleri azalır. Bu tip alanlarda toprak derinliği yetersiz olduğunda veya kök gelişimini sınırlayıcı bir alt katman bulunduğu bitkiler için o ortamda büyümek ve yaşamlarını sürdürmek zorlaşır. Kurak/yarı kurak, yağışın az olduğu veya yoğun ve şiddetli yağışlar sonucunda arazilerin erozyona karşı savunmasız olduğu arazilerde toprak derinliği hızla azaldığından zamanla bitki örtüsü de azalacaktır (Kosmas, 1999). Bitkilerin toprağa tutunması, kök gelişimi ve çalışma alanında bulunan farklı bitkilerin toprakta yaşam süreleri ile erozyonu önlemedeki rolleri açısından toprak derinliği çölleşmenin hangi safhada olduğunun belirlenmesinde önemli bir parametredir. Örnek noktalarının derinliği arazide burğu ile yapılan kontroller ile belirlenmiştir. Farklı iklimler altında çeşitli ana materyallerden oluşan toprakların bitki besin elementi kapsamaları ve toprak profili derinlikleri de farklılaşmaktadır. Bu durumda yetiştirilen bitki türleride farklılaştığından toprakların erozyona karşı dirençlerinin de farklılaşması beklenmektedir. Derinlik parametresi skorların mesafeye bağlı değişkenlikleri modellenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 4.37). Çalışma alanında yer alan arazilerin büyük bir kısmında toprak derinliği 1.0 ile 1.33 gibi arazi bozulması ve çölleşme adına olumlu skorlar almıştır. Ancak, dik ve sarp eğimlerde yer alan, şiddetli erozyon neticesinde yüzey toprağı taşınan arazilerde ise derinlik skorunun 1.67 ve daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. Çalışma alanına ait derinlik parametresi skorlarının alansal dağılımı

Arazide yüzey veya yüzey altı drenajının yetersiz olması bitkisel üretim adına önemli sorunlara sebep olmaktadır. Yüzey drenajının bozuk olduğu genelde etrafına göre daha çukur bir fizyografyada yer alan düz ve düze yakın arazilerde bitkiler çimlenememektedirler. Yüzey altı drenajının kötü olduğu durumlarda ise, gelişiminin ilerleyen dönemlerinde bitkilerin kökleri havasız kaldığından, köklerde çürümeye ve nihayetinde bitkinin ölümüne yol açabilmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde aşırı sulama ve gübrelemenin de etkisiyle tuz konsantrasyonu artan taban suyunun kapillarite ile yükselmesi sonucunda toprak yüzeyinin tuzlanmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada örnekleme noktalarının drenajı ve taban suyu seviyesi arazi çalışmaları sırasında belirlenmiştir. Toprak derinliği burgunun gidebildiği en son nokta ile belirlenirken, toprak altı katmanlarında taban suyunun varlığı toprakların renk değişimi ile anlaşılmıştır. Tokat ili genelinde uygulanan toplulaştırma ve drenaj (kurutma kanalları) faaliyetlerinden dolayı drenajı kötü olan alanların miktarı oldukça azdır (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Çalışma alanına ait drenaj parametresi skorlarının alansal dağılımı

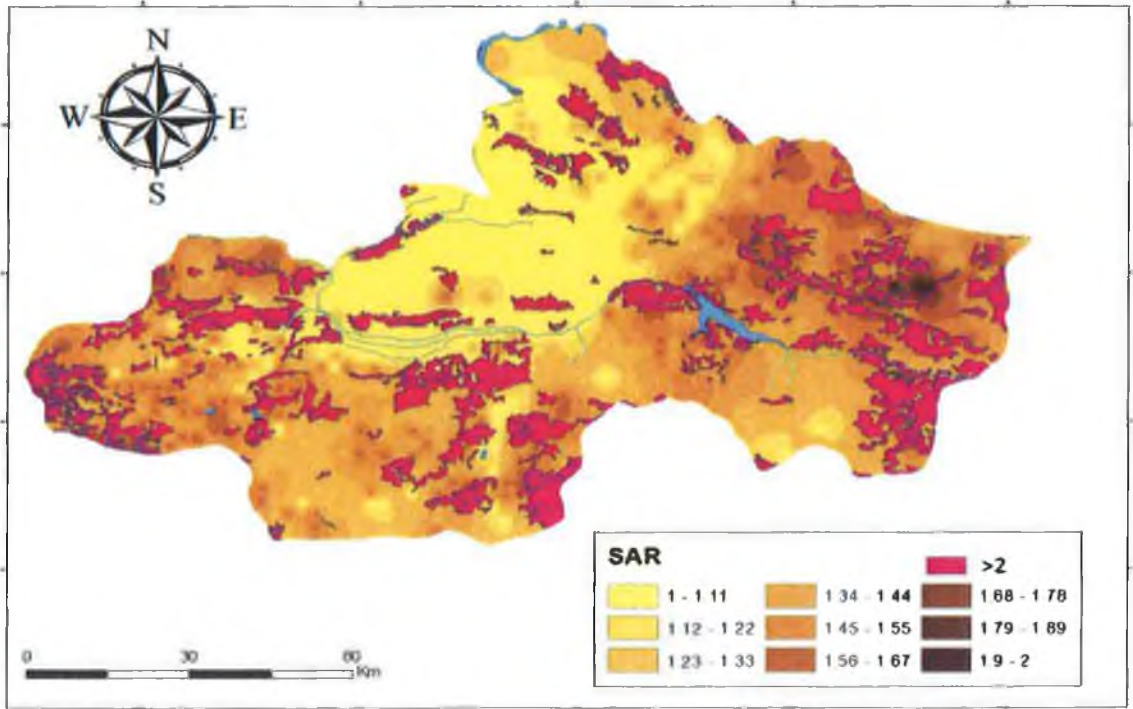
Çalışma alanında 1200 m ile 1400 m arasında yer alan arazilerde kaba materyal, ana materyal, tekstür, eğim ve derinlik parametrelerine ait CV değerleri %36 ile %15 arasında olduğu için orta değişken olarak sınıflandırılmıştır. Diğer özelliklerden organik madde, SAR, pH, drenaj ve tuzluluk skorlarına ait CV değerleri ise %15' ten düşük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Belirtilen rakımda yer alan arazilerde organik madde 1.8 skoru ile en kötü skoru alırken, SAR 1.6 ile pH 1.8 ile drenaj ve tuzluluk ise 1.2 ile en kötü skorlarını almışlardır. (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. 1200m - 1400m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=99	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1201	1400	1290.56	55.670	4.314	0.242	-1.023
Tekstür	0.16	0.32	0.21	0.04	17.85	0.56	0.25
Ana Mater	0.02	0.05	0.03	0.01	26.07	-0.13	-1.84
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	25.86	-0.28	-1.71
Eğim	0.27	0.53	0.33	0.07	20.89	1.56	2.37
Derinlik	0.14	0.28	0.16	0.04	24.81	1.83	2.23
Drenaj	0.05	0.06	0.05	0.00	5.39	3.12	7.92
SAR**	0.06	0.09	0.07	0.01	14.43	-0.23	-0.69
Tuzluluk	0.07	0.09	0.07	0.00	4.74	3.74	12.23
pH	0.04	0.07	0.04	0.01	14.83	1.79	4.20
Organik Mad	0.17	0.31	0.26	0.03	10.19	-0.70	0.79
TKI***	1.10	1.66	1.28	0.11	8.37	1.23	1.70

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKI: Toprak Kalitesi İndeksi

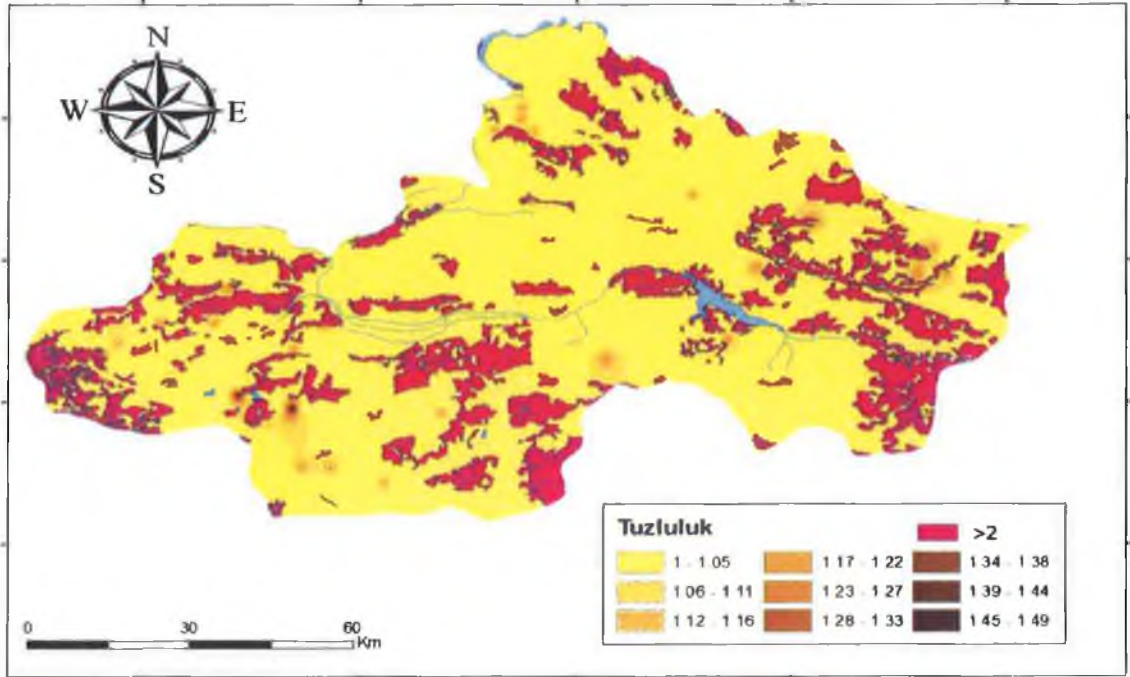
Kil tipine bağı olarak topraklarda sodyum miktarı arttıkça şişme büzülme oranı etkilendiğinden toprakta dispersiyonu artar ve kurak yarı kurak koşullarda üst katmanda masif bir yapının oluşumuna yol açar. Zamanla bu tabakanın sertleşmesi ise kaymak tabakası adı verilen suyun toprak içerisine girişini ve tohumun çimlenerek toprak yüzeyine çıkmasını engelleyen geçirimsiz bir katman haline dönüştür (Irvine ve Doughton, 2001). Bu çalışmada öneminden dolayı sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) MEDALUS modeli içerisine dahil edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının SAR skorları oldukça değişken olmakla beraber yer yer 1.66 ile 2.0 arasında değişen değerler aldığı da görülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Çalışma alanına ait sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) parametresi skorlarının alansal dağılımı

Bitkisel üretim için gerekli olan suyun yetersiz olması veya var olan suyun üretim için uygun olmayan kalitede olması önemli çölleşme göstergeleridir. Sulama için uygun olmayan suların kullanımı tarım arazilerinin tuzlulaşması yoluyla çölleşmesine neden olmaktadır. Tuzluluk taban suyunun yükselmesi ile birlikte kapillar hareketle yüzeye ulaşan tuzların birikimi şeklinde oluşabilmektedir (ILRI, 1989). Bunun yanında toprakta doğal olarak bulunan ve tuzların bileşimindeki katyon ve anyonları barındıran minerallerin doğal yollarla ayrışma ürünü olan bileşenlerin zamanla toprakta birikmesi

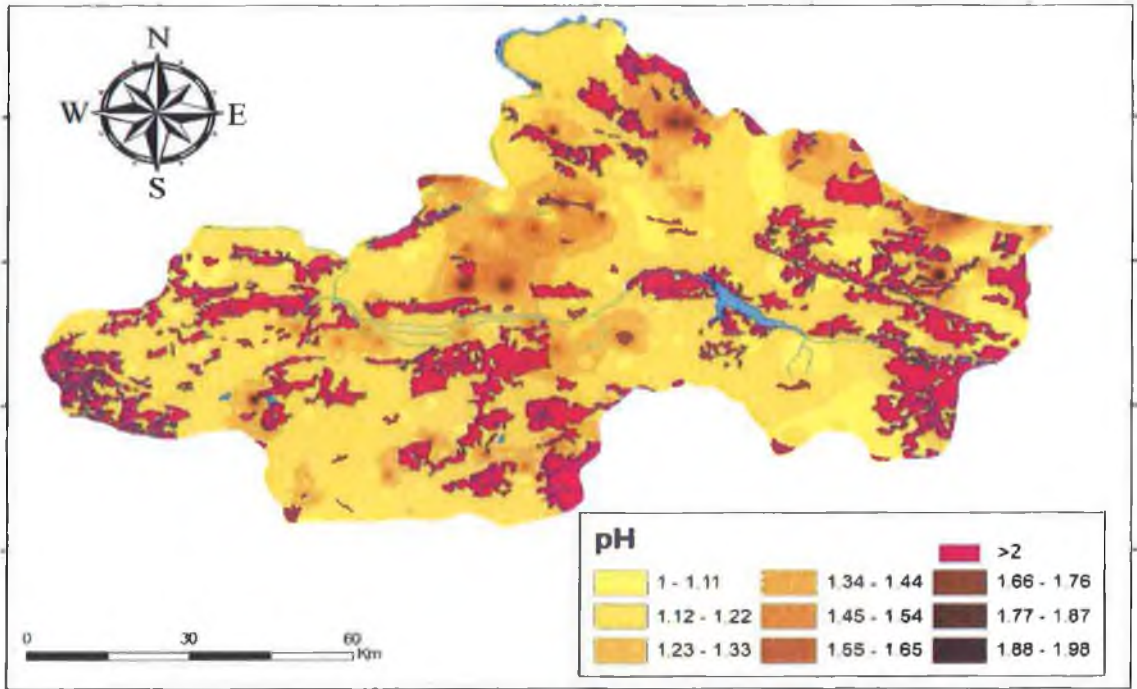
de toprak tuzluluğuna yol amaktadırdır (Abrol, 1988). Kurak ve yarı kurak bölgelerde doğal drenajın bozuk ve/veya yetersiz olduğu alanlarda ortaya çıkan bu tip tuzluluk problemleri bazı durumlarda oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. Kosmas (1999), tuzluluk problemlerinin 300 mm ile 600 mm arasında yağış alan bölgelerde daha yoğun olacağını belirtmiştir. Araştırmacı tuzların artan konsantrasyonlarının doğal bitki örtüsünü azaltarak toprakların fonksiyon gösterme yeteneklerinin zayıflamasına ve nihayetinde tamamen ortadan kalkmasına neden olabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada da çölleşme ve arazi bozulmasına hassas alanların belirlenmesinde önemli bir parametre olduğu düşünölen tuz içeriği MEDALUS modeli içerisinde incelenmiştir. Artan nüfus ve aşırı tarım faaliyetleri, gübrelerin bilinçsiz ve aşırı kullanılması salma sulama ve kullanılan suyun tuz içeriği topraklarda tuzluluk problemlerini artırmaktadır. Wild (2003), dünyadaki tarım alanlarının %15'inin erozyonla birlikte tuzluluğunun etkisi ile fiziksel ve kimyasal bozulmaya maruz kaldığını ifade etmektedir. Böylesi alanların yeniden tarıma kazandırılması zor, pahalı ve uzun zaman alan faaliyetleri gerektirir. MEDALUS modelinin orijinalinde olmayan ancak iklim göz önüne alındığında çalışma alanında gelecekte sorun olabileceği düşünölen tuzluluk parametresi model içerisine eklenmiştir. Çalışma alanında tuzluluk skorları ile elde edilen haritada göröleceği üzere, tuzluluğun arazinin çölleşmesine neden olması söz konusu değildir (Şekil 4.40). İndeks değeri çöğunlukla 1.0 ile 1.05 arasında değişmiş ve çok nadiren 1.45 ile 1.49 gibi değeri almıştır.



Şekil 4.40 Çalışma alanına ait tuzluluk parametresi skorlarının alansal dağılımı

Toprak pH'sı birçok besin elementinin toprakta tutunması, çökmesi, bitkiler tarafından alınması, mikro organizmaların yaşaması ve daha birçok döngünün yürütülmesinde önemli bir toprak kalitesi parametresidir. Sarmadian ve ark, (2010)'na göre yüksek pH, toprakta birçok makro besin elementinin yarayırlılığını etkilemektedir. Özellikle fosforun yarayırlılığı yağışlı bölgelerin düşük pH değerine sahip topraklarında yüksek Al ve Fe konsantrasyonu nedeniyle sınırlandırılmaktadır. Yüksek pH'ya sahip genelde kurak ve yarı kurak bölge topraklarında ise ortamda var olan yüksek kalsiyum iyonları fosfatlarla reaksiyona girerek bitkiler tarafından alınmaz formlara dönüşmektedirler (Sanyal ve De Datta, 1991). Toprakta pH'ya bağlı negatif yüklerin artması nedeniyle bitkiye yarayırlı Zn konsantrasyonu pH 5.0 ile 7.0 arasında bir birim pH artışına bağlı olarak 30 kat azalmaktadır (Aydemir, 1992). Leytem ve Mikkelsen (2005)'da yüksek pH'nın fosfor gibi makro besin elementlerini etkilediği gibi bitkiler için önemli olan Zn, Fe, Mn ve B gibi mikro besin elementlerinin alımını da etkilediğini rapor etmişlerdir. Çalışma alanının büyüklüğü, rakım farkından dolayı yağışın değişken olması yanı sıra farklı ana materyallerden oluşması nedeni ile çalışma alanı pH değerleri 5.17 ile 8.93 arasında değişmektedir. MEDALUS modeline göre çalışma alanında ki bu değişim 8 sınıfta skorlanmıştır. Toprak pH skorları Şiddetli Asidik <5.0 ve kuvvetli alkali >8.5 pH'lara sahip alanlar en kötü olarak yani 2 değeriyle skorlanırken, kuvvetli

asidik 5.1-5.5 arası pH değerleri ise 1.8 skoru ile orta asit 5.6-6.0 ve orta alkali 8.1-8.5 arası değerler ise 1.6 skoru ile hafif asit 6.1-6.5 ve hafif alkali 7.4-8.0 arası değerler alan topraklar ise 1.2 skoru ile nötr topraklar ise en iyi 1.0 skoru ile skorlanmıştır (Çizelge 3.5.). İndeks değerlerine göre çalışma alanında pH parametresi bakımından sorunlu alanların nispeten az olduğu görülmektedir. Arazilerin büyük çoğunluğunda pH skorları 1.0 ile 1.33 arasında değişmektedir (Şekil 4.41) .



Şekil 4.41. Çalışma alanına ait pH parametresi skorlarının alansal dağılımı

Çalışma alanında 1400 m ile 1988 m arasında yer alan arazilerde kaba materyal, ana materyal, pH, eğim ve derinlik parametrelerinin CV değerleri %36 ile %15 arasında olduğu için orta değişken olarak sınıflandırılmıştır. Organik madde, drenaj, SAR, tekstür ve tuzluluk skorlarına ait varyasyon katsayısı ise %15'ten düşük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Bu rakımda yer alan arazilerde çölleşme adına en kötü ortalama skor değerleri 1.5 ile tekstür, 1.8 ile organik madde, 1.6 ile agregat stabilitesi ve 1.2 ile drenajdır. Tuzluluk ile ilgili herhangi bir sorun olmadığından en düşük ve en yüksek değerlerin tamamı 0.072 olarak skorlanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. 1400m ile 1899m arasında yer alan arazilerin toprak kalitesi indeksi (TKİ) parametrelerinin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=39	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1409	1900	1572.05	126.266	8.032	0.725	-0.035
Tekstür	0.16	0.24	0.21	0.03	15.45	-0.95	-0.93
Ana Mater	0.02	0.04	0.03	0.01	26.65	1.01	-1.04
Kab Mater	0.03	0.06	0.05	0.01	22.63	-0.27	-1.82
Eğim	0.27	0.53	0.34	0.08	24.66	1.09	0.39
Derinlik	0.14	0.23	0.16	0.03	16.64	0.52	-0.58
Drenaj	0.06	0.06	0.05	0.01	8.42	1.16	-0.69
SAR**	0.06	0.09	0.07	0.01	15.79	-0.23	-0.92
Tuzluluk	0.07	0.07	0.07	0.00	0.00		
pH	0.04	0.07	0.05	0.01	21.10	0.58	-1.09
Organik Mad	0.17	0.31	0.25	0.04	14.39	-1.13	0.56
TKİ***	1.07	1.52	1.29	0.10	7.61	0.12	-0.61

*CV: Varyasyon Katsayısı **SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı***TKİ: Toprak Kalitesi İndeksi

Orijinal MEDALUS modeline ilave edilen yeni parametrenin de katkılarıyla elde edilen toprak kalitesi indeks değerlerinin alansal dağılımı oranları Çizelge 4.27’de belirtilmiştir. Çalışma alanının geniş olması ve genellikle örnekleme noktalarının tarım alanlarında olmasından dolayı toprak kalite indeksi 1.14 ile 1.45 değerleri arasında olup orta derecededir. Ancak, çalışma alanında çölleşmeye sebep olabilecek yoğun tarımsal faaliyetlerin yapılıyor olması, iklimdeki değişiklikler ve beraberinde artan nüfus ile birlikte oluşan baskı, kaliteli toprakların sanayi veya yerleşim alanı olarak kullanılması toprak kalitesinin geleceğini önemli düzeyde tehdit etmektedir. Ana materyali kireçtaşı olan arazilerdeki yüksek kireç içeriği, tarım arazilerinin bir kısmının eğimli arazilerde olması erozyon ile birlikte toprak kalitesinin birçok parametresinin olumsuz etkilenmesine neden olabilecektir.

Çizelge 4.27. Çalışma alanının toprak kalitesi indeksi (TKİ) sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

Toprak Kalite İndeksi (TKİ)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.10 – 1.13	1.55	0.00
1.13 – 1.25	183087.25	38.23
1.25 – 1.35	288179.71	60.17
1.35 – 1.45	7664.53	1.60
1.45 – 1.47	0.85	0.00

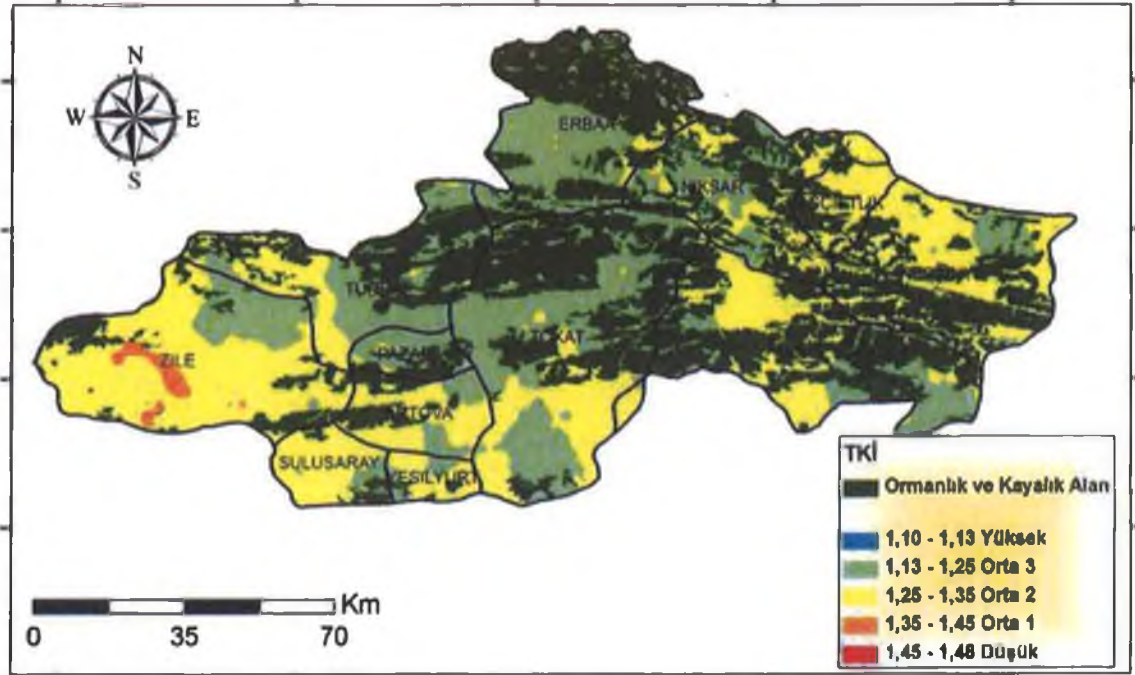
Yoğun tarımsal üretimin yapılmasıyla organik madde kapsamının azalması, aşırı gübreleme nedeniyle birçok arazide fosfor içeriğinin yüksek olması, yarayışlı potasyum konsantrasyonunun belli arazilerde düşük olması arazilerin birçok fonksiyonunu arzu edilen düzeyde yerine getirememesine neden olmaktadır. Bu durumun daha da

kötüleşmesi ise arazilerin zamanla fonksiyonlarını tamamen yitirmesine neden olabilecektir. MEDALUS modeli indikatörleri ve çevreye hassas alanlar indeksi (ESAI) verilerinin mesafeye bağlı dağılımlarına ait parametreler Çizelge 4.28’de verilmektedir. MEDALUS modelinde TKI belirlenirken orijinal modele eklenen parametreler diğer parametrelerden gelen etkiyi azaltmaktadır. Tez çalışmasında, MEDALUS modeli ile parametrelerin değerlendirilmesinde verilerin eşit ağırlıkta etki yaptığı düşünülmektedir. Çalışma alanının topoğrafya, iklim, jeoloji gibi özelliklerini bilen ve bu alanda çalışan uzmanların görüşü alınarak önemli olduğu düşünülen 10 parametre seçilmiş ve bu parametrelerde AHS’ne (analitik hiyerarşi yöntemine) göre tekrar değerlendirilerek istatistik tabloları oluşturulmuştur. (Şekil 4.42).

Çizelge 4.28. MEDALUS modeli indikatörleri ve çevreye hassas alanlar indeksi (ESAI) verilerinin mesafeye bağlı dağılımlarına ait parametreler

Değişken	Model	Nugget	Sill	*Uzaysal Bağ. (%)	Range (m)	RSS	Model R ²	Cross Validasyon R ²
Toprak Kalitesi İndeksi	Üssel	0.0172	0.1184	10.12	29100	8.031E-04	0.949	0.740
İklim Kalitesi İndeksi	Üssel	0.0111	0.2642	25.31	17200	3.624E-03	0.962	0.828
Vejetasyon Kalitesi İndeksi	Üssel	0.0510	0.875	82.4	17900	0.0380	0.963	0.816
Amenajman Kalitesi İndeksi	Küresel	0.0024	0.0054	0.3	10900	1.597E-06	0.874	0.324
ESAI	Üssel	0.0000	0.0075	0.75	2700	3.218E-06	0.798	0.069

*Uzaysal Bağımlılık= (Sill-Nugget)*100 şeklinde hesaplanmıştır (Cambardella ve ark.. 1994).



Şekil 4.42. Çalışma alanına ait toprak kalitesi parametreleri skorlarının alansal dağılımı

Çalışma alanının toprak kalitesi haritası oluşturulurken kullanılan toprak kalitesi indeksi (TKI) değerleri bireysel parametrelerden gelen skorların aritmetik ortalaması ile hesaplanmıştır. Çalışma alanında toprak örneklerinin hemen hemen tamamı tarım arazilerinden alınmıştır. Tarım arazileri dışındaki kayalık ve ormanlık alanlara ait veriler ise Tokat ili arazi varlığı raporlarından elde edilmiştir. Bu raporda taşlık ve kayalık olan alanların TKI skorları en kötü, ormanlık alanların skorları en iyi olacak şekilde değerlendirilmiş ve haritaya bu şekilde aktarılmıştır. TKI skorları tarım arazilerinde genel anlamda yüksek görünmesine rağmen, taşlık ve kayalık araziler haricinde en düşük TKI skorlarının çok yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Zile, Kazova, Niksar ve Erbaa Ovalarının bulunduğu alanlarda olduğu görülmektedir (Şekil 4.42).

4.3.2. İklim Kalitesi

Kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen yağışın yıl içerisinde düzensiz olması ve yıllar arasında yağış farklılıklarının yüksek olması, ani ve ekstrem iklim olayları arazilerin bozulmasına katkı yapan önemli iklim olaylarıdır (Kosmas ve ark., 1999). Yarı kurak bir iklime sahip olan Tokat ilinde yıllık toplam yağış 441.5 mm ile 662.3 mm arasında değişmektedir. MEDALUS modelinin iklim kalitesinin belirlenmesinde

yöney, yağış ve kuraklık parametreleri kullanılmış ve skorlanmıştır. Bu parametrelerin skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.29'da sunulmuştur. Her üç parametre skorlarının CV değerleri, çalışma alanı içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğunu göstermektedir. Yıllık veya yıllar arası yağışın dağılımı, düzensizliği, yetersizliği, mevsim yağışları dışında aşırı yağış olması yarı kurak ve kurak arazilerde arazi bozulmasını denetleyen en önemli iklimsel olaylardır. Kurak yarı kurak alanlarda gelecek için öngörülen iklim ve yağış değişikliklerinin sonuçları çölleşmenin oluşumu ve çölleşmiş arazilerin kapladığı alanları artırabilmektedir. Yağışın miktarı ve dağılımı özellikle eğimli ve sulama imkânı olmayan arazilerde biyokütle üretiminin temel belirleyici unsurlarıdır. Yağışın düşük ve evapotranspirasyonun yüksek olduğu arazilerin topraklarında yarayışlı su içeriğinin bitki gelişimine yeterli olması mümkün değildir. Bu durumda azalan biyokütle üretimi toprakların organik madde içeriklerini olumsuz etkilediğinden, agregat stabilitesinin zayıflamasına ve yüzey toprağının erozyona karşı daha hassas bir hal almasına neden olurlar.

Çalışma alanı geniş olmasına rağmen iklim parametreleri büyük değişiklik göstermemektedir. Modelde yağış 280 mm'den az yağışlı alanlar, 280 mm ile 650 mm arasında yağış alan alanlar ve 650 mm'den çok yağış alan alanlar olarak üç sınıfta skorlanmıştır. Örnekleme noktalarındaki yağış miktarına yapılan MEDALUS modeline göre skorlamada, noktaların çok büyük çoğunluğunun 1.5 skorunu aldığı görülmüştür. İklim kalitesi indeksi (IKI) hesaplanırken modelin orijinalinde kullanılan parametrelerin geometrik ortalaması alınmaktadır. Bu durumda kullanılan her bir parametrenin IKI'ye olan katkıları eşit olarak kabul edilmektedir. Ancak bu çalışmada, analitik hiyerarşi yöntemi (AHS) kullanılarak parametrelerin IKI'ye katkılarını belirleyen ağırlık değerleri hesaplanmıştır. MEDALUS modelinden elde edilen skorların AHS ile tekrar skorlanması sonucunda yağış en düşük 0.188 ile en yüksek 0.283 değerini almıştır. Çalışma alanının Tarım Bakanlığı veri tabanından elde edilen iklim haritasında da (Şekil 3.6.) görüleceği gibi yağış miktarı ilin kuzeyinden güneyine doğru düzenli bir azalış sergilemiştir. Buna rağmen, 662 mm ile 441 mm arasında değişen yağış değerlerinin skorları benzer olmuştur. Kosmas (1997), Akdeniz bölgesinde 280-300 mm'lik yıllık yağış miktarının çok önemli olduğunu, özellikle bitki örtüsünce fakir tepelik alanlarda 300 mm'yi aşan yağışların akış hızı ve sediment kaybını arttırdığını bildirmiştir. IKI değerlendirilirken seçilen parametrelerden biri de kuraklık katsayısıdır.

Kuraklık katsayısı alanın yağmur ve rüzgâr erozyonu ile çölleşme sürecini karasal iklim koşulları ve hava sıcaklığına bağlı olarak denetleyen ve belirleyen fiziksel bir göstergedir.

Çizelge 4.29. İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistik verileri

N=578	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	1900	936.25	351.288	37.521	-0.137	0-.497
Yağış	0.19	0.28	0.28	0.01	1.39	-24.04	578.00
Kuraklık	0.73	0.88	0.82	0.07	8.51	-0.59	-1.65
Yöney	0.11	0.16	0.14	0.01	6.51	1.42	2.29
İKİ	1.06	1.32	1.25	0.07	5.63	-0.59	-1.54

*CV: Varyasyon Katsayısı

Kuraklık su stresi ile ilişkili olan ve bitki örtüsünün ortadan kalmasına yol açabilen kritik çevresel faktörlerden biridir. Kuraklığın etkisi değişen iklim alanlarındaki bitki örtüsünün çeşitliliği ile de belirlenebilir. Kuraklık İndeksi değerleri 0.56 ile 0.81 arasında değişirken bu parametreye ait skorların 0.731 ile 0.877 arasında değiştiği görülmüştür. Kuraklık indisinin skorlamasında FAO tarafından belirlenen beş sınıf dikkate alınmıştır. Buna göre kuraklık indeksi 0.65'ten büyük olanlar yağışlı ve 0.5 ile 0.65 arasında olanlara ise kurak-yarı yağışlı şeklinde tanımlanmıştır. Çalışma alanında yer alan örnekleme noktaları bu iki sınıf içerisinde yer almış olup skorları sırası ile 1.0 ve 1.2 şeklinde olmuştur (Şekil 3.8). Çalışma alanında iklim kalitesi parametrelerine ait skorların alansal dağılımı Şekil 4.43; 4.44; 4.45'da verilirken İKİ'nin alansal dağılımı ise Şekil 4.46'de verilmektedir.

Yöney ve yükseltilerdeki değişiklikler rüzgârların yönelme durumu, yağış durumu, drenaj, akış ve erozyon gibi koşulları etkilediği gibi güneşlenme durumu, bitki besin maddelerini ve vejetasyonun oluşması ile dağılımını etkilediği bilinmektedir. Özellikle arazinin yönü, toprak yüzeyine güneş ışınlarının geliş açısını ve yüzeyin güneşlenme süresini belirlediğinden arazi bozulması açısından oldukça önemli bir parametredir. Güneş ışınlarının hangi açı ve süreyle araziye geldiği o arazideki biokütle gelişimi etkiler (Kosmas ve ark., 1999). Çalışma alanının yöney verileri Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı veri tabanlarından temin edilmiş ve skorlanmıştır (Şekil 3.9). Çalışma alanının İKİ, sınıflarının kaplama alanları ve yüzdelere göre orta derecede kalite indeksine sahiptir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Çalışma alanının İklim kalitesi indeksi sınıfları (İKİ), sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

İklim Kalite İndeksi (İKİ)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.19 – 1.30	1.13	0.00
1.30 – 1.38	54332.86	11.34
1.38 – 1.46	260531.02	54.40
1.46 – 1.53	164069.27	34.26

Yarı kurak iklime sahip olan Tokat ilinde MEDALUS modelinin iklim kalitesinin belirlenmesinde 192 m ile 400 m rakımları arasındaki yöney, yağış ve kuraklık parametrelerinin skorlanması ile elde edilen sonuçlara ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.31’de verilmektedir. Her üç parametrenin CV değerleri, 192 m ile 400 m arasındaki arazilerde değişkenliklerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.31. 192m ile 400m arasında İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=47	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	394	270.28	51.129	18.917	0.375	-0.273
Yağış	0.19	0.28	0.28	0.01	4.88	-6.86	47.00
Kuraklık	0.73	0.73	0.73	0.00	0.00		
Yöney	0.14	0.16	0.14	0.01	6.79	1.62	0.65
İKİ	1.06	1.18	1.15	0.02	1.51	-3.55	21.34

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 400 m ile 600 m rakımları arasındaki yöney, yağış ve kuraklık parametrelerinin skorlanması ile elde edilen sonuçlara ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 4.32’de verilmektedir. Her üç parametrenin CV değerleri, çalışma alanı içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğunu göstermektedir. Yağış değerlerin de ise bu rakımlarda bir fark görülmemektedir.

Çizelge 4.32. 400m ile 600m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=71	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	402	598	537.48	51.784	9.635	-1.067	0.227
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.82	0.07	8.61	-0.57	-1.73
Yöney	0.11	0.16	0.14	0.01	8.28	0.38	0.25
İKİ	1.15	1.32	1.25	0.07	5.80	-0.53	-1.66

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının 600 m ile 1899 m rakımları arasındaki yöney, yağış ve kuraklık katsayısı parametrelerinin elde edilen sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

Çizelge 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37’de verilmektedir. Bu istatistiklere göre yağış parametresine ait skorlar bu rakımlar arasında eşit olduğu için standart sapması ve CV değerleri sıfır olarak hesaplanmıştır. Diğer parametrelerin CV değerleri ise belirtilen yükseltiiler arasındaki arazilerde değişkenliklerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.33. 600m ile 800m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=82	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	603	799	697.93	62.179	8.909	0.119	-1.414
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.85	0.06	7.04	-1.47	0.17
Yöney	0.19	0.16	0.14	0.01	5.91	2.19	2.85
İKİ	1.15	1.32	1.27	0.06	4.76	-1.42	0.16

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.34. 800m - 1000m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=108	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	802	999	906.49	59.486	6.562	-0.132	-1.237
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.85	0.05	6.26	-1.91	1.67
Yöney	0.11	0.16	0.14	0.01	6.09	0.57	7.04
İKİ	1.15	1.32	1.28	0.05	4.20	-1.83	1.57

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.35. 1000m - 1200m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=132	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1001	1199	1106.67	53.775	4.859	-0.175	-1.062
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.852	0.06	6.41	-1.81	1.29
Yöney	0.14	0.16	0.14	0.01	6.41	1.81	1.29
İKİ	1.15	1.32	1.28	0.05	4.17	-1.76	1.33

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.36. 1200m - 1400m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

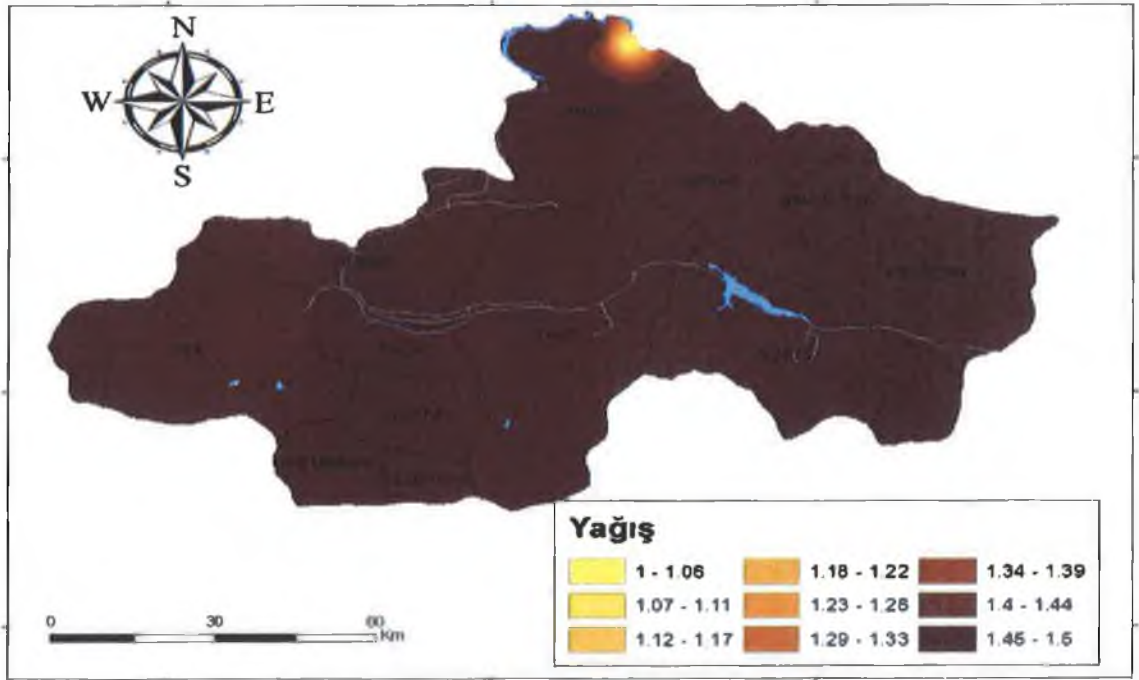
N=99	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1201	1400	1290.56	55.670	4.314	0.242	-1.023
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.81	0.07	9.06	-0.14	-2.02
Yöney	0.14	0.16	0.14	0.01	5.25	2.69	5.34
İKİ	1.15	1.32	1.23	0.07	5.92	-0.15	-1.98

*CV: Varyasyon Katsayısı

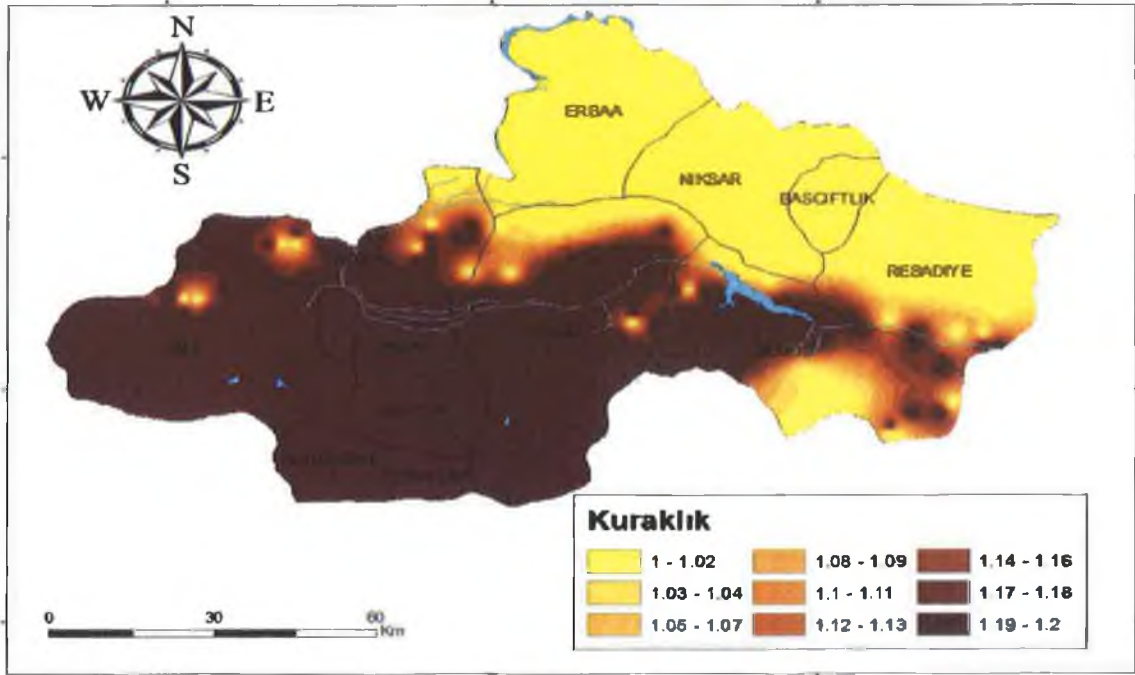
Çizelge 4.37. 1400m - 1899m arasındaki İklim kalitesi indeksi (İKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=39	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1409	1900	1572.05	126.266	8.032	0.725	-0.035
Yağış	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00		
Kuraklık	0.73	0.88	0.76	0.06	7.51	1.74	1.07
Yöney	0.14	0.16	0.14	0.01	6.97	1.52	0.32
İKİ	1.15	1.32	1.18	0.06	4.82	1.66	0.98

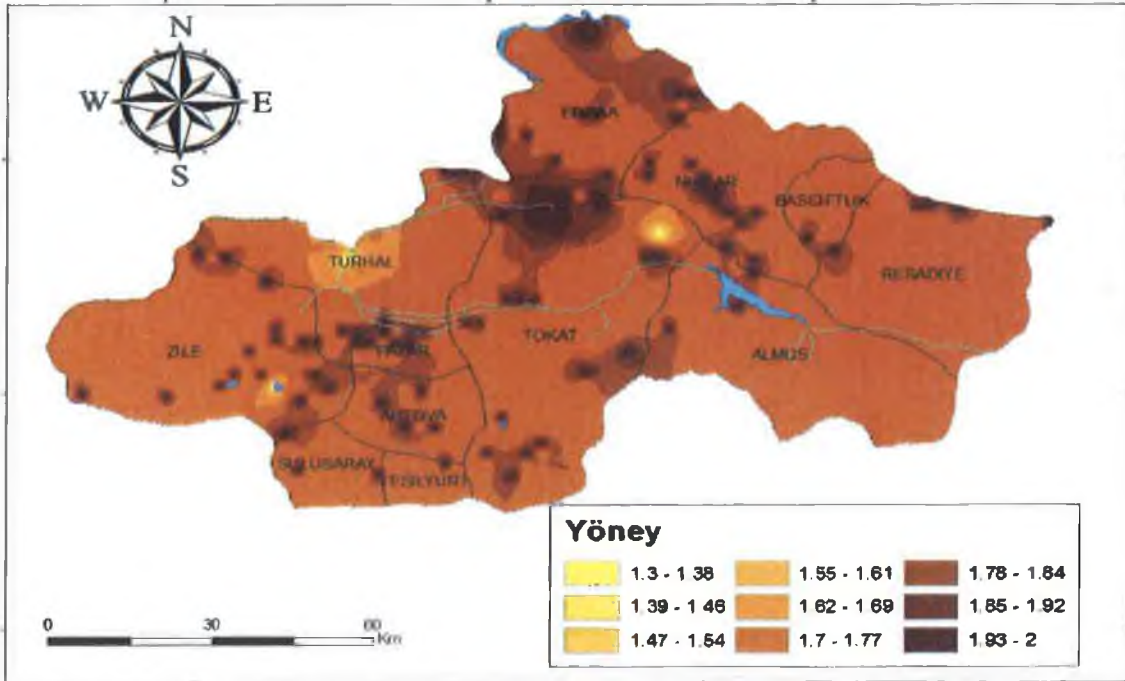
*CV: Varyasyon Katsayısı



Şekil 4.43. Çalışma alanına ait yağış parametresi skorlarının alansal dağılımı

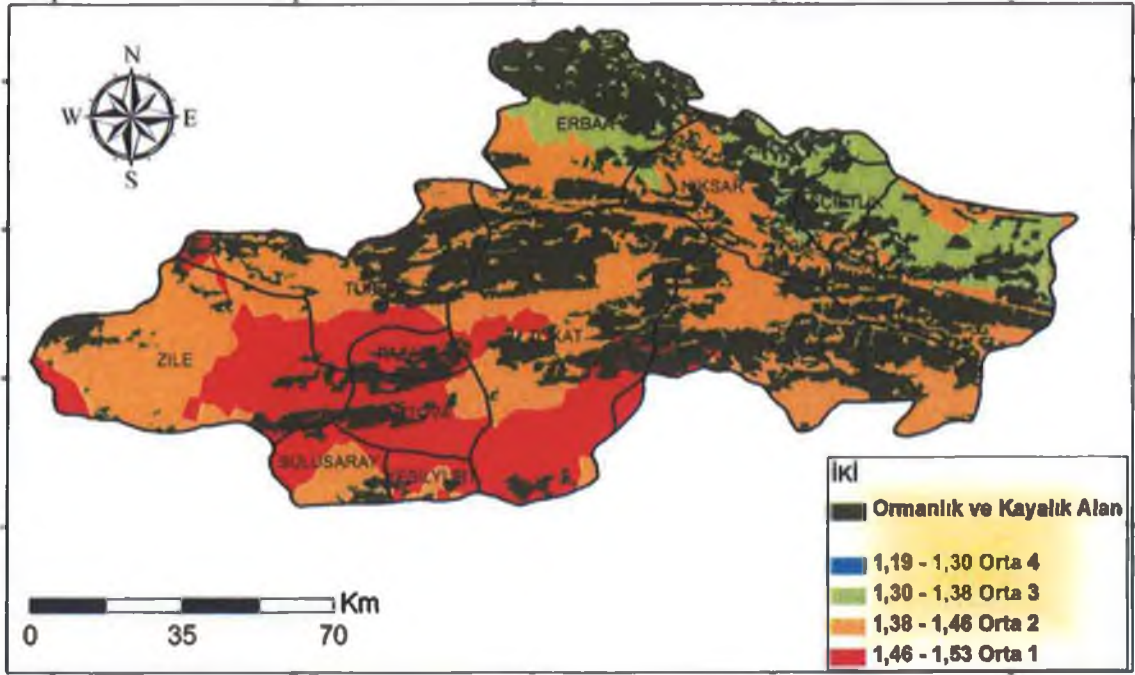


Şekil 4.44. Çalışma alanına ait fao kuraklık katsayısı parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.45. Çalışma alanına ait yöney parametresi skorlarının alansal dağılımı

Tokat merkez ve Almus, Artova, Niksar, Başçiftlik ve Yeşilyurt yanı sıra Turhal ve Zile ilçeleri arasında kalan arazilerin İKİ skorları 1.33 ile 1.45 arasında değişmiştir. İklim kalitesinin Zile ilçesinin batı kesimleri, Tokat merkezin kuzey batı kesimleri ile Reşadiye ilçesinin kuzey doğu kesimlerinde daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Çalışma alanına ait iklim kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı

4.3.3. Vejetasyon Kalitesi

Vejetasyon kalitesi indeksinin (VKİ) belirlenmesinde yangın riski, erozyondan koruma, kuraklık direnci ve bitki örtüsü parametreleri kullanılmıştır. Çölleşmenin belirlenmesinde baskın olan parametrelerden bir tanesi bitki örtüsüdür. İklim koşulları ve uygulanan amenajmana göre arazilerdeki bitki örtüsü yılın farklı zamanlarında değişebilmektedir. VKİ'nin belirlenmesinde kullanılan parametrelerin tamamı bitki çeşidi ve bitki ile kaplılık gibi özellikleri esas almaktadır. Bitki ile kaplılık, bitkilerin gövde ve yapraklarının, ağaçların ve tepe kısımlarını örten yaprakların toprak yüzeyine yansıyan toplam izdüşümlerinin birim arazilerdeki yüzde (%) oranlarıdır. Bu oran arazi kullanımından ve bölgenin iklimden etkilenmektedir. Vejetasyon iklim değişimi ile insan aktiviteleri arasındaki etkileşimin önemli bir göstergesidir ve aynı zamanda bu etkileşimden oldukça fazla miktarda etkilenmekte olduğundan çölleşmenin belirlenmesinde önemli bir indikatördür (Parvari ve ark., 2011).

Çalışma alanının bitki ile kaplılık durumu örneklemelerin yapıldığı döneme ait uydu görüntüleri kullanılarak belirlenen normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI) ile belirlenmiştir. NDVI, arazinin ne kadar bitki içerdiğini ve yeşillik durumunun yansıma değerlerini kayıt eden uydu verilerinin kullanımı ile belirlenmesidir. Bir bölgenin NDVI

verileri, alanın vejetasyonunun sağlığını ve alansal olarak nasıl değiştiğini gösterir. Verinin normalize edilmiş olması, farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırmaktadır (Duran, 2007). NDVI, biyofiziksel bir özellik olarak, bitki örtüsünün fotosentez faaliyetiyle bağıntılıdır ve bitkinin canlı olup olmadığının göstergesidir (Wang ve Tenhunen, 2004). NDVI değerlerindeki azalma o bölgede oluşan vejetasyonun herhangi bir sebeple tahrip olduğunu veya azalarak yok olduğunun göstergesidir. NDVI verileri kullanılarak bölgede bitki varlığı hakkında bir görüş elde edilebilir ve ileriye dönük bitki örtüsünün araziye gitmeden takibi yapılabilir.

Toprak kaybı ve yüzey akışı, arazi yüzeyindeki bitki ile kapalılığının azalması ile büyük miktarda artmaktadır (Brandt ve ark., 2003). Bitki örtüsünün azaldığı alanlarda yıllık yağışlar 300 mm'den daha düşük ise buharlaşma oranı artmakta ve toprak içerisinde depolanan yarayışlı su miktarı büyük ölçüde azalmaktadır. Bu durum arazi yüzeyinde bulunacak bitki örtüsünün varlığını tehdit ettiğinden arazinin bozulmasına ve nihayetinde çölleşmesine neden olacaktır. Çalışmanın yapıldığı yıl için arazide bulunan vejetasyon dikkate alınarak, 23 Nisan-08 Mayıs 2013 NDVI değerleri bitki ile kapalılığın belirlenmesinde kullanılmıştır (şekil 3.10 ve şekil 3.11). Kosmas (1998), yaptığı bir çalışmada Midilli adasının toprak yüzeyinin kapalılığının toprak derinliğini önemli düzeyde etkilediğini belirlemiştir (Kosmas, 1999).

Vejetasyon kalitesini belirlemek için seçilen dört parametreden yangın riski, erozyon koruma, kuraklık indeksi verileri ise arazide toprak örneklemeleeri sırasında yapılan gözlemler ile belirlenmiştir. Orman yangınları ve anızın yakılması arazi bozulmasının önemli sebeplerindendir. am ormanlarının yanması erozyonu tetiklediği gibi biyoçeşitliliğin de azalmasına ve kimi zaman yok olmasına sebep olmaktadır (Kosmas, 1999). Çalışmada, yangın riski parametresi dört gruba ayrılmıştır ve bu gruplar oluşturulurken arazideki bitkilerin çok yıllık, tek yıllık olmasının yanında orman örtüsü veya Akdeniz bitki örtüsü gibi bölümlere göre değerlendirilmiştir. İnsan etkisi ve iklimden kaynaklanan yangınların yanı sıra olağan dışı kuraklıklar, insanların arazileri kullanımından kaynaklanan hatalar ve hayvan otlatmada yapılan hatalar geri dnşimsz olarak arazi bozulmasına yol açabilmektedir.

Bitki rts ve arazi kullanımı, yüzeyden aşınan toprağın yoğunluğunu ve akışını dolayısıyla da erozyonun sıklığını kontrol etmektedir (Kosmas, 1999). Özellikle tek yıllık bitkiler ve üzüm, tahıl, zeytinlik, badem gibi yağmurla beslenen araziler erozyona

karşı az dirençli, sığ ve tepeliktir. Bu alanlarda etkili olan şiddetli yağışların bitki örtüsü azaldığında şiddetli erozyona neden olacak ve arazilerin çölleşmesine yol açacaktır (Faulkner, 1990). Kosmas ve ark., (1999). Portekiz, İspanya, Fransa ve İtalya gibi ülkelerde yaptıkları çalışmada yıllık yağış oranları ile bitki örtüsünün ilişkili olduğunu ve bitki örtüsü azaldıkça yağışlarla erozyonun arttığını belirlemişlerdir.

Kurak ve yarı-kurak alanlarda bitki gelişiminin azaldığı meralar, eğimli tarım arazileri ile rüzgâra dayanıksız arazilerde çölleşmenin oluşumu ve tespitinde kullanılabilir en önemli biyofiziksel göstergelerden bir tanesi erozyondur. Bu tez çalışmasında da belirtilen öneminden dolayı bir parametre olarak kullanılmıştır. Erozyon, verimli toprak kaynaklarının önemli ölçüde kaybedilmesi, su muhafazasının zorlaşması, besin elementi içeriğinin giderek azalması, bitki örtüsünün zayıflaması ve arazilerin üretim yeteneğinin düşmesine neden olmaktadır.

Diğer birçok ülke de olduğu gibi ülkemizdeki erozyon riski, sürdürülebilir havza, mera ve arazi yönetiminde dikkate alınması gereken önemli bir sorundur. MEDALUS modelinde, erozyondan korunma adına sürekli yeşil kalan orman alanları erozyon riski yok şeklinde değerlendirilirken tek yıllık tarımsal ürünlerin ekildiği alanlar toprak işlemenin etkisi ile zayıflayan dirençlerinden dolayı hasat sonrası rüzgâr ve su erozyonuna açık oldukları yüksek erozyon riskli alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Yapraklarını döken veya dökmeyen bitkilerde yaprak alanlarının varlığına göre kuraklık derecesi değişmektedir. Vegetasyon kalitesini belirlerken çölleşme açısından önemli olduğu düşünülen bir diğer parametre ise kuraklık direncidir. Bu parametrede en iyi 1.0 skoru kuraklığa daha dirençli olduğu düşünülen orman alanları çok yıllık ağaçlar seçilirken, tek yıllık otsu bitkiler ise çölleşme için kuraklık riskine en hassas çok kötü 2.0 skoruyla değerlendirilmiştir. Uzun yıllar hüküm süren ağaçların yerine tarımsal işlemlerde tek yıllık bitkilerin geçmesi kuraklığa olan direncin azalmasına yol açmaktadır. Birçok çalışmada bitki örtüsünün artışıyla sediment kaybı ve yüzey akışının azaldığını belirtmiştir (Thornes, 1990). Arazilerde biyokütle verimliliği belirli bir eşik değerinin altına düştüğünde birçok çölleşme parametresini etkilediği için arazilerin çölleştiği belirtilmektedir. Çalışma alanında %40 eğimli bir arazi hâkim bitki örtüsüne kritik değerinin aşağısında ise erozyon hızlandığı kabul etmişlerdir. Eğimin düz düze yakın olduğu arazilerde yer alan derin toprak profilleri üzerinde biyokütle üretiminin azalması yavaş olduğu için bozulma da yavaştır ancak dik yamaçlarda oluşan sığ

topraklarda düşük üretkenlik ve bitki örtüsünün azalması ile toprak kayıpları ve arazi bozulması artmaktadır (Thornes, 1988). Çalışma alanı arazilerinde Çalışma alanının VKİ sınıflarının, kaplama alanları ve yüzdeleri hesaplandığında orta derecede vejetasyon kalitesine sahip araziler %1.29 iken. %98.71'lik bir alan ise düşük vejetasyon kalitesine sahiptir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Çalışma alanının Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

Vejetasyon Kalite İndeksi (VKİ)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.18 – 1.25	0.14	0.00
1.25 – 1.32	0.85	0.00
1.32 – 1.39	6176.27	1.29
1.39 – 1.80	472755.67	98.71

Tanımlayıcı istatistik verilerine göre yangın riski, kuraklık direnci ve bitki örtüsünün CV değerleri %15 ile %35 arasında değiştiğinden orta değişken, erozyon ve vejetasyon kalitesinin CV değerleri %15'ten küçük olduğu için az değişken olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=578	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	1900	936.25	351.288	37.521	-0.137	-0.497
Yangın Riski	0.46	0.91	0.59	0.13	21.53	0.17	-1.10
Erozyon	0.67	1.35	1.28	0.13	10.32	-1.99	3.95
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.32	0.05	15.40	-1.83	1.96
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.13	0.03	21.25	1.23	-0.07
VKI	1.67	2.74	2.31	0.17	7.47	-0.72	0.78

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanının rakıma göre vejetasyon kalitesinin nasıl değiştiğini görebilmek için yapılan grupta 192 m ile 400 m arası arasında yer alan arazilerde yangın riski ve bitki örtüsünün CV değerleri %15'ten büyük, Erozyon, kuraklık direnci ve vejetasyon kalitesinin CV değerleri %15'ten küçüktür (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. 192m ile 400m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=47	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	394	270.28	51.129	18.917	0.375	-0.273
Yangın Riski	0.46	0.68	0.49	0.08	16.75	2.04	2.25
Erozyon	0.88	1.35	1.31	0.11	8.16	-2.56	5.99
Kuraklık Direnci	0.29	0.34	0.34	0.02	4.75	-2.64	5.18
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.12	0.02	19.53	2.30	3.68
VKI	1.73	2.48	2.25	0.14	6.37	-1.16	3.45

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanında 400 m ile 600 m arasında yer alan arazilerin yangın riski CV değerleri %19.19 ile orta değişken, erozyon, kuraklık direnci, bitki örtüsünün ve vejetasyon kalitesinin CV değerleri %15'ten küçüktür. (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. 400m - 600m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=71	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	402	598	537.48	51.784	9.635	-1.067	0.227
Yangın Riski	0.46	0.68	0.51	0.10	19.19	1.25	-0.46
Erozyon	1.08	1.35	1.33	0.05	3.48	-3.76	14.96
Kuraklık Direnci	0.20	0.34	0.33	0.04	11.96	-2.5	5.09
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.12	0.02	14.22	2.55	6.10
VKI	1.93	2.52	2.29	0.10	4.30	0.57	2.57

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanında 600 m ile 800 m arasında yer alan arazilerde yangın riski, kuraklık direnci ve bitki örtüsünün CV değerleri sırası ile %22.46, %16.02 ve %20.76 ile orta değişken olarak, erozyon ve vejetasyon kalitesi CV değerleri ise %15'ten küçük oldukları için az değişken olarak sınıflandırılmışlardır (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. 600m - 800m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=82	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	603	799	697.93	62.179	8.909	0.119	-1.414
Yangın Riski	0.46	0.91	0.55	0.12	22.46	0.77	-0.52
Erozyon	0.88	1.35	1.30	0.10	7.37	-2.26	5.01
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.31	0.05	16.02	-1.65	1.08
Bitki Örtüsü	0.11	0.184	0.13	0.03	20.76	1.28	0.15
VKI	1.99	2.554	2.29	0.14	5.82	-0.01	0.01

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanında 800 m ile 1000 m arasında yer alan arazilerde yangın riski, bitki örtüsünün CV değerleri sırasıyla 20.47 ve 19.03 ile orta değişken olarak, kuraklık

direnci, erozyon ve vejetasyon kalitesinin CV değerleri ise %15 ten küçük oldukları için az değişken olarak sınıflandırılmışlardır (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. 800m - 1000m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=108	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	802	999	906.49	59.486	6.562	-0.132	-1.237
Yangın Riski	0.46	0.91	0.60	0.12	20.47	-0.12	-1.28
Erozyon	0.88	1.35	1.30	0.11	8.23	-2.42	5.66
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.32	0.05	14.97	-1.88	1.85
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.13	0.02	19.03	1.24	0.32
VKI	1.818	2.74	2.35	0.17	7.19	-0.60	0.50

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanında 100 0m ile 1200 m arasında yer alan arazilerde yangın riski, bitki örtüsünün CV değerleri ise sırasıyla 17.89 ile 18.06 ile orta değişken olarak, kuraklık direnci, erozyon ve vejetasyon kalitesinin CV değerleri ise varyasyon katsayısı %15'ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmışlardır (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. 1000m - 1200m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=132	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1001	1199	1106.67	53.775	4.859	-0.175	-1.062
Yangın Riski	0.46	0.91	0.63	0.11	17.89	-0.49	-0.27
Erozyon	0.88	1.35	1.30	0.10	8.02	-2.14	3.86
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.32	0.05	13.88	-2.37	4.40
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.12	0.02	18.06	1.99	2.72
VKI	1.97	2.65	2.37	0.14	5.93	-0.65	-0.42

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanında 1200 m ile 1400 m arasında yer alan araziler genellikle orman alanları ve eğimin yüksek olması nedeniyle kuraklık direnci, erozyon, yangın riski, bitki örtüsünün CV değerleri sırasıyla 18.89, 15.86, 18.22, 23.59 ile %15 ten büyük olduğu için orta değişken olarak, vejetasyon kalitesinin CV değeri %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.45). 1400 m ile 1988 m arasında yer alan arazilerde ise genellikle yayla alanları ve meralar olduğu için erozyon parametresinin CV değeri %15 ten küçük çıkarken, kuraklık direnci, yangın riski, bitki örtüsü parametrelerinin CV değerleri sırasıyla 22.45, 20.91, 20.52 ile %15 ten büyük olduğu için orta değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.45. 1200m - 1400m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=99	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1201	1400	1290.56	55.670	4.314	0.242	-1.023
Yangın Riski	0.46	0.91	0.65	0.12	18.22	-0.36	-0.01
Erozyon	0.67	1.35	1.20	0.19	15.86	-1.18	0.80
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.30	0.06	18.89	-1.31	0.33
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.14	0.03	23.59	0.46	-1.62
VKI	1.67	2.65	2.29	0.234	10.31	-0.83	-0.25

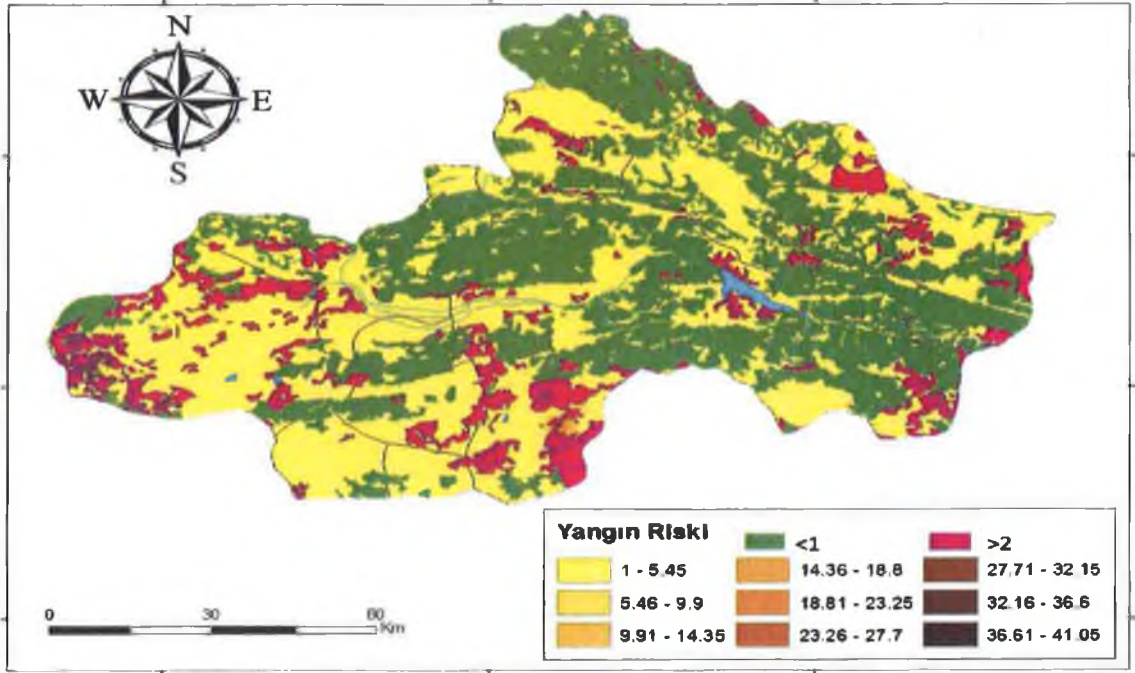
*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.46. 1400m - 1899m arasında Vejetasyon kalitesi indeksi (VKİ) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

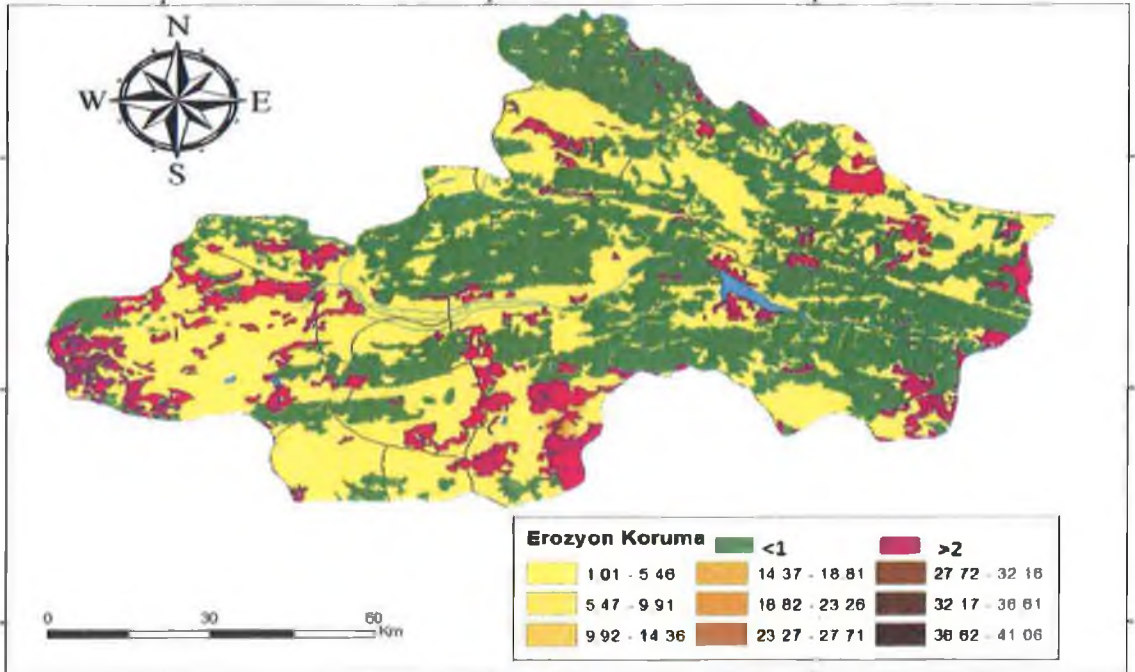
N=39	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1409	1900	1572.05	126.266	8.032	0.725	-0.035
Yangın Riski	0.46	0.91	0.63	0.14	22.45	0.10	-0.71
Erozyon	0.88	1.35	1.144	0.14	11.92	0.12	-0.47
Kuraklık Direnci	0.17	0.34	0.28	0.06	20.52	-0.73	-0.79
Bitki Örtüsü	0.11	0.18	0.15	0.03	20.91	-0.31	-1.65
VKI	1.78	2.65	2.21	0.21	9.50	-0.14	-0.48

*CV: Varyasyon Katsayısı

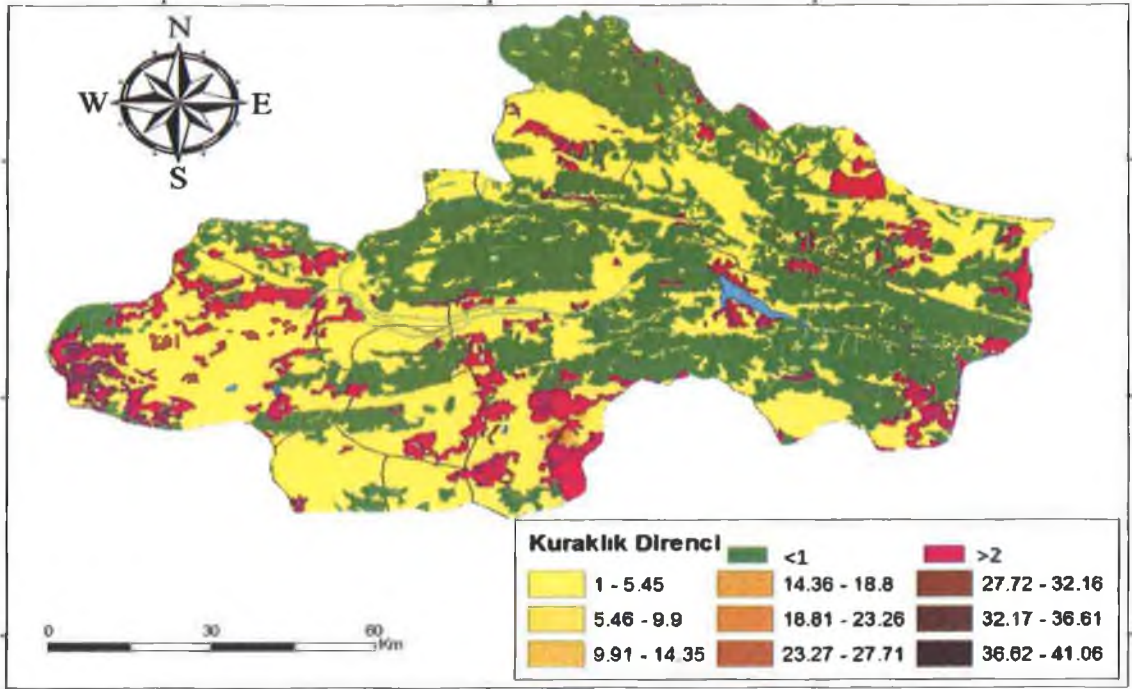
Çalışma alanında VKİ'nin bileşenleri olan parametrelerin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.47 - 4.50 arasında verilmişken, VKİ alansal dağılımı Şekil 4.51'de verilmektedir.



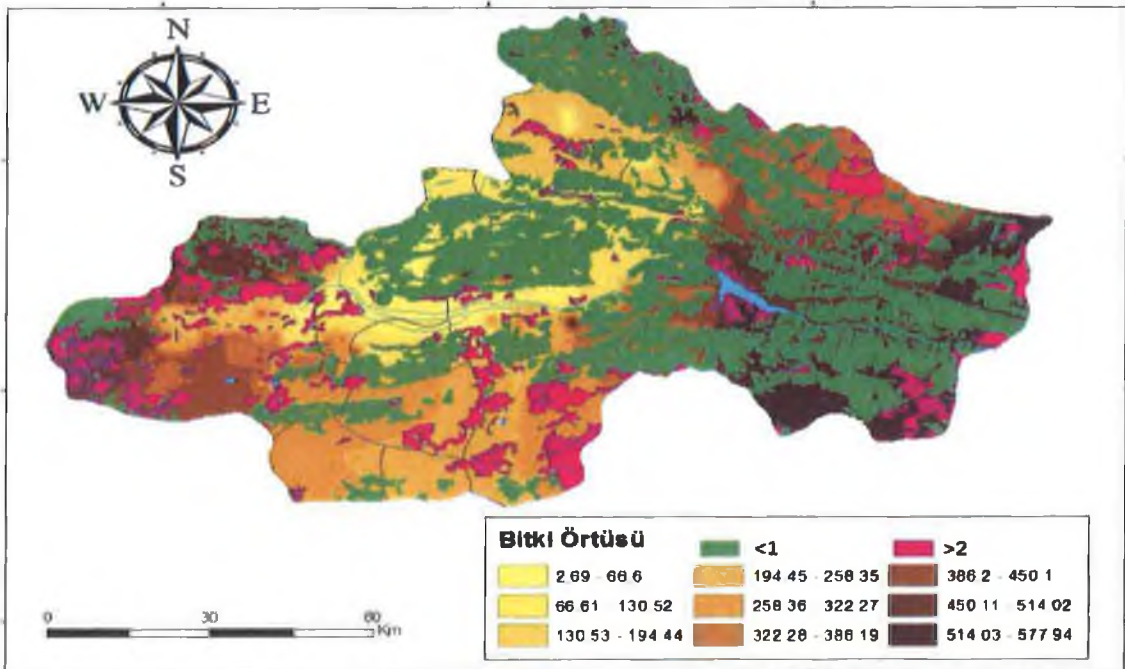
Şekil 4.47. Çalışma alanına ait yangın riski parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.48. Çalışma alanına ait erozyondan koruma parametresi skorlarının alansal dağılımı



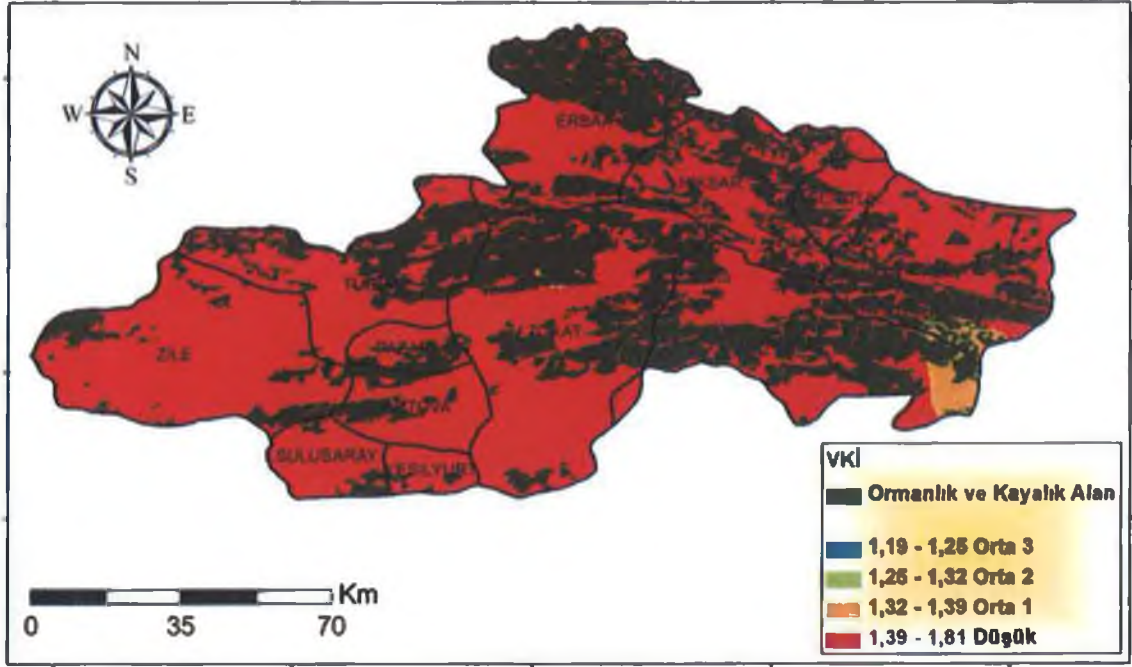
Şekil 4.49. Çalışma alanına ait kuraklık direnci parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.50. Çalışma alanına ait bitki örtüsü parametresi skorlarının alansal dağılımı

Çalışma alanı VKI indeksi değerlerinin en düşük olduğu araziler, taşlık ve kayalık olan arazilerdir. Bu arazilerde örnekleme, gözlem ve ölçüm yapılmamış olup, çalışmada kullanılan veriler Tokat İli Arazi Varlığı Raporundan (Anonim, 1997) alınmıştır. Raporda taşlık ve kayalık görülen 7 ve 8. Sınıf arazilerinin VKI değerleri de ≤ 1.81 olan

en yüksek değerden daha yüksek olarak kabul edilmiştir. Taşlık ve kayalık arazilerden sonra en ktu skorların tarımsal üretim yapılan sahalarda olduğu görülmektedir (şekil 4.51).



şekil 4.51. Çalışma alanına ait vejetasyon kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı

4.3.4. Amenajman Kalitesi

MEDALUS modelinde amenajman kalite indeksi (AKI) belirlenirken tarımsal ürünlerin ekildiği araziler, meralar, orman alanları, nüfus yoğunluğu ve politika gibi parametreler kullanılmıştır. Ülkemizde lleşme konusunda yapılan çalışmalarda temin edilmesi en zor olan parametrelerin sosyo kültürel yapının da yer aldığı amenajman kalitesi parametreleri olduğu görülmüştür. Bu tip verilerin depolandığı ve kullanıma sunulduğu tek bir kaynağın olmayışı önemli bir eksikliklerdir. Zira arazi bozulması ve nihayetinde çölleşmenin en önemli nedeni sosyo kültürel yapının kendisidir. Biyo fiziksel faktörler üzerinde var olan doğal etkinin hızlanması ve şiddetlenmesinin temel nedeni insan faktörüdür. Bu faktör ile ilgili daha doğru bilginin varlığı, sorunun doğru tespiti ve gerçekçi çözümü açısından son derece önemlidir. Çevreye hassas alanlar belirlenirken çevresel faktörler yanında insana bağlı stres faktörleri de oldukça önemli bir gösterge olduğundan bu çalışmada bir indikatör olarak ele alınmıştır. Çölleşmenin

oluşumunda arazilerin boyutundan çok yönetim şekli çevresel, sosyal, ekonomik, teknolojik ve politik faktörlerin etkisi önemlidir. Bir bölgenin sosyo-ekonomik yapısı ve yönetim özellikleri arazilerde mevcut olan çölleşme ve arazi bozulmasına olan duyarlılığı ve hassaslığa göre çölleşme riskini özetlemektedir (Kosmas, 2013).

Arazi yönetiminin şekli toprak kaynaklarını bir dereceye kadar stres altında tutmakta ve çölleşme oluşum süreçlerini etkilemektedir. Birçok MEDALUS çalışmasında araştırmacılar kendi ülkelerinde CORINE veri tabanını referans almış ve arazi kullanım verilerini CORINE veri tabanından temin etmişlerdir. Avrupa birliği üyesi ülkelerde CORINE için veriler her on yılda hassas çalışmalar sonucunda yenilenmektedir. Bu tez çalışmasında Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın 2000-2006 yılları arasında hazırlamış olduğu ulusal arazi örtüsü veri tabanındaki haritalardan faydalanılmıştır (Şekil 3.13; Çizelge 3.8). Çalışma için gerekli olan diğer veriler ise toprak örneklemeleri esnasında yapılan arazi gözlemleri ile elde edilmiştir.

Bu çalışmada AKI'nin hesaplamasında tarımsal ürünlerin ekildiği araziler, meralar (otlatma yoğunluğu, mera kalite derecesi ve erozyon), nüfus yoğunluğu parametreleri kullanılmıştır. Akdeniz bölgesinde tepelik arazilerde yetiştirilen hububat alanlarında yıllardır yapılan yoğun tarımsal faaliyetler arazilerin erozyona olan hassasiyetini arttırdığını göstermiştir. Hızlı nüfus artışı ile tarımsal ürünlere olan talebin artması tahıl üretim alanları yanı sıra tek yıllık bitkilerin ekildiği alanları artırmıştır. Bu talebin karşılanması için ormanlık alanların tarım arazilerine çevrilmesi ile erozyon ve çölleşme artmış ancak ekim yapılan alanların bozulması ile araziler yeniden terk edilmiştir (Kosmas, 1999).

Bu çalışmada tarımsal ürünlerin ekildiği araziler ile ilgili parametre üç sınıfa ayrılmıştır. Düşük arazi kullanım yoğunluğu olan araziler (meralar, ormanlar) en iyi olarak değerlendirilmiş, arazi kullanım yoğunluğu daha az olan sebze ve meyve yetiştirilen alanlar orta ve yoğun tarımsal üretim yapılan araziler ise en kötü olarak değerlendirilmiştir. Özellikle mera alanlarında zamansız ve yoğun otlatma bitki örtüsünün azalmasına neden olmaktadır. Mera alanlarında arazi bozulmasının önüne geçilmesi için gerekli arazi koruma önlemlerinin planlanmasına ihtiyaç vardır. Bu parametre, doğal kaynak korunması açısından önemli olduğu kadar sosyo-ekonomik sürdürülebilirlik yönlerinden de önemlidir.

Meralarda otlatma kapasitesi, toprağa ve vejetasyona sürekli zarar vermeden sürdürülebilir otlatmanın sağlanabileceği hayvan sayısı olarak kabul edilmektedir. Meraların otlatma kapasitesi aşıldığında vejetasyonun tahrip edilmesinden dolayı çölleşme kaçınılmaz olmaktadır. Kapasitesinin altına otlatmada ise hayvanlar sadece istedikleri otları yedikleri için diken vb. lezzetsiz türlerin zaman içinde baskın duruma geçmeleriyle meradan yararlanma bakımından istenmeyen bir durum oluşmaktadır. Mera kalitesi, iklim koşulları yanında otlatma yoğunluğu ve erozyon ile de yakından ilişkilidir. Bu çalışmada, mera parametresi kendi içinde otlatma yoğunluğu, erozyon ve mera kalitesi şeklinde üç sınıfa ayrılmıştır. Nüfus yoğunluğu ise Farajzadeh ve Egbal (2007)'in belirttiği şekilde detaylandırılmıştır. Mera alanlarında çobanların kasıtlı yangın çıkararak biyo çeşitliliğin değişmesini sağlaması meralarda otlatmayı artırırken, bilinçsiz olarak yapılan aşırı otlatma ve yangınlar geri dönüşümsüz olarak arazi bozulmasına yol açabilmektedir. Aşırı otlatma neticesinde yüzeydeki bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile oluşan rüzgâr ve su erozyonu, yüzey toprağını kademeli olarak aşındırmaktadır. Sıcak ve kurak iklim şartlarında vejetasyonun azalması, sürdürülebilirliği ekonomik olarak destekleyemediği için iklim ve topoğrafyada oluşan değişiklikler meralardaki otlatma, erozyon, zamansız yangınlar çölleşmeye yol açabilir (Kosmas, 1999). Çalışma alanı arazilerinde AKİ, sınıflarının kaplama alanları ve yüzdeleri hesaplandığında amenajman kalitesinin yüksek olduğu alanlar %15.85 iken, orta derecede amenajmana sahip araziler %60.30, Düşük derecede amenajmana sahip araziler ise %23.85 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Çalışma alanının Amenajman kalitesi indeksi (AKİ), sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

Amenajman Kalite İndeksi (AKİ)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.00 – 1.25	75892.92	15.85
1.25 – 1.50	288796.53	60.30
1.50 – 2.00	114244.44	23.85

Özellikle rakımı yüksek tepelik alanlarda, tarım arazilerinde, meralarda erozyon riski engellenerek bitki örtüsüyle desteklenerek, aşırı otlatma azaltılarak veya meraların kalitesi düzeltilerek önceden tedbirler alınır ise geri dönüşümsüz çölleşme aşaması başlamadan çölleşmenin önüne geçilmiş olunabilir (Kosmas ve ark., 1995).

Çalışma alanında ekilebilir alanlar, mera ve nüfus parametrelerine ait CV değerleri %15 ile %36 arasında değiştiği için orta değişken olarak sınıflandırılmışlardır.

AKI'nin CV değeri ise %36'dan yüksek olduğu için yüksek değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48. Amenajman kalitesi indeksi (AKI) ve parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel verileri

N=578	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	1900	936.25	351.288	37.521	-0.137	-0.497
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.21	0.33	27.38	-0.66	-1.46
Mera	0.09	0.14	0.13	0.02	15.16	-0.82	-1.12
Nüfus	0.00	0.38	0.22	0.06	25.57	1.49	1.91
AKI	0.92	3.61	1.76	0.76	43.31	1.17	0.56

*CV: Varyasyon Katsayısı

Denizden yüksekliğin değişimi toprak özelliklerinin farklılaşmasına, bitkilerin gelişim düzeylerinin değişmesi gibi birçok özellik için belirleyici bir etmendir. Çalışma alanının rakıma göre amenajman kalitesinin denizden yükseklikle birlikte nasıl değiştiğini görebilmek için amenajman kalitesi indeksi ve parametreleri denizden yüksekliklerine göre farklı gruplara ayrılarak incelenmişlerdir. Amenajman kalitesinin farklı rakımlar için hazırlanan tanımlayıcı istatistik verilerine göre. 192 m ile 400 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar, nüfus parametreleri ile amenajman kalitesi indeksinin CV değerleri %15 ile 36% arasında olduğundan orta derecede değişken, mera parametresinin CV değeri ise %15'ten küçük olduğu için az değişken olarak sınırlanmışlardır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Çalışma alanında 192m - 400m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKI) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=47	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	394	270.28	51.129	18.917	0.375	-0.273
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.37	0.23	17.13	-2.30	3.68
Mera	0.10	0.14	0.12	0.02	13.60	-1.05	-0.67
Nüfus	0.19	0.38	0.28	0.08	29.42	0.18	-1.71
AKI	0.92	3.52	1.90	0.58	30.56	1.64	2.73

*CV: Varyasyon Katsayısı

Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 400 m ile 600 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar ve nüfus parametrelerinin CV değerleri %15 ile 36% arasında olduğundan orta derecede değişken, mera parametresinin CV değeri ise %15'ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Amenajman kalitesi indeksi ise bu rakımlar arasında CV değeri ise %36'dan büyük olduğu için yüksek değişken olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.50. Çalışma alanında 400m - 600m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=71	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	402	598	537.48	51.784	9.635	-1.067	0.227
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.34	0.25	18.43	-1.77	1.61
Mera	0.10	0.14	0.13	0.01	8.89	-2.43	6.60
Nüfus	0.19	0.38	0.23	0.06	27.53	1.445	0.87
AKI	0.92	3.61	1.85	0.71	38.55	1.46	1.245

*CV: Varyasyon Katsayısı

Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 600 m ile 800 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar, nüfus parametrelerinin CV değerleri %15 ile %36 arasında olduğundan orta derecede değişken, mera parametresinin CV değeri ise %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Amenajman kalitesi indeksi ise bu rakımlar arasında %36'dan büyük olduğu için yüksek değişken olarak tanımlanmıştır. (Çizelge 4.51)

Çizelge 4.51. Çalışma alanında 600m - 800m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=82	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	603	799	697.93	62.179	8.909	0.119	-1.414
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.23	0.32	25.82	-0.76	-1.24
Mera	0.10	0.14	0.13	0.02	11.93	-1.43	0.66
Nüfus	0.19	0.38	0.23	0.06	25.30	1.62	1.75
AKI	0.92	3.53	1.77	0.77	43.51	1.23	0.55

*CV: Varyasyon Katsayısı

Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 800 m ile 1000 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar, nüfus parametrelerinin CV değerleri %15 ile %36 arasında olduğundan orta derecede değişken, mera parametresinin CV değeri ise %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Amenajman kalitesi indeksi ise bu rakımlar arasında %36'dan büyük olduğu için yüksek değişken olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.52.)

Çizelge 4.52. Çalışma alanında 800m - 1000m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=108	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	802	999	906.49	59.486	6.562	-0.132	-1.237
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.24	0.31	25.14	-0.85	-1.09
Mera	0.12	0.14	0.14	0.01	4.03	-3.04	10.66
Nüfus	0.19	0.38	0.21	0.04	18.50	1.87	4.19
AKI	0.92	3.48	1.81	0.86	47.74	1.05	-0.21

*CV: Varyasyon Katsayısı

Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 1000 m ile 1200 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar, nüfus parametrelerinin CV değerleri %15 ile %36 arasında olduğundan orta derecede değişken, mera parametresinin CV değeri ise %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Amenajman kalitesi indeksi ise bu rakımlar arasında %36'dan büyük olduğu için yüksek değişken olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.53.)

Çizelge 4.53. Çalışma alanında 1000m - 1200m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=132	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1001	1199	1106.67	53.775	4.859	-0.175	-1.062
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.28	0.31	23.85	-1.18	-0.52
Mera	0.10	0.14	0.14	0.02	11.57	-2.18	3.18
Nüfus	0.00	0.38	0.21	0.05	24.71	1.10	3.83
AKI	0.92	3.53	1.76	0.73	41.49	1.34	1.11

*CV: Varyasyon Katsayısı

Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 1200 m ile 1400 m arası rakımlarda ekilebilir alanlar, mera ve nüfus parametrelerinin CV değerleri %15 ile %36 arasında değiştiği için orta derecede değişken, amenajman kalite indeksi ise bu rakımlar arasında CV değerleri %36'dan yüksek olduğu için yüksek değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. Çalışma alanında 1200m - 1400m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=99	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1201	1400	1290.56	55.670	4.314	0.242	-1.023
Ekilebilir A.	0.73	1.46	1.09	0.36	33.2	0.04	-2.01
Mera	0.09	0.14	0.12	0.02	19.22	0.28	-1.90
Nüfus	0.19	0.38	0.21	0.05	22.29	2.07	3.84
AKI	0.92	3.48	1.72	0.77	44.83	1.01	0.29

*CV: Varyasyon Katsayısı

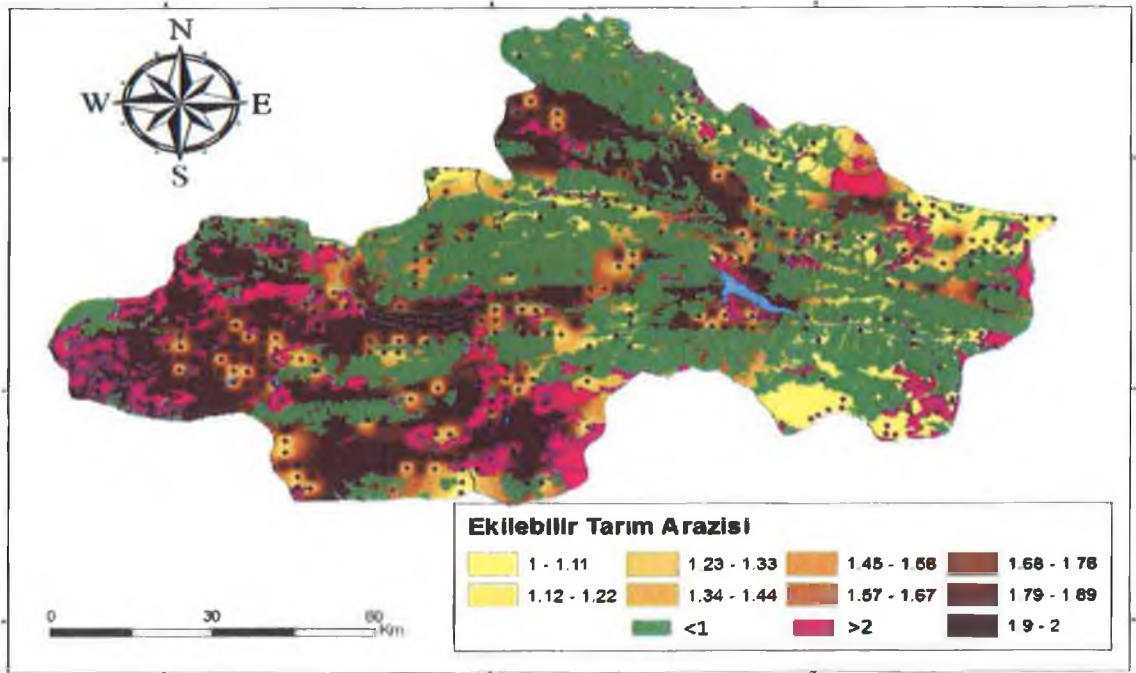
Tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 1400 m ile 1899 m arası rakımlarda çalışma alanının amenajman kalite indeksi parametrelerinden ekilebilir alan, nüfus CV değerleri %15 ten büyük olduğu için orta değişken, mera parametresinin CV değeri %15 ten küçük olduğu için az değişken olarak sınıflandırılmıştır. Amenajman kalite indeksi ise %36'dan büyük olduğu için yüksek değişken olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. Çalışma alanında 1400m - 1899m arasında amenajman kalitesi indeksi (AKİ) ve parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

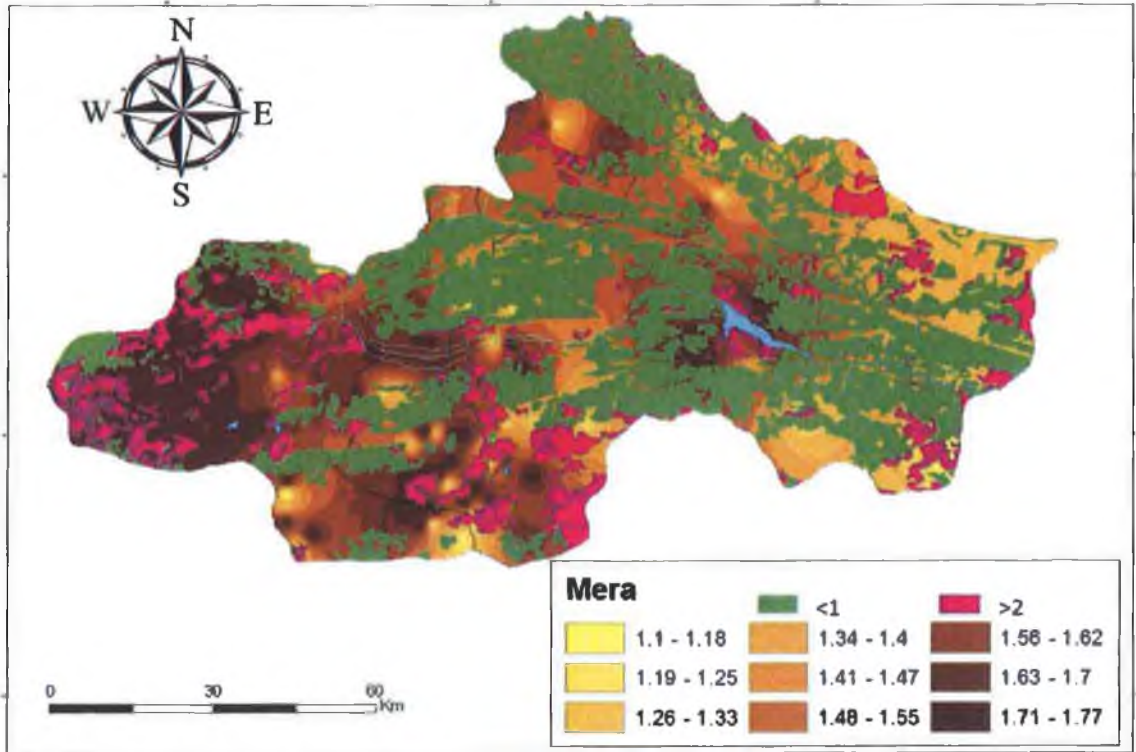
N=39	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1409	1900	1572.05	126.266	8.032	0.725	-0.035
Ekilebilir A.	0.73	1.46	0.77	0.16	21.26	4.23	16.78
Mera	0.09	0.14	0.10	0.02	14.52	2.58	7.32
Nüfus	0.19	0.38	0.22	0.05	23.16	1.72	1.95
AKİ	0.92	3.42	1.28	0.63	49.29	1.67	2.12

*CV: Varyasyon Katsayısı

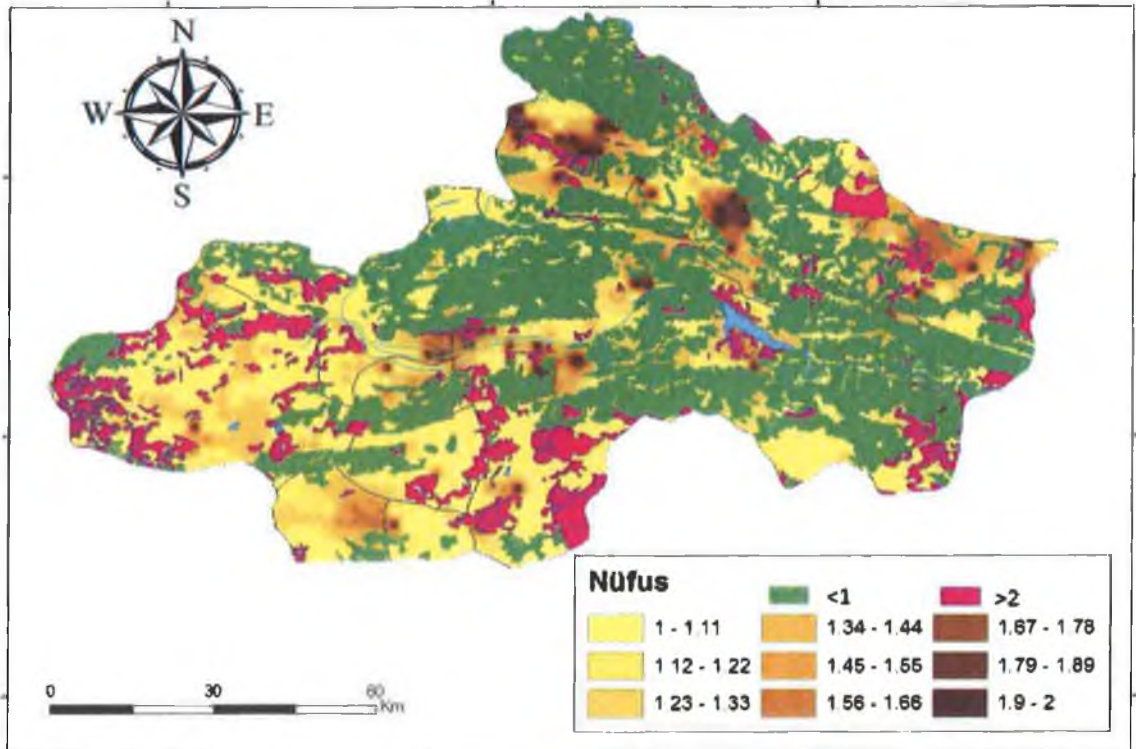
Çalışma alanında AKİ'nin bileşenleri olan parametrelerin alansal dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.52-4.54 arasında verilmiştir. AKİ ait alansal dağılım haritası ise Şekil 4.55'de verilmektedir.



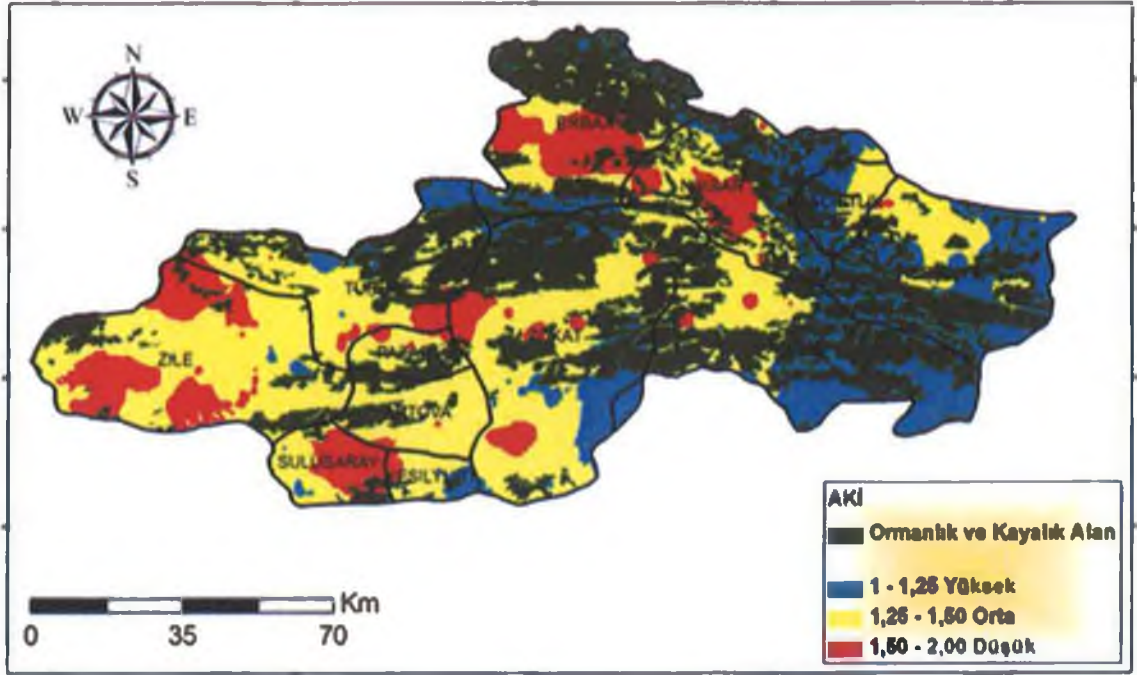
Şekil 4.52. Çalışma alanına ait tarımsal ürünlerin ekildiği araziler parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.53. Çalışma alanına ait meralar parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.54. Çalışma alanına ait nüfus yoğunluğu parametresi skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.55. Çalışma alanına ait amenajman kalitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı

4.3.5. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESAI)

Çölleşmenin belirlenmesinde çevresel hassas alanlar indeksi (ESAI), toprak. Jeoloji, bitki örtüsü, iklim ve insan etkisini dikkate alan (amenajman ve nüfus vb.) parametrelerin, toprak kalitesi, iklim kalitesi, vejetasyon kalitesi ve amenajman kalitesi indeksleri altında hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Belirlenen kalite skorları uzman görüşü dikkate alınarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHS) ile belirlenen ağırlık değerleri ile çarpılarak skorları yeniden hesaplanmıştır. Bu işlem ile kalite indekslerinin arazilerin bozulması ve çölleşmesine olan etkileri farklılaştırılmıştır.

ESAI belirlenirken toprak kalite parametrelerinde önemli baskın faktör biyokütle üretimidir. Suyun varlığı ve aşınmaya neden olma durumu da kaliteyi belirlerken seçilen parametreler için önemli kriterlerdir. ESAI nin belirlenmesi ve haritalanmasında parametrelere verilen skorlar çölleşmeden araziye koruma derecesine göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. Kosmas ve ark, (1999)'nın yaptıkları çalışmada ESAI üç sınıfa ayrılmıştır. Birinci sınıfta yüksek derecede bozunmuş alanlar yer aldığından kritik ESAI olarak isimlendirilir. Örneğin aşırı sel, yüksek derecede akış ve sediment kaybı ile geçmişten gelen çölleşmiş alanlar kritik ESAI skorları alırlar. İkinci sınıfta yer alan ESAI'ler ise genellikle insan faaliyetleri ve doğal etmenler ile denge halindedir ve

herhangi bir olumsuz değişimle birlikte çölleşmenin olabileceği kırılgan alanlardır. Uygun olmayan arazilerde hububat üretilmesiyle erozyonun artırılması veya fazla miktarda gübre ve pestisit kullanımı gibi sürdürülebilirliğin tehdit edilmesi neticesinde verimli toprakların kullanılamaz hale gelmesi bu tip alanlara örnektir.

Üçüncü grup ESAI'ler, önemli iklim değişikliği altında çölleşme tehdidi altındaki arazilerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadırlar. Arazi kullanımında önemli düzeyde yapılan hatalar ile dış faktörlerin birlikte etkileri sonucunda çölleşmeye neden olabilecek alanlardır (Kosmas, 1999). Tez çalışmasında da kritik ESAI'ler üç sınıfa ayrılmış ve bu sınıfların skorları yüksek (C1>1.53), orta (C2, 1.42- 1.53) ve düşük (C3, 1.38-1.41) değerleri arasındadır. Kırılgan olan ESAI sınıfı da üç alt sınıfa ayrılmıştır. Kırılgan sınıfın alt sınıfı yüksek (F1, 1.37- 1.33), orta (F2, 1.32- 1.27) ve düşük (F3, 1.26-1.23) değerleri arasındadır. Potansiyel olarak tanımlanan ESAI ise (P, 1.22- 1.17) arasında kalan skorlar için tanımlanmıştır. Son olarak etkilenmemiş alanlar ise (N<1.17) değerler için tanımlanmıştır (Kosmas, 1999). Çalışma alanında kritik alanlarda 2.69 ha alan yüksek bulunurken, %37.38'i orta, %36.28'i ise düşük bulunmuştur. Çalışma alanında %20.65'lik bir alan yüksek derecede kırılgan olarak tespit edilmişken, %4.52'si orta, %1.17'si ise düşük derecede kırılgan olarak belirlenmiştir. Çölleşme potansiyeli olan alanlar ise çalışma alanının 2.54 ha'nı oluşturmaktadır (Çizelge 4.56) bu veriler haritalanmış ve Tokat ili ESAI haritası Şekil 4.56 da verilmiştir.

Çizelge 4.56. Çalışma alanının ESAI sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

Tip	Alt sınıf sembolü	ESAI Aralığı	Alan (ha)	Yüzde (%)	
Kritik	Yüksek	C1	>1.53	2.69	0.00
	Orta	C2	1.42-1.53	179007.58	37.38
	Düşük	C3	1.38-1.41	173734.48	36.28
Kırılgan	Yüksek	F1	1.37-1.33	98922.64	20.65
	Orta	F2	1.32-1.27	21637.20	4.52
	Düşük	F3	1.26-1.23	5626.88	1.17
Potansiyel	P	1.22-1.17	2.54	0.00	
Etkilenmemiş	N	< 1.17	-	-	

Çalışma alanında örnekleme yapılan her noktanın ESAI değerleri hesaplanmış ve bu değerlere ait özet istatistik verileri belirlenmiştir. Bu verilere göre tüm çalışma alanında TKI, IKI, VKI ve ESAI skorlarının CV değerleri %15'ten küçük olduğundan düşük derecede değişken olarak sınıflandırılmışlardır. AKI'ne ait ortalama CV değeri

ise %36'dan büyük olduğu için yüksek derecede değişken olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.57). Farklı rakımlarda yer alan kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik verilerinde de farklı rakımların tamamında TKI, İKI, VKI ve ESAI skorlarının %15'ten küçük olduğu görülmektedir. AKI ise CV değeri ise %36'dan büyük olduğu için yüksek derecede değişken olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.58, 4.59, 4.60, 4.61, 4.62, 4.63, 4.64).

Çizelge 4.57. ESAI ve kalite indekslerinin genel istatistik analizi

N=578	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	1900	936.25	351.288	37.521	-0.137	-0.497
TKI	0.56	0.88	0.66	0.05	7.49	1.06	1.69
İKI	0.21	0.26	0.25	0.01	5.63	-0.59	-1.54
VKI	0.34	0.55	0.46	0.03	7.47	-0.72	0.78
AKI	0.07	0.28	0.14	0.06	43.31	1.17	0.56
ESAI	1.29	1.76	1.51	0.09	5.95	0.32	-0.22

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.58. 192m - 400m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=47	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	192	394	270.28	51.129	18.917	0.375	-0.273
TKI	0.59	0.75	0.63	0.03	4.97	1.40	3.37
İKI	0.21	0.24	0.23	0.01	1.51	-3.55	21.34
VKI	0.35	0.50	0.45	0.03	6.37	-1.16	3.45
AKI	0.07	0.28	0.15	0.05	30.56	1.64	2.73
ESAI	1.30	1.61	1.46	0.07	4.63	0.45	0.51

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.59. 400m - 600m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=71	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	402	598	537.48	51.784	9.635	-1.067	.227
TKI	0.56	0.72	0.63	0.03	5.26	0.46	-0.00
İKI	0.23	0.26	0.25	0.01	5.80	-0.53	-1.66
VKI	0.39	0.50	0.46	0.02	4.30	0.57	2.57
AKI	0.07	0.28	0.14	0.06	38.55	1.46	1.25
ESAI	1.35	1.69	1.48	0.07	4.43	0.84	0.73

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.60. 600m - 800m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=82	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	603	799	697.93	62.179	8.909	0.119	-1.414
TKI	0.57	0.83	0.66	0.05	7.57	1.09	1.82
İKI	0.23	0.26	0.25	0.01	4.76	-1.42	0.16
VKI	0.40	0.51	0.46	0.03	5.82	-0.00	0.01
AKI	0.07	0.28	0.14	0.06	43.51	1.23	0.55
ESAI	1.31	1.72	1.51	0.09	5.62	0.46	-0.04

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.61. 800m - 1000m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=108	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	802	999	906.49	59.486	6.562	-0.132	-1.237
TKI	0.58	0.88	0.67	0.05	7.96	0.98	1.58
İKI	0.23	0.26	0.25	0.01	4.20	-1.83	1.57
VKI	0.36	0.55	0.47	0.03	7.19	-0.60	0.50
AKI	0.07	0.27	0.14	0.07	47.74	1.05	-0.22
ESAI	1.32	1.74	1.53	0.10	6.20	0.12	-0.44

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.62. 1000m - 1200m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=132	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1001	1199	1106.67	53.775	4.859	-0.175	-1.062
TKI	0.57	0.81	0.66	0.04	6.62	0.69	0.79
İKI	0.23	0.26	0.26	0.01	4.17	-1.76	1.33
VKI	0.39	0.53	0.48	0.03	5.9	-0.65	-0.420
AKI	0.07	0.28	0.14	0.06	41.49	1.34	1.11
ESAI	1.30	1.76	1.53	0.09	5.66	0.20	0.03

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.63. 1200m - 1400m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

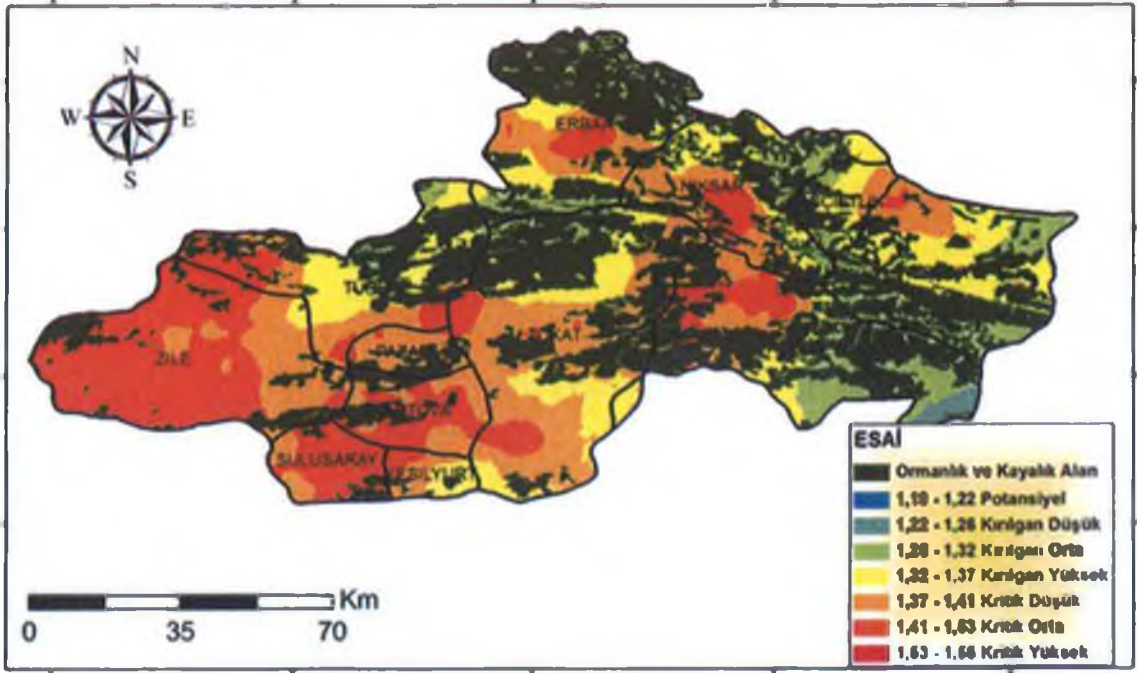
N=99	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1201	1400	1290.56	55.670	4.314	0.242	-1.023
TKI	0.57	0.87	0.67	0.06	8.37	1.23	1.70
İKI	0.23	0.26	0.25	0.02	5.92	-0.15	-1.98
VKI	0.34	0.53	0.46	0.05	10.31	-0.83	-0.25
AKI	0.07	0.27	0.13	0.06	44.83	1.01	0.29
ESAI	1.29	1.70	1.51	0.10	6.29	0.11	-0.58

*CV: Varyasyon Katsayısı

Çizelge 4.64. 1400m - 1988m arasında ESAI ve kalite indekslerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

N=39	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	*CV	Yatıklık	Basıklık
Rakım	1409	1900	1572.05	126.266	8.032	0.725	-0.035
TKI	0.56	0.79	0.67	0.05	7.61	0.12	-0.61
İKI	0.23	0.26	0.24	0.01	4.82	1.66	0.98
VKI	0.36	0.53	0.44	0.04	9.50	-0.14	-0.48
AKI	0.07	0.27	0.10	0.05	49.29	1.67	2.12
ESAI	1.31	1.71	1.45	0.09	6.52	0.64	0.11

*CV: Varyasyon Katsayısı



Şekil 4.56. Çalışma alanına ait çevreye hassas alanlar indikatörü skorlarının alansal dağılımı

5. SONUÇLAR

En yaygın tanımı ile çölleşme; arazilerin biyolojik üretkenliğinin geriye dönüşümsüz bir şekilde kaybolması anlamını taşımaktadır. Çölleşmenin oluşumunda yoğunluğu ve etkisi olduğu bölgenin koşullarına göre değişen çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Çölleşmenin en önemli nedenleri doğal yollarla toprakta ve iklimde fark edilen boyutlara ulaşan toprak ve iklim değişikliği ve vejetasyonda meydana gelen önemli düzeydeki olumsuz değişimler ile birlikte insan etkisi ile ortaya çıkan bozulmalardır.

Bu tez kapsamında, Tokat ilinin tamamını kapsayan arazi çalışmaları ile elde edilen toprak, vejetasyon ve amenajman verileri ile veri tabanlarından elde edilen iklim verilerinin kullanımıyla arazi bozulmasına ve nihayetinde çölleşmeye hassas olan alanların tanımlanması amaçlanmıştır. Çölleşmenin belirlenmesinde başlangıçta Akdeniz iklimi etkisi altındaki arazilerde kullanımı amaçlanan MEDALUS modelinden faydalanılmıştır. Çalışmada, yoğun tarımsal girdiler kullanıldığı sulu ve kuru tarım yapılan 578 noktadan örnekleme yapılmıştır. Örneklerin 122 tanesi sulu tarım alanlarından. 456 tanesi kuru tarım alanlarından 67 tanesi mera ve 88 tanesi ise ormanlık alandan alınmıştır. Modelde bölgenin iklim ve amenajman özelliklerinin yanında arazide var olan kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçler göz önüne alınarak çevreye hassas alanların (ESAI) tanımlanması amacı ile indikatörler tanımlanmıştır. Modelin orijinalinde yer alan indikatörler altındaki parametrelere yeni parametreler ilave edilerek bölgeye adapte edilmeye çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında, bireysel indikatörler altındaki parametrelere verilen skorların geometrik ortalaması ile hesaplanan indikatör skorunun hesaplanması da Analitik Hiyerarşi Yönteminin (AHS) kullanımı ile modifiye edilmiştir. Modelin orijinalinde de her bir parametreden eşit ağırlık geldiği kabul edilirken. AHS ile yapılan işlemde parametrelere uzman görüşü kapsamında ağırlıklar verilmiştir. Benzer işlem indikatör skorlarının geometrik ortalamaları ile hesaplanan ESAI için de yapılmıştır. Burada da ESAI için kullanılan toprak, iklim, vejetasyon ve amenajman indikatörlerinin ağırlıkları uzman görüşü ile belirlenmiş ve hesaplama dâhil edilmişlerdir.

Denizden yüksekliği 192 m ile 1900 m arasında değişen çalışma alanı ana materyal, iklim, vejetasyon, arazi kullanımı ve topoğrafya açısından oldukça büyük bir

varyasyona sahiptir. Toprak özelliklerinin değişimine neden olan faktörlerin önemli düzeyde farklı olduğu çalışma alanında çölleşme tehdidi altındaki alanların tanımlanması onların çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için yapılacak en önemli etkinliktir.

Çalışmanın sonuçları, MEDALUS modelinin Akdeniz iklimi dışında kalan bölgelerin çölleşmeye hassas olan alanlarının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilmesi için bölgeye uygun parametre ve belki de indikatörlerin ilave edilmesi gerektiğini göstermiştir. Aksi halde, modelin geliştirildiği Akdeniz ikliminden daha farklı olan iklim, topografya, vejetasyon ve sosyo ekonomik yapıya sahip bölgelerde çölleşme alanlarının hassasiyetle belirlenmesi mümkün olmayabilir. MEDALUS modelinin yeni ilaveleri veya var olanlardan eksiltmeyi mümkün kılacak şekilde esnek bir yapıya sahip olması büyük bir avantajdır.

Akdeniz iklimine benzer olmakla birlikte bir kısım farklılıklara sahip olan çalışma alanında, çölleşmeye hassas alanların belirlenmesinde etkili olduğu düşünüldüğünden toprak kalitesi indikatörü içerisinde yeni parametreler ilave edilmiştir.

Toprak kalite indikatörü tekstür, ana materyal, kaba materyal, eğim, derinlik, drenaj, SAR, tuzluluk, pH, organik madde, fosfor, kireç ve agregat stabilitesi parametrelerinden oluşmuştur. Toprak kalitesi parametrelerinden organik madde çalışma alanının kuzey ve kuzey batı kesimlerinde düşük iken kaba materyalin aşırılığı eğim, derinlik ve drenaj gibi parametre skorlarının düşük ve orta olmasının da etkisi ile TKI skoru çalışma alanının tamamında orta seviyededir. Tarım arazilerinde çoğunlukla yağmura dayalı tarımsal üretim yapılıyor olması, arazi yüzeyinin yılın önemli bir bölümünde çıplak kalmasına neden olmaktadır. Arazi yüzeyinde bitki örtüsünün olmamasının da etkisi ile çalışma alanının %98.71 gibi önemli bir kısmında VKI indeksi değerleri düşüktür. Amenajman kalitesi skorları ise alanın %60.30'unda orta ve %23.85'inde ise düşük kaliteye işaret etmektedir. Çalışma alanının tamamı İKİ açısından orta kalitededir.

Çalışma alanında toprak özelliklerinin dağılımları. ESAI'nin belirlenmesinde kullanılan dört kalite indeksi, bu indekslerin hesaplanmasında kullanılan parametreler ile ESAI skorlarının alansal dağılımları da haritalanmıştır. Haritalar yardımı ile problemlili alanların tespiti mümkün olabilmektedir. Problemlili yerlerin tespiti ile çölleşme ve arazideki değişimini gösterecek haritaların hazırlanmasında uzaysal

enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır. Çalışma ile oluşturulan veri tabanı ve haritalar, sonraki yıllarda Tokat ili ve ilçelerinde arazi bozulması ve çölleşmenin izlenmesi için bir başlangıç olarak kabul edilebilir niteliktedir.

Artan nüfus ve talebin karşılanması, daha iyi bir yaşam isteyen insanoğlunun isteklerini karşılamak için artan sanayi, ekonomik çıkarlar, değişen politik yaklaşımlar ile birçok çölleşme indikatörü (Toprak, İklim, Vejetasyon ve Amenajman) bozulmaya başlamıştır. Özellikle toprak işleme ile birlikte tek yıllık ürün alınan tarım arazilerinde ürün araziden kalktıktan sonra yılın önemli bir kısmında arazi yüzeyinin erozyona karşı korunaksız kalması çölleşmeyi artırmaktadır.

Diğer yandan artan toprak işleme ile birlikte organik maddenin mineralize olarak agregatların zayıflaması, sürekli bitkisel üretim ve aşırı bilinçsiz gübre kullanımı ile bir kısım arazilerde fosfor gibi besin elementlerinin birikiyor olması yanında bu birikimin toprakta ve sulama sularında kimyasal süreci olumsuz etkilemesi de çölleşme için çözülmesi gereken faktörlerdendir. Bu faktörlerin yanında çevresel anlamda hassaslaşmasına neden olan diğer sebep ise bir kısım arazilerin besin elementlerinin sömürülmesidir. Tarım alanları dışında mera alanlarının aşırı bilinçsiz otlatılması, mera ve orman alanlarının sebepsiz yangınlarla yok edilerek tarım arazilerine döndürülmesi, uzun geçen kurak mevsimler, yanlış uygulanan politik kararlar ile verimsizleşen topraklar oluşmakta ve arazi terkleri ile çölleşme süreci hızlanmaktadır.

Her geçen gün artan insan kaynaklı etkenlerden dolayı daha fazla baskı altına alınan doğal kaynaklarımızın bu baskıların neden olacağı arazi bozulması ve çölleşme tehdidinden korunmasının uygun planlanması gerekmektedir. Gelecek nesiller için kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve tarım alanlarının kullanımının geliştirilmesi ile mümkün olabilir. Buna istinaden başvurulacak biyo-fiziksel çözümler toprakların rüzgâr ve su erozyonu ile kaybının kontrolleri, sulama, gübreleme, taban suyu, gibi sebeplerden kaynaklanan tuzluluğun ıslahı, meralarda otlatmanın düzenlenmesi, yeni çeşitlerin ıslahı ve adaptasyonun sağlanması gerekmektedir. Tarımda kullanılan sulama sistemlerinin geliştirilmesi, çiftçilerin bilinçlendirilerek yeni sulama ve hasat sistemlerinin öğretilmesi ve doğru politik kararlar ile kullanımının artırılması, orman alanlarında yangınlar ile etkin mücadele, mera tarım alanları ve orman alanları için daha düzenli politik kararların alınması gibi tedbirler ve çözümleri kapsamaktadır.

Çalışma alanında yer alan arazilerin ESAİ skorları, arazilerin %73.66'sının çölleşme açısından kritik ve %26.34'ünün ise kırılgan olduğunu göstermektedir. Kırılgan ve kritik düzeyde olmasına neden olan vejetasyon ve amenajman kalitesi arazi kullanım türü olduğu görülmektedir. Çalışma alanında sulu tarım yapılan arazilerde aşırı gübreleme, tüm arazilerde yapılan geleneksel toprak işleme arazilerin bozulmasına neden olan iki önemli uygulamadır.

Bu tez çalışması ile çölleşmenin belirlenmesi ve izlenmesini mümkün kılacak. basit ve güncellenebilir bir veri tabanı oluşturulmuş ve farklı disiplinlerdeki kullanıcı, araştırmacı ve bilim adamları ile karar vericilerin hizmetine sunulmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmada çölleşme olgusuna küresel bir bakış sağlayarak değişen çalışma alanlarının belirli kurallara dayanan orijinal MEDALUS modelinin tasarımı ve modifiye edilmesi gerekli olduğu ortaya konmuştur. Bu şekilde modele yeni parametreler ekleyerek çalışılan alandaki çölleşmenin belirlenmesi ve etkili faktörlerin belirlenmesi ile alandaki çölleşme etkilerini azaltmak mümkündür. Bu yaklaşım karar vericilere rehabilitasyon çalışmaları için en iyi uygulamayı geliştirmede ve hassas topraklardaki çölleşmeye karşı mücadelede yardımcı olacaktır. Ancak çalışılan bölgelerin daha hassas daha detaylı haritalarını yapmak için ileri düzeyde veri tabanları oluşturmak geniş kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abalı, İ., Taysun, A., Doğan, O., Önmez, O., Çanga, M., 1986. Orta Anadolu Bölgesinde Rüzgâr Erozyonu Oluşumu ve Alınacak Önlemler Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Genel Yayın no: 54, Rehber no: 9 Ankara.
- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. Massoud, F. I., 1988. Salt-affected soils and their management (No. 39). Food & Agriculture Org.
- Adamo, S.B., Crews-Meyer, K.A., 2006. Aridity and desertification: exploring environmental hazards in Jáchal, Argentina. *Appl. Geogr.* 26, 61–85.
- Akar Ö., Oğuz İ., 2013 Tokat–Zile Akdoğan Deresi Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri (1987-2011) TAGEM Proje sonuç raporu
- Ali, R. R., El Baroudy, A. A., 2008. Use of GIS in mapping environmental sensitivity to desertification in Wadi El Natrun depression, Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(1), 157-164.
- Al-Kaysi, S., 1989. Effect of Wetting-Drying Cycles of Soils on Carbonate and Phosphorus Adsorption. *Physical and Chemical Properties of Carbonate* 5th Scientific Science Research Council (Baghdad, Iraq), Vol. 1, No. 2, pp. 29-36.
- Amezket, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *J. Sustain. Agric.* 14:83.151.
- Anonim a, 2013. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/sivas/index.php?id=tokat:ErişimTarihi.20.Aralık.2013>.
- Anonim b, 2009. Yerbilimleri kültürü serisi. Türkiye Yeraltı Kaynak. İllere Göre. MTA
- Anonim c, 2013. Tokat'ın iklimi ve bitki örtüsü <http://www.tokattarim.gov.tr> ve <http://www.nkfu.com>.<http://www.tokat.bel.tr/icerik.php?icerik=46&Kategori=1003>
- Anonim d, 2013. Tokat İklimi. <http://tokat.meteor.gov.tr/iklimvecografya.htm>.
- Anonim e, 2013.<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?>
- Anonim f, 1997. Tokat İli Arazi Varlığı. Köy Hiz. Genel Müd. Yay. İl Rapor No 60.
- Anonim g, 2005. Çevre ve Orman Bakanlığı 2005 Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı. Ankara, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları No: 250.http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/tokaticd2005.pdf
- Anonim h, 2013. <http://www.tokatozelidaresi.gov.tr/?iw=icerik&sayfa=s158>
- Arar, A., Chenchouni H., Benabderrahmane M.C. 2009. Climate Change and Desertification Risks assessment in Aurès Region (Eastern of Algeria) by Using of Geomatic Data. Presented at the Int. Joint Assembly of IAMAS-IAPSOIACS “MOCA-2009”, Montreal, Canada.
- Arshad MA, Lowery B., Grossman, B., 1996. Physical tests for monitoring soil quality. p. 123-141. In: Doran JW, Jones AJ, Editors, *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication 49, SSSA, Madison, WI.
- Asner, G.P., Borghi, C.E., Ojeda, R.A., 2003. Desertification in central Argentina: changes in ecosystem carbon and nitrogen from imaging spectroscopy. *Ecological Applications* 13, 629–648.
- Aşkın T., Erpul G., Güngör H., Becer T., Mertcan T., ve Ünver İ., 2005 Türkiye Topraklarında Erozyon Bozulma ve Önleme Yöntemleri. Türkiye Zir. Müh. VI. Tek. Kong., TMMOB Zir. Müh. Odası, 3-7 Ocak, 1.Cilt, 135-154, Ankara
- Aubreville, A., 1949: *Climats, forêts et désertification de l’Afrique tropicale*.-Soc d’editions géographiques maritimes et coloniales, Paris. 351 pp.
- Aydemir, O., 1992. Bitki Beslenme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üniv. Yayınları No:734, Erzurum. 247s.

- Baartman, J.E.M., Van Lunden, G.W.J., Reed, M.S., Ritsema, C.J. Hessel, R., 2007. Desertification and land degradation: origins, processes and solutions. DESIRE report series no4, ISRIC, Netherlands.
- Babaev, A. G., 1985. Methodological principals of desertification processes assessment and mapping. Turkmenistan: Desert Research Institute, Ashgabat, 72 P.
- Bakr, N., Weindorfa, D.C., Bahnassy, M.H. and El-Badawic, M.M., 2012 Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA, USA
- Bakra, N., D.C., Weindorf, M.H., Bahnassy, El-Badawi, M.M., 2012. Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators. *Ecological Indicators* 15:271–280.
- Basso, F., Bellotti, A., Faretta, S., Ferrara, A., Mancino, G., Pisante, M., Quaranta, G., Taberner, M., 1999. The Agri basin. In: Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N. (Eds.), *The MEDALUS Project – Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification*, EUR 18882.
- Basso, F., Bove, E., Dumontet, S., Ferrara, A., Pisante, M., Quaranta, G., Taberner, M., 2000. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin – Southern Italy. *Catena* 40, 19–35.
- Bathgate, J.D., Duram, L.A., 2003. A Geographic Information System Based Landscape Classification Models To Enhance Soil Survey: A Southern Illionis Case Study. *Jour. Of Soil and Water Cons.* 58:119-127.
- Baver, L. D., 1961. *Soil physics*. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Bayramin İ., 2003. Beypazarı topraklarının MEDALUS metoduna göre toprak kalite indekslerinin belirlenmesi. *HR. Ü.Z.F.Dergisi*, 2003, 7 (3-4):29-35 *J.Agric Fac. HR. U.* 2003, 7 (3-4): 29-35. Sayfa 34.
- Behnke, RH Jr., Scoones, I., 1993. Rethinking range ecology: implications for rangeland management in Africa. In *Range Ecology at Disequilibrium: New Models of Natural Variability and Pastoral Adaptation in African Savannas*, Behnke RH Jr, Scoones I, Kerven C (eds). ODI/IIED: London; 1–30.
- Benabderrahmane, M.C., Chenchouni, H., 2010. Assessing Environmental Sensitivity Areas to Desertification in Eastern Algeria using Mediterranean Desertification and Land Use “MEDALUS” Model. *Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems*. Volume 1, No.1:5-10
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M. Tarakçıoğlu, C., 1998. Farklı Organik Materyallerin Killi Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. *International Symposium On Arid Region Soil. International Agrohydrology Research And Training Center, Menemen, İzmir*, 506-510 ss.
- Bennett, EM, Carpenter, SR, Caraco, NF., 2001. Human impact on erodible phosphorus and eutrophication: A global perspective. *BioScience* 51: 227–234.
- Bielek, P., 1998. *Nitrogen in Agricultural Soils of Slovakia*, Soil Science and Conservation Research Institute, ISBN 80-85361-44-2, Bratislava, Slovak Republic.
- Blake, G.R. Hardge. K.H., 1986. *Methods of Soil Analysis. Bulk Density, Part1*. 2nd Ed. Agronomy 9. ASA and SSSA, 363-375, Madison.

- Blum, W.H., 1998. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In *Methods for Assessment of Soil Degradation*, Lal R, Blum WH, Valentine C, Stewart BA (eds). CRC Press: Boca Raton; 1–16.
- Bone, J., Head, M., Barraclough, D., Archer, M., Scheib, C., Flight, D., Voulvoulis N., 2010. Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. *Environment International* 36 (2010) 609–622
- Bouyoucos, G.J., 1955. A Recalibration of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis of The Soils. *Agronomy Journal*. Vol. 4, No.9: 434.
- Bovill, E.W., 1921: The encroachment of the Sahara on the Sudan.-*Journal of the Royal African Society* 20: 175-185, 259-269.
- Brandt, J., Nichola, G., Imeson, A., 2003. A desertification indicator system for the Mediterranean Europe. DESERTLINKS Project, UK. <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads.htm>.
- Braschi, H., Ciavatta, C., Giovannini, C., Gessa, C., 2003. Combined Effect of Water and Organic Matter on Phosphorus Availability in Calcareous Soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:67-74.
- Breckle, S.W., Veste, M., Wucherer, W., 2001. *Sustainable Land Use in Deserts*. Springer, Germany.
- Bromley, P., 1995. The effect of elevation Gain on soil. *Environmental studies* p 102.
- Bunte, K. Poesen, J. 1993. Effects of rock fragment covers on erosion and transport of non-cohesive sediment by shallow overland flow. *Water Resources Research* 29: 1415-1424.
- Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F Konopka A.E., 1994. Field-scale variability soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society American Journal* 58: 1501-1511.
- Cangir C., Boyraz D., 2008 İklim Değişikliği ve Çölleşme veya Toprak/ Arazi Bozulununun Türkiye'deki Boyutları ve Çölleşme İle Mücadele Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 5(2) *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*.
- Caravaca, F., Masciandaro, G., Ceccanti, B., 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. *Soil Tillage Res.* 68, 23–30.
- Carter MR, Barrett CB., 2006. The economics of poverty traps and persistent poverty: An asset-based approach. *Journal of Development Studies* 42: 178–199.
- Cassel DK, Nielsen DR 1986. Field capacity and available water capacity. In 'Methods of soil analysis. Part 1, Physical and mineralogical methods'. (Ed. A Klute) pp. 901-926. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: Madison, WI.
- Ceylan, A., Akgündüz, S., Demirörs, S., Erkan, A., Çınar, S., Özevren, E., 2009. Aridity Index Kullanılarak Türkiye'de Çölleşmeye Eğilimli Alanlardaki Değişimin Belirlenmesi. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Semp., 16-18 Haziran 2009, Konya.
- Chan, K.Y., 2001. Soil particulate organic carbon under different land use and management. *Soil use and Management* Vol. 17, No:4:217-221.
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Besnard, E., Arias, M., Arrouyas, D., 1999. The Influence of Cultivation on the Composition and Properties of Clay Organic Matter Associations from Soils. *Journal of Conference Abstracts*. Volume. 4 Number. 1. Symposium LO3, Session LO3: 1B. Humic Substances Soils and Sediments. France.

- Clark, S.C., 1996. Mediterranean ecology and an ecological synthesis of the field sites. In: J. Brandt and J.Thornes (eds), Mediterranean desertification and land use, J. Willey & Sons, 271-299 pp.
- Coching, C., 1926: Climatic pulsations during historic times in China- Geographical Review 16: 274-282. DeSurvey. 2004: DeSurvey IP Executive Summary.- www.desurvey.net
- Contador, J.F.L., Schnabel, S., Gutiérrez, A.G., Fernández, M.P., 2009. Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura, SW Spain. Land Degrad. Dev. 20, 129-144.
- Corwin, D. L., Kaffka, S. R., Hopmans, J. W., Mori, Y., Van Groenigen, J. W., Van Kessel, C., Oster, J.D., 2003. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil. Geoderma, 114(3), 231-259.
- Çanga, M., Erpul, G., 1994. Toprak İşlemeli Tarım Alanlarında Erozyon ve Kontrolü. Toprak su, 3(2), 14-16.
- Çarkacı A.D., Palta Ç., Karadavut U., 2013. Ulusal Çölleşme Ve Erozyon Araştırma Merkezi, Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu 14-16 Kasım 2013 Konya.
- Çepel, N., 1993. Toprak Su Bitki İlişkileri İstanbul Üniv. Orman Fakültesi Üniversite yayın no:3794, İstanbul
- Dai, W., Huang, Y., 2006, Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. Catena Vol. 65, Issue 1, Pages 87-94
- Danfeng, S., Dawson, R., Baoguo, L., 2006. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China. Journal of environmental management,79(4), 348-356.
- Deichmann, U., Eklundh, L., 1991. Global Digital Datasets for Land Degradation Studies: A GIS Approach. GRID Case Study Series 4.
- Dejong G. A., 2009. Assessment Of Trends In Desertification:A Proposed MethodologyA Thesis Presented to The Faculty of Graduate Studies Of The University of Guelph.
- Dengiz, O., 2002. Ankara gölbaşı ilçesi ve yakın çevresinde yayılım gösteren arazilerin kalite durumlarının belirlenmesinde parametrik metod yaklaşımı Selçuk Üniv. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. Cilt: 16, Sayı: 30, Konya.
- Dengiz, O., Bayramin, İ., Usul, M., 2005. Kahramanmaraş tarım işletmesi topraklarının parametrik yöntemle kalite durumlarının belirlenmesi. A.Ü.TçB. Der., 11(1) 45-50
- De Ploey, J. and Poesen. J., 1985. Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. pp. 99-120. In: K.S. Richards, R.R. Amett, and S. Ellis (eds.), Geomorphology and Soils. Allen and Unwin, London, England.
- Desertlinks, 2005. Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders. <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/>
- D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., and Runyan, C. W., 2013. Global desertification: drivers and feedbacks. Advances in Water Resources, 51, 326-344.
- Dinç, U., Senol, S., Sayin, M., Kapur, S., Guzel, N., 1988. Guney Dogu Anadolu Bolgesi Toprakları (GAT) I. Harran Ovası, TUBİTAK, Tarım Ormancılık Arastırma Grubu, Gudumlu Arastırma Projesi Kesin Sonuc Raporu, TAOG, 534, Adana.
- Dinç, U., Kapur, S., Akça, E., Özden, M., Senol, S., Dingil, M., Öztekin, E., Kızılarlanoglu, H. A., Keskin, S., 2001. History and Status of Soil Survey Programmes in Turkey and Suggestions on land Management. In (P. Zdruli, P. Steduto, C. Lacirignola, L. Montanarella) Soil 127. resources of Southern and Eastern Mediterranean Count. Options Mediterraneennes, Serie B. n. 34. 263-273.

- Doğan, H. M., Kılıç, O. M., Yılmaz, D. S., 2014. Tokat İli Bitki Yoğunluk Sınıflarının LANDSAT-7 ETM+ Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Araştırılması. GOU. Z.F. Der. 31 (1), 50-56.
- Dragan, M., Sahsuvaroglu, T., Gitas, L., Feoli, E., 2005. Application and validation of a desertification risk index using data for Lebanon. Management of Environmental Quality: An International Journal, 16(4).
- Dregne, H. E., 1999. Desertification assessment and control. In New Technologies to Combat Desertification, Proceedings of the International Symposium held in Tehran, Iran, 1998. United Nations University.
- Durak, A., 1989. Türkiye Genel Toprak Haritasının Toprak Taksonomisine Göre Düzenlenebilir Olanaklarının Tokat Bölgesi Örneğinde Araştırılması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü
- Durak A., Gunal H., Akbas F., Kılıc S., 2006. Long term cultivation effects on soil properties in pastures. Asian Journal of Chemistry. 18-3:1953-1962.
- Duran, C., 2007. Uzaktan Algılama teknikleri ve Bitki Örtüsü Analizi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müd. DOA Dergisi. Sayı 13, s. 45-67
- EC-European Commission, 1999. The MEDALUS project Mediterranean desertification and land use- Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification, pp. 84, Eds. C. Kosmas, M. Kirkby and N. Geeson, European environment and climate research program – Theme: Land resources and the threat of desertification and soil erosion in Europe (Project ENV4 CT 95 0119).
- EEA., 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. No 4/2008.
- Ekhtesasi, M. R., Ahmadi, H., 1995. Quantitative and qualitative evaluation of wind erosion and estimation of sediments. Iranian Journal of Natural Resource, 5(2).
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 2005,20(3):118-125.
- Ellert, B., ve Gregorich, E.G., 1996. Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forest soils of Ontario. Soil Science, 1619: 587-603.
- Elsayed S.M., 2013. Spatial assessment of desertification in north Sinai using modified MEDLAUS model Arab J Geosci (2013) 6:4647–4659.
- Elser JJ., Bracken MES., Cleland EE, Gruner DS., Harpole WS., Hillebrand H., Ngai JT., Seabloom EW., Shurin JB., Smith JE., 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Ecology Letters 10: 1135–1142.
- Erkan,H., Seylam G. S., Yaşayan A., 2011. Arazi Yönetimi Kavramı ve Türkiye Gereksinimi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara
- Erpul, G., Deviren Saygın, S., 2012. Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapmalı. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 1(1), 26 - 32.
- ESRI., 2008. Arcgis 9.3 Environmental System Research Institute. Redland CA, USA.
- Eyüpoğlu, F., 1999 Soil Fertility of Turkish Soil. General Directorate of Rural Services. Technical Publication: T-67. 121
- Fantechi, R., Peter, D., Balabanis, P., Rubio, J. L., 1995. In R. Fantechi, D. Peter, P. Balabanis, J. L. Rubio (Eds.), Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects. Brussels, Belgium: Office for Official Publications of the European Communities. EUR 15415.

- Farajzadeh, M., Egbal, M. N., 2007. Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast plain, Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 10 (16), 2622–2630.
- Faulkner, H., 1990. Vegetation cover density variations and infiltration patterns on piped alkali sodic soils: Implications for the modelling of overland flow in semi-arid areas. In: J.B. Thornes (editor), *Vegetation and Erosion, Processes and Environments*. J. Wiley & Sons, Chichester, pp. 317-346.
- FAO 1974. Soil map of the world. Volumes 1-10. Food and Agriculture Organization of the United Nations and UNESCO, Paris. 1:5,000,000.
- Ferrara, A., Salvati I., Saterianoc, A., Nolèa A., 2012. Performance evaluation and cost assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators* 23 (2012) 123–129.
- Forth, H. D. and Ellis, B. G., 1988. *Soil Fertility*. John Wiley and Sons, NY. p: 212.
- Fransson, A., Aarle, I.M., Olsson, P.A., Tyler, G., 2003. *Plantago Lanceolata L. and Rumex Acetosella L. Differ in Their Utilisation of Soil Phosphorus Fractions*. *Plant and Soil* 248: 285-295.
- Fozooni, L., ve Mohammadi, H., 2013. Assessment of The role of geological structure on Desertification in Sistan Plain. *Elixir Geoscience* 54A 12822-12824.
- Gad, A., Lotfy, I., 2008. Use of remote sensing and GIS in mapping the environmental sensitivity areas for desertification of Egyptian territory. *Earth Discuss*, 3, 41-85.
- Gahrooe, R. F., 2003. Increased Microbial Activity Affects The Extractable Phosphorus in Ca-rich Arid and Semi-arid Soils. *Proceedings of 2nd International Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Continuum* p: 46-47.
- Gallet, A., Flish, R., Ryser, J., Frossard, E., Sınaj, S., 2003. Effect of Phosphate Fertilization on Crop Yield and Soil Phosphorus Status. *J. Plant Nutr. Sci.* 166:568-578.
- Gao, J., Liu, Y., 2008. Mapping of land degradation from space: a comparative study of Landsat ETM+ and ASTER data. *Int. J. Remote Sens.* 29, 4029–4043.
- Gao, J. Liu, Y. 2010. Determination of land degradation causes in Tongyu Cou. Northeast China via land cover change detection. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geo.* 12, 916.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size Analysis. P. 383 - 411. In: A.L. Page (ed.). *Methods of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods*. Second Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Geeson, N.A., Brandt, C.J. and Thornes, J.B., 2002. *Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses*. Ed. Wiley.
- Geist, H.J., Lambin, E.F., 2004. Dynamic causal patterns of desertification. *BioScience* 54, 817–829.
- Ghassemi, F., Jakeman, A. J., Nix, H. A., 1995. *Salinization of Land and Water Resources Human Causes, Extent, Management and Case Studies* CAB International.
- Giordano, L., Giardino, F., Grauso, S., Iannetta, M., Sciortina, M., Rossi, L. and Bonati, G., 2002. Identification of areas sensitive to desertification in Sicily Region. ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00060 Rome, Italy.
- Goovaerts P., 1999. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. *Catena* 34: 227–242.
- Gökkuş, A., Baytekin, H., Hakyemez, B.H., Özer, İ., 2001. Çanakkale'nin sürülüp terk edilen çalılı meralarında yeniden bitki gelişimi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi. Cilt: III, Çayır Mera Yem Bitkileri: 17–21 Eylül, Tekirdağ, s. 13–18

- Grainger, A., Smith, M. S., Squires, V. R., Glenn, E.P., 2000. Desertification and climate change: The case for greater convergence. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 5, 361-377.
- Grove, A.T., 1973. Desertification in the African Environment; In *Drought in Africa: Report of the 1973 Symposium* (D. Dalby and R.J. Harrison Church, eds.) London, School of Oriental and African Studies
- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedren˜o, J., Garc'ia Orenes, F., Go'mez, I., 2001. Different patterns of aggregate stability in burned and restored soils. *Arid Land Res. Manag.* 15,163–171
- Gülser, C., 1999. Toprak gözeneklerinin tıkanma mekanizması ve kontrolü. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 14 (2): 184-197.
- Günel, H., Akbaş, F., Özgöz, E., Ünlükara, A., Yıldız, H., Kurunç, A., Çetin, A., Ersahin, S., 2008. Kazova'da Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Gerekli Güncel Veri tabanının Oluşturulması. TÜBİTAK Projesi Raporu, TOVAG. 105 O 617.
- Güneş, F., 2011 Çölleşme, Toplumsal-Ekonomik Boyut ve Sürdürülebilir Geçim Paradoksu: Konya-Karapınar Örneği. DESIRE projesi. (DESIRE (2005) Desertification Mitigation and Remediation of Land. Combat Land Degradation and Desertification Integrated Project.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2002. Bitki Besleme ve Gübreleme. ISBN: 975-482-516-5, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Hamid, Y. S., 2009. "Dissolution Kinetics of Carbonates in Soil," Ph. D. Dissertation, Szent Istvan University, Hungary.
- Helldén, U., 2008: A Coupled Human-Environment Model for Desertification Simulation and Impact Studies.-Global and Planetary Change. — Accepted Sep. 2008 *Change*, 64, 158-168.
- Helldén, U., Tottrup, C., 2008. Regional desertification: a global synthesis. *Global Planet. Change* 64, 169–176.
- Henderson-Sellers, A., Irannejad, P. McGuffie, K. 2008. Future deserrification and climate change: The need for land-surface system evaluation improvement. *Global and Planetary Change*, 64, 129-138.
- Herrick Je, Brown Jr, Tugel Aj, Shaver ,P.I., Havstad, K.M., 2002. Application of soil quality to monitoring and management: paradigms from rangeland ecology. *Agronomy Journal* 94: 3-11.
- Hillel, D., 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Press Limited, 14-28 Oval Road, London.
- Honardoust, F., M. Ownegh and Sheikh V., 2011. Assessing desertification sensitivity in the Northern part of Gorgan Plain, Southeast of the Caspian Sea, Iran. *Res. J. Environ. Sci.*, 5: 205-220.
- Hooke, J.M., Brookes, C.J., Duane, W., Mant, J.M., 2005. A simulation model of morphological, vegetation and sediment changes in ephemeral streams. *Earth Surf. Process. Landforms* 30 (7), 845–866.
- Hountondji, Y. C, Sokpon, N., Ozer, P., 2006. Analysis of the vegetation trends use low resolution remote sensing data in Burkina Faso (1982- iggg) for the monitoring of desertification. *International Journal of Remote Sensing*, 27(5), 871-884.
- Huang D, Wang K, Wu WL., 2007. Dynamics of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agro-pastoral transition zone in northern China. *J Arid Environ.* 70:120–136.

- Huang, S.W., Jin, J.Y., Yang, L.P., Bai, Y.L., 2006. Spatial variability of soil nutrients and influencing factors in a vegetable production area of Hebei Province in China. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 75, 201–212.
- Hubert, H., 1920. Le dessèchement progressive en Arique Occidentale francais.- Bulletin Comité d'études Historiques et Scientifiques de l'Afrique Occidentale francais, 1920: 401-437.
- Hudson, B.D., 1994. Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil Wat. Con.*, 49(2): 189–194.
- Hui, J.W.C., Cook, B.I., Ravi, S., D'Odorico, P. and Fuentes, J.D., 2008. Dust-rainfall feedbacks in West African Sahel. *Water Resour Res.* 44:W05202.
- Hulme, M and Kelly, M., 1993. "Exploring the links between desertification and climate change", In *Environment* July/August,35(6).
- Hymers, D. C., Moran, M. S., And Keefer, T. O., 2000, Soil water evaluation using a hydrologic model and calibrated sensor network: *Soil Science Society of America Journal*, v. 64, p. 319-326.
- ILRI 1989. Effectiveness and Social/Environmental Impacts of Irrigation Projects: a Review (PDF), In: Annual Report 1988 of the International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands, pp. 18–34
- Imeson, A C., 1988. Una vi'a de ataque eco-geomorfolo'gica al problema de la degradacio'n y erosio'n del suelo. In *Desertificacio'n en Europa*, (MOPU ed.). Ministerio de Obras Pu'bllicas y Urbanismo (MOPU), Madrid; 161–181.
- Irvine, S. A. and Doughton, J. A., 2001. Salinity and Sodicity, Implications for farmers in Central Queensland. *Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference*, Hobart. [URL:www.regional.org.au/au/asa/2001/3/b/irvine.htm](http://www.regional.org.au/au/asa/2001/3/b/irvine.htm).
- İpek, Ş., 2006. *Sulama, Su Vakfı Kitabı*, İstanbul, Türkiye.
- Johnston, K., Hoef, M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. *Using ArcGIS geostatistical Analyst*, New York, ESRI.
- Jones, B., 1938. Desiccation and the West African colonies.- *Geographical Journal* 91: 401-423.
- Jones, Jr. J.B; Wolf, B. and Mills, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. pp213.
- Jaber, B., 1997 *Water in Lebanon: problems and solutions*, Public lecture given in the Department of Hydrology, Purdue University, Lafayette, April
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III Toprak Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim Araştırma Geliştirme Vakfı Yayınları No.3.
- Kacar B. Katkat, A.V., 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları: 3, Bursa.
- Kantarıcı, M.D. 2000. *Toprak İlmi*. Or. Fak. F. Yayın No:462, İ.Ü. yayın No:4261, ISBN: 975-404-588-7, İstanbul.
- Kaplan, S., Blumberg, G. D., Mamedov, E., Orlovsky, L., 2014. Land-use Change and Long Degradation in Turkmenistan in the post – Soviet era. *Journal of Arid Enviroments* 103, 96-106.
- Kapur, S., Saydam, C., Akça, E., Çavuşgil, V.S., Karaman, C., Atalay, İ., Özsoy, T., 1998. Carbonate Pools in Soils of The Mediterranean: A Case Study From Anatolia. In: *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates* (Eds. R. Lal, J.M. Kimble, B.A. Stewart). Lewis Publishers. pp. 187-212.

- Kapur, S., I. Yegingil and Kapur, B., 2003. Land degradation and desertification in Turkey. NATO- CCMS and Science Committee Workshop on Desertification in the Mediterranean Region, A Security Issue 2-5 December 2003, Valencia (Spain).
- Karimpour and Reihan, 2002. Effect of salinity and sodicity on soil physical properties (structure&hydraulic conductivity) in Damghan Playa. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand. Symposium No:33. Paper No: 2054.
- Karimi, V., 2006. present status using MEDALUS model considering the water and wind erosion indicators in the Yazd plain. M.Sc. thesis. University of Tehran.
- Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, and Schuman. G.E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4-10
- Karlen, Douglas L. Mark D. Tomer, Jerry Neppel, Cynthia. Cambardella A., 2008. A preliminary watershed scale soil quality assessment in north central Iowa, USA *Soil & Tillage Research* 99. 291–299.
- Kassas, M., 1995. Desertification: a general review. *J. Arid Environ.* 30, 115–128
- Kayhan İ. E, Çebi , Ü., Kayıçoğlu, Birol., 2013., Farklı kil içerikli topraklarda Azaltılmış toprak işlemenin Hacim ağırlığı ve porozite üzerine etkisi. *Journal of Agricultural Machinery Science* 9(1), 29-34.
- Keçecioğlu G. ve E., Gülsoylu, 2002, Toprak İşleme Makinaları. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları. Yayın No: 545, İzmir.
- Kemper Wd, Rosenau Rc., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: Klute A, editor. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods.* Madison, WI. p 425-42.
- Khosravi, H., 2003: investigation of kashan plain desertification using MEDALUS methodology. M.Sc Thesis, university of Tehran, Iran.
- Kidanemariam Gebrekidan, H., Mamo, T., Kibret, K., 2012. Impact of Altitude and Land Use Type on Some Physical and Chemical Properties of Acidic Soils in Tsegede Highlands, Northern Ethiopia. *Open Journal of Soil Science*, 2: 223-233.
- Kirkby, M.J., 1998. Modelling across scales: the MEDALUS family of models. In: Boardman, J., Favis-Mortlock, D.T. Eds., *Modelling Soil Erosion by Water.* NATO ASI Series I-55, Springer, Berlin, pp. 161–174.
- Klute, A., 1986. *Water Retention: Laboratory Methods.* *Methods of Soil Analysis. Part1.* 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.
- Koçyiğit, R., 2006. Carbon Dynamics in Tallgrass Prairie and Wheat Ecosystems. *Turk J Agric For* 28 (2006) 141-153.
- Kosmas, C., Kairis, Or., Karavitis, Ch., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Athlopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Sole-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei, W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, F., Sebege, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., De Vente, J., Zagal, E., Zeiliger, A., Zhonging, W., Ziogas, A., 2013. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and

- Desertification Monitoring: Methodological Approach. Environmental Management DOI 10.1007/s00267-013-0109-6.
- Kosmas C, Danalatos N, Cammeraat LH, Chabart M, Diamantopoulos J, Farand R., 1997. The effect of land-use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena* 29: 45–59.
- Kosmas, C., 1998. Quantitative indicators of desertification. In: <http://www.desertification.it/ASINARA%20web/11kosmas.htm>, accessed on October 2001.
- Kosmas, C. S., Moustakas, N. Danalatos, N.G., and Yassoglou, N., 1995. The effect of land use change on soil properties and erosion along a catena. In: J. Thornes and J. Brandt 85 (Editors), *Mediterranean Desertification and Land Use*. J. Wiley and Sons, Chichester 207-227 pp.
- Kosmas, C., Ferrara, A., Briassouli, H., Imeson, A., 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In: Kosmas, K., Kirkby, M., Geeson, N. (Eds.), *The MEDALUS Project Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification*. European Union 18882, pp. 31–47, Available at: <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads/publicdownloads/ESA%20Manual.pdf> (accessed September 2011).
- Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N., 1999a: *The MEDALUS project. Mediterranean desertification and land use. – Manual on key indicators of Desertification and mapping environmental sensitive areas to desertification*. EUR 18882, Bru, Belgium.
- Kosmas, K., Tsara, M., Moustakas, N., Karavitis, C., 2003. Identification of indicators for desertification. *Ann. Arid Zones* 42, 393–416.
- Krnáčová, Z.; Račko, J. Bedrna, Z., 1997. Indicators of Sustainable Development Use of Agricultural Soils in Slovakia. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae*, Supplement, pp. 165-172, ISSN 1335-0285, Bratislava, Slovak Republic.
- Kumar, N.V. Ganesh, L.S., 1996. A Simulation-Based Evaluation of the Approximate and Exact Eigenvector Methods Employed in AHP, *Eur. J. of Operational Res.*95: 656-662.
- Ladisa, G.; Todorovic, M.; Liuzzi, G. T., 2012. A GIS-based approach for desertification risk assessment in Apulia region, SE Italy. *Physics and Chemistry of the Earth Volume* 49:103–113.
- Lauchli, A. and Pflüger, R., 1978. Potassium transport through plant cell membranes and metabolic role of potassium in plants. In: *Potassium research- Review and Trends*. Potash Inst. Bern. p: 111-163.
- Lavado Contador, J.F., Schnabel, S., Gomez Gutierrez, A., Pulido Fernandez, M., 2009. Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura, SW Spain. *Land Degrad. Develop.* 20 (2), 129 - 144.
- Lavorel S, Rochette C, Lebreton JD., 1999 Functional groups for response to disturbance in Mediterranean old fields. *Oikos* 84:480–498.
- Leifeld, J., Bassin, S., Fuhrer, J., 2005. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1), 255-266.
- Leytem A.B. and Mikkelsen, L.R., 2005. The Nature of Phosphorus in Calcreous Soils. *Better Crops*. 89 (2): 11-13.

- Li XR, Dong GR., 2006. Influence of desertification on vegetation pattern variations in the cold semi-arid grasslands. *J Arid Environ.* 64:505–522.
- Lin, W.T., Lin, C.Y., Chou, W.C., 2006. -Assessment of vegetation recovery and soil erosion at landslides caused by a catastrophic earthquake: a case study in Central Taiwan. *Ecological Engineering* 28 (1), 79–89.
- Lowdermilk, W.C., 1935: Man-made deserts.-*Pacific Affairs* 8: 409-419. University of British Columbia.
- Lund, H. Gyde. 2007. Separating the Cows From the Trees: Toward Development of National Definitions of Forest and Rangeland. *In: McRoberts, Ronald E.; Reams, Gregory A.; Van Deusen, Paul C.; McWilliams, William H., eds. Proceedings of the seventh annual forest inventory and analysis symposium; 2005 October 3–6; Portland, ME. Gen. Tech. Report WO-77. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. 11-20.*
- Mabbutt, J. A., 1986. Desertification indicators. *Climatic Change*, 9, 113-122.
- Mainguet, M., 1994. What is Desertification? Definitions and Evolution of the Concept, Desertification Natural Background and Human Mismanagement. Springer, Berlin, pp. 1–16.
- Mairota, P., Thornes, J.B., Geeson, N., 1998. Atlas of Mediterranean Environments in Europe: The Desertification Context. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 205 pp.
- Manzano, M.G., Na'var, J., 2000. Process of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscub (matorral) in north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 44, 1e17.
- Martinez-Beltrán J, Manzur CL., 2005. Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. *Proc Int Salinity Forum; Apr 25-27; Riverside, California; 311-314.*
- Marzaioli R, D'ascoli R, De Pascale Ra. Rutigliano F., 2010. Soil Quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology.* 44: 205-212.
- McConnell, J.R., Aristarain, A.J., Banta, J.R., Edwards, P.R. and Simoes, J.C., 2007. 20th-Century doubling in dust archived in an Antarctic peninsula ice core parallels climate change and desertification in South America. *Proc Natl Acad Sci USA.* 104:5743–8.
- McGill, W.B., Cannon, K.R., Robertson, J.A. ve Cook, F.D., 1986. Dynamics of soil Microbial biyokütles and water-soluble organik C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.* 66: 1-19.
- Miller, R.W. Ve. Donahue R.L., 1995. *Soils in Our Environment*, Seventh Edition. Prudence Hall, Englewood, Cliffs, NJ. p. 323.
- Montalvo, J., Casado, M.A., Levassor, C., Pineda, F.D., 1993. Species–diversity patterns in mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Sci.* 4: 213–222.
- Montanarella, L., 2007. Trends in land degradation in Europe. *In: Sivakumar, M.,V.,K., N'diangui, N. (Eds.), Climate and Land Degradation. Springer, Berlin, pp. 83–104.*
- MPM. 1998. Türkiye'de Toprak Koruma ve Arazi İyileştirme Çalışmalarının Etkenleştirilmesi. Milli Prodüktivite Merkezi yayınları no: 627, Ankara.
- Mulla, D.J., Mc Bratney, A.B., 2000. Soil Spatial Variability, A-321-A-351, *In: Handbook of Soil Science, Malcolm E. Sumner (ed. in chief) CRS Pres.*
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (Ed) 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub., Madison, Wisconsin.

- Nougeira, M.A., Albino, U.B., Brandao-Jumor, O., Braun, G., Cruz, M.F., Dias, B.A., Duarte, R.T.D., Gioppo, N.M.R., Menna, P., Orlandi, J.M., Raimam, M.P., Rampazo, L.G.L., Santos, M.A., Silva, M.E.Z., Vieira, F.P., Torezan, J.M.D., Hungria, M. ve Andrade, G., 2006. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* P. 11-22.
- Nkonya E., F. Place, J. Pender, Majaliwa Mwanjololo, A. Okhimamhe E. Kato; S. Crespo; J. Ndjeunga and Traore S., 2011. Climate Risk Management through Sustainable Land Management in Sub-Saharan Africa. IFPRI Discussion Paper
- Okur O., 2010., Karapınar (Konya) Tarihsel Çölleşme Alanı Topraklarının Uzun Süreçte Badem-Akasya Altındaki Kalite Değişimleri Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens..
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circ.* 9398:1-19.
- Özaslan Parlak, A., 2011 .Çanakkale yöresinde çalılı meraların önemi. Çanakkale Tarımı Sempozyumu (Dünü, Bugünü ve Geleceği): 10-12 Ocak, Çanakkale. 489-496.
- Özbek, A. K., 2004. Aşağı Pasinler Ovası Topraklarının Toprak Kalite İndeki Parametreleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Ekoloji*. 13, 51, 39-44.
- Özden, D.M., 2000. The facts of desertification and United Nations convention to combat desertification, *Proceedings of International Symposium on Desertification*, , Konya, 1-13.
- Özgöz, E., Günel H., Acir N., Gökmen F., Birol M. And Budak M., 2012. Soil Quality and Spatial Variability Assessment of Land Use Effects in a Typic Haplustoll. *Journal of Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.1126.
- Pagiola, S., 1999. The Global Environmental Benefits of Land Degradation Control on Agricultural Land. *World Bank Environment Paper* 16, 62 pp.
- Pando-Moreno, M., Jurago, E., Manzano, M., Estrada, E., 2004. The influence of land use on desertification processes. *Journal of Range Management*.
- Parlak, M., 2009. Sırcama Erozyonunun Farklı Kinetik Enerji Akışı ve Farklı Toprak Bünyesi Etkileşimleriyle Araştırılması. *A.U.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi* 15(4):341-347.
- Parvari, H.S, Pahlavanravi, A., Moghaddam, Nia A R., Dehvari. A., and Parvari, D., 2011., Application of methodology for mapping environmentally sensitive areas (esas) to desertification in dry bed of hamoun wetland (iran). *International Journal of Natural Resources and Marine Sciences*, 1 (1),65-80.
- Patterson, A. R., 2001. Consideration of soil sodicity when assessing land application. *Environmental&Health Protection Guidelines Technical Sheet Reference 01/7*. URL:www.dlg.gov.au/dlg/dlghome/document/septicsafe/draftsodicity.pdf.
- Pereira, L. S., Louro, V., de Rosario, L., & Almeida, A. 2006. Desertification, territory and people, a holistic approach in the Portuguese context. In W. G. Kepner, J. L. Rubio, D. A. Mouat, & F. Pedrazzini (Eds.), *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue* (pp. 269-289). Netherlands: Springer.
- Pia Sentis, I., 2006. Hydrological approach for assessing desertification processes in the Mediterranean region. In W. G. Kepner, J. L. Rubio, D. A. Mouat, F. Pedrazzini (Eds.), *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue* pp. 579-600. Netherlands: Springer.

- Piao, S., Fang, J., Liu, H., Zhu, B., 2005. NDVI-indicated decline in desertification in China in the past two decades. *Geophysical Research Letters*, 32(06402), 1-4.
- Pickup, G., 1996. Estimating the effects of land degradation and rainfall variation on productivity in rangelands: an approach using remote sensing and models of grazing and herbage dynamics. *Journal of Applied Ecology* 33, 819–832.
- Pimenta, M. T., Santos, M. J., Rodrigues, R., 1997. A proposal of indices to identify desertification prone areas. In *Jornadas de reflexion sobre el Anexo IV de application para el Mediterraneo Norte-Convenio de Lucha contra la Desertificacion*, Murcia, Spain. Portugal: CCD.
- Prince, S.D., Tucker, C.J., 1986. Satellite remote sensing of rangelands in Botswana II: NOAA AVHRR and herbaceous vegetation. *Int. J. of Remote Sensing* 7, 1555–1570.
- Puma, M. J., Celia, M. A., Rodriguez-Iturbe, I., And Guswa, A. J., 2005, Functional relationship to describe temporal statistics of soil moisture averaged over different depths: *Advances in Water Resources*, v. 28, p. 553-566.
- Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., Siwailam, M., 2010. A dynamic simulation model of desertification in Egypt. *J. Remote Sens. Space Sci.* 13, 101–111.
- Reardon T, Vosti S. 1995. Links between rural poverty and the environment in developing countries: Asset categories and investment poverty. *World Development* 23: 1495–1506.
- Reicosky, D.C., 2005. Alternatives to mitigate the greenhouse effect: emission control by carbon sequestration. In: *Simpósio sobre Plantio direto e Meio ambiente; Seqüestro de carbono equalidade da agua*, pp. 20-28.. *Anais. Foz do Iguaçu*, 18–20 de Maio 2005.
- Renner, G.T., 1926: A famine zone on Africa: the Sudan.-*Geographical Review* 16: 583-596.
- Requier Desjardins M, Adhikari B, Sperlich S., 2011. Some notes on the economic assessment of land degradation. *Land Degradation & Development* 22: 285–98.
- Reynolds, J.F., 2001. Desertification, *Encyclopedia of Biodiversity*. Aca. Press, San Diego, pp. 61–78.
- Reynolds Jf, Stafford Smith D., 2002. Do humans cause deserts? In: Reynolds JF, Stafford Smith DM (eds) *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin pp.1-21.
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M. and Batterbury S.P.J., 2007. Global desertification: building a science for dryland development. *Science*. 316(5826):847–51.
- Reynolds JF, Grainger A, Stafford Smith DM, Bastin G, Garcia- Barrios L, Fernández RJ, Janssen MA, Jürgens N, Scholes RJ, Veldkamp A, Verstraete MM, Von Maltitz G, Zdruli P., 2011. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification. *Land Degradation and Development*. 22: 166–183.
- Rhoades, J.D., 1997. Sustainability of Irrigation: An Overview of Salinity Problems and Control Strategies. *Proc. 1997 Annual Conference of the Canadian Water Resources Association* *Footprints of Humanity: Reflection on Fifty Years of Water Resources Developments* Lethbridge, Alberta Canada, pp 1-40.
- Rhoades, J. D., 1998. Use of Saline and Brackish Water For Irrigation: Implications and Role in increasing Food Production, Conserving Water, Sustaining Irrigation and Controlling Soil and Water Degradation In R. Ragab and G. Pearce (Eds) *Proceedings Of The International Workshop on “The Use of Saline and Brackish Water for Irrigation, Drainage and Crops”* Bali Indonesia, pp. 23-24.

- Rhoades, J., Chandavi, D., Lesch, S. F., 1999. Soil Salinity Assessment Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurement FAO Irrigation and Drainage Paper 57 Rome.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvements saline and alkali soils. U.S. Dep.Agr.Handbook 60.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS— Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symp, vol. 1. GSFC, NASA, pp. 309–317. Section A, 10–14 Dec., 1973.
- Rowell, D.P., Folland, C.K. Maskell, K. Owen, J.A. and Ward. M.N., 1992. Modelling the influence of global sea surface temperatures on the variability and predictability of seasonal Sahel rainfall. *Geophysical Research Letters* 19, 905-908.
- Rowntree, K., Duma, M., Kakembo, V. ve Thornes, J., 2004. Debunking the myth of overgrazing and soil erosion. *Land Degrad. Develop.* 15: 203–214.
- Rubio J.L., Bochet E., 1998 Desertification Indicators As Diagnosis Criteria for Desertification Risk Assessment, Europe. *Journal of Arid Environments*, 39, 113-120.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Saeed, S., Barozai, M. Y. K., Ahmad, A., Shah, S. H., 2014. Impact of Altitude on Soil Physical and Chemical Properties in Sra Ghurgai (Takatu mountain range) Quetta, Balochistan. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 3, 730-735.
- Saltalı, K., Sarı, H., Mendil, D., Altın, S., 2004. Cadmium and phosphorus accumulates in soil under intensive cultivation in Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*. 54:4, 267–272.
- Salvati L. Carlucci M., 2013. The impact of mediterranean land degradation on agricultural income: A short-term scenario elsevier *Land Use Policy* 32 302– 308.
- Salvati, L. and Zitti, M., 2005. Land degradation in the Mediterranean basin: linking biophysical and economic factors into an ecological perspective. *Biota – International Journal of Biology and Ecology* 5, 67–77.
- Salvati, L., Zitti, M., 2009. Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. *Ecol. Indicat.* 9, 357–363.
- Salvati, L., Zitti, M., 2009a. Multivariate analysis of socio-economic indicators as a measure of sensitivity to land degradation in the ESA model. *Int. J. Ecol. Econ. Stat.* 15 (F09), 93–102.
- Salvati, L., Zitti, M., 2009b. Substitutability and equal weighting of environmental indicators: a proposal to estimate the importance of the different components of a composite index. *Ecol. Econ.* 68 (4), 1093–1099.
- Sanyal, S. K. De Datta, S., K. 1991. Chemistry of phosphorus transformations in soil. *Advances in Soil Sciences* 16, 1–120.
- Sarmadian F., Keshavarzi A. and Malekian A., 2010 Conti-nous Mapping of Topsoil Calcium Carbonate Using Geo-statistical Techniques in a Semi-Arid Region *Australian Journal of Crop Science*, Vol. 4, No. 8, pp. 603- 608.
- Seckler, D., 1996. *The New Era of Water Resources Management From “Dry” To “Wet” Water Savings Consultative Groups On International Agricultural Research*, Wash. DC.
- Seligman, N.G., 1996. Management of Mediterranean grasslands. In: J Hodgson and A W Illius (Eds), *The Ecology and Management Og Grazing Systems*, CAB International, Wallingford, UK. pp. 359–392.

- Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R. and Jamali, J. B., 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environ. Monitor. Assess.* 134:243–254.
- Seybold Ca, Mausbach Mj, Karlen DI, Rogers Hh., 1998. Quantification of soil quality. In: Lal R, Stewart BA, editors. *Soil processes and the carbon cycle*. CRC Press: USA.
- Shahid Hamedani, Kh., 1998. Analyzing factors of desertification in Hamedani Ghahvand plain. MSc Thesis, Natural Resource Department, Isfahan University of Technology, 201pp.
- Shin, H., Shm, H. S., Dewbre, G. R., And Harrison, M., 2004. Phosphate Transport in Arabidopsis: Pht1;1 and Pht1; 4 Play A Major Role in Phosphate Acquisition from Both Low and High Phosphate Environments. *The Plant Journal* 39:629-642.
- Sivakumar, M., V., K., 2007 Interactions between climate and desertification. *Agriculture and forest meteorology* 142: 143-155.
- Smeets, E., Weterings, R., 1999. *Environmental Indicators: Typology and Overview*. European Environment Agency, Copenhagen. Report No. 25, 19 pp.
- Smith, VH, Schindler DW. 2009. Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201–207.
- Snyman, H. A, Preez CC., 2005. Rangeland degradation in semi-arid South Africa – II: influence on soil quality. *J Arid Environ.* 60:483–507.
- Soil Science Society of America. 1997. *Glossary of soil science terms*. SSSA, Madison, WI.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy, a Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, 2nd ed.: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Agric. Handbook Number 436. Pp. 870.
- Soil Survey Staff. 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Rep. 42. Version 3.0 U.S. Gov. Print. Washington, DC
- Sombroek, W. and El Hadji., 1993. Land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas: rainfed and irrigated lands, rangelands and woodlands. FAO presentation at INCD, Nairobi, 24 28 May 1993. (<http://www.fao.org/docrep/X5308E/x5308e00.htm#Contents>).
- Stebbing, E.P., 1935. The encroaching Sahara: the threat to the West African colonies. *Geographical Journal* 85,506–524.
- Stebbing, E.P., 1938. The advance of the desert. *Geographical Journal* 91, 356–359.
- Sternberg, M., Gutman, M., Perevolotsky, A., Ungar, E.D., Kigel, J., 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: A functional group approach. *Journal of Applied Ecology.* 37: 224–237.
- Stephene, N., Lambin, E.L., 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in the Sudano-Sahelian countries of Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.* 85, 145–161.
- Stringer, L.C., 2008. Reviewing the International Year of Deserts and Desertification 2006, *Journal of Arid Environments*, 72, 2065-2074.
- Summa V, Tateo F, Medici L, Giannossi ML., 2007. The role of mineralogy, geochemistry and grain size in badland development in Pisticci (Basilicata, Southern Italy). *Earth Surf Proc Land.*32: 980–997.
- Susam, T., Oğuz, İ., 2006. CBS İle Tokat İli Arazi Varlığının Eğitim ve Bakı Özelliklerinin Tespiti ve Tarımsal Açından İrdelenmesi. *GOÜ.Z.F. Dergisi*, 23(1):67-74

- Symeonakis, E., Drake, N., 2004. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of Remote Sensing* 25 (3), 573–592.
- Tabatabai, M. A., 1994. Soil enzymes. Pages 775-833 in R.W. Weaver, S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai, and A. Wollum, editors. *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America, Segoe, Wisconsin, USA.
- Tate, R. L., 1995. *Soil Microbiology*. John Wiley & Sons, New York.
- Tetik, A., Oğuz, İ., 2004. Gübre uygulamalarında toprak analizinin önemi ve Tokat yöresi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin elementi ihtiyaçları Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi Tarım Sanayi – Çevre. 153-166 s. 11-13 Ekim 2004, Tokat
- Thomas, G.W., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (ed) 2nd edition. S.S.S. of America Inc. Publisher, Madison, Wisconsin pp159-164.
- Thomas, D.S.G., Middleton, N.J., 1994: *Desertification. Exploding the Myth*-John Wiley & Sons, ISBN 0-471-94815-2, 194 pp.
- Thornes, J. B., 1988. Erosional equilibria under grazing. In J. Bintliff, D. Davidson and E. Grant (eds.) *Conceptual Issues in Environmental Archaeology*, Edinburgh University Press, pp. 193-210.
- Thornes, J. B., 1990. The interaction of erosional and vegetation dynamics in land degradation: spatial outcomes. *Vegetation and erosion processes and environments*. J. Thornes (ed.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 41-53 pp.
- Tolunay, D. ve Çömez, A., 2007. Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye'deki Durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık 2007, İstanbul,
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8 (2), 127–150.
- UNCCD, 1994. United Nations convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. A/AC.241/27, Paris.
- UNCCD, (United Nations Convention to Combat Desertification) Secretariat, Fact Sheet 1, 2002. *An Introduction to the United Nations Convention to Combat Desertification and Frequently Asked Questions*. UNCCD, Bonn.
- UNCCD, 2008. *Desertification – Coping with Today's Global Challenges in the Context of the Strategy of the United Nations Convention to Combat Desertification*. United Nations Convention to Combat Desertification, Report on the High-Level Policy Dialogue, Bonn, Germany, UNEP. *World Atlas of Desertification*, 2nd Ed. UNEP Edition, 1997, Ch. 1.
- UNCED 1992. Agenda 21: Programme UNCCD, 1994. United Nations convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. A/AC.241/27, Paris.
- UNCOD, 1977. *Desertification: Its Causes and Consequences*. Pergamon Press, Oxford.
- UNEP, 1994. *Land degradation in South Asia: Its severity, causes, and effects upon the people*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- UNEP. 1997, *World Atlas of Desertification*, 2nd Ed. UNEP Edition, Ch. 1.
- United Nations, (1994). *Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification*,

- particularly in Africa. Final text of the Convention. www.unccd.int/convention/text/pdf/conv-eng.pdf.
- UNSO Office to Combat Desertification and Drought, 1997. Aridity Zones and Dryland Populations: An Assessment of Population Levels in the World's Drylands. UNSO/UNDP, New York. 23pp.
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1995. Soil Survey Laboratory Information Manual. Natl. Soil Surv. Cent., Soil Surv. Lab., SSIR 45. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Natl. Soil Surv. Cent., SSIR 42.
- Valle, H.E.D., N. O. Elissalse, D. A., Gagliardini and Milovrich, J., 1998. Status of desertification in the Patagonian region: Assessment and mapping from satellite imagery. *Arid Soil Res. Rehabil.*, 12:95-122.
- Veron, S.R., J.M. Puelo, Oesterheld, M., 2006. Assessing Desertification. *Journal of Arid Environments* 66:751–763. 224.
- Verstraete MM, Hutchinson CF, Grainger A, Stafford Smith M, Scholes RJ, Reynolds JF, Barbosa P, León A, Mbogwe C., 2011. Towards a global drylands observing system: Observational requirements and institutional solutions. *Land Degradation and Development*. 22: 198–213.
- Vogt, J.V., Safriel, U., Von Maltitz, G., Sokona, Y., Zougmore, R., Bastin, G. and Hill, J., 2011. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation & Develop* 22: 150–65
- Wang, C., Qi, J., Moran, S., and Marsett, R., 2004, Soil moisture estimation in a semiarid rangeland using ERS-2 and TM imagery: *Remote Sensing of Environment*, v. 90, p. 178- 189.
- Wang, Q., and Tenhunen, J., 2004. Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT), *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 6: s.17-31.
- Wang, T and S. Liu., 2007a. Aeolian desertification from the mid-1970s to 2005 in Otindag Sandy Land, Northern China, *Environmental Geology*, vol. 51, no. 6, pp. 1057–1064.
- Wang, Z., Wang, D., Zhang, C, Zhang, A., 2007b. Quantitative evaluation of desertification extent based on geographic unit by remote sensing image. In W. Ju, & S. Zhao (Eds.), *Geoinformatics 2007: Remotely sensed data and information*. Proc. Of SPIE, 6752(iY), 1-8.
- Warren, A., and Harrison, F., 1984, People and ecosystem, biography as a study of ecology and culture, *Geoderma*, 15:365-381.
- Warren, A., 1993. Desertification as a Global Environmental Issue. *Geo-Jour*. 31,11–14.
- Wessels, K.J., Prince, S.D., Frost, P.E., van Zyl, D., 2004. Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1km AVHRR NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment* 91, 47–67.
- Wild A., 2003. *Soils, Land and Food: Managing The Land During The Twenty-First Century*. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Williams, J. 1991. Search for sustainability: agriculture and its place in the natural ecosystem. *Agricultural Science*, 4(2), 32-39.
- WMO, 1968. Measurement and estimation of evaporation and transpiration, Technical note 83, No: 201-TP-105.
- Wysocki, D., 1988. Measuring residue cover. Pacific Northwest (PNW) Conservation Tillage Handbook Series. <http://pnwsteep.wsu.edu/tillagehandbook/chapter3/030988ht>.

- Yang, J., and Prince, S.,D., (2000); Remote sensing of savannah vegetation changes in eastern Zambia 1972-1989. *International Journal of Remote Sensing* 21: 301-332.
- Yang, Y.,W., Newton, R.,J., and Miller, F.,R., 1990, Salinity tolerance in Sorghum. Whole plant response to sodium chloride in *S.bicolor* and *S. halepense*. *Crop Sci.*, 30, 775-781.
- Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, RJA., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J. ve King, D. 1998. Soil Erosion in Europe. European Soil Bureau.
- Yesilsoy, Ş., 2002. Toprak Bitki Su İlişkileri Ders Notları. Çuk Üniv. Z.F. Genel Yayın No:94.
- Yıldız H., 1997 yüksek Lisans tezi Tokat Meyvecilik Üretim İstasyonu topraklarının Detaylı Etüdü, Haritalanması, Sınıflandırılması.
- Yıldız H., A. Avağ, A., Mermer, A., Koç, A., Gökkuş, R., Hatipoğlu, E., Ünal, Ö., Urla, M., Aydoğdu, F., Dedeoğlu, K. A., Özaydın, Aydoğmuş, O., 2009. Rakım ve Kuraklık İndisi Değerlerine Göre Türkiye'nin Homojen Alanlarının Belirlenmesi Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2009, Cilt: 18 Sayı: (1-2): 17-21.
- Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E. Akbaş, F., 2012. Türkiye bitki örtüsünün NDVI verileri ile zamansal ve mekansal analizi. *Tarla Bit. Merk Araş. Enst. Der.*21(2):50-56.
- Yu, Chien-Hwa, Chen, Ching-Ho, Lin, Cheng-Fang, Liaw, Chia-Ling, 2003. Development of a system dynamics model for sustainable land use management. *Journal of the Chinese Institute of Engineers* 26 (5), 607–618.
- Tan, Z.X. Lal, R. Smeck N. E. and Calhoun, F. G., 2004. "Relationships between Surface Soil Organic Carbon Pool and Site Variables," *Geoderma*, 121(3-4):185-187.
- Zehtabian, G.; Jaffari, M.; Movahedian, F.; Naeemi, M., 2010 Remove from marked Records Study in the affect of soil in desertification with the use of MEDALUS (case study Hable rood Catchment's). *Iranian J. of Range and Desert Res.*16(4):468-480.
- Zhao HL, Zhou R, Zhang T, Zhao T., 2006. Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sand cropland of Inner Mongolia, North China. *Soil Till Res.* 87:175–185.
- Zhengha D, Honglang X, Xinrong L, Zhibao D, Gang W., 2004. Evaluation of soil properties on stabilized Sands in the Tengger Dessert, China. *Geomorphology.* 59:237–246.
- Zhu, Y., Smith, F. A., Smith, S. E., 2003. Phosphorus Efficiencies and Responses of Barley (*Hordeum vulgare* L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil. *Mycorrhiza* 13:93–100.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Nurhan MUTLU
Unvan	Ziraat Yüksek Mühendisi
E-mail	nurhaner@mynet.com/nurhaneryigit@gmail.com
Doğum Tarihi - Yeri	1979 – Turhal
Yabancı Dili	İngilizce

EĞİTİM	
Üniversite Adı	Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doktora/ Akademik Birim/ Mezuniyet Yılı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / -----
Yüksek Lisans/Akademik Birim/ Mezuniyet Yılı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / 2006
Lisans/Akademik Birim/ Mezuniyet Yılı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / 2003

GÖREV YERLERİ (Tarih/ Unvan/ Kurum)	
1. 2004 – 2009 / Araştırma Görevlisi / Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	
2. 2009 – 2011 / Mühendis / Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü	
3. 2011 – / Mühendis / Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma İstasyonu	

MAKALELER & BİLDİRİLER & YAYINLAR	
1. Ece, A., Saltalı, K. Eryiğit, N. , Uysal, F., 2007. The effects of leonardite application on climbing bean yield and some soil properties. <i>Jornal of Agronomy</i> , 6 (3): 480-483	
2. Saltalı, K. Eryiğit, N. , 2012. Farklı katı humik asit uygulamasının toprakların alınabilir fosfor içeriğine ve arpa bitkisinin fosforun alımına etkisi I. Ulusal Humik Madde Kongresi, SAÜ Fen Edebiyat Dergisi 14(1): 233-242	
3. Mutlu, N. , Öztekin, S., 2013. Toprak ve Sulama Sularının Bor Kapsamlarının Tahıllar Üzerindeki Etkisi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim 2013-Tokat.	
4. Mutlu, N. , Günal, H., Acir, N., 2013. Çölleşme; Nedenleri, Belirlenmesi ve İzlenmesi III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim 2013-Tokat	
5. Acir, N., Günal, H., Mutlu N. , Cankar, S., Akyol, N., 2013 Drenaj Faaliyetleri Sonrası Kaz Gölü Çevresindeki Toprak Özellikleri ve Vejetasyonun Mesafeye Bağlı Değişimi III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim 2013-Tokat.	
6. Demir, M., Noyan, Ö.F., Öztekin, S., Mutlu, N. , 2013. Farklı Kükürtlü Materyallerin Toprak pH'ı ve Tuzluluğu Üzerine Etkisi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim 2013-Tokat.	
7. Öztekin, S., Geboloğlu, N., Elmastaş, M., Öztekin, T., Mutlu, N. , Noyan, Ö.F., Aydın, M., 2013. Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu-25-27 Eylül 2013. Samsun.	
8. Matur, E., Günal, H., Polat A., Budak, M., Mutlu N. , 2015. Parçacık Büyüklük Dağılımı Analizlerinde Organik Madde Uzaklaştırılmasının Önemi. VI. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 1-4 Eylül 2015. Kahramanmaraş.	
9. Mutlu, N. , Günal, H., Öztekin, S., Kılıç, D., Polat, A., Kaya, Y., Başaran, B., Özer, E..	

Topal, H., Yeşilçimen Söylemez, E., Mutlu A., 2015. Tokat İli Topraklarının Fosfor Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Dağılımı ve Haritalanması. VI. Ulaslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 1-4 Eylül 2015. Kahramanmaraş.

10. Öztekin, S., Geboğlu, N., Aydın, M., Öztekin, T., Altıntaş, G., **Mutlu N.**, Elmastaş, M., Noyan, Ö., F., 2015. Organic Fertilizers in Caulif – Lover Effect on Vitamin C. VI. Ulaslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 1-4 Eylül 2015. Kahramanmaraş.