



**KAZOVA'DA ARAZİ BOZULMASINA HASSAS
ALANLARIN BELİRLENMESİ VE
HARİTALANMASI**

Sabri CANKAR
Yüksek Lisans Tezi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Hikmet GÜNAL
2014
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAKBİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAZOVA'DA ARAZİ BOZULMASINA HASSAS ALANLARIN
BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI**

Sabri CANKAR

TOKAT
2014

Her hakkı saklıdır

**Bu tezin arazi ve laboratuvar alışmaları TOVAG 102 O 039 nolu
TÜBİTAK projesi destekleri ile gerçekleştirilmiştir.**


Prof. Dr. Hikmet GÜNAL danışmanlığında, Sabri CANKAR tarafından hazırlanan bu çalışma 10.02.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Üye: Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ

Üye: Doç. Dr. Halil ERDEM

İmza: 

İmza: 

İmza: 

Yukarıdaki sonucu onaylarım

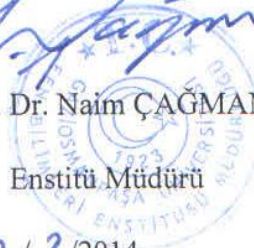
İmza



Doç. Dr. Naim ÇAĞMAN

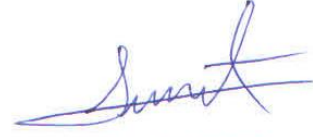
Enstitü Müdürü

10.../3/2014



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.



Sabri CANKAR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAZOVA'DA ARAZİ BOZULMASINA HASSAS ALANLARIN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Sabri CANKAR

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

Danışman: Prof.Dr. Hikmet GÜNAL

Kurak ve yarı-kurak bölgelerde sürdürülebilir arazi kullanımının en önemli kısıtlayıcı faktörü çölleşmedir. Çölleşmenin nedenlerinin belirlenmesi ve çölleşmenin şiddetinin değerlendirilmesi için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu çalışma, Kazova ile kuzey ve güney yamaçlarında yer alan eğimli arazilerin MEDALUS (Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) modelinin kullanımı ile bozulmaya hassas alanlarını belirleyebilmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Modelde yer alan toprak kalitesi, iklim kalitesi, vejetasyon kalitesi ve amenajman kalitesi indikatörleri, arazi gözlemleri, arazi ölçümleri, toprak örneklerinin laboratuvarda analiz edilmesi ve çeşitli veri tabanlarında var olan verilerin derlenmesi ile hesaplanmıştır. Arazi bozulmasına hassas alanlar bu dört indeksin geometrik ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında gözlemlerin yapıldığı 451 noktada çeşitli fiziksel ve kimyasal karakteristiklerin belirlenmesi için toprak örneği alınmış ve analiz edilmiştir. Toprak Kalitesi İndeksi (TKI) ile istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$) ve en yüksek ilişkiye sahip parametrelerin CaCO_3 ($r = 0.48$) ve fosfor ($r = 0.46$) olduğu görülmektedir. TKI'ne en az etki eden parametre sırası elektriksel iletkenlik ($r = 0.13$)'dir. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESAI) ile indikatörler arasındaki korelasyon testi sonuçları, arazi bozulmasına en etkili indikatörün Amenajman Kalitesi ($r = 0.86$) ve en az etkili indikatörün ise toprak kalitesi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, araştırma alanında yer alan arazilerin büyük bir kısmında, toprak işlemenin yapıyor olmasının arazileri bozulmaya karşı daha kırılğan hale getirdiğini göstermiştir. Çalışmada hazırlanan genel çevreye hassas alanlar indeksi haritası, kalite indikatörleri haritaları ve bireysel parametrelerin dağılımlarına bakılarak gelecekte sorun oluşturabilecek sahaların belirlenmesi mümkündür. Problem olma olasılığı olan yerlerde, erkenden alınacak tedbirler arazilerin uzun yıllar sürdürülebilir bir mantıkla üretim yapmasını mümkün kılacaktır.

2014, 59 sayfa

Anahtar Kelimeler: Arazi Bozulması, Çölleşme, MEDALUS, Toprak Kalitesi, Kazova

ABSTRACT

Master Thesis

ASSESSMENT AND MAPPING THE SENSITIVE AREAS TO LAND DEGRADATION IN KAZOVA

Sabri CANKAR

**Gaziosmanpaşa University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

Supervisor: Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Desertification is the main limiting factor of sustainable land use in arid and semi-arid regions. Various models have been developed to determine the causes of desertification and to evaluate severity of desertification. This study aims to apply the MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) model to determine the environmentally sensitive areas of Kazova Plain and surrounding lands on piedmonts. Soil quality, vegetation quality, management quality and climate quality components of MEDALUS model were characterized with field observations, field measurements, soil analyses in laboratory and compiling the several data bases. Environmentally sensitive areas (ESA) have been determined with the geometric means of four indicators. Four hundred fifty one surface soils were collected and analyzed to determine several physical and chemical characteristics. Calcium carbonate ($r=0.48$) and plant available phosphorus ($r=0.46$) had statistically significant ($P<0.01$) and the highest correlations with the soil quality index (SQI). Electrical conductivity had the lowest effect ($r=0.13$) on SQI. The correlation between ESA Index and indicators revealed that management quality had the highest ($r=0.86$) and SQI had the lowest ($r=0.13$) impact on degradation of lands in study area. Intensive soil tillage practices used in almost majority of the study area resulted in such fragility of lands to the degradation. The use of ESAI map, quality indicator maps and the distribution maps of individual parameters used in calculation of indicators will allow to locate the sensitive areas that might cause problems in the future. Taking early measures in environmentally sensitive areas enables to sustain productivity for long period of time.

2014, 59 pages

Key words: Land Degradation, Desertification, MEDALUS, Soil Quality, Kazova

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bana her konuda yardımcı olup, tez konumun belirlenip yazılma aşamasına kadar benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, **Prof. Dr. Hikmet GÜNAL**'a teşekkür ederim. Üniversite hayatım boyunca bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen ve her konuda kendimi güvende hissettiren değerli hocam (ağabeyim) **Arş. Gör. Nurullah ACİR**'e teşekkürü borç bilirim. Tezimin en başından beri, analizleri ve yazılım aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen başta Yüksek Lisans öğrencileri **Cabir Çağrı GENÇE**, **Atilla POLAT** ve **Yasemin ACİR** olmak üzere, arkadaşlarım **Ahmet Can KILINÇ** ve **Emre MATUR**'a teşekkür ederim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca attığım her adımda benden hiçbir fedakarlığı esirgemeyen ve çalışmalarımın her aşamasında maddi manevi desteğini gördüğüm sevgili **aileme** teşekkür ederim.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesindeki maddi desteklerinden dolayı **TÜBİTAK TOVAG** grubuna da teşekkür ederim.

Sabri CANKAR

2014

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLERDİZİNİ	iv
ŞEKİLLERDİZİNİ	vi
ÇİZELGELERDİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAKÖZETLERİ	3
3.MATERYALveYÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Çalışma Alanı Konumu.....	10
3.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	10
3.1.3. Çalışma Alanının İklimi.....	11
3.1.4. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri.....	11
3.1.5. Çalışma Alanın Arazi Kullanımı.....	12
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Toprak Örneklemeleri ve Arazi Gözlemleri.....	13
3.2.2. Toprak Analizleri.....	14
3.2.3. Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi.....	14
3.2.3.1. Toprak Kalitesi İndeksi.....	15
3.2.3.2. İklim Kalitesi.....	18
3.2.3.3. Vejetasyon Kalitesi.....	19
3.2.3.4. Amenajman Kalitesi.....	22
3.2.3.5. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi.....	22
3.2.4. Haritalama İşlemleri.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1. Araştırma Alanı Genel Özellikleri.....	24

4.2. MEDALUS Modeli ile Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi.....	26
4.3. Toprak Kalitesi.....	26
4.4. İklim Kalitesi.....	42
4.5. Vejetasyon Kalitesi.....	43
4.6. Amenajman Kalitesi.....	47
4.7. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESAI).....	50
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
6. KAYNAKLAR.....	55
7. ÖZGEÇMİŞ.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Çalışma alanı sınırları ve örnekleme noktaları.....	10
Şekil 4.1. Çalışma alanına ait tekstür indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	29
Şekil 4.2. Yüksek kil içeriğine sahip topraklarda oluşan geçirimsiz pulluk katman.	30
Şekil 4.3. Çalışma alanında kısa süreli bir yağmur sonunda gerçekleşen yüzey erozyonu.....	31
Şekil 4.4. Pulluk katmanının patlatılmasında kullanılan dip kazan uygulaması yapılmış bir arazi.....	31
Şekil 4.5. Çalışma alanına ait jeoloji haritası.....	32
Şekil 4.6. Çalışma alanına ait ana materyal indikatörü skorlarının alansal dağılımı.	32
Şekil 4.7. Çalışma alanına ait kireç içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	33
Şekil 4.8. Çalışma alanına ait pH indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	34
Şekil 4.9. Çalışma alanına ait elektriksel iletkenlik indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	35
Şekil 4.10. Çalışma alanına ait organik madde içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	36
Şekil 4.11. Çalışma alanına ait agregat stabilitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	37
Şekil 4.12. Çalışma alanına ait eğim indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	37
Şekil 4.13. Çalışma alanına ait fosfor içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	38
Şekil 4.14. Kaz Gölünü tahliye eden ana kanalda fosforun neden olduğu ötrofikasyon.....	38
Şekil 4.15. Fosforun yüzey suları ile taşındığı drenaj kanallarında neden olduğu ötrofikasyon.....	39
Şekil 4.16. Çalışma alanına ait derinlik indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	39
Şekil 4.17. Çalışma alanına ait drenaj indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	40
Şekil 4.18. Çalışma alanına ait toprak kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı.....	42

Şekil 4.19. Çalışma alanına ait iklim kalitesi indeksi skorlarının alansal dağılımı...	43
Şekil 4.20. Çalışma alanına ait bitki örtüsü kaplama oranı indikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	45
Şekil 4.21. Çalışma alanına ait erozyon korumaindikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	46
Şekil 4.22. Çalışma alanına ait kuraklık direnciindikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	46
Şekil 4.23. Çalışma alanına ait yangın riski indikatörü skorlarının alansal dağılımı	46
Şekil 4.24. Çalışma alanına ait vejetasyon kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı.....	47
Şekil 4.25. Çalışma alanı 2010 yılı CORINE Arazi kullanımı sınıflaması.....	48
Şekil 4.26. Çalışma alanına ait tarımsal arazilerindikatörü skorlarının alansal dağılımı.....	49
Şekil 4.27. Çalışma alanına ait amenajman kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı.....	50
Şekil 4.28. Çalışma alanına ait çevreye hassas alanlar (ESA) indeksi değerlerinin alansal dağılımı.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde sulu tarım yapılan alanlardaki (Eylül- Ekim 2012) örnek noktaların arazi kullanımları.....	13
Çizelge 3.2. Değerlendirmede TKİ'nin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	16
Çizelge 3.3. Değerlendirmede İklim Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	19
Çizelge 3.4. Değerlendirmede Vejetasyon Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	21
Çizelge 3.5. Değerlendirmede Amenajman Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri.....	22
Çizelge 3.6. ESAI değerlerine göre arazilerin sınıfları.....	23
Çizelge 4.1. Çalışma Alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	25
Çizelge 4.2. Çalışma alanının toprak kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	28
Çizelge 4.3. Toprak Kalitesi indeksi ile toprak parametreleri arasındaki korelasyon testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.4. Çalışma alanının iklim kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	43
Çizelge 4.5. Çalışma alanının vejetasyon kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	44
Çizelge 4.6. Çalışma alanının amenajman kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	48
Çizelge 4.7. Çalışma alanının çevreye hassas alanlar sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri.....	50
Çizelge 4.8. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESAI) ile toprak, iklim, vejetasyon ve amenajman kaliteleri arasındaki korelasyon testi sonuçları.....	51

1. GİRİŞ

Çok uzun yıllar boyunca tükenmesi insanoğlunun aklına gelmeyen toprağın, erozyon başta olmak üzere sıkışma, tuzluluk, sodiklik, organik madde azalması, verimsizlik ve daha birçok nedenden dolayı kaybı ve işlevselliğini yitirmesi insanoğlunun gıda ve giyecek konusunda risklere maruz kalmasına neden olmuştur. Arazilerin hovardaca kullanılması, arazi bozulması ve nihayetinde çölleşme ile neticelenen, toprağın fonksiyonlarının azalması ve yitirmesi ile gözlemlenen felaketler özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde insanların gıda güvenliğini tehdit etmeye başlamıştır. Son 30 yıldır başta Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Konseyi başta olmak üzere akademisyenler ve sivil toplum örgütleri konunun önemi hakkında toplumları bilinçlendirmek adına çok sayıda faaliyet yapmalarına rağmen özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde toprağın korunması adına gerekli olan yasal düzenlemeler ancak yapılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde bu kapsamda ilk yasa 1998 yılında mera, yaylak ve kışlak alanları ile umuma ait çayır ve otlak alanların korunması adına yapılmıştır. Tarım arazilerin korunması ve kullanımına ait en kapsamlı yasal düzenleme ise, 2005 yılında toprağın doğal veya yapay yollarla kaybını ve niteliklerini yitirmesini engelleyerek korunmasını, geliştirilmesini ve çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun kullanımını esas alan "Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Yasası"dır. Arazilerin korunması ve doğru kullanımını yasal olarak belirleyecek yeni düzenlemeler üzerinde çalışmalar ise devam etmektedir.

Olumlu gibi görünmesine rağmen bu düzenlemelerde eksik olan bazı hususlar bulunmaktadır. Bunların başında ise, arazileri hangi kriterlere göre koruyacağımız sorusu gelmektedir. Yani arazilerin korunması ve kullanılması için elbette onların daha küçük parçalara bölünmesi ve amaç dışı kullanımlarının engellenmesi, meraların otlatma kapasitelerine uygun olarak kullanılmasının sağlanması konuları önemlidir. Ancak araziyi kullanan insanlar, arazilerini istedikleri gibi kullanabilmeli midir? Araziyi kullanırken toprağın kalitesindeki değişim önemsiz mi olmalıdır? Yani bir arazinin amaç dışı kullanımı ile arazinin kötü bir şekilde kullanılıp yeteneklerini kaybetmesi birbirlerinden farklı mıdır? Günümüzde örneklerine başta Güneydoğu

Anadolu Bölgemizde olmak üzere birçok yerde rastladığımız gereğinden fazla sulama suyu ve gübre kullanımından dolayı taban suyunun yükselmesi ve sonrasında ortaya çıkan tuzluluk sorunu bereketli topraklarımızın yok olması anlamına gelmiyor mu? Nihayetinde her iki durumda da gelecek nesiller için üretim yapılmasını istediğimiz topraklarımızın bozulması ve üretkenliğini yitirmesi söz konusudur. Bu durumda yapılması gereken toprakları sadece bölünmekten değil aynı zamanda kötü kullanımlardan da korumak olmalıdır.

Toprak, bulunduğu yerin iklim, bitki örtüsü, ana materyal ve topografyasına bağlı bulunmakla beraber oluşumu binlerce yıl ifade edilen doğal bir kaynaktır. Özellikleri üzerine etki eden faktörlerin çokluğu toprak özelliklerinin de çok geniş aralıklarda değişmesine yol açmaktadır. Oldukça karmaşık fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların gerçekleştiği toprakların özelliklerine dayalı ve tüm dünyada kabul görececek bir değerlendirme yönteminin geliştirmesi ise bugüne kadar mümkün olmamıştır. Birçok bilim adamı kendi yaşadıkları veya çalıştıkları bölgenin topraklarını esas alarak değerlendirme yöntemleri geliştirmiş ve yayınlamışlardır. Son yıllarda Avrupa Birliği ülkelerinin ekolojik özelliklerini de dikkate alacak şekilde arazi ve toprak kalitesi değerlendirme yöntemleri geliştirmek adına projeler yapılmış ve raporlar yayınlamıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak, su ve hava gibi çevrenin bileşeni olan unsurlar yapıcı ve yıkıcı etkiye sahip etkin dış güçler ile dinamik bir denge halindedir. İklim veya aşırı arazi kullanımı gibi etkili dış güçlerde meydana gelebilecek küçük değişimler denge halindeki sistemlerdeki küçük bir değişim ile karşılanmakta ve sistem tarafından kısmen absorbe edilmekte veya tamponlanabilmektedir. Örneğin; toprak erozyonunun artması hem yüzeyde hem de toprak profilinde taşlılığın artmasına neden olmaktadır. Bu değişimler yüzeyde oluşan pürüzlülüğün dolaylı olarak erozyona karşı direncin artmasına neden olurlar. Yıpratıcı dış etkilerle denge halindeki sistemde meydana gelen değişimlerin geri dönüşümü, değişimin hızına ve etkinin şiddetine bağlıdır. Aşındırma ve sömürme olaylarının hızı yeniden kazanım ve ilavelerin hızına eşit olduğu sürece arazi bozulması gerçekleşmez. Örneğin, 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.

İnsan aktiviteleri ve aynı zamanda doğal olaylar arazi bozulmasını önemli düzeyde olumlu veya olumsuz yönde etkilerler (Bakr ve ark., 2012). Sadece iklim değişimi bir arazinin çölleşme düzeyine gelmesine neden olamaz ancak bir takım kritik eşik değerlerin değişmesine neden olur ve sistem dinamik dengesini daha uzun süre muhafaza edemez (EC- European Commission, 1999). Arazide kayaların yüzeye çıkması, oldukça sodik toprakların oluşumu gibi toprağın verimliliğini geri dönüşümsüz bir şekilde yitirdiği durumlar çölleşme göstergeleri olarak kabul edilebilirler. Dünyada her yıl yaklaşık 5 ile 10 milyon ha tarım arazisinin ciddi bozulmalardan dolayı yok olduğu rapor edilmektedir (Gao ve Liu, 2010). Buna ilaveten, arazi bozulmasına neden olan faaliyetlerin hızla arttığı ve herhangi bir tedbir alınmadığı takdirde daha ileri düzeyde artışların olacağı da beklenmektedir (Montanarella, 2007). Çölleşme, kurak arazilerde meydana gelen arazi bozulmasını tanımlamaktadır (Adamo ve Crews-Meyer, 2006) ve çoğunluğu gelişmiş ülkelerde olmak üzere dünyada tüm arazilerin yaklaşık

1/3'ünü etkilediği belirtilmektedir (UNCCD, 2002). Arazi bozulması ve çölleşmeyi birbirlerinden ayırt edebilmek için UNCCD (1999) çölleşmeyi, kurak, yarı kurak ve yarı yağışlı bölgelerde insan aktiviteleri ve iklim değişkenliklerinden kaynaklanan arazi bozulması işlemi olarak tanımlamıştır. Arazi bozulması ise yağışa bağımlı tarımsal üretimlerde, sulanan tarım arazilerinde veya mera, otlak, orman ve çalılık arazilerde arazi kullanımından veya insan aktiviteleri ve doğal işlevlerin birleşiminden kaynaklanan biyolojik veya ekonomik üretkenliğin kaybı veya azalması olarak tanımlanmaktadır (United Nations, 1994). Önemli bir çevresel felaket olan çölleşme, gerçekleştiği ülkelerde sosyal ve ekonomik problemlerin ortaya çıkmasının da ana nedenini oluşturmaktadır.

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). Bulunduğu coğrafya ve etkileyen dış gücün çeşidine bağlı olarak, çölleşme çoğunlukla arazi yüzeyindeki toprağın uzaklaşması, besin elementlerinin, organik maddenin ve kil boyutundaki mineral maddelerin uzaklaşması ile verimsizleşme ve su tutma kapasitesinin azalması, toprak tuzluluğu ve sodikliğinin artması, meralarda çok yıllık otların yerine hayvanların tercih etmediği otların baskın hale geçtiği veya otlak yerine çalılıkların oluşması gibi biyolojik üretkenliği azaltan ve zamanla ortadan kaldıran göstergeler ile kaşımıza çıkmaktadır. 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).

Kuraklık, arazi bozulması ve çölleşme birçok ülkede tarımsal üretimi tehdit ettiğinden bunlar ile mücadele her ülke için öncelikli konular arasına girmiştir (UNCCD, 2008). 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 bir çok araştırmacı bozulmaya hassas olan toprak özelliklerini belirlemek ve farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde bu özellikleri haritalamak için çalışmalar yürütmüşlerdir (Trisorio-Liuzzi and Hamdy, 2002; Brandt et al. 2003; Lavado Contadorve ark., 2009; Özgöz ve ark., 2012).

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, biyoçeşitlilik, toprak verimliliği gibi biyo-fiziksel, ürün miktarında, işletme gelirlerinde 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 (Vogtz ve ark., 2011; Baartman ve ark., 2007; Hui ve ark., 2008). Arazi bozulması veya çölleşmenin izlenmesi ise arazi etüdleri, veri tabanlarında kayıtlı olan bilgiler ve uzaktan algılama teknolojileri yardımı ile bilginin bir araya getirilmesi ile gerçekleştirilebilir (Vohtz 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 çözümler kullanılmaktadır (D'Odorico ve ark., 2013).

Günümüze kadar çölleşme riskinin belirlenmesi ve haritalanmasını hedefleyen çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir. Vogt ve ark. (2011), geliştirilen bu modellerin karşılaştırmalarını yaparak, avantaj ve dezavantajlarını sıralamıştır. 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 MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use - Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı) 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 - Çevresel Hassas Alanlar indeksi) geliştirilmiştir. 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 (Salvati ve Zitti, 2005). 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. Modelde yer alan indikatörler, 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, 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 ark., 2009). MEDALUS modeli bugüne kadar Akdeniz havzasındaki bir çok ülkede hem yerel hem de daha geniş ölçekli alanlarda test edilmiş ve iyi neticeler alınmıştır (Kosmas ve ark., 1999; Geeson ve ark., 2002; Arar ve ark., 2009; Lavado Contador ve ark., 2009; Benabderrahmane ve Chenchouni, 2010). Son yıllarda ESA yaklaşımı Akdeniz ülkelerinin dışında özellikle Kuzey Afrika ve Orta Doğu ülkelerinde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sepehr ve ark., 2007; Ali ve El Baroudy, 2008). 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 alarak geliştirilen ICD gibi modeller sadece geliştirildikleri ekolojilere uygulanma potansiyelleri bulunmaktadır. MEDALUS modeli ile elde edilen ağırlıklı katmanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak rahatlıkla haritalanmaktadır (Geeson ve ark., 2002; Kosmas ve ark., 1999).

Yağış, kuraklık adına önemli bir gösterge olmasına rağmen, eko-hidrolojik çerçeveden bakıldığında iklim koşulları suyun bitkilere ve diğer organizmalara yararıyla ilgili ile daha iyi ifade edilmektedir. Bu nedenle kurak bölgelerde toprak su içeriği su sıkıntısının daha doğru temsil ettiğine inanılmaktadır. Toprağın su içeriği ise

yağışa (P), evapotranspirasyon (ETP) kayıplarına ve toprak özelliklerine bağlıdır. Bundan dolayı kurak araziler yılın çoğu dönemlerinde yağışın potansiyel evapotranspirasyondan daha düşük olması ile tanımlanır ve ETP/P eşitliği ile ifade edilen Kuraklık İndeksi ile açıklanırlar. Bitki gelişim dönemi boyunca görülen düşük kuraklık indeksi değerleri, kurak alanlarda yetiştiriciliği yapılan ürünlerin su ihtiyacı olacağına işaret etmektedir (D'Odorico ve ark., 2013).

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. Özellikle kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde, doğal ve antropojenik indikatörlerin etkileşimlerinden dolayı çölleşme riski oldukça yüksektir (Winslow ve ark., 2011). İklim ve topografya bakımından marjinal olan araziler, arazi kullanım şekline bağlı olarak yüksek hassasiyette olabilirler. 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 arazileri kendilerine has özel nedenlerden dolayı çölleşmeye hassas olan arazilerdir (Kosmas ve ark., 1999). Tarımsal sistemler için toprak tuzluluğu sadece ürünün gelişimini azaltmıyor, aynı zamanda toprağın daha kalıcı bir şekilde bozulmasına da yol açmaktadır. Toprak içerisindeki tuzların, yüzey ve yüzey altı sularına çözünmeleri ise, bu suların da güvenilir içme veya sulama suyu olarak kullanımlarını kısıtlamaktadır. Aynı zamanda toprak tuzluluğu ekosistemin bir bütün olarak direncinin de yitirilmesine yol açabilmektedir (D'Odorico ve ark., 2013).

Arazide meydana gelen çeşitli değişimlerden bir kısmının doğal sistemlerin kendi kendini onarma kapasitelerinden daha yoğun gerçekleşmesi ve bunun uzun süre devam etmesi arazi bozulmasına neden olmaktadır (Blum, 1998). Arazi bozulması, yenilenebilir kaynakların potansiyellerinde bir azalmaya neden olmaktadır. Kaynak potansiyeli, temel üretkenlik düzeyi, tarıma uygunluk ve doğal biyotik fonksiyonlar ile ilişkilidir (Sombroek ve El Hadji, 1993). Toprağın önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilişkili olan fonksiyonlarını yitirmesi, arazi bozulmasının en önemli göstergelerinden bir tanesidir (Imeson, 1988). Toprak sıkışması ve toprağın

yapısında meydana gelen değişimler fiziksel, organik maddenin azalması, ekolojik yapının ve biyotanın bileşiminin kötüleşmesi ise biyolojik bozulmanın göstergeleridir. Toprağın kimyasında 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 yarıyşlılığının, element döngüsünün ve karbon depolama kapasitesinin değişmesine yol açarlar (Lavado Contador ve ark., 2009).

İnsanların arazi bozulmasındaki en önemli etkileri aşırı otlatma veya uygun olmayan tarımsal uygulamalardır. Bu yanlış uygulamaların bir kısmı toprak erozyonunu hızlandırırken özellikle taban arazilerinde yüksek taban suyunun bulunduğu yerlerde tuzların birikmesine yol açmaktadır. Yanlış arazi kullanımı ise çoğunlukla, bilgi yetersizliğinden, hırsan, global ekonominin değişmesinden ve uzakta olmak veya marjinal olmaktan kaynaklandığı rapor edilmektedir (Friedel ve ark., 2003; Reynolds ve ark., 2007). Tarımın gelişmesi veya yoğun yapıyor olması kurak bölgelerde çölleşmenin önündeki en önemli nedenlerin başında gelmektedir. 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. Bunun yanında, yoğun tarımsal faaliyetler erozyonun artmasına, hasat ile kaldırılan besin elementlerinin katılanlardan fazla olmasından dolayı besin elementi kaybına neden olmuştur.

Yoğun tarımsal faaliyetler, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının bozulmasına ve fonksiyonlarını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu tezin amacı; yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği Kazova'da arazi bozulmasına hassas alanların belirlenmesidir. Çevre kalitesinin değerlendirilmesinde seçilecek parametreler kolay ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmeli ve güncellenebilmelidir. Kullanılan metot, elde olan bilginin yenilenmesi ve geliştirilmesine adapte edilebilmeli ve yeni bilgilerin ilavesi mümkün olmalıdır. MEDALUS projesi ile geliştirilen yöntem; oldukça basit, güçlü ve çok kolay bir şekilde uygulanabilmektedir (Kosmas ve ark., 1999). Bu nedenle çalışmada, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından MEDALUS projesi kapsamında geliştirilen modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, ESA

indeksi olarak ifade edilen bir 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 tanımlama yapmaktadır. Türkiye'de MEDALUS kullanılarak yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalardan biri Bayramin (2003)'in Ankara-Beypazarı arazilerinde toprak kalite indeks parametrelerini coğrafi bilgi sistemleri kullanarak yaptığı uygulamadır. Bu çalışmada, arazilerin %56'sı yüksek, %31,9'u orta ve %13,5'i düşük kaliteli olarak rapor edilmiştir. Toprak kalitesi, Typic Haploxerepts, Typic Xerorhents, Typic Xerofluvents ve Fluventic Haploxerepts'ler de yüksek, Typic Calcixerepts ve Gypsic Haploxerepts'ler de orta ve Lithic Xerorhents'ler de düşük olarak belirlenmiştir. MEDALUS modeline göre İtalya'da Giordano ve ark. (2002)'nin yaptığı bir çalışmada toprak kalite indeksleri belirlenmiştir. Skorumaya değerlerine göre Sicilya bölgesinde toprakların % 72'sinin kalitesi orta seviyede, Catarna ili merkezi ve güney kısmındaki arazi toprakları yüksek kalitede ve Palermo kentinin civarında ise arazi topraklarının kötü kalitede olduğu rapor edilmiştir.

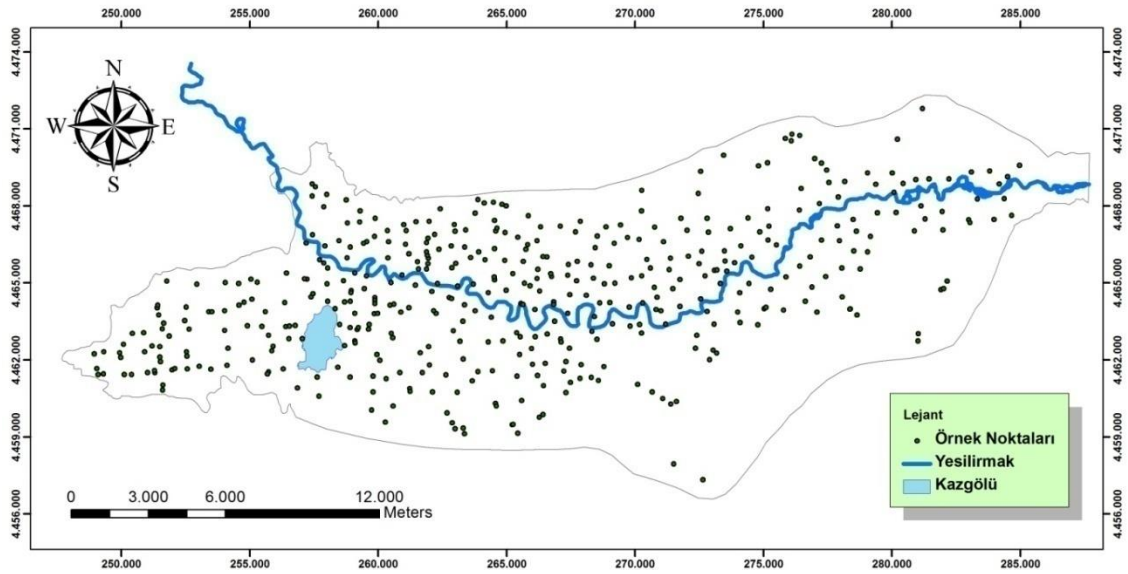
Bu tez çalışması, Kazova'da toprak kalitesinin farklı amenajmanlar ve toprak fonksiyonları için belirlenmesine imkan tanıyacak kalite indikatörlerinden oluşan minimum veri setlerinin belirlenmesi hedefi olan TUBITAK TOVAG 1120039 nolu proje kapsamında örneklenen Kazova'nın sulama yapılan arazilerine ilaveten, sulamanın mümkün olmadığı genelde daha eğimli olan arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı ise, MEDALUS modelindeki yaklaşımı kullanarak alanda toprak, iklim, vejetasyon ve amenajman kalite indikatörleri ile her bir indikatörü etkileyen çeşitli parametreleri belirleyerek haritalamaktır. Çalışmanın nihai hedefi ise, belirlenen ve skorlanan kalite indikatörlerini kullanarak Kazova'nın çevreye hassas alanlarını belirleyip haritalamaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı Konumu

Araştırma alanı orta Karadeniz Bölgesinin iç kesiminde İç Anadolu bölgesine komşu geçiş bölgesinde yer almaktadır. Tokat il merkezi ile Turhal ilçesi arasında sağ sahil ve sol sahil sulama kanalları arasında kalan Kazova bölgesi ile bu alanın 1 km kuzey ve güney yamaçlarındaki arazilerde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı sınırları ve örnekleme noktaları Şekil 3.1’de verilmiştir. Çalışma alanının sulama kanalı altında kalan alanı 2012-Güz döneminde TOVAG 112 O 039 nolu TÜBİTAK proje kapsamında örneklenmiştir. Kanalin üst kısmında yaklaşık 1 km’lik bant şeklinde bir alan ise Mayıs-2013 tarihinde örneklenmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı sınırları ve örnekleme noktaları

3.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı bugünkü şeklini Hersiniyen ve Alpin Orojenezinin Anatolitlerde tektonik faylarının etkisi sonucu kazanmıştır. Kazova Eosen’de meydana gelmiş bir çöküntü alanıdır. Genelde düz olan çalışma alanının denizden olan yüksekliği 535 – 650

m arasında değişmekte olup, ova doğu-batı istikametinde uzanmaktadır. Ayrıca ovanın güney ve kuzeyinden Yeşilırmak'a doğru eğimli bir topografya yer almaktadır. Araştırma alanındaki en düşük kot Kaz Gölündedir. Kuzey yamaçlarda çoğunlukla metamorfik kayalar (Paleozoik şistler) ile ofiyolitik seri bulunur. Güney yamaçlarda ise metamorfik kayalar ile Üst Permiyen yaşlı kireç taşları yer almaktadır (Novinpour, 1993). Genel itibari ile Kazova Yamaçlar, Etek birikinti Düzlekleri ve Ova Tabanı olmak üzere üç jeomorfolojik ünite bulunmaktadır.

Ova tabanına % 3-4 eğimle uzanan birikinti düzlükleri, yamaçlar ile taban arasındaki eğim kırıklığını ortadan kaldırmaktadır. Kazova'daki birikinti konilerinin çoğu birbiri üzerine binmiş olup, birikinti yelpazeleri şeklindedirler. Ova Tabanı çoğunlukla düz düze yakın bir eğime sahiptir. Ortasından Yeşilırmak nehrinin geçtiği bu alanda eğimin azlığından dolayı nehir bol miktarda menderesler oluşturmuştur (Özçağlar, 1988).

3.1.3. Çalışma Alanının İklimi

Tokat İli Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle hem Karadeniz iklim özellikleri, hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Bu özelliği ile Tokat iklimi; Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'daki step iklimi arasında geçiş özelliği taşır. Yaz mevsiminde sıcak ve kurak, kış mevsimi soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat Meteoroloji İstasyonu kayıtları esas alındığında, son 54 yıllık istatistiklere göre ilin yıllık ortalama sıcaklığı 12,4 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 446 mm'dir (Anonim, 2007). Bu değerler dikkate alındığında toprak sıcaklık rejimi Mesic ve nem rejimi de Ustic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 1999).

3.1.4. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri

Çalışma alanında aluviyal ve koluviyal olmak üzere genel anlamda iki grup toprak bulunmaktadır. Araştırma alanına ait detaylı bir toprak etüd ve haritalama raporu bulunmadığından dolayı toprakların detaylı olarak sınıflandırılması yapılmamıştır. Ancak bölgede yapılan çalışmalarda (Durak ve ark., 2006; Günal ve ark., 2008) Entisol, Inseptisol, Mollisol ve Alfisol ordolarına ait topraklara rastlandığı rapor edilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde bugüne kadar işlemeli tarımın yapılmadığı mera alanlarında Mollisol, güney yamaçlarda kireç taşı ana materyali üzerinde oluşmuş topraklar Alfisol ve İnceptisol ve Ova tabanında ise yer yer Inceptisol ve Entisol ordolarına ait toprakların olduğu rapor edilmiştir (Durak ve ark., 2006; Günal ve ark., 2008).

3.1.5. Çalışma Alanının Arazi Kullanımı

Çalışma alanında kanalın alt kısmında bulunan araziler 2012 – Güz döneminde örneklendiğinde, her örnekleme noktasının arazi kullanımı da not edilmiştir. Arazi kullanımlarından bir kısmı çok uzun süreli kullanımlar olup (mera ve bahçelikler), diğer bir kısmı ise rotasyona bağlı olarak değişmektedir. Kazova’da bulunan farklı kullanımlar; tarla bitkileri ekili alanlar, sebze ekili alanlar, karışık meyve bahçeleri, meralar, yem bitkileri ekili arazilerdir. Sebze ekili alanlar çoğunlukla sırk domates tarlaları olup bunun yanında, soğan, karpuz, kabak, yer domatesi ve fasulye gibi farklı ürünlerde yer almaktadır. Örnekleme zamanında ayçiçeği, mısır ve şeker pancarı ekili alanlar Çizelge 3.1’de tarla bitkileri grubuna dahil edilmiştir.

Kanalın üst kısmında bulunan farklı kullanımlar ise; tarla bitkileri ekili araziler, karışık meyve bahçeleri, sebze ekili araziler, meralar, yem bitkileri ekili araziler ve ormanlık alanlardır. Tarla bitkileri ekili araziler çoğunlukla buğday olup yulaf gibi ürünlerde bulunmaktadır. Meyve bahçelerinde ise çoğunlukla üzüm bağı yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Çizelge 3.1. Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde sulu tarım yapılan alanlardaki (Eylül- Ekim 2012) örnek noktaların arazi kullanımları

Arazideki Ürün	Genel Kullanım Grubu	Örnek Sayısı	
Tarla Bitkileri	Buğday	116	
	Mısır	Silaj Mısır	29
		Dane Mısır	21
	Ayçiçeği	67	
	Şeker Pancarı	31	
	Yulaf	2	
	Afyon	1	
	Toplam	267	
Sebze	Karışık Sebze (Yer Domatesi, Fasulye, Soğan, Karpuz, Patlıcan)	30	
	Sırik Domates	25	
	Yer Domatesi	15	
	Toplam	70	
Mera		54	
Meyvelik	Elma – Şeftali – Üzüm Bağı	30	
Yem Bitkileri	Yonca	21	
	Kavaklık	6	
Orman		3	
TOPLAM		451	

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örnekleme ve Arazi Gözlemleri

Örnekleme arazide ana materyal ve arazi kullanımlarından kaynaklanan değişkenliğin yeterince kapsanması hedeflenmiştir. Söz konusu bu çalışmada da kanalın alt kısmında bulunan arazilerden toprak veri tabanında kayıtlı (GPS \pm 3 m) koordinatlar kullanılarak “rastgele örnekleme metodu” ile belirlenmiş olan toplam 400 noktadan toprak örnekleme yapılmıştır. Kanalın üst kısmındaki 1 km genişliğindeki banttın ise sağ sahilde 29 ve sol sahilde 22 olmak üzere toplam 51 ilave örnek alınmış ve koordinatları kayıt edilmiştir. Örnek yoğunluğu (33.488,87 ha/450) yaklaşık 74,250 ha/örnektir.

Her bir örnekleme noktasında MEDALUS modelinde toprak kalitesinde yer alan çeşitli fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini belirleyebilmek amacı ile 0-20 cm derinlikten bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Arazi örnekleme noktalarında örnekler arası mesafelerin en fazla 1 km olmasına dikkat edilmiş ve bu mesafeden daha kısa mesafelerdeki değişimlerin ortaya konulabilmesi amacı ile 100 m, 200 m, 300 m ve 500 m aralıklarla toprak örnekleme noktaları belirlenmiştir.

3.2.2. Toprak Analizleri

Tekstür; Bouyoucos hidrometre metodu (Gee ve Boudier, 1986) ile, Organik madde; Modifiye edilmiş Walkley-Black metodu (Nelson ve Sommers, 1982) ile, Yarıyışlı fosfor; Sodyum bikarbonat metodu (Olsen ve ark., 1954) ile, Toprak reaksiyonu (pH) ve toprak tuzluluğu (EC): Saturasyon çamurunda (Rhoades ve ark., 1999), Agregat Stabilitesi: Islak eleme yöntemine göre (Kemper ve Rosenau, 1986) ve Kireç (CaCO_3); Scheibler kalsimetresi ile karbondioksit çıkış hacmine göre % kireç içeriği belirlenmiştir (Kacar, 1994).

3.2.3. Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi

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

Bölgesel ölçekte arazi bozulmasına hassasiyet ile ilişkili temel çevresel ve sosyo ekonomik konular; toprak, iklim, bitki ve arazi kullanımıdır. Bu başlıklardan her biri toprak ile ilişkili çeşitli parametreler, iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanımı için verilecek skorların (Çizelge 3.3) ortalaması ile elde edilecek bir kalite indeksinin hesaplanması ile değerlendirilmiştir.

Skorlar her parametrenin arazi bozulması işlemi ile ilişki düzeyine bağlı olarak 1 ile 2 arasında değişmiştir. Skorlamada 1 en iyi ve 2 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.

Çevreye Hassas Alan indeksi hesaplaması şu şekilde yapılmıştır:

Toprak Kalitesi İndeksi (TKİ) = (Ana Materyal * Tekstür * EC * pH * Fosfor * Kireç * Agregat Stabilitesi * Organik Madde * Toprak Derinliği * Drenaj * Eğim)^{1/11}

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

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

Amenajman Kalitesi (AK) = (Tarımsal Ürünlerin Ekildiği Alanlar)^{1/1}

3.2.3.1. Toprak Kalitesi İndeksi

Bu tez çalışmasında, MEDALUS modeli içerisindeki toprak kalitesi indikatörüne MEDALUS'un orijinalinde yer almayan organik madde, bitkiye yararlı fosfor, kireç, elektriksel iletkenlik, pH ve agregat stabilitesi gibi özellikler ilave edilmiştir. Yeni ilave edilen toprak özelliklerinin skorlanmasında, her bir indikatör için belirlenen eşik değerler baz alınmış ve skorlamalar yapılmıştır (Çizelge 3.2). İlave edilen yeni indikatörlerin direk veya dolaylı olarak arazi bozulması ile ilişkili olmalarına dikkat edilmiştir. Arazi bozulması, toprakların fonksiyon gösterme yeteneklerinin azalması ve çölleşme ile biyolojik olarak üretme yeteneğini geriye dönüşümsüz bir şekilde kaybetmesi olarak tanımlanmaktadır. Modelin orijinalinde bulunmayan organik madde içeriği, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine var olan etkisinden dolayı indikatör olarak dahil edilmiştir. Benzer şekilde, toprakların pH'sı ve kireç içeriği de besin elementlerinin yararlılıklarına etkilerinden dolayı toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasına ilave edilmişlerdir.

Toprakta bulunan kum, silt ve kil büyüklüğündeki mineral parçacıkların organik madde, kireç ve demir oksitler gibi çeşitli çimentolayıcı maddelerin etkisi ile 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 ve yüzey akışı ile taşındığında yüzey sularının kirlenerek ötrofikasyona neden olan fosfor durumu da toprak kalitesi indikatörü olarak skorlanmıştır. Bitkinin tükettiği ve bitkideki fonksiyonlarından dolayı makro bir besin elementi olan fosforun eksikliğinde bitkisel üretim geri kalırken fazla uygulandığı koşullarda ise yüzey suları ile taşınmasının yanında toprakta biriktiğinde de Zn gibi mikro besin elementinin alımını engellemektedir. Belirtilen bu özelliklerinden dolayı bitkiye yararışlı fosfor içeriklerine göre topraklar altı gruba ayrılmış ve optimum düzeyi en iyidir şeklinde düşünülerek skorlanmıştır.

Çizelge 3.2. Değerlendirmede TKİ'nin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999).

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks
Tekstür	1	İyi	L, SCL, SL, LS, CL	1
	2	Orta	SC, SiL, SiCL	1,2
	3	Zayıf	Si, C, SiC	1,6
	4	Oldukça Zayıf	S	2,0
Ana Materyal	1	İyi	Şeyl, şist, bazik ve ultra bazik kayalar, konglomeralar, çimentolaşmamış materyaller (koluvial ve aluviallar)	1,0
	2	Orta	Kireç taşı, mermer, granit, riyolit, ignibrit, gnays, silt taşı, kum taşı	1,7
	3	Zayıf	Marl (çok yıllık bitkiler için marl skoru 1.0 olmalıdır), pyrosilikatlar	2,0
Kireç	1	Az Kireçli	%0-4	1,0
	2	Orta Kireçli	%4-8	1,2
	3	Kireçli	%8-15	1,6
	4	Çok Kireçli	%15-30	1,8

Çizelge 3.2 Devamı

	5	Çok Fazla Kireçli	>%30	2,0
pH	1	Asidik	<5,5	2,0
	2	Hafif asidik	5,5 – 6,5	1,2
	3	Nötr	6,5 – 7,5	1,0
	4	Hafif alkali	7,5 – 8,4	1,5
	5	Alkali	>8,5	2,0
Elektriksel İletkenlik	1	İyi	<1.2 dS m ⁻¹	1,0
	2	Hafif	1.2-2.5 dS m ⁻¹	1,2
	3	Orta	2.5-4.5 dS m ⁻¹	1,5
	4	Tuzlu	4.5-9.0 dS m ⁻¹	1,7
	5	Çok Tuzlu	>9.0 dS m ⁻¹	2,0
Organik madde	1	Yüksek	>%3	1,0
	2	İyi	%3 - %2	1,2
	3	Orta	%2 - %1	1,5
	4	Düşük	%1 - %0,5	1,7
	5	Çok düşük	<%0,5	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
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
Fosfor (P) (ppm)	1		<5ppm	2,0
	2		5ppm – 10ppm	1,5
	3		10ppm – 30ppm	1,0
	4		30ppm – 50ppm	1,0
	5		50ppm – 60ppm	1,5
	6		>60ppm	1,8
Derinlik (cm)	1	Derin	>75 cm	1,0
	2	Orta Derin	75-30 cm	1,33

Çizelge 3.2 Devamı

	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	Fena	30-60 cm	1,8
	5	Çok Fena	< 30 cm	2,0
Toprak Kalitesi İndeksi (TKİ)	1	Yüksek		<1,13
	2	Orta		1,13-1,45
	3	Düşük		≥1,46

Kanalın altındaki örneklerde, toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasında gerekli olan toprak tekstürüne ait değerler Günel ve ark. (2008) tarafından Kazova için hazırlanan veri tabanından alınmıştır. Yeni alınan örneklerde ise toprak tekstürü hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyoucos, 1951).

3.2.3.2. İklim Kalitesi

İklim kalitesi, toplam yıllık yağış miktarı (mm), yöney durumu ve iklimsel kuraklık 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 baz alınarak yapılmıştır (Çizelge 3.3).

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

FAO kuraklık indeksi ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$FI : P/ETP$$

FI: FAO kuraklık indeksi

P: Yıllık yağış (mm)

ETP: Evapotranspirasyon

Çizelge 3.3. Değerlendirmede 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	Humid (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		Kuzey batı ve Kuzey Doğu	1.0
	2		Güney Batı ve Güney Doğu	2.0
İklim Kalitesi	1	Yüksek Kalite		< 1.15
	2	Orta Kalite		1.15-1.81
	3	Düşük Kalite		>1.81

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

Kuraklık indeksi arazi bozulması üzerine etkileri düşünülerek Kosmas ve ark. (1999) tarafından 5 sınıfa ayrılmış ve skorlanmıştır (Çizelge 3.3). Yöney ise;

- Kuzey Batı ve Kuzey Doğu,
- Güney Batı ve Güney Doğu, şeklinde iki gruba ayrılmıştır.

3.2.3.3. Vejetasyon Kalitesi

Vejetasyon kalitesinin hesaplanmasında yangın riski, erozyon koruma, kuraklık direnci ve bitki örtüsü indikatörlerinden gelen değerler kullanılmıştır. Bu değerler ayrıntılı olarak çizelge 3.4'de verilmiştir. Yangın riski, erozyon koruma ve kuraklık direnci parametreleri arazide toprak örneklemeleri esnasında yapılan gözlemler ile belirlenmiş, bitki örtüsü ile kaplılık durumu ise çalışma alanına ait MODIS uydu görüntülerinden normalize edilmiş vejetasyon indeksinin (NDVI) hesaplanması ile belirlenmiştir.

Uzaktan algılama teknolojisinde yeşil bitki örtüsünün izlenmesinde en çok kullanılan araçlardan biri Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileridir. NDVI, uydu görüntülerinin yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı (RED) ışık dalga boyunda algılama yapan bantlardan hesaplanmaktadır. Aşağıdaki matematiksel eşitlikte belirtildiği gibi bu iki dalga boyunun matematiksel modellemesi 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).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NDVI birimsiz bir indekstir ve -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Pratik olarak, 0.1'in altındaki değerlerin çıplak toprak yüzeyi veya su yüzeyine denk geldiği ifade edilmektedir. Daha yüksek değerler ise, fotosentez aktivitesi ile ilişkili olan çalılık, ormanlık veya tarımsal aktivitelerin bulunduğu alanlara 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, 256'ya yakın değerlerin yeşil yaprakların mümkün olan en yüksek yoğunluğuna, 0'a yakın değerlerin ise yeşil yaprakların mümkün olan en düşük yoğunluğuna veya çıplak alanlara işaret ettiğini bildirmişlerdir.

Normalize edilmiş olması, farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırmaktadır (Duran, 2007). NDVI biyofiziksel bir özellik olup, bitki örtüsünün fotosentez faaliyetiyle bağıntılıdır. Buna ek olarak, bitkinin canlı olup olmadığının göstergesi koşuldur (Wang ve Tenhunen, 2004). Literatürde verilen bilgilere göre, arazide bulunan vejetasyon dikkate alınarak, Mart, Nisan, Temmuz ve Ağustos ayının ilk 15 gününe ait NDVI değerleri bitki ile kaplılığın belirlenmesinde kullanılmıştır. NDVI değerinin yüzey kaplılığı ile ilişkilendirilmesinde Doğan ve ark., (2014)'nın belirttiği sınıflar dikkate alınmıştır. Doğan ve ark. (2014)'na göre NDVI değerleri 19 ile 77'ye kadar olduğunda %25'e kadar yüzey kaplılığı, 78-134 arası %25 -50 arası yüzey kaplılığı, 135-192 arası %50-75 arası yüzey kaplılığını ve 192-256 arası ise %75-100 arası yüzey kaplılığına işaret etmektedir.

Bitki örtüsü ile kaplılık durumu yağmur damlasının parçalama etkisinden korunmada ve organik maddenin, agregat stabilitesinin, su tutma kapasitesinin ve hidrolik iletkenliğin artması gibi konulara etkisi bakımından belirlenmektedir. Brandt ve

ark., (2003), arazi yüzeyindeki bitki ile kaplılığın azalması ile hem yüzey akışının hem de toprak kaybının büyük miktarda arttığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 3.4. Değerlendirmede Vegetasyon 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

3.2.3.4. Amenajman Kalitesi

Amenajman kalitesi (AK) veya insanlar tarafından oluşturulan stresin derecesine göre araziler temelde beş gruba ayrılmaktadır (Kosmas ve ark., 1999). Ancak çalışma alanımızda örnekleme noktalarımız içerisinde maden alanları, rekreasyon alanları, mera ve altyapılara denk getirilmediğinden AK hesaplamasına da dahil edilmemişlerdir. Amenajman Kalitesinin hesaplamasında, tarımsal ürünlerin ekildiği araziler değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Değerlendirmede Amenajman Kalitesinin hesaplanmasında kullanılan sınıflar ve indeks değerleri (Kosmas ve ark., 1999).

	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	İndeks
Tarımsal ürünlerin ekildiği araziler	1	Mera-Orman	Düşük arazi kullanım yoğunluğu	1.0
	2	Bahçe ve Yonca	Orta düzeyde arazi kullanım yoğunluğu	1.2
	3	Buğday-Mısır-Ayçiçeği-Pancar	Yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğu	1.5
	4	Sebze	Çok Yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğu	2.0
Amenajman Kalitesi	1	Yüksek		1.0 - 1.25
	2	Orta		1.26- 1.50
	3	Düşük		>1.51

3.2.3.5. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi

Toprak, bitki, iklim ve amenajman kalitelerini oluşturan bireysel indikatörlerin skorlanmasının ardından 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 (Çizelge 3.6).

ESA İndeksi daha önce hesaplanan kalite indekslerinin geometrik ortalaması ile oluşmuştur. Bu hesaplama aşağıdaki formül ile yapılmaktadır.

$$\text{ESA İndeksi} = (\text{TKİ} * \text{İK} * \text{VK} * \text{AK})^{1/4}$$

Çizelge 3.6. ESAI değerlerine göre arazilerin sınıfları (Kosmas ve ark., 1999).

Tip		Alt sınıf sembolü	ESAI Aralığı	Özellikleri
Kritik	Yüksek	C1	>1.53	Önceki kötü kullanımlarından dolayı bozulmuş araziler. Etraflarında bulunan arazileri tehdit eder hale gelmişlerdir (örnek, yüksek düzeyde yüzey akışı ve sediment taşınmasına neden olabilecek çıplak araziler)
	Orta	C2	1.42-1.53	
	Düşük	C3	1.38-1.41	
Kırılgan	Yüksek	F1	1.37-1.33	Doğal ve insan aktivitelerinde var olan dengedeki herhangi bir değişiklik ile bozulmanın başlayabileceği arazilerdir. Örnek; beklenen iklim değişimi bitki örtüsünü etkileyecek, toprak erozyonunu arttıracak ve nihayetinde bu alanların hassasiyet düzeyinin “kritik” olarak değişmesine neden olacaktır. Arazi kullanımındaki bir değişme (hassas olan arazilerde tahıl üretimine geçilmesi gibi) yüzey akış ve erozyonda çok hızlı bir artışa neden olabilir. Bu durum, havzaların aşağı kesimlerinde pestisit ve gübre kirliliğine neden olacaktır.
	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

3.2.4. Haritalama İşlemleri

Kazova topraklarının hesaplanan dört kalite indeksi için birer harita üretilmiştir. Bu indekslerin kullanımı ile hesaplanan ESA indeksi değerlerinin yer aldığı çalışma alanının çevresel anlamda hassasiyetini gösteren bir harita elde edilmiştir. Sonuçta oluşturulan ESAI haritasında çölleşme riski Çizelge 3.6’da belirtildiği gibi dört ana sınıfa ayrılmıştır. Tüm coğrafik veri ArcGIS 9.1 programında birleştirilmiş, işlenmiş ve haritalar oluşturulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Alanı Genel Özellikleri

Tokat Kazova'da sulama kanalları arasında kalan yaklaşık 23.000 ha arazi ile sulama kanalları üzerindeki yaklaşık 10.500 ha'lık arazileri kapsayan çalışma alanında örneklenen 451 noktaya ait toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.1'de verilmektedir. Çalışma alanı topraklarının kum içerikleri %2,75 ile %65,0 arasında değişirken, ortalama kum içeriği %27,32 olarak bulunmuştur. Çalışılan alandaki toprakların kil içerikleri ise %12,5 ile %77,5 arasında değişirken ortalama kil içeriği %41,0'dir.

Çalışma alanında var olan çok farklı arazi kullanımları, organik madde gibi arazi kullanımından oldukça etkilenen toprak özelliğinin de büyük değişkenlik göstermesine neden olmuştur. Toprağın organik madde içeriği, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin tarımsal üretim için daha uygun hale gelmesine katkı verirken, mineral taneciklerin bir arada daha sağlam tutulmasını ve sağlam agregatların oluşmasını sağlayarak toprakların su ve rüzgar erozyonuna karşı dirençli hale gelmesine de katkı vermektedir. Revees (1997), gelecek nesiller için sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlanabilmesi ve çevre kalitesinin korunabilmesinde toprağın fonksiyon gösterme yeteneğine önemli katkılar yapan organik maddenin rolünün büyük olduğunu belirtmektedir. Çalışma alanında %0,30 gibi oldukça düşük organik madde içeriğine sahip topraklara rastlanırken işlemeli tarımın yapılmadığı mera alanlarında organik madde içeriği %9,56 gibi yüksek değerlerde çıkmıştır. Bununla birlikte araştırma alanı topraklarının ortalama organik madde içeriği % 2,12 gibi %1,0 civarında kabul edilen Türkiye ortalamasının üzerindedir.

Çizelge 4.1 Çalışma Alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri

N=451	Birim	En Küçük	En Büyük	Ort	Std.Sp.	VK	Yatıklık	Basıklık
Kum	%	2,75	65,0	27,32	12,05	44,10	0,46	-0,16
Kil	%	12,5	77,5	41,0	12,23	29,84	0,50	-0,26
Silt	%	12,5	51,3	31,7	7,77	24,53	0,08	-0,46
Org. Mad.	%	0,30	9,56	2,12	1,38	65,18	2,72	8,74
CaCO₃	%	1,5	47,9	8,6	5,07	59,11	2,92	14,81
Fosfor	mg kg ⁻¹	1,36	165,43	45,87	20,45	44,57	1,49	4,41
Agr. Stb.	%	24,0	99,2	71,7	17,48	24,39	-0,38	-0,73
pH	-	7,19	8,90	8,03	0,24	2,99	-1,28	13,32
EC	ds m ⁻¹	0,12	6,77	0,56	0,30	53,20	5,31	50,12

*VK: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanı topraklarının bir bölümü kireç taşı ana materyali olan koluvial depozitler üzerinde gelişmiştir. Bu nedenle toprakların kireç içerikleri %1,5 ile %47,9 arasında değişmiş ve çalışma alanının ortalama kireç içeriği %8,6 olarak belirlenmiştir. Kireç içeriğinin yüksek olması, fosfor gibi makro besin elementlerinin yanında özellikle çinko ve demir gibi bitki gelişimi için önemli mikro besin elementlerinin topraktaki yararlılığını azalttığından dolayı istenmemektedir.

Fosfor bitkiler için mutlak gerekli olan 17 besin elementinden bir tanesidir. Bitki gelişimindeki fonksiyonları bir başka besin elementi tarafından yerine getirilemeyen fosforun yeterince sağlanması durumunda bitki gelişimi istenen düzeyde gerçekleşmektedir (Anonim, 1999). Noksanlığında bitkideki fonksiyonları yerine getirilemediğinden dolayı verimde düşüslere neden olan fosforun toprakta gereğinden fazla bulunuyor olması hem Zn gibi mikro besin elementlerinin alımını engellemesinden dolayı (Mousawi, 2011) hem de yüzey akışı ile yüzey sularına karışarak ötrofikasyona neden olma riskinden dolayı istenmez. Çalışma alanında mera ve orman gibi gübrelemenin yapılmadığı arazilerin yanında domates gibi çok yoğun gübre kullanımının olduğu arazi kullanımları da yer almaktadır. Bu nedenle yararlı fosfor içeriği, 1,36 mg kg⁻¹ ile 165,43 mg kg⁻¹ arasında değişmekte, olup ortalama fosfor içeriği ise 45,87 mg kg⁻¹'dir.

Çalışma alanı topraklarının pH değerleri, nötr (pH=7,19) ile kuvvetli alkali (8,9) arasında değişmiş ve ortalama pH değeri hafif alkali (pH=8,03) olarak belirlenmiştir. Ana materyal, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve sulama gibi faktörler çalışma alanı

içerisinde toprak pH'sının bu hafif asidik ile kuvvetli alkali arasında değişmesine neden olmuştur. Çölleşmeye hassas alanların belirlenmesi için örnekleme yapılan sınırlar içerisinde çölleşmenin önemli faktörlerinden birisi kabul edilen ve genelde kurak ve yarı kurak bölgelerde özellikle de sulamanın yapıldığı tarım arazilerinde toprakların önemli düzeyde fonksiyon gösterme yeteneğinin azalmasına yol açan tuzluluk, çalışma alanının çok büyük bir bölümü için sorun oluşturacak sınırlar içerisinde değildir. Bununla birlikte sınırlı da olsa tuzluluğun bitkisel üretimde verim kaybı yaşanacağı 6,77 dS m⁻¹ gibi yüksek düzeylere çıktığı da olmuştur (Çizelge 4.1).

4.2. MEDALUS Modeli ile Çevreye Hassas Alanların Belirlenmesi

MEDALUS modelinde çevreye hassas alanların (ESA) belirlenmesinde toprak kalitesi, vejetasyon kalitesi, iklim kalitesi ve amenajman kalitesi şeklinde dört kalite belirlenmiştir. Bu kalitelere ait indeksler, çeşitli parametrelerin skorlanması ile elde edilmiştir. Skorlamalarda kullanılan eşik değerler, MEDALUS projesi süresince yapılan yoğun arazi çalışmaları esnasında geliştirilmiştir. Modeldeki her bir parametre arazi bozulmasındaki etkisine bakılarak 1,0 (en az) ile 2,0 (en kötü) arasında değerler almaktadır (Kosmas ve ark., 2003). Bugüne kadar yapılan birçok çalışmada, MEDALUS modelinin çölleşmenin değerlendirilmesinde güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlayan bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Basso ve ark., 2000; Kosmas ve ark., 2003; Sepehr ve ark., 2007; Bakr ve ark., 2012; Salvati ve ark., 2013). Modeldeki parametrelerin kolaylıkla elde edilebilir olması, parametrelerin farklı katmanlar olarak mesafeye bağlı dağılımının modellenerek haritalanması ve parametrelerin ilişkili oldukları indeks içerisinde birleştirmelerinin daha hassas olduğundan dolayı geometrik ortalama ile yapılıyor olması gibi nedenler modelin daha çok tercih edilmesine neden olmuştur (Parvari ve ark., 2011).

4.3. Toprak Kalitesi

ESA'ların belirlenmesi için kullanılan toprak kalitesi indikatörlerine genel olarak suyun yarıyışlılığı, erozyona karşı direnç ve verimlilik gibi toprak fonksiyonları üzerine etkileri esas alınarak karar verilmektedir. Bu çalışmada, toprak kalitesinin

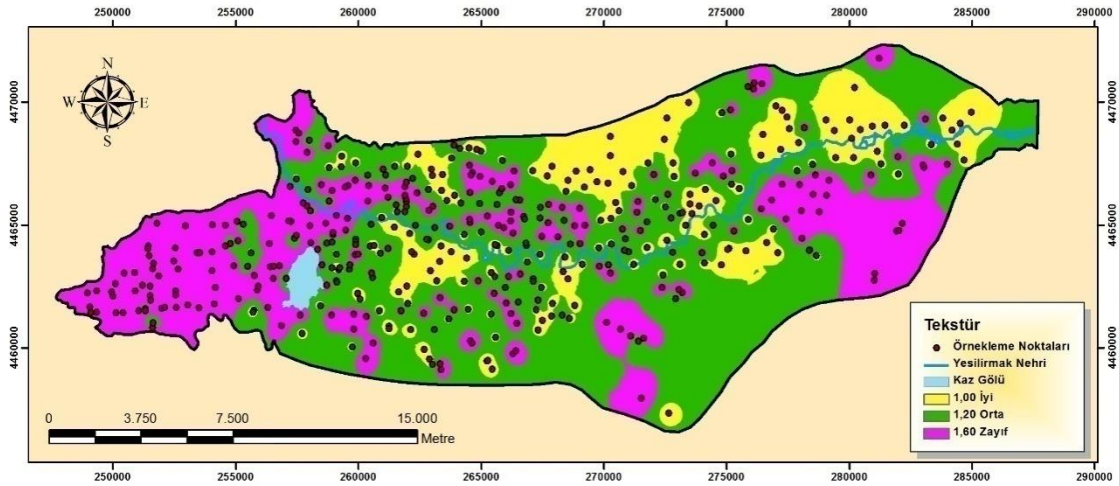
belirlenmesinde MEDALUS modelinin orijinalinde yer almayan organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), kireç ve bitkiye yarayışlı fosfor içeriği hesaplamalara dahil edilmiştir. Yeni indikatörler dahil edilirken, toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi olarak da tanımlanan (Karlen ve ark., 1997) toprak kalitesine etkisi olduğu kabul edilen toprak özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin, toprakta bulunan kalsiyum karbonat toprağın kimyasının önemli düzeyde değişmesine neden olduğundan (Soil Survey Staff, 1999) özellikle fosfor gibi makro ve demir ve çinko gibi mikro besin elementlerinin bitkilere yarayışlılığını etkilemektedir. Benzer şekilde Le Bissonnais (1996)'de kalsiyum karbonatın toprağın kalıcı özelliklerinden biri olduğunu vurgularken, kalsiyum karbonat içeriğini belirlemenin toprakların erozyona olan hassasiyetlerini belirlemede önemli olduğunu vurgulamıştır.

Çalışma alanının %52,09'u düz düze yakın bir eğimde yer alırken, %47,8'i kuzeyde yer alan Yaylacık Dağları ile güneydeki Akdağlar'ın yamaçlarında hafif eğimli arazilerde yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde ise sadece 38,5 ha'lık bir alan dik eğimli araziler üzerindedir. Toprağın en önemli fiziksel bileşeni olan ve toprakta süre giden fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların birçoğunu düzenleyen toprak tekstürü kalitesi açısından çalışma alanının çok büyük bir kısmı (%71.95), kum, kil ve silt gibi bileşenlerin dengeli olduğu orta kalite ile ifade edilmişlerdir. Tekstürde sadece kum tekstür grubuna giren toprakların kalitesi oldukça zayıf olarak değerlendirilmektedir. Geçirgenlikleri çok yüksek olduğundan su tutma kapasiteleri ve beraberinde besin elementi tutma yetenekleri düşük olan ve bitki gelişimini destekleme açısından da yetersiz olan kumlu topraklar özellikle rüzgar erozyonuna karşıda oldukça hassastırlar.

Çizelge 4.2 Çalışma alanının toprak kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

Özellik	Sınıflar	Değerlendirme	Kapladığı Alan (ha)	Alan (%)
Eğim	1	Düz	15100,89	45,09
	2	Hafif Eğimli	18162,72	54,24
	3	Dik Eğimli	225,19	0,67
Tekstür	1	İyi	4323,76	12,91
	2	Orta	16142,14	48,20
	3	Zayıf	13022,89	38,89
Derinlik	1	Derin	20435,60	61,02
	2	Orta Derin	12437,70	37,14
	3	Sığ	615,49	1,84
Organik Madde	1	Yüksek	570,50	1,70
	2	İyi	22605,16	67,50
	3	Orta	9992,82	29,84
	4	Düşük	286,97	0,86
	5	Çok Düşük	33,34	0,10
pH	1	Nötr	218,04	0,65
	2	Hafif Alkali	30900,22	92,27
	3	Alkali	2370,53	7,08
EC	1	İyi	32994,63	98,52
	2	Hafif	443,49	1,32
	3	Orta	46,31	0,14
	4	Tuzlu	4,37	0,01
Kireç	1	Az Kireçli	2253,97	6,73
	2	Orta Kireçli	11074,15	33,07
	3	Kireçli	14524,17	43,37
	4	Çok Kireçli	3997,50	11,94
	5	Çok Fazla Kireçli	1639,01	4,89
Fosfor	1	İyi	14359,45	42,88
	2	Orta	19026,15	56,81
	3	Kötü	88,12	0,26
	4	Çok Kötü	15,08	0,05
Agregat	1	Çok İyi	14027,75	41,89
	2	İyi	16972,36	50,68
	3	Orta	2434,30	7,27
	4	Düşük	54,38	0,16
Drenaj	1	İyi	32448,20	96,89
	2	Fena	982,77	2,93
	3	Çok Fena	57,82	0,17
Ana Materyal	1	İyi	29893,11	89,26
	2	Orta	3595,68	10,74
Toprak Kalite İndeksi	1	Yüksek Kalite	4806,81	14,35
	2	Orta Kalite	28681,98	85,65

Toprak tekstürü parametresinde sınıflar ve bu sınıflar için belirlenen skorlar, sınıfların erozyona karşı hassasiyetlerine bakılarak karar verilmiştir (Çizelge 4.2). Alanın % 12,91'lik kısmının erozyona karşı direnci iyi iken 16142,14 ha'ı (%48,20) orta hassasiyette ve 13022,89 ha'lık (% 38,89) kısmı ise düşük hassasiyettedir. Tekstür üçgeninde tın (L), kumlu killi tın (SCL), kumlu tın (SL), tınlı kum (LS) ve killi tın (CL) olarak belirtilen beş sınıfta yer alan toprakların erozyona karşı dirençlerinin yüksek olduğu kabul edilmektedir. Çalışma alanında tekstür anlamında farklı gruplarda yer alan toprakların dağılımını gösteren harita Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanına ait tekstür indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Bu tekstür grubuna sahip toprakların geçirgenlikleri yüksek olduğundan, yağmur ve sulama suları ile araziye gelen sular kolaylıkla toprak profili içerisine infiltrate olabildiğinden erozyona direnç yüksek olarak kabul edilmiştir. Bu karar özellikle yarı-kurak ve yağışlı bölgeler için doğrudur, ancak daha kurak bölgelerde rüzgar erozyonu riski yüksek olacağından tekstür sınıflarının orijinal modele göre modifiye edilmesi anlamlı olacaktır. Çalışma alanının batı ucunda yer alan killi topraklar oldukça yüksek kil içeriğine sahiptir. Bu topraklarda yapılan uzun süreli özellikle yüzeysel toprak işlemlerin arazinin ilk 10 cm'in den sonra geçirimsiz sıkışmış bir katmanın oluşumuna yol açtığı arazi çalışmalarında tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yüksek kil içeriğine sahip topraklarda oluşan geçirimsiz pulluk katmanı

Bu sert katman suyun toprak profilinin daha derinlere gitmesine engel olacağından şiddetli yağışların ardından veya özellikle salma sulama gibi sulama sistemlerinin uygulandığı arazilerde erozyona neden olacak yüzey akışları oluşturacaktır. Arazi çalışmaları esnasında başlayan bir yağışın hemen 10. dakikasında arazi yüzeyinde suyun göllendiği ve yüzey akışının gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yüzey akışı ile sular eğimin fazla olmadığı düzlüklerde ya arazinin yüzeyinde kabuk oluşumuna neden olacaktır veya en yakındaki drenaj kanalına drene olacaktır. Bu durum ise, gübrelemenin yapıldığı toprak profilinin en verimli kısmının araziden uzaklaşmasına yol açarken diğer taraftan da kanalların sediment ile dolmasına ve besin elementlerince zenginleşmesine yol açmaktadır. Zengin besin elementleri ise, suların kirlenmesine ve zamanla ötrofikasyon olayının gerçekleşmesine neden olmaktadır (Şekil 4.3).



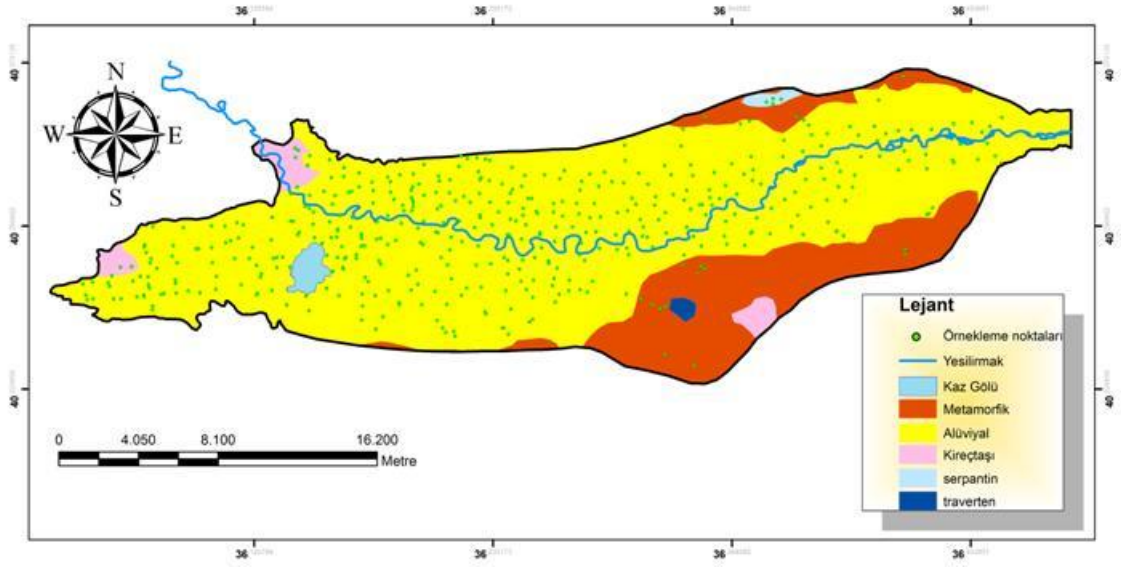
Şekil 4.3. Çalışma alanında kısa süreli bir yağmur sonunda gerçekleşen yüzey erozyonu

Kazova'da toprak sıkışmasının neden olduğu problemleri fark eden üreticiler, oldukça yüksek miktarda enerji gerektiren ve kendileri için ekstra masraf anlamına gelen dip kazanla sıklığı giderme yoluna gitmektedirler (Şekil 4.4). Genelde tek yönlü ve yaklaşık 80 cm derinliğe kadar inen bu toprak işleme uygulaması ile arazide geçirgenliğin artırılmasına çalışılmaktadır.

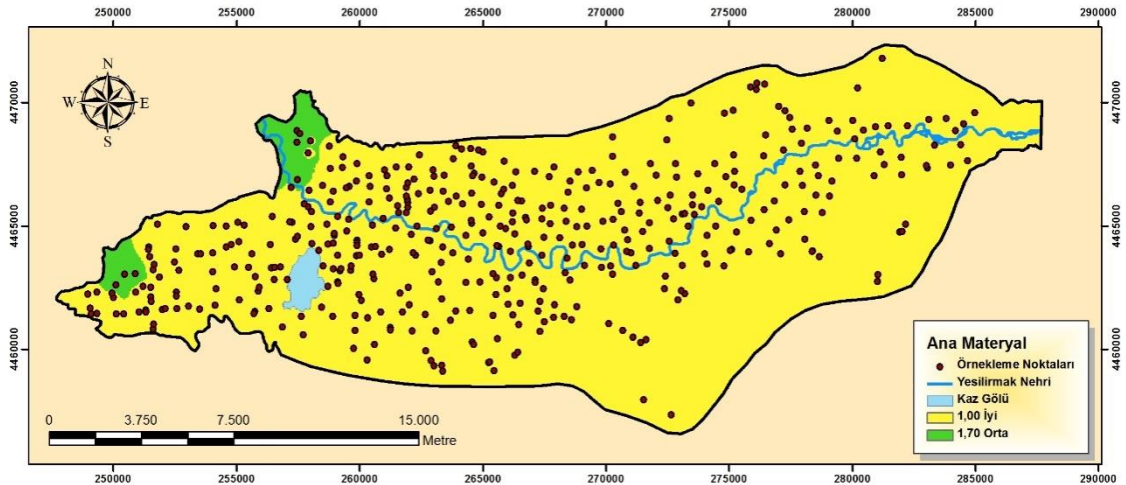


Şekil 4.4. Pulluk katmanının patlatılmasında kullanılan dip kazan uygulaması yapılmış bir arazi

Çalışma alanının çoğunluğu alüvyial olmakla birlikte metamorfik, serpantin, kireçtaşı ve travertenden oluşmuştur (Şekil 4.5). Çalışma alanında yer alan litolojik oluşumların %89,26'sı erozyona karşı dayanıklı olduğundan 1,0 skoru verilmiştir. Bununla birlikte Şekil 7'de gösterildiği gibi özellikle kireçtaşı ana materyalinin bulunduğu 3595,68 ha'lık arazide yer alan materyallerin ise erozyona karşı hassas oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.6).

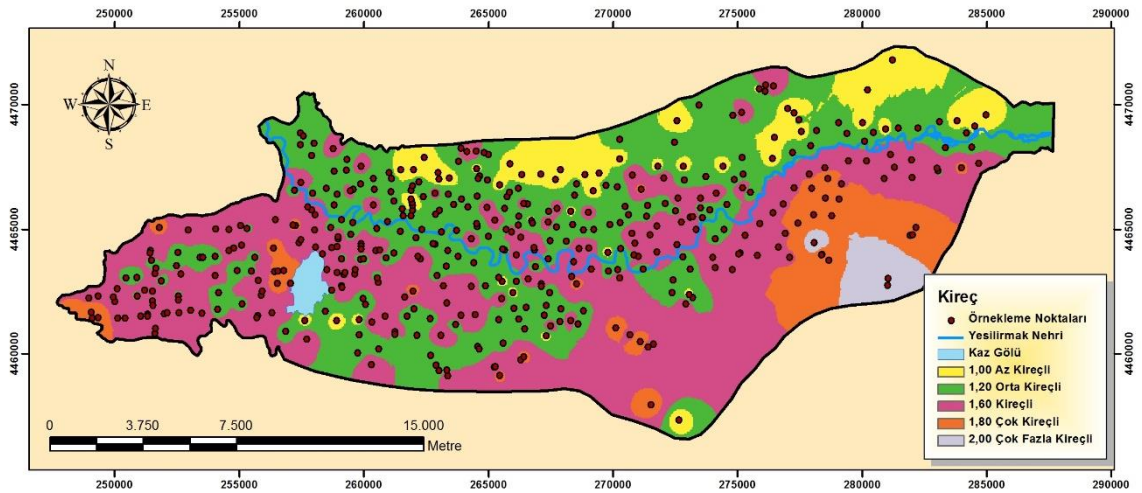


Şekil 4.5.Çalışma alanına ait jeoloji haritası



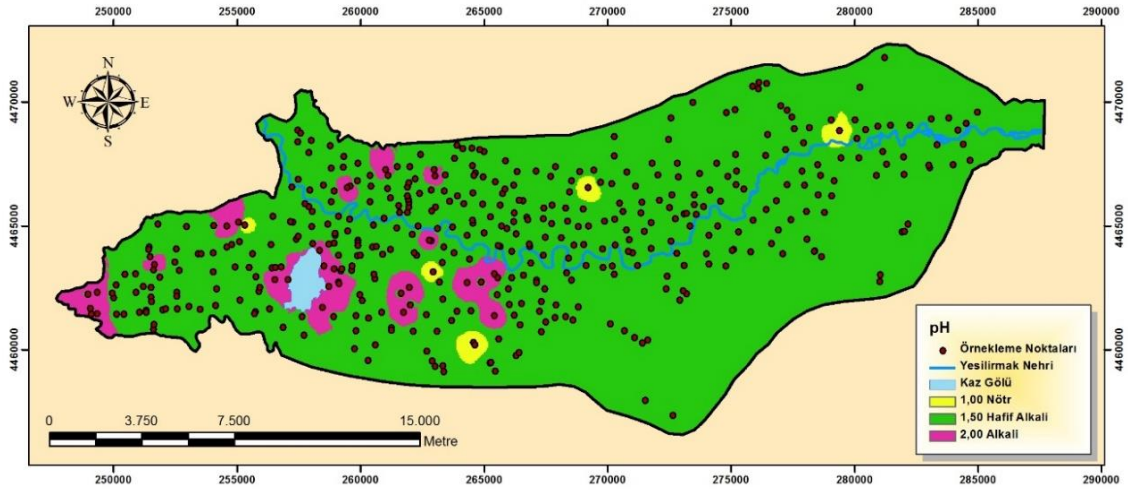
Şekil 4.6. Çalışma alanına ait ana materyal indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Kireç içeriği yüksek olan topraklar, çoğunlukla ana materyallerinde kalsiyum karbonat içeren, pH'sı 7'nin üzerinde olan ve 8.5'a kadar yükselen topraklardır. Butopraklar, sodyum içerdikleri vakit pH'ları 9,0'un üzerine çıkabilmektedir. Bazı topraklarda, toprakta bulunan CaCO_3 toprak profilinin alt kısımlarında birikir, zamanla bu kireç yoğun katman sertleşir ve kaliş adı verilen geçirimsiz bir katmanın oluşumuna yol açabilir. Kaliş adı verilen bu katman, su ve bitki köklerinin derinlere gitmesine de engel olurlar (Leytem ve Mikkelsen, 2005). Kireç içeriği yüksek olan topraklarda genellikle demir mangan ve çinko gibi besin elementlerinin noksanlıkları ile birlikte özellikle makro besin elementlerinden fosforun yarayışlılığının azalması, toprağın verimliliğinin azalmasına yol açmaktadır. MEDALUS modelinin orijinalinde bulunmayan kireç içeriği sayılan bu nedenlerden dolayı toprak kalitesinin değerlendirilmesi içerisine dahil edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının çoğunlukla kireç içeriği yüksek olduğundan dolayı, Şekil 4.7'de de görüldüğü gibi, kireç içeriği bakımından beş farklı sınıf tanımlanmıştır. Alanın büyük çoğunluğu orta kireçli (11.074,15 ha ve %33,07) ve kireçli (14.524,17 ha ve %43,37) sınıflarında yer almıştır (Çizelge 4.2). Kireç içeriğinin en düşük olduğu topraklar, çalışma alanının kuzey yamaçlarında serpantin ana materyalinin bulunduğu yüzeylerde yer almıştır. Kishchuk ve ark. (1999) da kireçli topraklarda, potasyum ve magnezyum ile kalsiyum elementi arasındaki dengesizlikten dolayı bitkilerde potasyum ve magnezyum noksanlığı görüldüğünü belirtmişlerdir.



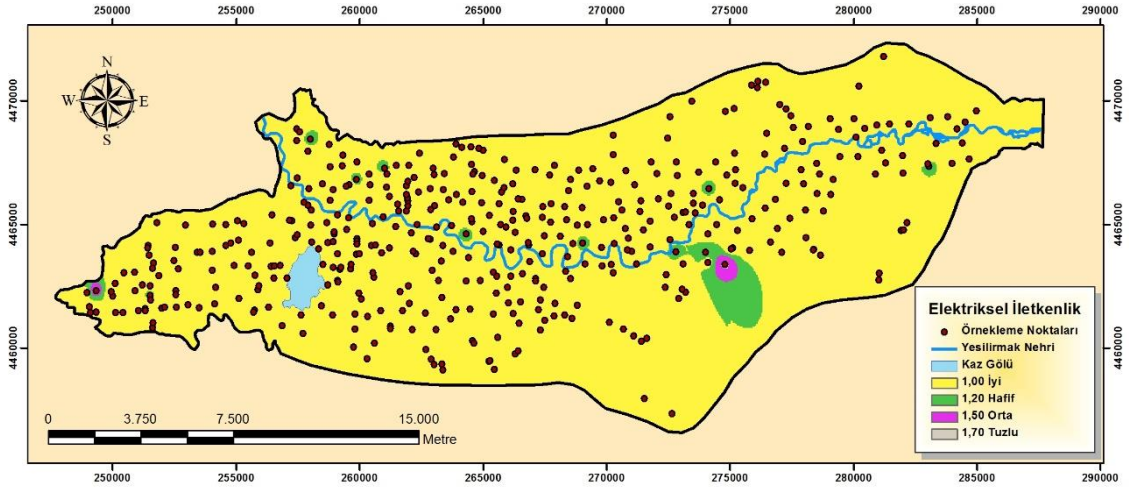
Şekil 4.7. Çalışma alanına ait kireç içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Kireç içeriği ile birlikte çalışma alanında verimliliği etkileyen diğer bir önemli parametre ise toprağın pH değeridir. Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinin genelde 8,0 ve üzeri olduğu daha önceki bölümlerde de bahsedilmiş idi. Toprak pH'sı kalite sınıfı açısından alanın oldukça büyük bir kısmı (30.900,22 ha) hafif alkali olarak değerlendirilmiştir. Kaz Gölü etrafında yer alan bir kısım araziler ile ovanın en batısında yer alan yaklaşık %7,08 gibi 2.370,53 ha'lık bir arazi ise alkali olarak haritalanmıştır (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.2). Yüksek pH, topraklarda fosfor gibi makro bir besin elementinin yayırlılığını etkilerken bor, mangan, çinko ve demir gibi mikro elementlerin de yayırlılıklarını olumsuz etkilemektedir (Leytem ve Mikkelsen, 2005).



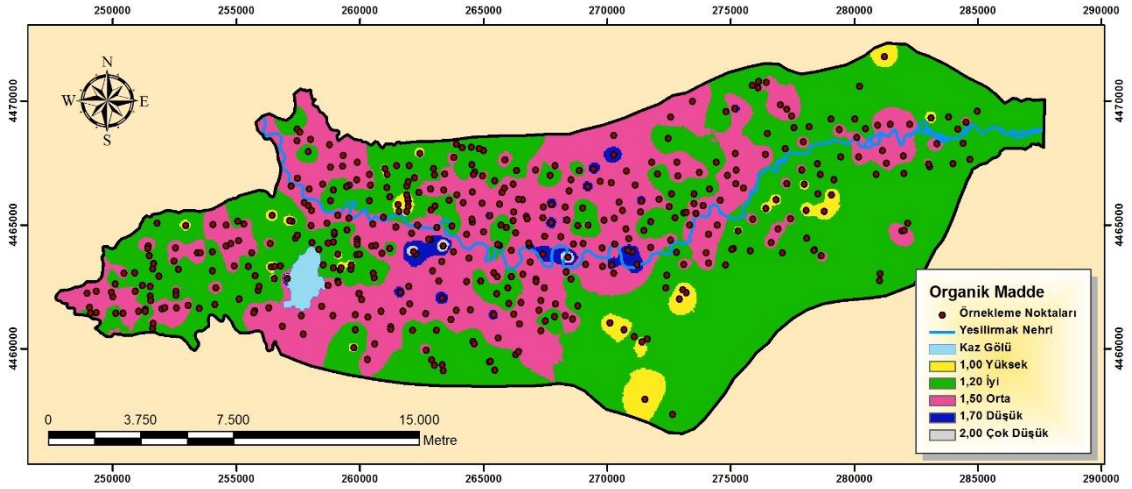
Şekil 4.8. Çalışma alanına ait pH indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Toprak tuzluluğu, tüm dünyada çoğunlukla kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde kabaca 831 milyon ha arazinin bozulmasına neden olmaktadır. Toprak tuzluluğu, toprak profilinin üst kısmında tarımsal üretimi etkileyecek düzeyde, ekosistemin üretkenliğini ve ekonomik refahı bozacak düzeyde suda çözünebilen tuz miktarının artması şeklinde tanımlanmaktadır (Rengasamy, 2006). Çalışma alanı, düşük yağış ve yüksek evapotranspirasyona sahip olmasına rağmen, tuzluluk sorunu hemen hemen yok denecek düzeydedir. Alanın büyük bir kısmı tuzluluk açısından iyi iken sadece %2,73'ü hafif riskli görülmektedir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.9).



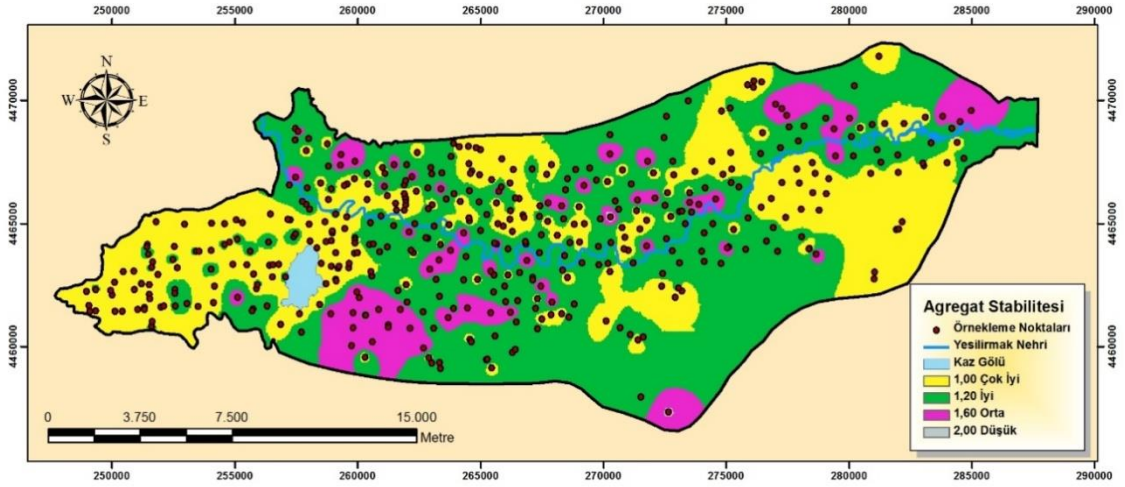
Şekil 4.9. Çalışma alanına ait elektriksel iletkenlik indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Doran ve Parkin (1994), Larson ve Pierce (1991) ve daha birçok araştırmacı toprağın organik madde içeriğinin toprak kalitesinin en önemli bileşeni olduğunu vurgulamışlardır. Organik maddenin topraktaki besin elementlerinin en önemli kaynağı, su ve havanın toprağa girişi ve hareketini temin etmek, su tutma kapasitesini arttırmak, erozyonu azaltmak ve uygulanan pestisitlerin etkinliğini kontrol etmek ve yıkanarak yer altı suyunu kirletmesini önlemek gibi çeşitli görevleri bulunmaktadır (Gregorich ve ark., 1994). Bu sayılan nedenlerden dolayı toprağın kalitesi belirlenirken, organik madde içeriği değerlendirmelere dahil edilmiştir. Çalışma alanında bulunan ve sadece hayvanların otlatılması için kullanılan meraların haricindeki hemen hemen tüm arazilerde bitkisel üretim için yoğun toprak işleme yapılmaktadır. Yoğun toprak işleme ise organik maddenin hızla mineralizasyonuna neden olduğundan, toprakların organik madde içeriği işlenmeyen arazilere göre daha düşük olmaktadır. Çalışma alanında tespit edilen çok farklı arazi kullanımları ile toprağa katılan organik madde miktarı farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma elde edilen toprak organik madde içeriği skorlamasında ve elde edilen harita da açık bir şekilde görülmektedir. Özellikle Yeşilirmak nehri boyunca yer alan yüksek skorlu araziler çalışma alanında meraların yoğun olarak bulunduğu sahaları göstermektedir. Genel olarak çalışma alanının 22.605,16 ha'ı organik madde açısından iyi ve 9.992,82 ha'ı ise organik madde açısından orta kalitedir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.10).



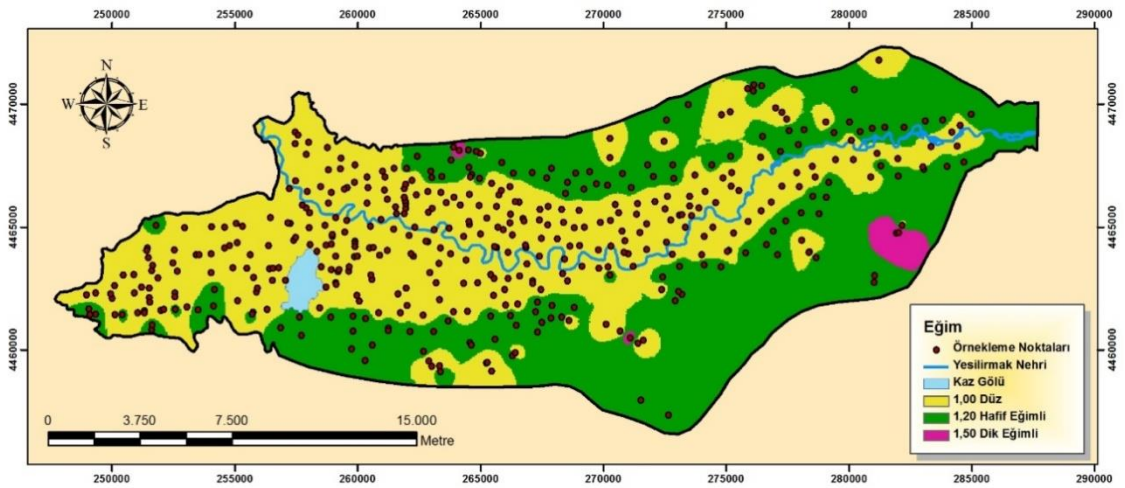
Şekil 4.10. Çalışma alanına ait organik madde içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Toprakta agregatlaşma erozyonu, su hareketini ve bitki kök gelişimini etkilediğinden dolayı, toprak kalitesi indikatörünün hesaplanmasına dahil edilmiştir. Erozyonu azaltan, su ve bitki köklerinin hareketini arttıran agregatların yağmur ve sulama suyuna karşı dirençli olmaları istenir. Sulama suyu veya yağmur damlasının etkisi ile parçalanan agregatlar, toprak yüzeyinde gözenekleri tıkayacak şekilde bir kabuk oluşumuna neden olurlar. Oluşan kabuk, suyun toprak içerisine girişine engel olacağından yüzey akışa yol açacaktır, aynı zamanda tohumların çimlenmesini de engelleyecektir (Anonim, 1996). Çalışma alanında yer alan topraklar, agregatların suya dayanıklılıklarına göre dört gruba ayrılmış olup, %41,89'u çok iyi ve %50,68'i iyi olarak gruplandırılmıştır. Agregatların dayanıklılığı, erozyona karşı direncin de yüksek olduğunun bir göstergesidir. Orta ve zayıf düzeyde agregat stabilitesi olan toprakların ise, çoğunlukla Yeşilirmak Nehri boyunca lokal yamalar şeklinde dağıldığı görülmektedir (Şekil 4.11). Toprakların agregat stabiliteyi, toprağın tekstürüne, baskın kil tipine, ekstrakte edilebilir demir ve kationların varlığına ve miktarına organik maddenin tipine ve miktarına ve mikroorganizma popülasyonunun tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Anonim, 1996).



Şekil 4.11. Çalışma alanına ait agregat stabilitesi indikatörü skorlarının alansal dağılımı

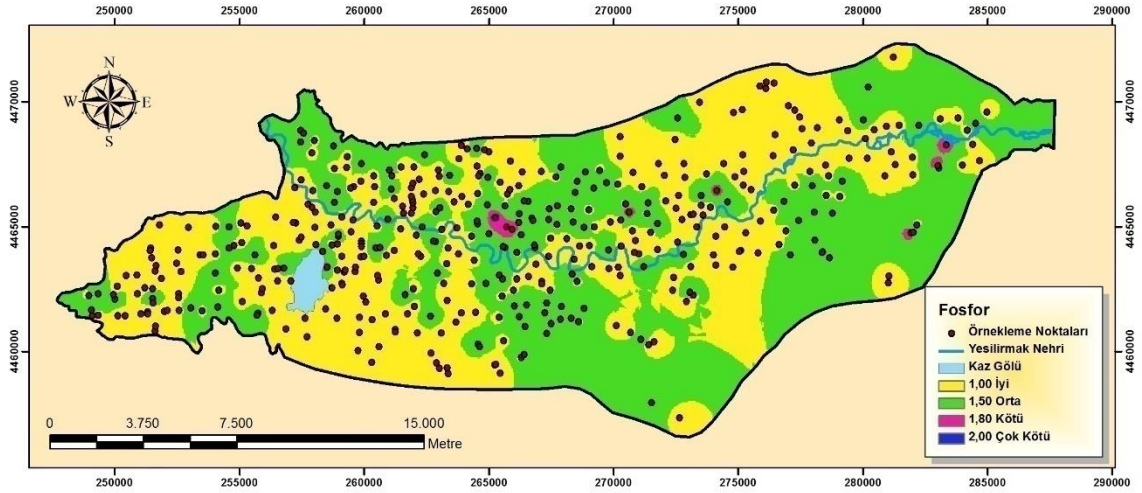
Çalışma alanının çok büyük bir kısmında eğim %0 ile 2 arasında değişmektedir. Eğim, arazilerin erozyona karşı hassasiyetlerini arttırdığından dolayı toprak kalitesi indikatörünün skorlanmasında kullanılmıştır. Çalışma alanında Şekil 4.12’de de görüldüğü gibi Yeşilirmak Nehri boyunca yer alan 15.100,89 ha arazi düz, 18.162,72 ha’lık arazi ise %2 ile 6 arasında hafif eğime sahiptir. Çalışılan alanın sadece 225,19 ha’lık kısmında ise dik eğimin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.12. Çalışma alanına ait eğim indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Toprak kalitesi indikatörünün hesaplanmasında, makro bir besin elementi olan fosforun parametre olarak kullanımı bu çalışmaya özeldir. Çalışma alanında, uzun yıllardır yapılan yoğun mineral gübre kullanımı bir kısım arazilerde fosforun birikimine

neden olmuştur. Bununla birlikte yüzey suları ile taşınan fosfor Şekil 4.14 ve 4.15’da görüldüğü gibi ötrofikasyona neden olmuştur. Çalışma alanında bazı gübreleme yapılmayan arazilerde ise noksanlığın olduğu tespit edilmiştir. Fosfor için skorlar verilirken, Andrews ve ark. (2004) ve daha bir çok araştırmacının da belirttiği şekilde optimum düzey en iyi olan düzeydir mantığı kullanılmıştır. Yani optimum fosfor düzeyi olarak kabul edilen 10 ile 50 mg kg⁻¹ fosfor düzeyi için 1,0 skoru verilirken bu değerlerin altında ve üstündeki konsantrasyonlar için orta ve fena skorları verilmiştir (Çizelge 4.2). Buna göre çalışma alanının 14.359,45 ha (%42,88)'lık kısmında fosfor optimum düzeyde iken 19.026,15 ha (%56,81)'lık kısmında ise bozulmaya orta düzeyde hassas olduğu görülmüştür (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Çalışma alanına ait fosfor içeriği indikatörü skorlarının alansal dağılımı

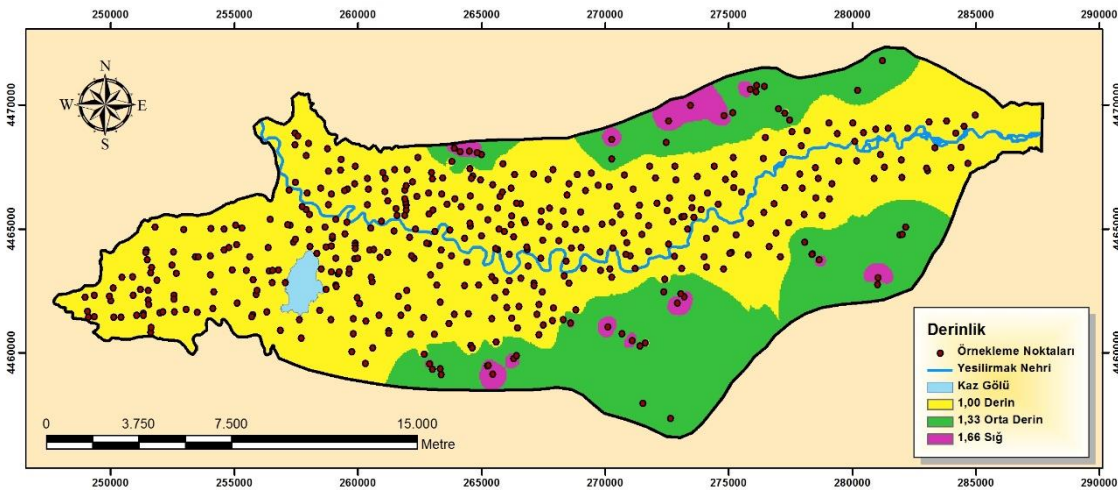


Şekil 4.14. Kaz Gölünü tahliye eden ana kanalda fosforun neden olduğu ötrofikasyon



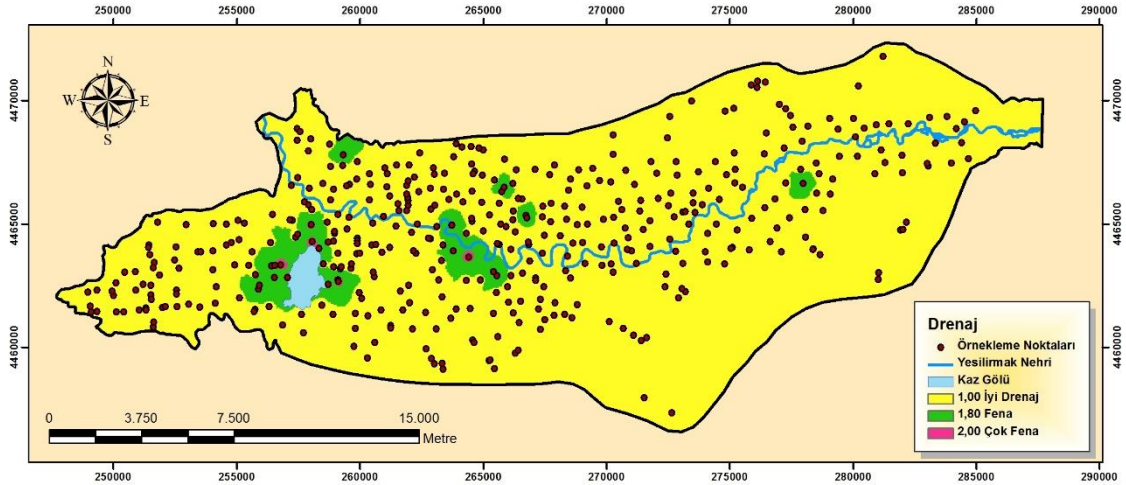
Şekil 4.15. Fosforun yüzey suları ile taşındığı drenaj kanallarında neden olduğu ötrofikasyon

Toprak derinliği parametresinin belirlenmesinde, toprak derinliği toprak yüzeyinden ayrışmamış materyale kadar olan derinlik olarak kabul edilmiştir. Buna göre çalışma alanında derin (>75 cm), orta derin (75 cm-30 cm) ve sığ (15-30 cm) şeklinde 3 farklı sınıf oluşmuştur (Çizelge 4.2). Toprak derinliğinin orta derin ve sığ olduğu arazilerin ise ovanın hem güney hem de kuzey yamaçlarında sulama kanalının üst kısmında bulunan eğimli arazilerde olduğu görülmüştür (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çalışma alanına ait derinlik indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Özellikle çöküntü alanlarında, yağışın buharlaşmadan oldukça fazla olduğu ve sulamanın yapıldığı arazilerde yüksek taban suyu toprakların tuzlanmasına neden olduğundan, toprak kalitesi indeksinin hesaplanmasında bir parametre olarak kullanılmıştır. Çalışmada, belirlenen drenaj sınıfları da, tuzluluğun etkisi düşünülerek belirlenmiştir. Çalışma alanında, yaklaşık 50 sene önce, düzenli bir şekilde drenaj kanalları açılarak yüksek taban suyu araziden tahliye edilmiş ve edilmeye devam etmektedir. Bu nedenle çalışma alanının oldukça büyük bir kısmının (%96,89) drenaj sınıfının iyi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Drenaj ile ilgili veriler, toprak örneklerinin alındığı dönemde arazide yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Arazide tespit edilen sarımsı kırmızımsı pas lekeleri ile gleyleşmeler, taban suyu göstergesi olarak kabul edilmiştir. Buna göre çoğunluğu Kaz Gölü etrafında bulunan meralar ile Yeşilirmak Nehrinin yakınlarda olmak üzere 982,77 ha arazi fena ve 57,82 ha arazi ise çok fena drenajlı olarak belirlenmiş ve bu alanlarda taban suyunun bitkisel üretim için sorun oluşturabilecek kadar yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Çalışma alanına ait drenaj indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Toprak Kalitesi indeksi (TKI) ile bu indeksin elde edilmesinde kullanılan parametreler arasında yapılan korelasyon testi, TKI'ne en fazla etki eden parametreyi tanımlama olanağı sunmuştur. Bu teste göre, TKI ile en yüksek ilişkiye sahip parametrelerin CaCO_3 ($r= 0.48$) ve fosfor ($r= 0.46$) olduğu görülmektedir. TKI'ne en az etki eden

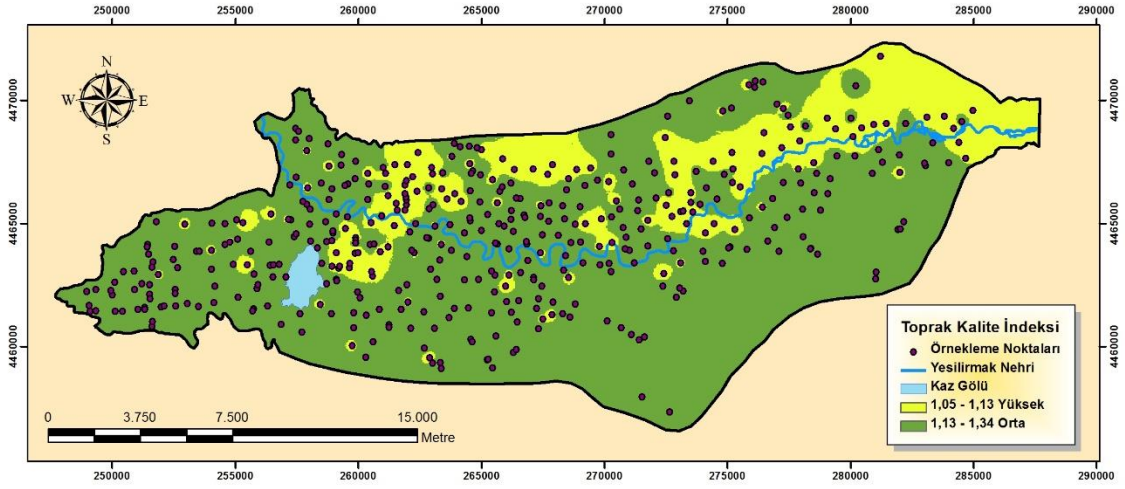
parametrelerin ise sırası ile elektriksel iletkenlik ($r= 0.13$), agregat stabilitesi ($r= 0.15$), eğim ($r= 0.16$) ve ana materyal ($r= 0.16$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Toprak Kalitesi indeksi ile toprak parametreleri arasındaki korelasyon testi sonuçları

	Eğim	Tekstür	Derinlik	Org. Madde	pH	EC	CaCO ₃	Agregat	Ana Mat.	Drenaj	Fosfor	TKI
Eğim	1,00											
Tekstür	-0,06	1,00										
Derinlik	0,23**	-0,05	1,00									
Org Mad	-0,09	-0,21**	-0,18**	1,00								
pH	-0,08	0,05	-0,05	-0,01	1,00							
EC	-0,01	0,01	-0,05	-0,04	0,11*	1,00						
CaCO ₃	0,01	0,21**	0,11*	-0,09	0,11*	0,05	1,00					
Agregat	0,01	-0,37**	-0,04	0,31**	-0,09	0,00	-0,24**	1,00				
Ana Mat	-0,08	0,09	-0,04	0,00	-0,02	-0,02	-0,03	0,02	1,00			
Drenaj	-0,12*	0,06	-0,06	0,00	0,11*	-0,03	0,07	-0,06	-0,02	1,00		
Fosfor	0,06	0,04	-0,03	0,01	-0,02	0,07	0,02	0,01	0,01	0,02	1,00	
TKI	0,16**	0,43**	0,20**	0,26**	0,21**	0,13**	0,48**	0,15**	0,16**	0,30**	0,46**	1,00

* P<0,05 seviyesinde önemlidir ** P<0,01 seviyesinde önemlidir

Orijinal MEDALUS modeline ilave edilen 6 yeni indikatörün de katkıları ile elde edilen toprak kalitesi indeks değerlerinin alansal dağılımı Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Çalışma alanının % 14,35 gibi küçük bir kısmında, hesaplanan ESA indeksi eşik değer kabul edilen 1,13’den daha düşük olduğundan, toprak kalitesi yüksek olarak haritalanmıştır. Alanın özellikle güney ve kuzey yamaçlarında yer alan yüksek kireç içeriğine sahip, %2-6 gibi hafif eğimde erozyon riski bulunan, organik madde içeriği açısından orta kalitedeki hafif alkali toprakların yer aldığı araziler ile ovanın doğusundan itibaren Yeşilirmak nehri boyunca yer alan kaba tekstürlü araziler ise orta düzeyde toprak kalitesine sahiptirler (Şekil 4.18). Toprak Kalitesi indeksine dahil edilen her bir yeni indikatör, var olan indikatörlerin etkisinin azalmasına neden olmaktadır. İstatistiksel araştırmalarda gözlem sonuçları arasındaki oransal (nispî) farkların mutlak farklardan daha önemli olduğu durumlarda geometrik ortalamaya başvurulur. Diğer bir ifade ile gözlem sonuçlarının her biri bir önceki gözlem sonucuna bağlı olarak değişiyorsa ve bu değişimin hızı saptanmak istenirse geometrik ortalama sağlıklı sonuçlar verir. Bu yüzden toprak kalitesi indeksinin hesaplamasında dikkate alınan 11 adet parametrenin geometrik ortalaması alınmıştır



Şekil 4.18. Çalışma alanına ait toprak kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı

4.4. İklim Kalitesi

Çölleşmeye etki eden en önemli iklim bileşenleri yağış, evaporasyon ve kuraklık olduğundan, iklim kalitesi ile ilgili parametreler belirlenirken bitkilere suyun yararıyla ilgili etki eden yağış, sıcaklık ve kuraklık indeksi gibi parametreler seçilmiştir. Çalışma alanı geniş bir ova ile hemen bitişiğindeki çoğunlukla hafif eğimli arazileri kapsadığından dolayı, iklim parametreleri çalışma alanı içerisinde büyük değişkenlik göstermemektedir. Modelde yağış için üç sınıf belirlenmiş ve kuraklıkta kritik sınır 280 mm olarak tanımlanmıştır. Buna göre araziler yağışı 280 mm'den düşük olanlar, 280 mm ile 650 mm arasında olanlar ve 650 mm'den yüksek olanlar şeklinde 3 sınıfa ayrılmışlardır. Çalışma alanının tamamında yıllık ortalama toplam yağış 445,6 mm olduğundan yağış olarak orta sınıfta yer almış ve 1.5 skorunu almıştır.

Yöntem kısmında da belirtildiği gibi kuraklık katsayısı, FAO'nun (P/ETP) belirttiği gibi toplam yağışın buharlaşmaya oranı ile hesaplanmıştır. Bu hesaba göre çalışma alanındaki örnekleme noktalarına ait kuraklık indeksi değerleri 0,53 ile 0,61 arasında değişmiş ve ortalama kuraklık indeksi 0,54 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında Yeşilirmak nehrinin kuzeyinde kalan araziler yöney olarak kuzey ve güney yamacında kalan araziler ise güney olarak kodlanmış ve skorlanmışlardır. Belirtilen indikatörlerin kullanımı ile hesaplanan iklim kalitesi indeksi değerleri Yeşilirmak nehrinin kuzeyinde 1,21 ve güneyinde ise 1,53 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre çalışma alanının tamamının iklim kalitesi açısından orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

vejetasyonun sağlığının bir göstergesidir, zira ekosistemdeki vejetasyonun tahrip edilmesi veya yeşilin azaltılması, NDVI değerlerinde azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle NDVI'nin belirlenmesi ile bir bölgedeki çeşitli bitki topluluklarının miktarı hakkında çıkarımlar yapmak mümkün olabilmekte ve o bölgedeki bozulma takip edilebilmektedir (Singh ve ark., 1986). Bitki rts ile kaplılık durumuna göre çalışma alanı iki gruba ayrılmıştır (izelge 4.5 ve Şekil 4.20).

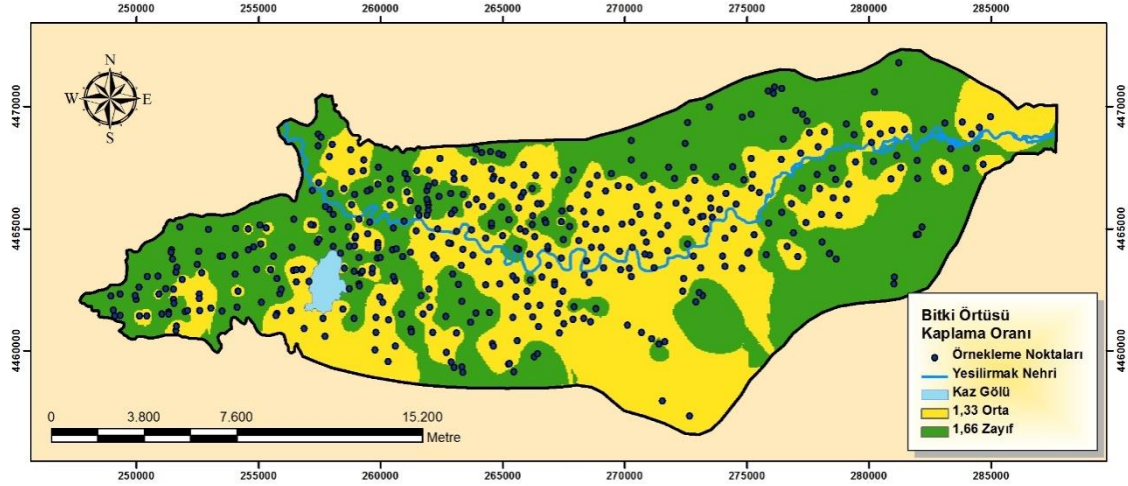
Kazova'da vejetasyon kalitesinin değerlendirilmesinde ele alınan parametrelerin kullanımı, vejetasyon kalitesinin çalışma alanının tamamında düşük olduğunu göstermiştir (izelge 4.5).

Çizelge 4.5. Çalışma alanının vejetasyon kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

	Sınıflar	Değerlendirme	Kapladığı Alan (ha)	Alan (%)
Yangın Riski	1	Düşük	14963,03	44,68
	2	Orta	18474,83	55,17
	3	Yüksek	43,00	0,13
Erozyon Koruma	1	Orta	323,22	0,97
	2	Düşük	4003,19	11,95
	3	ok Düşük	29162,38	87,08
Bitki rts Kaplama Oranı	1	Yüksek	10533,15	31,45
	2	Düşük	22955,64	68,55
Kuraklık Katsayısı	1	Yüksek	446,27	1,33
	2	Orta	6108,31	18,24
	3	Düşük	22966,62	68,58
	4	ok Düşük	3967,60	11,85
Vejetasyon Kalite İndeksi	1	Orta Kalite	313,17	0,94
	2	Düşük – 1	13358,95	39,89
	3	Düşük – 2	19816,68	59,17

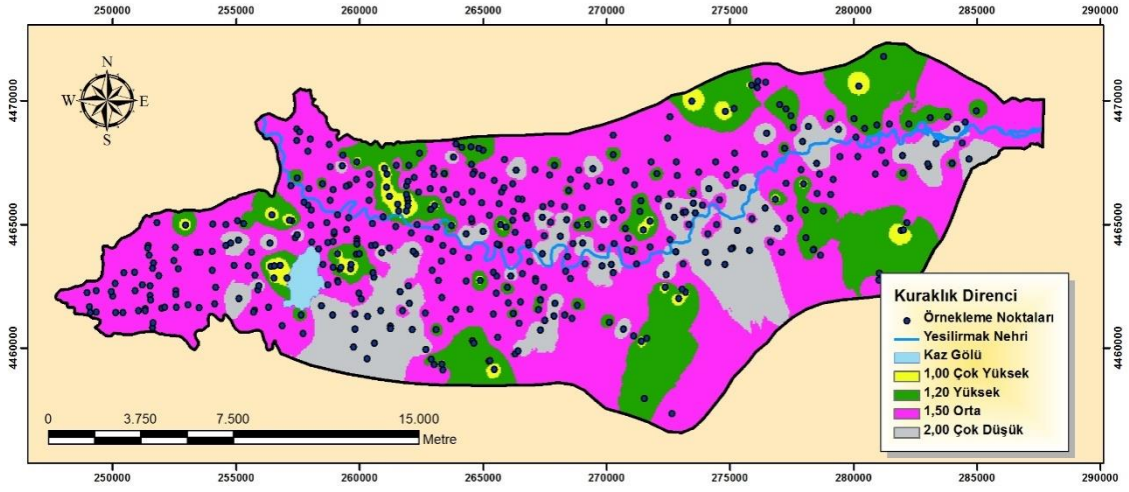
Çalışma alanının güney ve kuzey yamaçlarında yer alan ve çoğunlukla bahçe tesis edilmiş alanlar daha düşük değerler alırken, çalışma alanının geri kalan kısmı nispeten yüksek bitki örtüsü kaplama oranlarına sahip görünmektedir (Şekil 4.20). Tarım arazilerinin yılın büyük bir kısmında bitki ile kaplı bulunması, tarım alanlarının bitki ile kaplılık durumunun bahçelerden daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Çalışma alanında özellikle erozif yağışların olduğu bahar döneminde arazi yüzeyinin bitki ile

kaplı bulunması, yağışların erozyon riskinin de azalmasına neden olmaktadır. Bahçelerde ise, bahar aylarında yabancı ot mücadelesi için yapılan toprak işleme faaliyetleri, bitki ile kaplılık durumunun düşük olmasına neden olmuştur.

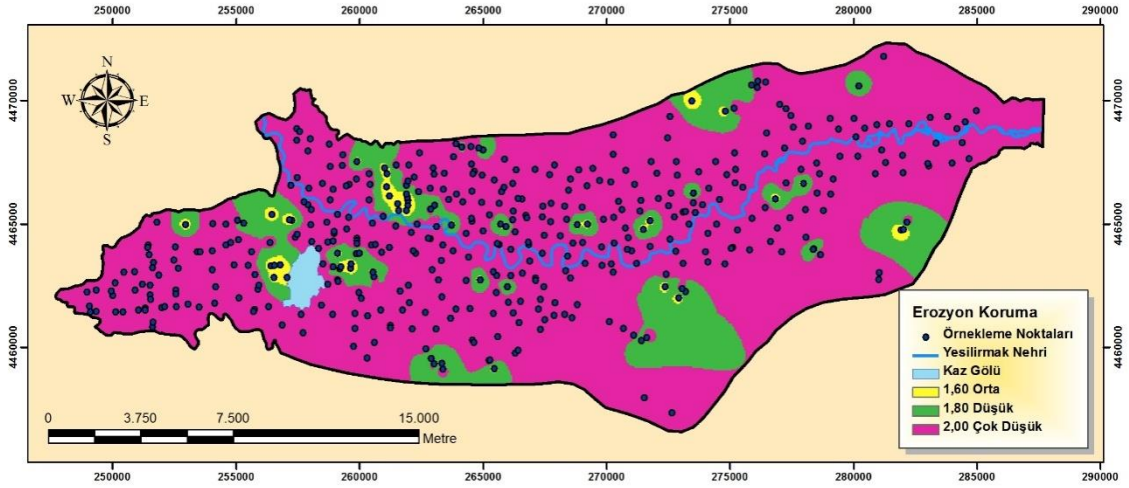


Şekil 4.20. Çalışma alanına ait bitki örtüsü kaplama oranı indikatörü skorlarının alansal dağılımı

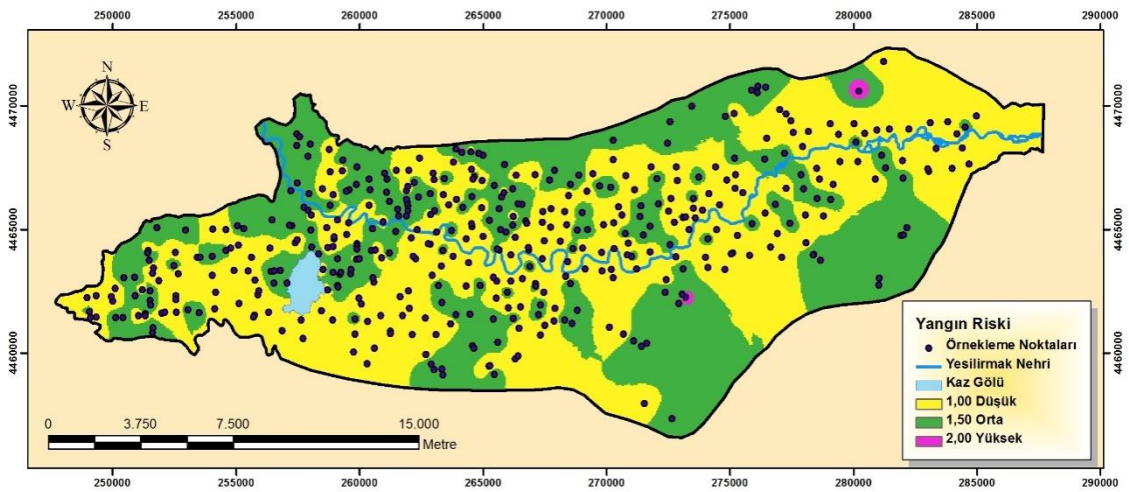
Kuraklık direncine göre çalışma alanında dört farklı sınıf oluşmuştur. Kuraklık sınıfının en düşük olduğu araziler, sebze tarımı ile birlikte yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı arazilere denk gelmektedir. Kuraklık direncinin yüksek olduğu araziler ise, öncelikle mera ve orman örtüsü altındaki arazilerdir. Bu arazilerin yüzeyi yılın büyük bir kısmında bitki ile kaplı olduğundan, kurak ve sıcak yaz ayları boyunca araziden olan buharlaşmanın da düşük olması kuraklık direncinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanının oldukça büyük bir kısmında ise, kuraklık direncinin orta düzeyde olduğu görülmektedir. Bu arazilerde, çoğunlukla pancar, mısır, buğday ve ayçiçeği gibi yoğun toprak işleme yapılmaktadır (Şekil 4.21). Yoğun toprak işlemenin yapıldığı tarım arazilerinin tamamında ise erozyon koruma skorlarının düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.22). Çalışma alanının çoğunluğu işlemeli tarım yapılan araziler olduğu için yangın riski düşük ve orta düzeyde çıkmıştır. Alandaki birkaç nokta çam ormanlarına denk geldiği için yangın riski yüksek olarak skorlanmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.21. Çalışma alanına ait kuraklık direnci indikatörü skorlarının alansal dağılımı

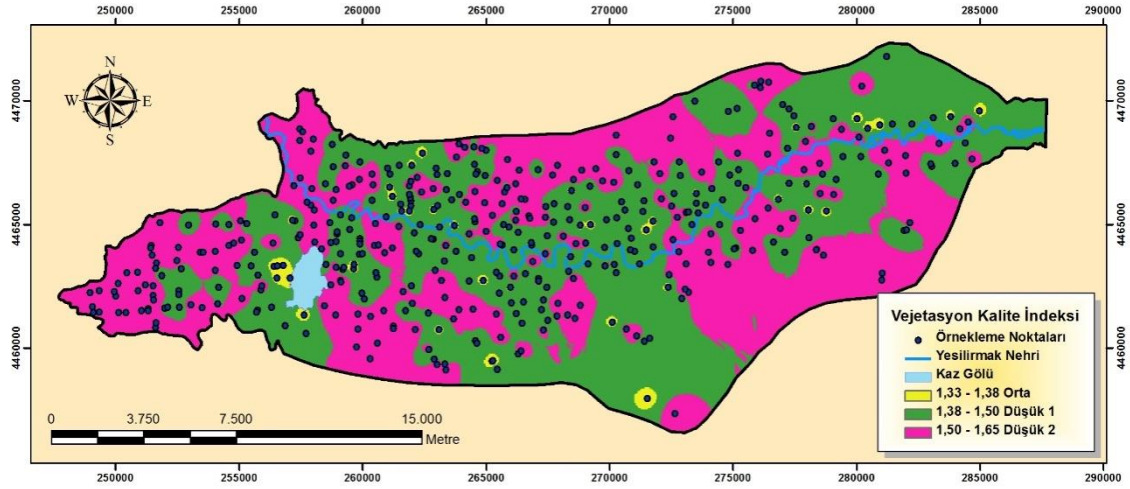


Şekil 4.22. Çalışma alanına ait erozyon koruma indikatörü skorlarının alansal dağılımı



Şekil 4.23. Çalışma alanına ait yangın riski indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Çalışma alanının büyük bir kısmında toprak işlemeli tarımsal üretim yapıyor olması, vejetasyon kalitesinin azalmasına yol açmaktadır. Şekil 4.24’de görüldüğü gibi çalışma alanının büyük bir kısmının vejetasyon kalitesi düşüktür. Eğimli arazilerde yer alan bahçeler ile meralar ve daha uzun süre arazide kalan yonca gibi yem bitkilerinin bulunduğu sahalarda vejetasyon kalitesi 1,38 ile 1,50 arasında değişirken diğer arazilerde 1,50 ile 1,65 arasında değişmiştir.

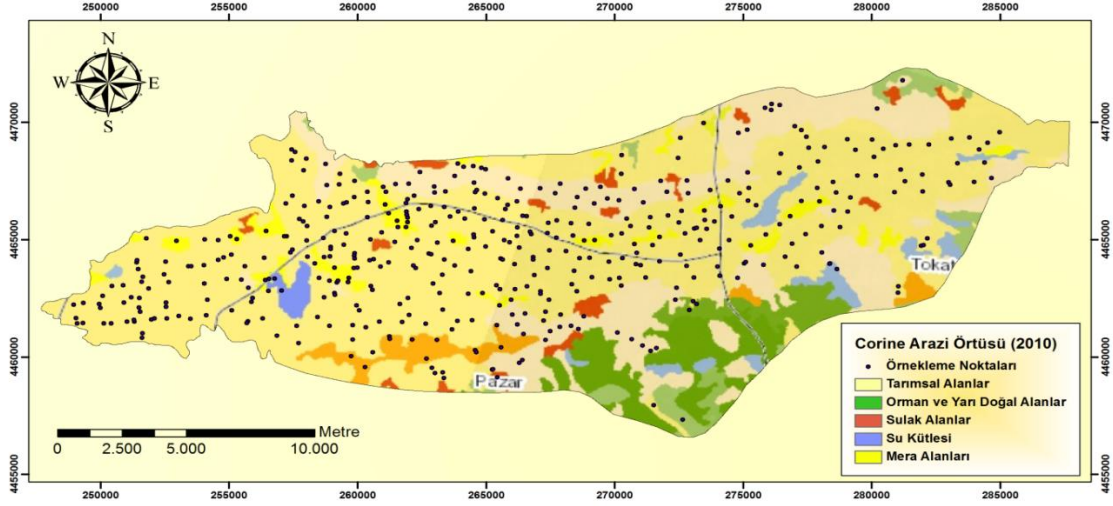


Şekil 4.24. Çalışma alanına ait vejetasyon kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı

4.6. Amenajman Kalitesi

MEDALUS modelini kullanarak çevreye hassas alanları belirleyen Lavado Contador ve ark. (2009) İspanya'da ve İtalya'da Çevre Bilgileri Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment, CORINE) veri tabanını referans almış ve arazi kullanım bilgilerini veri tabanlarından temin etmişlerdir. Bu program uyarınca, tüm AB üyesi ülkelerin aynı standartlarda arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflandırması uydu verileriyle yapılmakta ve bu sınıflandırma her 10 yılda bir yeni verilerle güncellenerek değişimlerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Türkiye’de Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 2000 ve 2006 yıllarındaki Ulusal Arazi Örtüsü haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalara <http://aris.ormansu.gov.tr/crn/> adresinden ulaşmak mümkündür. Çalışma alanına ait CORINE görüntüsü ve verileri de bu veri tabanından alınmıştır (Şekil 4.25). Buna ilaveten çalışma alanında yapılan gözlemler

sonucunda belirlenen arazi kullanımlarının tüm alana enterpolasyonu ile elde edilen, kaplama oranları ve yüzde kaplama miktarları da Çizelge 4.6'de gösterilmektedir.



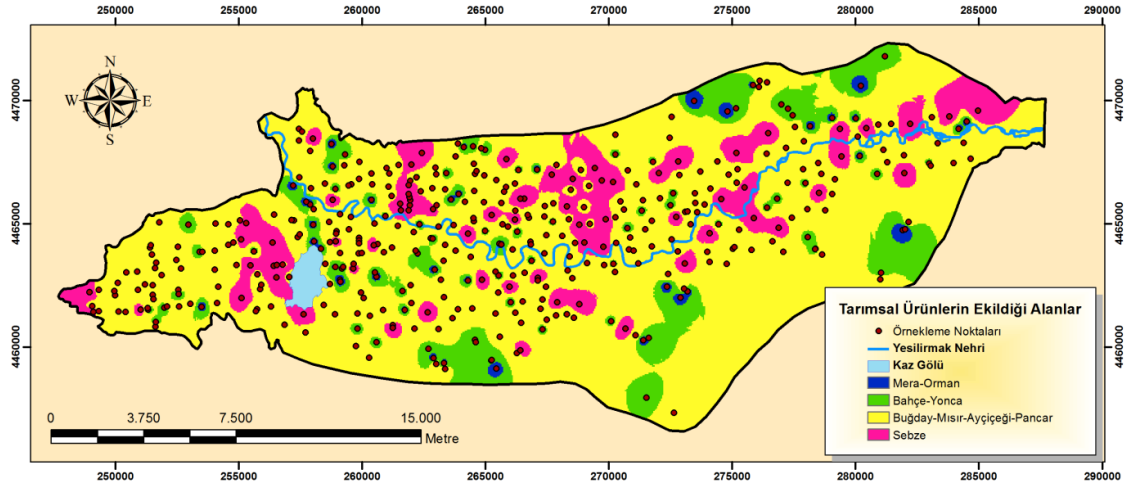
Şekil 4.25. Çalışma alanı 2010 yılı CORINE Arazi kullanımı sınıflaması (Anonim, 2014b).

Buna göre, çalışma alanının oldukça büyük bir kısmında (%82,28) buğday, mısır, ayçiçeği ve pancar gibi birinci ve ikinci ürün bitkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Erozyon açısından en hassas alanların, sebzelikler olduğu kabul edilmiştir. Zira bu tip alanlarda, yapılan aşırı gübreleme ve pestisit kullanımı toprağın ve yüzey sularının kirlenmesine neden olurken, arazinin yetiştiriciliğe uygun hale getirilmesi esnasında yapılan yoğun toprak işleme ise, toprağı bozulmaya karşı hassas bir duruma sokmaktadır.

Çizelge 4.6. Çalışma alanının amenajman kalitesi indikatörleri, sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

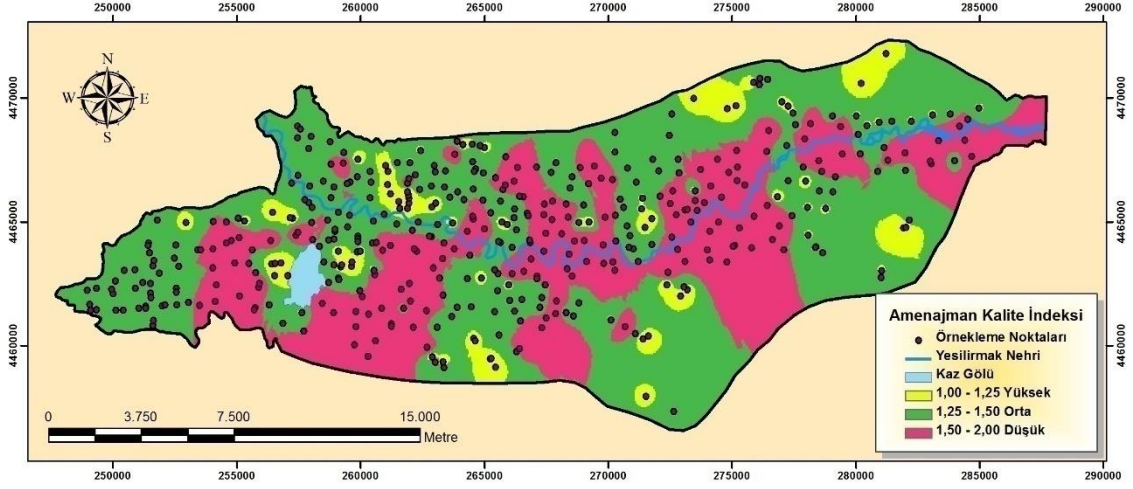
	Sınıflar	Değerlendirme	Kapladığı Alan (ha)	Alan (%)
Tarımsal Ürünlerin Ekildiği Araziler	1	Mera-orman	282,61	0,84
	2	Bahçe-yonca	2922,25	8,73
	3	Buğday-mısır-ayçiçeği- pancar	27553,54	82,28
	4	Sebze	2730,40	8,15
Amenajman Kalitesi	1	Yüksek	1570,34	4,69
	2	Orta	22951,54	68,53
	3	Düşük	8966,91	26,78

Şekil 4.26’de görüldüğü gibi sebze ekili alanlar genelde Yeşilirmak Nehri boyunca yer almaktadır. Yeşilirmak nehri boyunca yer alan bu arazilerde kullanılan yoğun mineral gübreler ve pestisitler benzeri tarımsal girdiler, çoğunlukla kaba tekstürlü olan bu topraklarda yıkanma riski ile karşı karşıyadır. MEDALUS modelinde toprak ve su kaynaklarının kimyasallarla kirletilmesi değerlendirmeye katılmamaktadır. Bu çalışma da elde edilen bilgiler, özellikle yoğun tarımsal üretim sahalarının da dahil edildiği çalışmalarda toprak ve su kaynaklarının kirletilmesinin de bir indikatör ile değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.



Şekil 4.26. Çalışma alanına ait tarımsal araziler indikatörü skorlarının alansal dağılımı

Çalışma alanı daha dar kapsamlı bir alan olduğundan dolayı dikkate alınan tek parametre tarımsal araziler olmuştur. Arazilerin kullanımları esas alınarak yapılan amenajman kalitesi skorları ise, alanın oldukça büyük bir kısmının (22.951,54 ha) orta amenajman kalitesine sahip olduğunu göstermiştir. Bu alanlar çoğunlukla buğday, mısır, ayçiçeği ve pancar gibi yoğun toprak işleme, sulama ve gübreleme gerektiren kültür bitkilerinin ekili olduğu alanlardır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Çalışma alanına ait amenajman kalitesi indeksi değerlerinin alansal dağılımı

4.7. Çevresel Hassas Alanlar İndeksi (ESAI)

ESAI, her biri bireysel parametrelerden hesaplanan toprak kalitesi indeksi, vejetasyon kalitesi indeksi, iklim kalitesi indeksi ve amenajman kalitesi indeksinin geometrik ortalamasıdır. Elde edilen ESAI değerleri, çalışma alanının hemen hemen yarısının kırılğan ve diğer yarısının ise kritik düzeyde çöllleşmeye hassas olduğunu göstermektedir (Şekil 4.28 ve Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Çalışma alanının çevreye hassas alanlar sınıfları, sınıfların kaplama alanları ve yüzdeleri

	Sınıflar	Değerlendirme	Kapladığı Alan (ha)	Alan (%)
ESA indeksi	1	Etkilenmemiş	7,54	0,02
	2	Potansiyel	144,88	0,43
	3	Kırılğan-Düşük	473,39	1,41
	4	Kırılğan-Orta	6324,36	18,89
	5	Kırılğan-Yüksek	16762,39	50,05
	6	Kritik-Düşük	6072,59	18,13
	7	Kritik-Orta	3701,92	11,05
	8	Kritik-Yüksek	1,72	0,01

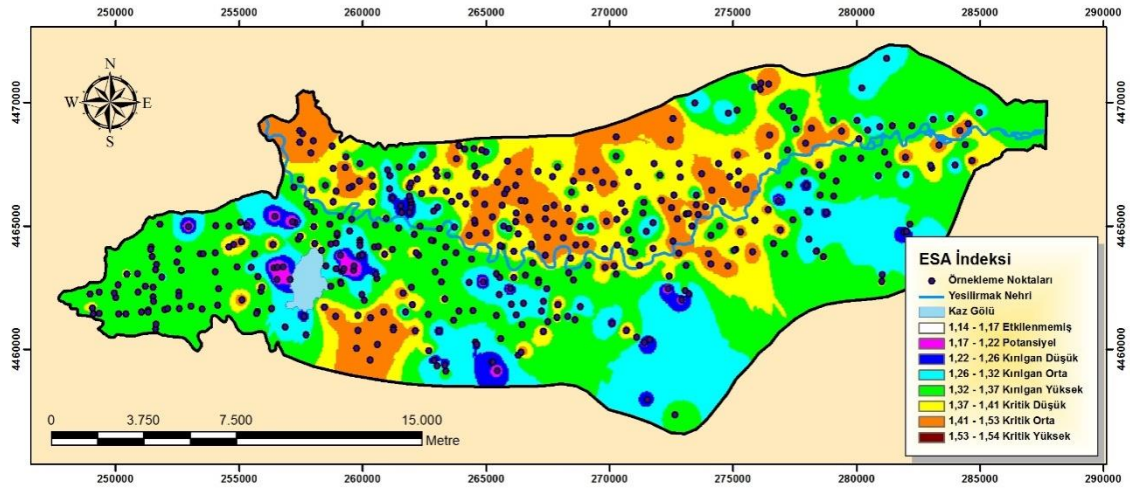
Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESAI) ile toprak, iklim, vejetasyon ve amenajman kaliteleri arasındaki korelasyon testi sonuçları, ESAI'ne en fazla etkili indikatörün Amenajman Kalitesi ($r=0,86$) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.8).

Bununla beraber, ilişkinin en düşük olduğu indikatörün ise toprak kalitesi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, araştırma alanında yer alan arazilerin büyük bir kısmında, toprak işlemenin yapıyor olmasının arazileri bozulmaya karşı daha kırılğan hale getirdiğini göstermiştir.

Çizelge 4.8. Çevreye Hassas Alanlar İndeksi (ESAI) ile toprak, iklim, vejetasyon ve amenajman kaliteleri arasındaki korelasyon testi sonuçları

	Toprak Kalite	İklim Kalite	Vejetasyon kalite	Amenajman Kalite	ESAI
Toprak Kalite	1,00				
İklim Kalite	-0,23**	1,00			
Vejetasyon kalite	0,15**	-0,08	1,00		
Amenajman Kalite	0,03	-0,11*	0,50**	1,00	
ESAI	0,13**	0,312**	0,65**	0,86**	1,00

*P<0,05 seviyesinde önemlidir. **P<0,01 seviyesinde önemlidir.



Şekil 4.28. Çalışma alanına ait çevreye hassas alanlar (ESA) indeksi değerlerinin alansal dağılımı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yoğun girdiler kullanılarak çoğunlukla sulu tarımın yapıldığı arazilerde 400 farklı noktada ve sulanan alanların kuzey ve güney yamaçlarında kuru tarım, mera ve orman olarak kullanılan 51 nokta için çevreye hassas alanlar (ESA) indeksi belirlenmiş ve haritalanmıştır. Oluşturulan ESA indeksi haritası çeşitli disiplinlerden kullanıcıların faydalanabileceği bir altlıktır. Halihazırda çölleşme tehdidi altındaki alanların daha geç olmadan belirlenip tedbir alınmasına imkan tanıyacak bu çalışma sonuçları özellikle bölgede tarımsal üretimin koordine edilmesinden sorumlu olan kamu kurumları için faydalı bilgiler sağlama özeliğine sahiptir. Çalışma sonunda üretilen tez, sonraki yıllarda bölgede arazi bozulması ve çölleşmenin izlenmesi için bir başlangıç olarak kabul edilebilir niteliktedir.

Bu çalışmada toprak kalitesi indeksinin belirlenmesinde, MEDALUS'un orijinalinde yer almayan organik madde, bitkiye yarayışlı fosfor, kireç, elektriksel iletkenlik, pH ve agregat stabilitesi gibi özellikler ilave edilmiştir. İndikatör ilaveleri veya çıkarılmasında tamamen uzman görüşü etkili olmuştur. Sonraki çalışmalarda indikatörlerin ilavesi veya çıkarılmasında, temel bileşenler analizi gibi, veri azaltma yöntemlerinin kullanılması aralarında yüksek düzeyde korelasyon olan değişkenlerin en önemlilerinin kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Veri setindeki benzer bir değişkenliği açıkladığına inanılan ilişkili değişkenlerden bir tanesinin kullanılması, hesaplanan indeks değerinin daha anlamlı olmasına da katkı sağlayacaktır.

Çalışma alanında ESA'ın belirlenmesinde kullanılan dört kalite indeksi ile birlikte bu indekslerin hesaplanmasında kullanılan parametrelerin eşik düzeylerinin dağılımları haritalanmıştır. Bir bütün olarak bakıldığında, çalışma alanının tamamının arazi bozulması anlamında ya kritik ya da kırılmandır. Bu kırılmanlığa veya kritik düzeyde olmasına etki eden en önemli indikatör ise, arazi kullanım türü olduğu görülmektedir. Toprak işleme ile birlikte yılın önemli bir kısmında arazi yüzeyinin erozyona karşı korunaksız kalması, toprak işleme ile birlikte organik maddenin mineralize olarak agregatların zayıflaması, sürekli bitkisel üretim ile bir kısım arazilerde fosfor gibi besin elementlerinin birikiyor olması ve bir kısım arazilerin besin elementlerinin sömürülmesi arazilerin çevresel anlamda hassaslaşmasına neden olmuştur.

Çalışmada hazırlanan genel çevreye hassas alanlar indeksi haritası, kalite indikatörleri haritaları ve bireysel parametrelerin dağılımlarına bakılarak gelecekte sorun oluşturabilecek sahaların belirlenmesi mümkündür. Problem olma olasılığı olan yerlerde, erkenden alınacak tedbirler arazilerin uzun yıllar sürdürülebilir bir mantıkla üretim yapmasını mümkün kılacak ve gelecek nesillere doğal kaynakların daha az zararlarla emanet edilebilmesini sağlayacaktır.

Her geçen gün artan nüfusun beslenme ve giyecek gereksinimi için daha fazla baskı altına aldığımız doğal kaynaklarımızın bu baskıların neden olacağı arazi bozulması ve çölleşme tehdidinden korunması, kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve tarımın geliştirilmesi ile mümkün olabilir. Bu bağlamda, başvurulacak biyo-fiziksel çözümler toprak erozyon kontrolleri, tuzluluğun ıslahı, otlatmanın düzenlenmesi, yeni çeşitlerin ıslahı ve adaptasyonu, var olan sulama sistemlerinin geliştirilmesi, yeni sulama ve hasat teknolojilerinin öğretilmesi ve benimsetilmesi, yangınlar ile etkin mücadele gibi tedbirler ve çözümleri kapsamaktadır.

Modelin toprak kalitesi hesaplamasında ilave edilen yeni parametreler, başlangıçta Akdeniz İklimi etkisi altındaki bölgelerin çölleşmeye hassas alanlarını belirlemek için geliştirilen orijinal modelin gücünü arttırdığına inanılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Adamo, S.B. and Crews-Meyer, K.A., 2006. Aridity and desertification: exploring environmental hazards in Jáchal, Argentina. *Appl. Geogr.* 26, 61–85.
- Ali R. R., El Baroudy A. A., 2008. Use of GIS in mapping the environmental sensitivity to desertification in Wadi El Natrun depression, Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2 (1): 157-164.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal* 68, 1945-1962.
- Anonim, 1996. Soil Quality Indicators: Aggregate Stability. Soil Quality Information Sheet. USDA Natural Resources Conservation Service. p. 1-2.
- Anonim, 1999. Functions of Phosphorus in Plants. *Better Crops/Vol.* 83: 1. p5-7.
- Anonim, 2007. Rapid Soil Analysis Services. www.clw.csiro.au/services/ 19 Şubat 2007.
- Arar, A., Chenchouni, H. and 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.
- Baartman, J.E.M., Van Lunden, G.W.J., Reed, M.S., Ritsema, C.J. and Hessel, R., 2007. Desertification and land degradation: origins, processes and solutions. DESIRE report series no4, ISRIC, Netherlands.
- 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
- Basso, F., Bove, E., Dumontet, S., Ferrara, A., Pisante, M., Quaranta, G. And 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.
- Bayramin, İ., 2003, Beypazarı Topraklarının Medalus Metoduna Göre Toprak Kalite İndekslerinin Belirlenmesi.
- Benabderrahmane, M.C. and 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
- 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 Rato’n; 1–16.
- Bouyoucos, G.H., 1951. A Recalibration of the Hydrometer for making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy J.* 43: 438.
- Brandt, J., Nichola, G., Imeson, A., 2003. A desertification indicator system for the Mediterranean Europe. <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads.htm>
- 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.

- Doğan, H.M., Kılıç, O.M. ve Yılmaz, D. S., 2014. Tokat İli Bitki Yoğunluk Sınıflarının LANDSAT-7 ETM+ Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Araştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 31 (1), 50-56. doi:10.13002/jafag686
- Doran, J. W. and Parkin, T. B., 1994. Defining and assessing soil quality. Pages 3-21 in J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart, eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Special Pub. 35, Soil Science Society of America Inc., Madison, WI.
- Durak, A., Günal, H., Akbaş, F., Kılıç, S., 2006. Long term cultivation effects on soil properties in pastures. *Asian Journal of Chemistry*. Vol. 18-3:1953-1962.
- Duran, C. 2007. Uzaktan Algılama teknikleri ve Bitki Örtüsü Analizi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü 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).
- Friedel, M.H., Sparrow, A.D., Kinloch, J.E. and Tongway, D.J., 2003. Degradation and recovery processes in and grazing lands of central Australia. Part 2: vegetation. *J Arid Environ* 55:327–48.
- Gao, J. and Liu, Y., 2010. Determination of land degradation causes in Tongyu County. Northeast China via land cover change detection. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 12, 9–16.
- Gee, G.W., and Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. In A. Klute (ed.), *Methods of soil analysis*. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Geeson, N.A., Brandt, C.J. and Thornes, J.B., 2002. *Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses*. Ed. Wiley.
- 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.
- Gregorich, E. G., Monreal, C. M., Carter, M. R., Angers, D. A., and Ellert, B.,1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 74(4), 367-385.
- Güenal, H., Erşahin, S., Yetgin, B. ve Kutlu, T., 2008. Use of Chromameter-Measured Color Parameters in Estimating Color-Related Soil Variables. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. Vol: 38; Issue 56:726-740.
- 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.
- Imeson, A.C., 1988. Unavı’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’blicas y Urbanismo (MOPU), Madrid; 161–181.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III Toprak Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim Araştırma Geliştirme Vakfı Yayınları No.3.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. and Schuman, G.E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4–10.

- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 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.
- Kishchuk, B., Maynard, D. and Curran, M., 1999. *Calcareous Soils. Technology Transfer Note Number 15*. Pacific Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. Victoria, BC.
- Kosmas, C., Ferrara, A., Briasouli, H. and Imeson, A., 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In *The Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification*, Kosmas C, Kirkby M, Geeson N (eds). European Union 18882: 31–47. ISBN 92-828-6349-2.
- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N. and Karavitis, C., 2003. Identification of indicators for desertification. *Ann. Arid Zones*;42:393–416.
- Larson, W. E. and Pierce, F. J., 1991. Conservation and enhancement of soil quality. Pages 175-203 in *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. Int. Board Soil Res. and Management (IBSRAM). Proc. 12 (Vol' 2)' Bangkok, Thailand.
- Lavado Contador, J.F., Schnabel, S., Gomez Gutierrez, A. and Pulido Fernandez, M., 2009. Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura, SW Spain. *Land Degrad. Develop.* 20 (2), 129 - 144.
- Le Bissonnais, Y., 1996. Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology. *Eur J Soil Sci* 47:425–437.
- Leytem A.B. and Mikkelsen, L.R., 2005. The Nature of Phosphorus in Calcareous Soils. *Better Crops*. 89 (2): 11-13.
- 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.
- Montanarella, L., 2007. Trends in land degradation in Europe. In: Sivakumar, M.V., N'diangui, N. (Eds.), *Climate and Land Degradation*. Springer, Berlin, pp. 83–104.
- Mousavi, S.R., 2011. Zinc in Crop Production and Interaction with Phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 01/2011; 5:1503-1509.
- Nelson, D.W. and 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.
- Novinpour, E.A., 1993. *Tokat-Kazova'nın Hidrojeoloji İncelenmesi. Doktora tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular* 9398:1–19.
- Özçağlar, A., 1988. *Kazova'nın Coğrafyası, Basılmamış Doktora Tezi* Ankara Ü., Sos. Bil. Ens. (), Ankara.
- 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

- Parvari, S. H., Pahlavanravi, A., Nia, M., Reza, A., Dehvari, A. and Parvari, D., 2011. Application of Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAS) to Desertification in Dry Bed of Hamoun Wetland (Iran). *ECOPERSIA*, (1), 65-80.
- Reeves, D.W., 1997. The role of organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Res.* 43:131-167.
- Rengasamy, P., 2006. World salinization with emphasis on Australia. *J Exp Bot.* 57(5):1017–23.
- 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.
- 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.
- 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., Ceccarelli, T. and Perini, L., 2009. Developing a synthetic index of land vulnerability to drought and desertification. *Geogr. Res.* 47(3), 280-291.
- Salvati, L., Zitti, M., and Perini, L., 2013. Fifty Years On: Long-Term Patterns Of Land Sensitivity To Desertification In Italy. *Land Degradation & Development*. DOI: 10.1002/ldr.2226.
- 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.
- Singh, R.S., S.K. Singh and Maurya, D.M., 1986. Metroglyph analysis of low land rice cultivars. *Int. Rice Res. Newsletter*, 11(4): 10.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd ed. USDA/NRCS. Agric. Handb. 436. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. Available online at ftp://ftpfc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/tax.pdf (verified January 24, 2011).
- 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>).
- Trisorio-Liuzzi, G. and Hamdy, A., 2002. Desertification: causes and strategies to compete. *Options Me'diterrane'ennes*, Serie A No: 50.
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment.* 8: 127-150
- 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 (United Nations Convention to Combat Desertification), 1999. Secretariat for the Convention to Combat Desertification, 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.
- 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
- 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 & Development* 22: 150–65.
- 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.
- Winslow, M.D., Vogt, J.V., Thomas, R.J., Sommer, S., Martius, C. and Akhtar-Schuster, M., 2011. Science for improving the monitoring and assessment of dryland degradation. *Land Degradation & Development* 22: 145–49.
- Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E. ve Akbaş, F., 2012. Türkiye bitki örtüsünün NDVI verileri ile zamansal ve mekansal analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 21 (2):50-56.

ÖZGEÇMİŞ

Ziraat Mühendisi Sabri CANKAR

Doğum Yeri ve Yılı	Antalya- 1988
Yazışma Adresi	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 60240 Tokat / Türkiye
Telefon	(0 356) 252 16 16 / 2145 - 0 539 244 73 33
Faks	(0 356) 252 14 80
e-posta	sabricankar_07@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Yılı
Türkiye	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Ziraat Fakültesi	Toprak	Lisans	2011
Türkiye	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	Toprak	Yüksek Lisans	2011- Devam

Yüksek Lisans Tez

Kazova Topraklarının MEDALUS Yöntemi ile Çölleşme Durumu ve Toprak Kalitesinin Belirlenmesi

Uzmanlık Alanları

Genel Toprak, Toprak Kalitesi, Toprak Sağlığı ve Sürdürülebilirliği, Çölleşme

Yayımlar

Acir, N., Gunal, H., Mutlu, N., **Cankar, S.**, Akyol, N. 2013. Drenaj Faaliyetleri Sonrası Kaz Gölü Çevresindeki Toprak Özellikleri ve Vejetasyonun Mesafeye Bağlı Değişimleri. 3. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim 2013. Tokat. Bildiriler Kitabı. 1-15.

Görev Aldığı Projeler

Kurak ve Yarı Kurak İki Farklı Bölgede Toprak kalitesinin Değerlendirilmesi ve İzlenebilirliği için Minimum Veri Setlerinin Belirlenmesi ve Yeni Skorlama Eğrilerinin Geliştirilmesi. **TUBITAK/COST PROJESİ. Proje Asistanı**

Katıldığı Eğitimler

Ulusal Gençlik Parlamentosu VIII. Olağan Genel Kurul Toplantısı,(16 - 20 Mayıs 2012)