



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ



GÖKÇEADA TOPRAKLARININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİ

VE EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Remzi İLAY

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

GÖKÇEADA TOPRAKLARININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİ
VE EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ
Remzi İLAY

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 28/04/2016

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

ÇANAKKALE

Remzi İLAY tarafından Prof. Dr. Yasemin KAVDIR yönetiminde hazırlanan ve **28/04/2016** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Gökçeada Topraklarının Bazı Kalite Parametreleri ve Erozyon Riskinin Belirlenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

Başkan

Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

Üye

Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

Üye

Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN

Üye

Yrd. Doç. Dr. Orhan YÜKSEL

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu tez çalışması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2012/17 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Remzi İLAY

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sũresince, yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Yasemin KAVDIR'a, çalışma sũresince fikir ve önerilerinden faydalandığım sayın bũlũm hocalarım ve mesai arkadaşlarıma, haritalamanın yanında birçok konuda yardımcı olan Dr. Yusuf YİğİNİ'ye, hayatımın her evresinde bana destek olan eőim Aliye İLAY ve aileme, arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri sũresince yardımlarını esirgemeyen bũlũm õęrencilerimize sonsuz teőekkũrleri sunarım.

Remzi İLAY

anakkale, Nisan 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde Oranı
µm	Mikromol
273	Sıcaklık Düzeltmesinde, Kelvin'e Çevirmek İçin Kullanılan Katsayı
760	Basınç Düzeltmesinde mm Hg İçin Kullanılan Katsayı
AS	Agregat Stabilitesi
C	Karbon
C/N	Karbon- Azot Oranı
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CL	Labile Karbon
Cl	Klörür
Cmic	Mikrobiyal Karbon
CORINE	Çevresel Bilginin Kordinasyonu
CO ₂	Karbondioksit
dB	Kuru Hacim Ağırlığı
DHD	Düzeltilmiş Hidrometre Değeri
DTPA	Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
EC	Elektriksel İletkenlik
EPIC	Erozyon Verimlilik Etki Hesaplama
ESP	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
FKT	Fırın Kuru Toprak
g	Gram
H	Hidrojen
ha	Hektar
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
hPa	Hektopaskal
hr	Saat
IC	İnorganik Karbon
K	Potasyum
km ²	Kilometrekare
LISEM	Fiziksel Temelli Toprak Erozyon Modeli
m	Metre

mA	Miliamper
Mg	Magnezyum
Mj	Megajoule
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimol
MVS	Minimum Veri Seti
N	Azot
Na	Sodyum
NO ₃ ⁻	Nitrat
O	Oksijen
OC	Organik Karbon
°C	Santigrat
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OM	Organik Madde
P	Fosfor
P	Barometre ile Ölçülen Ortamın Hava Basıncı -(mm Hg) (CaCO ₃ analizinde)
p	Ölçüm Yapılan Sıcaklıktaki Su Buhar Basıncı -(CaCO ₃ analizinde)
Pg	Petagram
pH	Toprak Reaksiyonu
ppm	Milyonda Bir Kısım
RSD	Relatif Standart Sapma
RUSLE	Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
RUSLE-K	Toprak Erodabilite Faktörü
S	Kükürt
sn	Saniye
SO ₄ ⁻²	Sülfat
SWAT	Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
t	Ton
t	Deneyin Yapıldığı Andaki Ortamın Sıcaklığı- (CaCO ₃ analizinde)
TC	Toplam Karbon
TIC	Toprak İnorganik Karbonu
TN	Toplam Azot
TOK	Toprak Organik Karbonu

TOM	Toprak Organik Maddesi
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
USLE	Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
USPED	Matematiksel Erozyon/Birikme Modeli
Vo	Kalsimetrede Okunan CO ₂ hacmi (cm ³)
WEPP	Su Erozyonu Tahmin Projesi
Zn	Çinko



ÖZET

GÖKÇEADA TOPRAKLARININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİ VE EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Remzi İLAY

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

28/04/2016, 111

Organik ada olarak da kabul edilen Gökçeada'da canlılığın sürdürülebilirliği için mevcut doğal kaynakların kalite ve korunmasına yönelik tespitlerin yapılarak gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Ekosistemin sürdürülebilirliği için toprak en temel doğal kaynaklardan biridir. Diğer kaynaklar gibi toprak ve toprak kalitesinin sürdürülebilir olması için mevcut kaynak korunarak özelliklerinin belirlenmesi ve varsa riskler belirlenerek mevcut durumun daha kötüye gitmemesi için önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla yürütülen çalışmada; toprağın sürdürülebilir olmasında önemli bir yere sahip olan toprağın fiziksel ve kimyasal kalite parametrelerinin mevcut durumunun belirlenmesi ve Gökçeada'nın toprak erodobilite faktörü (RUSLE-K) tespit edilip, risk oluşturabilecek alanlarda gerekli önlemlerin alınması veya korunması konu edilmiştir.

Bu kapsamda 248 lokasyondan yüzey toprak örneği alınmış olup arazi örtüsü tipleri CORINE 2006 sınıflandırması yardımıyla belirlenen bu lokasyonlara ait örnekler çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Toprak örneklerinde, pH (toprak reaksiyonu), EC (elektriksel iletkenlik), toprak tekstürü, CaCO₃ (kalsiyum karbonat), TN (toplam azot), TC (toplam karbon), TOK (toprak organik karbonu), AS (agregat stabilitesi), C/N (karbon azot oranı), dB (kuru hacim ağırlığı), suda çözünebilir majör anyon ve katyonlar gibi bazı fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri belirlenerek aralarındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Yine bu parametrelerin bazıları ve geçirgenlik sınıfları kullanılarak aynı zamanda toprak kalite parametresi olarak da nitelendirilen erozyona duyarlılığın (RUSLE-K) yanında toprakların kalite indeksi (TKİ) belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre topraklarda ortalama %2,11 TOK; %0,15 TN; %2,99 CaCO₃

bulunduğu; %17,34'ünün "hafif asit", %43,15'inin "hafif alkali", %38,31'nin "nötr", %1,21'lik kısmının "orta asit ve alkali" pH sınıflamasında yer aldığı; AS ortalamasının %70,51; toprak bünyelerinin %91,93'ünün orta, %5,24'ünün ağır ve %2,83'ünün hafif bünyeli olduğu; topraklarda genel olarak herhangi bir tuzluluk probleminin olmadığı; ada topraklarında belirlenen RUSLE-K faktörüne göre, adanın %48,17'sinde düşük, %51,83'ünde ise orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riskinin olduğu tespit edilmiştir. Arazi örtüsüne göre RUSLE-K değerleri ortalamalarındaki farkların, istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu ortaya çıktığı; TKİ değerlerinin ise; %31,58 ile %84,21 arasında değiştığı, genel indeks ortalamasının %57,23 olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Gökçeada, Toprak kalitesi, RUSLE-K.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME SOIL QUALITY PARAMETERS AND EROSION RISK OF GÖKÇEADA

Remzi İLAY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Science

Doctoral Dissertation in Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

28/04/2016, 111

As having a great potential for organic agriculture, Gökçeada's natural resources should be carefully studied and evaluated. Soil is one of the main natural resources for the sustainability of ecosystem. To make the soil and the soil quality sustainable, existing resources should be conserved and their characteristics should be determined and also risks should be determined and necessary precautions should be taken not to make the present situations worse. In this study, we carried out quantitative analysis to reveal the present situation in Gökçeada. For the purpose, a series of physical and chemical variables which are significant for sustainable soil management and soil erodibility (RUSLE-K) for Gökçeada were analyzed in the study area.

In this scope, surface soil samples were taken from 248 locations, and these samples formed the material of this study. Land cover types of locations were determined by Corine 2006 Classification. In soil samples, some physical and chemical quality parameters like pH (soil reaction), EC (electrical conductivity), soil texture, CaCO₃ (calcium carbonate), TN (total nitrogen), TOK (soil organic carbon), AS (aggregate stability), C/N (carbonate and nitrogen ratio), dB (bulk density), water soluble major anions and cations, and their relationships were determined. Also by using some of these parameters and permeability classes, soil erodibility (RUSLE-K), which is also described as soil quality parameter, and soil quality index (TKI) were determined.

According to analyze results; TOK, TN and CaCO₃ mean contents were determined 2,11%, 0,15% and 2,99% respectively; 17,34% of soils were slightly acid, 43,15% of soils were slightly alkaline, 38,31% of soils were neutral and 1,21% of soils were moderately

acid - alkaline; mean value of AS for samples was 70,51%; 91,93% of soil classified as medium textured, 5,24% of soil was classified as heavy textured and 2,83% of soil was classified as light textured; there were not a saltiness problem in general; according to RUSLE-K values there was low erosion risk in 48,17% of samples, and medium high and very high erosion risk in %51,83 of samples, and differences of RUSLE-K values for land cover types were statistically significant ($p<0,05$). And also TKIs of soils varied between 31,58% and 84,21%, and TKI average was found 57,23%.

Keywords: Gökçeada, Soil quality, RUSLE-K.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Toprak Kalitesi ve Tanımı.....	4
2.1.1. Bazı Kimyasal Kalite Parametreleri	10
2.1.1.1. Toprak Organik Karbonu (TOK).....	10
2.1.1.2. Toprak Toplam Azotu (TN).....	14
2.1.1.3. Toprakta Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃).....	15
2.1.1.4. Toprak Reaksiyonu (pH).....	16
2.1.1.5. Elektriksel İletkenlik (EC) ve Suda Çözünebilir Bazı İyonlar	17
2.1.2. Bazı Fiziksel Kalite Parametreleri.....	20
2.1.2.1. Toprak Tekstürü (Bünyesi)	20
2.1.2.2. Toprak Strüktürü.....	21
2.1.2.3. Agregat Stabilitesi (AS).....	22
2.2. Toprak Erozyonu ve Önemi	24
2.2.1. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi).....	25
2.2.2. Toprak erodobilite faktörü (RUSLE-K)	28
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT	31
3.1. Materyal.....	31
3.1.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı.....	31
3.1.1.1. Gökçeada.....	31
3.1.1.2. Jeolojik Yapısı.....	32

3.1.1.3. Hidroloji.....	36
3.1.1.4. Meteorolojik Veriler.....	37
3.1.1.5. Bitki Örtüsü.....	38
3.1.1.6. Toprak.....	39
3.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	43
3.1.3. Kullanılan Cihazlar.....	43
3.2. Yöntem.....	44
3.2.1. Toprakların Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi ve Örneklerin Alınması.....	44
3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması.....	45
3.2.3. Toprak Örneklerinde Kimyasal Analizler.....	46
3.2.3.1. Toprakta Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃).....	46
3.2.3.2. Toprak Toplam Azotu (TN) ve Toprak Toplam Karbonu (TC).....	48
3.2.3.3. Karbon Azot Oranı (C/N).....	49
3.2.3.4. Toprak Organik Karbonu (TOK) ve Toprak Organik Maddesi (TOM).....	49
3.2.3.5. Toprak Reaksiyonu (pH).....	49
3.2.3.6. Elektriksel İletkenlik (EC).....	49
3.2.3.7. Suda Çözünebilir Bazı Anyon ve Katyonların Belirlenmesi Ekstraksiyon İşlemi.....	50
3.2.3.8. Topraklarda SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı ve ESP (Değişebilir Sodyum Yüzdesi) belirlenmesi.....	54
3.2.4. Toprak Örneklerinde Fiziksel Analizler.....	54
3.2.4.1. Toprak Tekstürü (Bünyesi).....	54
3.2.4.2. Toprak Strüktürü.....	56
3.2.4.3. Agregat Stabilitesi (AS).....	56
3.2.4.4. Geçirgenlik Sınıfı.....	57
3.2.4.5. Kuru Hacim Ağırlığı (dB).....	58
3.2.5. Toprakların Erozyona Duyarlılık Faktörünün Belirlenmesi (RUSLE-K).....	59
3.2.6. Toprakların Kalite İndekslerinin Belirlenmesi (TKİ).....	59
3.2.7. Haritalama.....	61
3.2.8. İstatistiksel Analiz.....	61
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	62
4.1. Örneklenen Noktaların Corine 2006 Sınıflama Sistemine Göre Durumları.....	62
4.2. Topraklara Ait Bazı Kimyasal ve Fiziksel Parametreler.....	64

4.2.1. Toprakların Organik Karbon (TOK) Durumu.....	71
4.2.2. Toprakların Toplam Azot (TN) Durumu	73
4.2.3. Toprakların Karbon Azot Oranı (C/N) Durumu	74
4.2.4. Toprakların Kireç (CaCO ₃) Durumu	74
4.2.5. Toprakların Reaksiyonu (pH) Durumu.....	76
4.2.6. Toprakların Elektriksel İletkenlik (EC) Durumu	78
4.2.7. Toprakların Suda Çözünebilir Bazı Anyon ve Katyon Durumu.....	80
4.2.8. Toprak Tekstürü ve Sınıfları	82
4.2.9. Toprakların Geçirgenlik Sınıfları	86
4.2.10. Toprakların Strüktür Tipleri.....	86
4.2.11. Toprakların Agregat Stabilitesi (AS).....	87
4.2.12. Toprakların Kuru Hacim Ağırlıkları (dB).....	88
4.2. Toprakların Erozyona Duyarlılık Durumları (RUSLE-K)	89
4.3. Gökçeada Topraklarının Kalite (TKİ) Durumları.....	91
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR	96
EKLERİ	I
Ek Çizelge 1. Gökçeada'ya ait bazı meteorolojik veriler	II
Ek Çizelge 2. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar	IV
ÖZGEÇMİŞ	VI

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Sürdürülebilirlik ve toprak kalitesi için kavramlar ve öznitelikler arasındaki ilişkiler.....	6
Şekil 2.2.	Ayrışma ve fiksasyon yoluyla topraktaki karbonatlar ve CO ₂ arasındaki ilişki.....	15
Şekil 2.3.	Toprak agregasyonunu etkileyen faktörler.....	23
Şekil 2.4.	Toprakların erozyon duyarlılığı namogramı.....	29
Şekil 3.1.	Gökçeada'nın coğrafi konumu.....	31
Şekil 3.2.	Gökçeada'nın yöney (bakı)haritası.....	32
Şekil 3.3.	Gökçeada eğim grupları (%).....	33
Şekil 3.4.	Gökçeada eşyükselti ve yükseklik haritası.....	34
Şekil 3.5.	Gökçeada'da bulunan bazı jeolojik oluşumlar.....	35
Şekil 3.6.	Gökçeada'da bulunan yeryüzü şekilleri.....	35
Şekil 3.7.	Gökçeada'da bulunan bazı su kaynakları.....	36
Şekil 3.8.	Gökçeada'nın hakim bitki örtüleri.....	38
Şekil 3.9.	Gökçeada'nın büyük toprak grupları.....	39
Şekil 3.10.	Büyükdere'nin oluşturduğu vadi tabanı alüvyal/kolüvyal topraklar.....	41
Şekil 3.11.	Adada erozyona uğramış bazı alanlar.....	42
Şekil 3.12.	Çalışma kapsamında örneklenen noktaların dağılımı.....	45
Şekil 3.13.	Örnekleme ve arazi şekillerine ait bazı fotoğraflar.....	45
Şekil 3.14.	Örneklerin analize hazırlanması.....	46
Şekil 3.15.	Örneklerde CaCO ₃ analizi.....	47
Şekil 3.16.	Toprak örneklerinin toplam C ve N analizi.....	48
Şekil 3.17.	Toprak örneklerinin EC ve pH analizi.....	50
Şekil 3.18.	İyon analizi için ekstraksiyon işlemleri.....	51
Şekil 3.19.	Anyon analizi kalibrasyonuna ait standart anyon pikleri.....	52
Şekil 3.20.	Kasyon analizi kalibrasyonuna ait standart anyon pikleri.....	53
Şekil 3.21.	İyon kromatografisinde kullanılan yazılım.....	54
Şekil 3.22.	Toprak örneklerinde CaCO ₃ ve OM giderme işlemi.....	55
Şekil 3.23.	Toprak tekstürünün belirlenmesi.....	56
Şekil 3.24.	Kuru hacim ağırlıklarının belirlenmesi.....	59
Şekil 3.25.	Toprakların kalite indekslerinin hesaplanmasındaki akış şeması.....	61
Şekil 4.1.	Gökçeada'nın arazi örtüsü durumu (I. Seviye).....	63
Şekil 4.2.	Örnekleme noktalarının arazi örtüsü durumuna göre dağılımı.....	63
Şekil 4.3.	Gökçeada topraklarının TOK durumları.....	71
Şekil 4.4.	Gökçeada TOK haritası.....	72
Şekil 4.5.	Gökçeada topraklarının TN durumları.....	73
Şekil 4.6.	Gökçeada TN haritası.....	74
Şekil 4.7.	Gökçeada topraklarının CaCO ₃ durumları.....	75
Şekil 4.8.	Gökçeada CaCO ₃ haritası.....	76
Şekil 4.9.	Gökçeada topraklarının pH durumları.....	77
Şekil 4.10.	Gökçeada pH haritası.....	78
Şekil 4.11.	Gökçeada topraklarının EC durumları.....	79
Şekil 4.12.	Gökçeada EC haritası.....	80
Şekil 4.13.	Gökçeada'nın toplam kasyon haritası.....	81
Şekil 4.14.	Gökçeada'nın toplam anyon haritası.....	82
Şekil 4.15.	Gökçeada topraklarının kil dağılım haritası.....	83
Şekil 4.16.	Gökçeada topraklarının kum dağılım haritası.....	84

Şekil 4.17. Gökçeada topraklarının silt dağılım haritası.....	84
Şekil 4.18. Gökçeada topraklarının bünye sınıfı dağılımı	85
Şekil 4.19. Gökçeada topraklarının geçirgenlik sınıfı durumlarının oranları	86
Şekil 4.20. Gökçeada topraklarının strüktür tipi dağılımı.....	87
Şekil 4.21. Gökçeada topraklarının agregat stabilite (%) haritası.....	88
Şekil 4.22. Gökçeada topraklarının erozyon risk durumu	90
Şekil 4.23. Gökçeada topraklarının erozyon risk durumu (RUSLE-K) haritası	90



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Toprak kalitesi ve ölçülebilir çeşitli ölçeklerdeki değerlendirilmesindeki potansiyel biyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreler.....	7
Çizelge 2.2. Toprak kalitesi, sağlığı ve durumunu göstermek için MSV’de bulunan ve önerilen fiziksel, biyolojik ve kimyasal toprak indikatörleri	8
Çizelge 2.3. Kanada tarımsal çevre indikatörleri.....	9
Çizelge 2.4. Bazı toprak kalite indikatörleri ve etkileri	9
Çizelge 2.5. Bazı Avrupa birliği ülkeleri tarafından kullanılan ve önerilen toprak ve su kalitesiyle ilişkili bazı tarımsal-çevre indikatörleri	10
Çizelge 2.6. Toprak C’sini etkileyen faktörler.....	12
Çizelge 2.7. Bazı erozyon ve sediment taşınma modelleri.....	28
Çizelge 2.8. Bazı RUSLE-K faktörü sınıflama değerleri.....	30
Çizelge 3.1. Gökçeada arazilerinin yöney dağılımı	32
Çizelge 3.2. Gökçeada eğim gruplarının alansal oranları.....	33
Çizelge 3.3. Gökçeada’daki büyük toprak grupları	39
Çizelge 3.4. Gökçeada arazi sınıflarının alansal durumu	41
Çizelge 3.5. Gökçeada’da eğim gruplarına göre su erozyonu ve toprak derinliği	42
Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan bazı sarflar.....	43
Çizelge 3.7. Çalışma kapsamında kullanılan alet ve cihazlar.....	43
Çizelge 3.8. Anyon analizde iyon kromatografisinin çalışma şartları	51
Çizelge 3.9. Anyon standartlarına ait kalibrasyon değerleri.....	52
Çizelge 3.10. Katyon standartlarına ait kalibrasyon değerleri.....	53
Çizelge 3.11. Tekstür sınıfına bağlı geçirgenlik sınıfları	57
Çizelge 3.12. Toprak kalite indeks değerleri ve ilgili özelliklerin eşik değerleri.....	60
Çizelge 4.1. Arazi örtüsüne göre örneklerin dağılımı	62
Çizelge 4.2. Toprak örneklerinde belirlenen parametreler ve bu parametrelere ait ortalama ve standart hata değerleri.....	64
Çizelge 4.3. Arazi örtüsüne göre toprak örneklerinde belirlenen parametrelere ait ortalama ve standart hata değerleri ve t testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.4. Gökçeada’nın genelini kapsayan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları	67
Çizelge 4.5. OYDA’dan alınan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları	68
Çizelge 4.6. TA’dan alınan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları...	69
Çizelge 4.7. OYDA ve TA’dan alınan toprak parametreleri arasındaki korelasyonların Z testine ait p değerleri.....	70
Çizelge 4.8. Gökçeada topraklarının erozyon riski bakımından alansal dağılımı	91

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gökçeada, konumu, doğası, doğal kaynakları gibi çeşitli özellikleri bakımından yüksek organik tarım potansiyeline sahiptir. Resmi makamların kalkınma planlarında, adaya yönelik planlamalar ve ilginin artmasıyla, adanın potansiyeli daha fazla fark edilir duruma gelmiştir. Bununla birlikte adayı ekolojik turizme kazandırmak için stratejik planlamalar devam etmektedir. Gökçeada ekonomisi öncelikli olarak turizm, tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Buna bağlı olarak adanın potansiyelini kullanmak adına yapılacak planlamalarda, toprak ve toprağın korunmasına yönelik çalışmalar bölge ve ülkemiz için stratejik önem taşımaktadır. Gökçeada'nın arazi yapısı, özellikle de eğim durumu göz önünde bulundurulduğunda, yüksek toprak erozyonu risk potansiyeline sahip olduğu açıktır. Topoğrafya, bitki örtüsü, iklim ve canlılar gibi erozyona etki eden faktörlerle birlikte toprak özelliklerinin de erozyon üzerine etkisi oldukça büyüktür. Bu sebeple toprak özelliklerine bağlı erozyona duyarlılığın durumu ve derecesinin bilinmesi de oldukça önemlidir. Adada toprakların erozyona duyarlılığına bağlı olarak oluşacak risk ve toprakların kalitesine ait herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmayla ada topraklarına ait erozyon ve kalitesine ait elde edilecek veriler ve değerlendirmeler, bu çalışmanın yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Hava ve suyla birlikte yaşamın bağlı olduğu üç temel doğal kaynaktan biri olan toprak; milyarlarca organizmanın yaşam alanı, su filtresi, su deposu, maddesel döngüler ve yetiştirme ortamı, zemin gibi önemli yaşam için kritik ekosistem hizmeti sağlamaktadır.

Ekonomik istikrarın devamlılığı, temelde toprakların nasıl yönetildiğiyle alakalıdır. Örneğin toprak, bitki gelişimi için besinleri sağlarken, bitkiler de insan ve hayvanlar için gereklidir. Bu durum birçok besin ve gazlarla birlikte organik materyallerin döngüsü için ortam sağlamaktadır. Sağlıklı bir toprak, bitki, hayvan ve insan sağlığı arasında zincir oluşturmaktadır. Geçmişte toprağın kötü yönetilmesi, yoksulluğa, yetersiz beslenmeye ve ekonomik felakete neden olmuştur (Bezdicak ve ark., 1996). Gıda üretiminin devamlılığı, dolayısıyla medeniyetlerin varlığı ve devamı için sağlıklı bir toprak kaynağı şarttır.

Toprak, öncelikle çevresel kaliteyi şekillendirmektedir. Toprakta oluşan tüm olaylar doğrudan veya dolaylı olarak canlıları etkilemektedir. Toprağın sürdürülebilir olması mevcut toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin yanında çevresel faktörlerle de doğrudan ilişkilidir. Toprağın sürdürülebilir olması için mevcut kaynak korunmalı ve varsa

riskli durumların belirlenerek toprağın korunmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Birçok ulus toprak, gıda kaynaklarının korunması ve muhafazasıyla birlikte hava ve su kalitesinin korunması için koruma kanunları oluşturmaya çalışırken, hem ulusal hem de küresel olarak toprak; tuzlulaşma, erozyon, toprak işleme, biyolojik aktivitelere bağlı kayıpların yanında toksik bileşenlerin artışı ile bozunmaya devam etmektedir (Bezdicsek ve ark., 1996).

Toprakların sürdürülebilirliği için evrensel toprak parametrelerin seçimi, imkansız ve çok özel tartışmaları beraberinde getirmektedir. Parametrelerin seçiminde zamansal değişim, parametre devamlılığıyla ilgili önemli bir rol oynamaktadır. Parametreler; devamlı (toprak derinliği, boyutları), nispeten devamlı (tuz içeriği, topraktaki organik madde (OM) içeriği, ağır metal kontaminasyonu), nispeten dinamik (pH, besin içerikleri) ve dinamik (toprak nemi ve sıcaklığı, mikrobiyal aktivite, v.b.) olmak üzere ayırt edilebilirler. Nispeten dinamik ve dinamik olanların kısa-dönem değişimleri nedeniyle, devamlı ve nispeten devamlı olan toprak parametrelerinin toprak kalitesi üzerine etkisi daha baskındır (Fazekašová, 2012).

Toprak özellikleri, toprak ekosisteminin karakteristiklerinin durumunu yansıtan özellikle üretim, tamponlama, filtreleme ve diğer toprak fonksiyonlarını gösterirler. Bu durumda toprak sınıfı, tipi, derinliği, iskelet doğası, topraktaki humus miktarı ve kalitesi, erişilebilir besin desteği, toprak reaksiyonu, topraktaki yabancı maddeler ve toprak canlılarının çok yüksek öneme sahip olduğu ortaya çıkmaktadır (Fazekašová, 2012).

Su erozyonu, verimli üst toprağın aşınarak taşınmasına ve geride daha düşük verime sahip toprak iskelet maddelerinin kalmasına sebep olarak toprak kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Erozyonun arazide meydana getirdiği toprak kaybının kantitatif olarak tespiti çalışmaları uzun yıllardır sürdürülmektedir.

Gökçeada'da jeomorfolojik ve topoğrafik özelliklerine bağlı olarak yüksek erozyon potansiyelinin olduğu alanlar rapor edilmiştir (KHGM, 1999). Ancak arazinin topoğrafik/jeolojik durumu, yağış ve bitki örtüsünün yanında erozyonun şiddetinde önemli bir yere sahip olan toprak özellikleri ve buna bağlı olarak toprağın erodobilitesinin (K faktörü) belirlenmesi ve bu nedenle toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Gökçeada'da yapılan bu çalışmada, topraklarının sürdürülebilirliğinde önemli yere sahip bazı toprak kalite parametrelerinin mevcut durumunun tespit edilerek kalite indeksinin (TKİ) oluşturulmasının yanında; verimlilik-üretkenlik başta olmak üzere, büyük

ölçekte ekosistem için direkt etkisi olabilecek erozyonun hassasiyetinin RUSLE-K yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda; toprak erodibilite faktörünün (K) yanında; bünye, organik karbon (TOK), toplam azot (TN), karbon azot oranı (C/N), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç miktarı (CaCO₃), agregat stabilitesi (AS), kuru hacim ağırlığı (dB), suda çözünebilir amonyum (NH₄), nitrat (NO₃), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi devamlı, nispeten devamlı ve dinamik bazı toprak kalite parametreleri belirlenmiştir.



BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprak Kalitesi ve Tanımı

Toprak kalitesi terimi yerine yakın geçmişe kadar, genellikle toprak erozyonu kontrolünün toprağın üretkenliğine olan olumsuz etkisi nedeniyle (Pierce ve ark., 1984) toprak amenajmanı konu olmuştur. 1980'lerin ortasında Kanada Senatosu Tarım Komitesi toprak degradedasyonu üzerine bir rapor hazırlamış ve kavramı yeniden canlandırmıştır (Gregorich, 1996). Toprak kalitesi kavramı başlangıcından bu yana, sadece verimlilik ile sınırlanmayıp, aynı zamanda, çevresel kaliteye, insan ve hayvan sağlığıyla birlikte gıda güvenliği ve kalitesine de etki etmekteydi (Haberern, 1992).

1990'larla birlikte, sürdürülebilir arazi kullanımı ve yönetiminin, toprak erozyonu kontrolünden daha fazla vurgulanması gerektiği üzerine küresel ölçekte gelen tepkiler nedeniyle toprak kalitesi kavramı daha fazla gelişmeye başlamıştır. Toprak bilimi temelinde eğitim ve değerlendirme olmak üzere iki alanda vurgulanmaya başlanmıştır. Araştırmalar ve teknoloji transferleriyle, toprağın insanların yönetsel kararlarıyla nasıl etkilendiği yönünde farkındalık yaratılmıştır. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi ve eğitimi ile özellikleri nedeniyle temel ekosistem hizmeti sunan ve yaşayan bir canlı olan toprak kaynağının daha iyi anlaşılması ve farkındalığı amaçlanmıştır (Karlen ve ark., 2003).

Kalite kavramı daha sonra sürdürülebilir tarım ve meraların sağlığı için geliştirilmeye devam edilmiş ve bu da sürdürülebilir arazi kullanımının öneminin başlangıcı olmuştur (Karlen ve ark., 2003).

Toprak kalitesine olan ilgiyi birçok sempozyum ve yayınlarda toprak kalitesinin tanımlamalarının üretilmesi (Doran ve ark., 1994; Doran ve Jones, 1996), kritik toprak fonksiyonlarının teşhis edilmesi ve doğru toprak kalitesi yönetimi için arazi kullanım çeşitlerinin önerilmesi izlemiştir (Doran ve Parkin, 1994).

Toprak kalitesi terimine bir çok araştırmacı tarafından farklı tanımlamalar sunulmuş olsa da temel kapsamda çok farklılıklar göstermemektedir. Daha önceki yazılarda toprak kalitesi, toprakların tarımsal amaçlı kullanımının uygunluğu gibi kelimelerle de ifade edilmiştir (Larson ve Pierce, 1991, 1994).

Kalite terimi, değer yargısını (mükemmellik derecesi) ifade etmektedir. Bu yüzden toprak kalitesi, toprağın bazı fonksiyon veya özelliğinin ölçümüyle ilgilidir (iyi/kötü, düşük/yüksek v.b.). Temelde, toprak ile ilgili bir veri ve bilginin sınıflanması insan

ihtiyacı olduğu ve “ toprak kapasitesi” (belli bir amaç için iyi veya kötü) kavramının da yararlık kadar eski olduğu görülmektedir (Carter ve ark., 1997).

Toprak kalitesi; toprağın, mevcut üretkenlikle birlikte çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması ve insan sağlığına katkısının korunması için yeterliliğini kapsamaktadır (Schjønning ve ark., 2004a).

Toprak kalitesi toprağın kavranabilir veya kavranamayan belirsiz (açık) özellikler kümesini kapsamaktadır (Patzel ve ark., 2000). Bu yüzden toprak kalitesi kavramı, farklı durumlardaki farklı amaçlar için çeşitlenebilir. Örneğin yol yapımında dikkate alınacak toprak kalitesi, taşıma kapasitesi bakımından değerlendirilirken bitki gelişimi ile ilgili toprak fonksiyonlarıyla ilgilenmez. Schjønning ve ark. (2004a)’a göre her ne kadar bazı kişiler bu açık (belirsiz) kavramını gerçekte “soyut” olarak kabul etseler de, bu durum toprak kalitesi kavramının değer yüklü karakteri üzerine yansımalarına yardım etmektedir. Toprak kalitesi kavramı içindeki kalite özellikleriyle alakalı toplumsal ve kasıtlı bağlamda alınacak herhangi bir karar mutlaka bakış açılarına, değer yargılarına ve hedeflere dayandırılacaktır.

Amerika Toprak Bilimi Derneği (SSSA) tarafından belirlenmiş bir komite toprak kalitesini şu şekilde tanımlamıştır.

Toprak kalitesi, bir toprağın doğal veya yönetilen ekosistem sınırları içinde, bitki ve hayvan üretkenliğini, hava ve su kalitesinin korunması veya geliştirilmesi, insan sağlığı ve habitatı destekleme gibi fonksiyonlarını sürdürmek için toprağın kendine özgü kapasitesidir (Allan ve ark., 1995; Karlen ve ark., 1997). Bu tanımlama toprak kalitesi hususunda bir çerçeve oluşturmakla beraber kavramın değerinden bir şey kaybettirmemektedir. Toprak kalitesini belirlemek için sistemden beklenen fonksiyon veya hizmetlerin tanımlanıp nitelendirilmesi (tarif edilmesi) gerekmektedir (Ellert ve ark., 1997).

Blum ve Santelises (1994) ve Blum (1998), toprağın insan aktivitelerine bağlı olarak fonksiyonlarını ve hizmetlerini 6 grupta değerlendirmiştir. Bunlardan 3’ü ekolojik kullanımlar içindir.

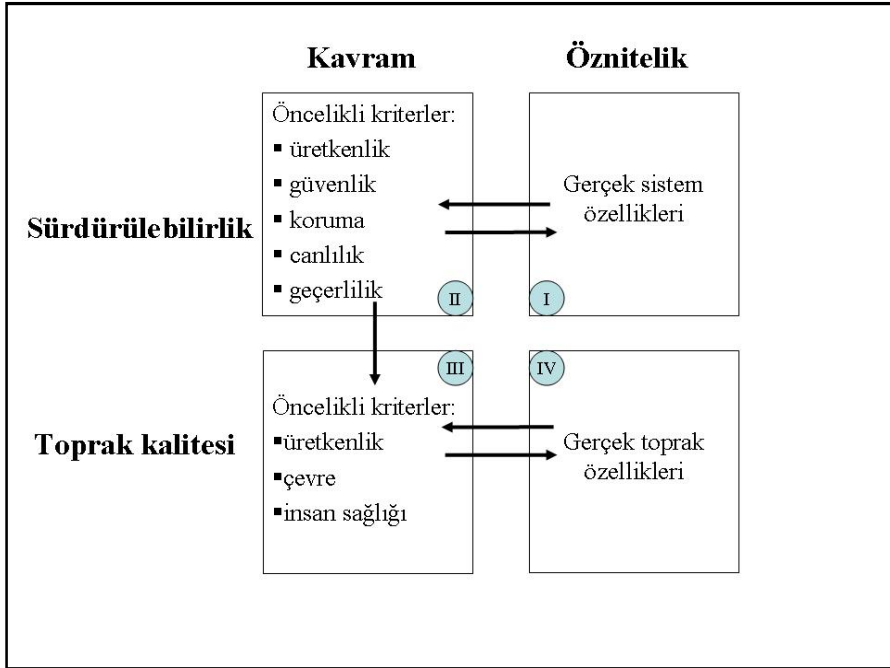
1. Biomas üretimi
2. Toprakların filtreleme, tamponlama ve dönüştürme faaliyetleri
3. Bitki ve hayvanlar için gen deposu tedarikçisi olmak

Diğer 3 fonksiyon ise tarım dışı insan aktiviteleriyle ilgilidir.

4. Teknik ve endüstriyel yapılar için fiziksel ortam

5. Ham madde kaynağı (çakıl, mineraller v.b.)
6. Kültürel miras

İnsan ve toprak etkileşiminde yapılan bu sınıflama toprak ile ilgili işlevsel toprak kalitesini tanımlamayı daha da kolaylaştırabilmektedir.



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik ve toprak kalitesi için kavramlar ve öznelilikler arasındaki ilişkiler (Schjønning ve ark., 2004a)

Schjønning ve ark., (2004a); Sıklıkla toprak özelliklerini tanımlamak amaçlı kullanılan kalite kavramının: toprak üretkenliği, çevre ve insan sağlığı üzerine etkisi gibi sürdürülebilirlikle ilgili maksatlar için kullanılmasının daha uygun olduğunu belirtmiştir. Toprak kalite kavramı çoğunlukla, toprak yönetimi etkilerinin derecelendirilmesi ve değerlendirilmesi için teknik bir çerçeve olarak benimsenmiştir (Şekil 2.1).

Toprak kalitesi yönetimi ve değerlendirilmesi için birçok yol önerilmiştir. Bunlardan biri ekosistem içindeki kritik toprak fonksiyonlarını belirleyerek bunların yeterliliklerini değerlendirmektir (Warkentin ve Fletcher, 1977).

Toprak kalitesi, toprak şartlarının, doğal kuvvetler ve insan kullanımları tarafından maruz bırakılan, yönetim değişimleri ve strese karşı verdiği tepkinin daha duyarlı ve dinamik şekilde ölçmek olarak yorumlanıp tanımlanabilir. Üretkenliğin tarımsal sürdürülebilirliğin kritik bir fonksiyonu olduğundan toprak kalitesi ve toprak üretkenliği

arasındaki bağlantı mantıklıdır. Üretkenlik, su ve rüzgar erozyonu, salinisasyon, asitleşme, su baskını, sıkışma gibi etkenler sonucu toprak kalitesinin azalmasının yansımaları olarak azalabilmektedir. Ayrıca toprak yönetiminin üretkenlik üzerine etkisi toprak kalite özelliği olarak değerlendirilebilir (Karlen ve ark., 2004).

Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik karakteristiklerinin çoklu toprak özellikleri olarak ölçülmesini kapsamaktadır. Toprak kalite indikatörünün seçilmesi, toprak karakteristiklerine, çevresel etkilere, arazi kullanım ve yönetim hedefleriyle birlikte çevresel korumaya bağlıdır (Stott ve ark., 2010). Agregat stabilitesi, toprak organik karbonu, toplam azot ve enzim aktiviteleri ekolojik tabanlı yönetim uygulamalarının kurulması ve geçişinden sonraki yanıtlarını ortaya çıkarmak için ekolojik tarımsal sistemler için toprak kalite indikatör paketidir (Dick ve ark., 1996).

Toprak kalitesini ölçülmesi için fonksiyon ve risklere ait bir çok parametre veya indikatör sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Toprak kalitesi ve ölçülebilir çeşitli ölçeklerdeki değerlendirilmesindeki potansiyel biyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreler (Karlen ve ark., 2001)

Biyolojik	Kimyasal	Fiziksel
Noktasal ölçekli indikatörler		
<ul style="list-style-type: none"> • Mikrobiyal biyomas • Potansiyel N mineralizasyonu • Partiküler organik materyal • Respirasyon • Solucanlar • Mikrobiyal topluluklar • Toprak enzimleri • Yağ asit profilleri • Mikoriza popülasyonları 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Organik C ve N • Ekstrakte edilebilir makro besinler • EC • Mikrobese konsantrasyonları • Ağır metaller • KDK ve katyon oranları • Cs-137 dağılımı • Ksenobiyotik yüklemeler 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregat stabilitesi • Agregat büyüklük dağılımı • Hacim ağırlığı • Porozite • Penetrasyon direnci • Su dolu boşluklar • Profil derinliği • Kabuk oluşumu ve direnci • İnfiltrasyon
Tarla, Alan, Çiftlik veya Havza ölçekli indikatörler		
<ul style="list-style-type: none"> • Ürün verimi • Yabancı ot istilası • Hastalık baskısı • Besin eksikliği • Gelişme özellikleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak organik maddesi değişimleri • Besin ilavesi veya eksilmesi • Ağır metal birikmesi • Tuzluluktaki değişimler • Yıkanma veya yüzey akış kayıpları 	<ul style="list-style-type: none"> • Üst toprak kalınlığı ve rengi • Sıkışma veya kolay işleme • İnfiltrasyon • Rill veya gully erozyonu • Atıkların toprak yüzeyini kaplaması
Yerel (bölgesel), ulusal veya uluslararası ölçekli indikatörler		
<ul style="list-style-type: none"> • Üretkenlik (verim veya verim istikrarı) • Çeşit zenginliği, farklılığı • Temel türler ve ekosistem mühendisleri • Biyomas, yoğunluk ve bolluk 	<ul style="list-style-type: none"> • Asitleşme • Tuzlulaşma • Su kalitesindeki değişimler • Hava kalitesindeki değişimler (toz ve kimyasal taşınma) 	<ul style="list-style-type: none"> • Çoraklaşma • Yeşil örtünün kaybedilmesi • Rüzgar ve su erozyonu • Göl ve nehirlerdeki siltasyon

Toprak kalitesinin tek indikatörle kapsamlı bir şekilde ölçülememesinden dolayı, kalitenin değerlendirilmesi için, toprak kalitesine çok büyük etkileri olan toprak karakteristiklerinin bulunduğu “minimum veri seti” (MVS) oluşturulmuştur. Çalışmalardaki amaçlar, ölçekler ve lokasyon farklılıklarına bağlı olarak farklı birçok kombinasyon ve seçimler çok çeşitli MVS’lerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Birçok kimyasal ve fiziksel parametre içinden toprak organik maddesi (TOM), tekstür ve yoğunluk MVS’lerde önerilmiştir (Kelling ve ark., 1999; Dexter, 2004; Wienhold ve ark., 2004; Mastro ve ark., 2008). Toprak biyolojik özellikleri direkt olarak (Arshad ve Martin, 2002; Bohanec ve ark., 2007; Kaschuk ve ark., 2010) veya mineral topraklarda TOM kapsamı ve topraktaki mikroflora arasındaki korelasyona bakılarak indirekt olarak hesaba katılabilir.

Çizelge 2.2. Toprak kalitesi, sağlığı ve durumunu göstermek için MSV’de bulunan ve önerilen fiziksel, biyolojik ve kimyasal toprak indikatörleri (Doran ve Parkin, 1996)

İndikatör	Fonksiyon- açıklama
Biyolojik	
• Mikrobiyal biyomas C ve N	• C ve N için mikrobiyal katalizör potansiyelini ve deposunu tanımlar. • Organik materyal yönetimi için erken uyarı sağlar.
• Mineralize N potansiyeli	• Toprak üretkenliği ve azot sağlama potansiyelini tanımlar. • Biyomas tahminini sağlar.
• Toprak solunumu	• Mikrobiyal aktivite seviyesini tanımlar. • Biyomas aktivitesi tahmini sağlar.
Kimyasal	
• Toprak organik maddesi	• Toprak verimliliği, devamlılığı, erozyon kapsamını tanımlar.
• pH	• Biyolojik ve kimyasal aktivite eşiklerini belirtir.
• EC	• Bitki ve mikrobiyal aktivite eşiklerini tanımlar.
• Ekstrakte edilebilir N, P, K	• Bitkiler için yararlı besinleri ve N kayıplarını tanımlar. • Üretkenlik ve çevresel kaliteyi belirtir.
Fiziksel	
• Toprak tekstürü	• Ne kadar su ve kimyasalın tutulup ve taşındığını belirtir. • Toprak erozyonu ve değişkenliğinin tahminini sağlar.
• Toprak derinliği, üst toprak, kök derinliği	• Üretkenlik potansiyelini ve erozyon tahmini sağlarken peyzajı ve jeografik değişkenliği normalleştirir.
• İnfiltrasyon ve toprak hacim ağırlığı	• Erozyon, üretkenlik ve yıkanma potansiyelini belirtir. • Hacim esaslı hesaplamalarda gereklidir.
• Su tutma kapasitesi	• Su tutma, taşıma ve erozyon. • Yararlı su: tekstür, hacim ağırlığı ve organik maddeden hesaplanabilir.

Tarımsal sürdürülebilirlikte, toprak yönetimi önemli bir belirleyici faktör olup (Lal ve Stewart, 1995) arazi kullanımı ve toprak yönetimi ile toprak kalitesindeki değişimlerin belirlenerek gözlemlenebilmesi için uygun indikatörlere gerek duyulmaktadır (Doran ve Parkin, 1994; Doran ve Jones, 1996; Pankhurst ve ark., 1997).

Teknik toprak kalite indikatörleri genellikle hacim ağırlığı, pH, etkili kök derinliği, su içeriği, toprak sıcaklığı, TC ve EC gibi temel parametreleri kapsamaktadır (Doran ve Parkin, 1994). Lokal toprak kalite indikatörleri ise genellikle daha değişken olup ürün verimi ve gücü, toprak rengi, tekstür ve strüktürü ile lokal bitki veya omurgasız toprak canlılarının bulunup bulunmaması veya yoğunluğuyla alakalı özellikleri kapsamaktadır (Barrios ve ark., 2006).

Kanada tarım ve çevreye yönelik çeşitli indikatör grupları belirlemiştir. Bu gruplar içinde toprak kalitesine ilişkin ulusal parametreler Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Kanada tarımsal çevre indikatörleri (McRae ve ark., 2000)

İndikatör	Açıklama
Su erozyonu riski	Mevcut durumundaki toprağın iklim ve yönetime bağlı yüzey akışı ile kayıp potansiyeli
Rüzgar erozyonu riski	Mevcut toprağın rüzgar ve yönetim uygulamalarına bağlı olarak kayıp potansiyeli
TOK	Mevcut uygulamalarla TOK seviyesi değişiminin tahmini
İşleme erozyonu riski	Hakim arazi koşulları, toprak işleme ve bitki desenine bağlı potansiyel toprak kaybı (yer değiştirme)
Toprak sıkışması riski	Kilce zengin topraklarda kompaksiyon derecesinin bitki desenine ve toprağın kompaktabilitesine göre değişmesi
Toprak tuzlulaşma riski	Toprak tuzluluğunun, arazi kullanımı, hidrolojik ve iklimik koşullara ve toprak özelliklerine göre değişmesi

Brejda ve ark. (2000) farklı arazi kullanımları arasından merkezi yüksek ovalarda TOK ve toplam N un, güney yöneyli yüksek ovalarda ise toplam organik C ile suya dayanıklı agregatların toprak kalitesinde en hassas indikatörlerin olduğunu bulmuştur. Bununla birlikte Andrews ve ark. (2002) California's Central Valley de çeşitli organik uygulamalar sonunda, DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, suya dayanıklı agregatlar, pH, EC ve TOM temelli toprak kalite indeksi hesaplamıştır.

Çizelge 2.4. Bazı toprak kalite indikatörleri ve etkileri (Karlen ve ark. 1997)

İndikatör	Etkileri
Organik madde	Besin döngüsü, pestisit ve su tutumu, toprak strüktürü
İnfiltrasyon	Yüzey akışı ve yıkanma potansiyeli, bitki su kullanım etkinliği, erozyon potansiyeli
Agregatlaşma	Toprak strüktürü, erozyon resistantı, bitki çıkışı, infiltrasyon
pH	Besin yarayırlılığı, pestisit absorpsiyonu ve hareketliliği
Mikrobiyal biyomas	Biyolojik aktivite, besin döngüsü, pestisit indirgeme kapasitesi
N formları	Bitkiler için uygunluk, yıkanma potansiyeli, mineralizasyon ve immobilizasyon oranları
Hacim ağırlığı	Bitki kök penetrasyonu, su ve hava dolu por alanı, biyolojik aktivite
Üst toprak derinliği	Ürün üretimi için kök hacmi, su ve besin yarayırlılığı

Çizelge 2.4'ün devamı

İletkenlik veya tuzluluk	Su infiltrasyonu, bitki gelişimi, toprak strüktürü
Yarayışlı besinler	Bitki gelişimini destekleme kapasitesi, çevresel zararlar

Çizelge 2.5. Bazı Avrupa birliği ülkeleri tarafından kullanılan ve önerilen toprak ve su kalitesiyle ilişkili bazı tarımsal-çevre indikatörleri (Bremer ve Ellert, 2004)

Grup	Birleşik Krallık	Fransa	Almanya	OECD
Toprak Kalitesi	<ul style="list-style-type: none">• Üst topraktaki organik materyal• Asitlik• Ağır metal konsantrasyonları• Toprak yönetim teknikleri	<ul style="list-style-type: none">• Toprak erozyonuna ait şiddetli olayların sayısı ve yoğunluğu	<ul style="list-style-type: none">• Azot dengesi	<ul style="list-style-type: none">• Rüzgar ve su erozyon riski• Arazi kullanımı ve kabiliyeti uyumsuzluğu
Su kalitesi	<ul style="list-style-type: none">• Nitrat ve Fosfatın tatlı sulara karışım durumu• Farklı fosfat seviyesine sahip toprakların oranı	<ul style="list-style-type: none">• Atık ve gübrelerden fosfat yüklenmesi• Örtü bitkilerinin ortalama süresi• Örtü bitkilerinin tarlada (arazide) kalma süresi• Tarımsal kaynaklı fosfatın yıllık kirliliğe katkısı	<ul style="list-style-type: none">• Azot dengesi• Sonbahar ve kış mevsimlerinde topraktaki ve sudaki nitrat durumu• Aşınmış materyalde pestisit ve fosfat durumu.• Toplam erozyon.	<ul style="list-style-type: none">• Yüzey ve yer altı sularındaki fosfat seviyelerinin oranı.• Aşınabilir alanlardan suya nitrat ve pestisit kontaminasyonu.• Su depolama miktarları.

2.1.1. Bazı Kimyasal Kalite Parametreleri

2.1.1.1. Toprak Organik Karbonu (TOK)

Topraklarda ve sedimentlerde karbon genel olarak a) Elementel C, b) İnorganik C, c) Organik C olmak üzere 3 formda bulunabilir. Kömür, kurum (soot) ve grafitle birlikte bunların çeşitli ürünleri elementel C kaynağı olarak gösterilebilir. Jeolojik materyal veya toprak ana materyali, toprakta inorganik C kaynaklarını oluşturmaktadır. Genellikle inorganik C formlarını karbonatlar oluşturmaktadır. Toprak ve sedimentlerde en yaygın karbonat mineralleri kalsit (CaCO_3) ve dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] olarak kabul edilirken, toprakların oluşum yerlerine bağlı olarak siderit (FeCO_3) örnek olarak sunulabilmektedir.

Doğal olarak meydana gelen OC formları, bitki ve hayvanların ayrışması sonucu meydana gelmektedir. Toprakta ve sedimentlerde OC; kaynağın hızlı, yavaş ve ileri

derecede ayrışma oranları gibi özellikleri bakımından çok geniş çeşitliliğe sahiptir (Schumacher, 2002).

Organik C, toprak kalite yönetimlerinde, biyolojik aktiviteyi iyileştirmesi, yarayışlı bitki besinleri ve toprak strüktürü fonksiyonları ile birlikte yüksek agregat stabilitesi ve düşük hacim ağırlığı gibi özellikleri (Acosta-martinez ve ark., 2003; Pritchett ve ark., 2011) bakımından en önemli toprak kalite faktörü olarak kabul edilir (Arshad ve Martin, 2002).

Karbon'un kaynağı, ister TOK ister toprak inorganik karbon (TIC) olsun, toprakta karbonun konsantrasyonunu ve bileşimini etkiler, bu da katyonlarla ve toprak tanecikleri ile ilişkileri yoluyla agregatlaşma etkinliğini etkiler. TOK'un kompozisyonu, toprak çözeltisinde katyonlarla birleşim yeteneği kadar katyonların toprak çözeltisine salınımı ve ayrışma oranını yansıtır (Bronick ve Lal, 2005).

Toprakta OM'nin temel kaynağı bitkisel ve hayvansal kalıntılar olup, OM; canlı organizmalar ve mineraller arasında yer alan C, H, O, N, S gibi elementlerin sonsuz döngüsünde belli bir safhayı oluşturur (Karaman ve ark., 2012).

Küresel olarak toprak üst kısmı, yaklaşık olarak 1500 Pg OC depolarken, buna ek olarak 900-1700 Pg IC bulunmaktadır, bunun yıllık 60 Pg lik kısmı, atmosferde CO₂ formunda bulunan yaklaşık 750 Pg C ile değişime uğramaktadır (Eswaran ve ark., 1993; Schlesinger, 1997).

Doğal orman ve meraların tarlaya dönüştürülmesiyle TOK stoklarında, sırasıyla ortalama %42 ve %59 oranında azalma meydana gelmektedir (Guo ve Gifford, 2002).

İyi yönetilen tarım toprakları, sera gazları için düşük maliyetli bir C depolama alanı olmasıyla birlikte üretkenlik ve karlılık için önemli bir potansiyel teşkil etmektedir. Agronomist ve toprak bilimcilerin çoğu, tarım topraklarının çok daha fazla C depolayabileceği ve bunun C stoklarında ciddi artışa sebep olarak, sera gazı miktarı artışında hafiflemenin olacağı fikrine katılmaktadırlar (Sanderman ve ark., 2010).

Toprak havalanması, artan ayrışma, agregatların bozunması, erozyon, topraktaki mikrobiyal komünitelerdeki değişimler, bitkisel üretimdeki değişimler, bitki biyomasının ortamdaki kaldırılması ve/veya kültür bitkilerinin kimya ve düzensizliklerindeki hareketlilik TOK'un ilk kayıplarına neden olabilmektedir (Cusack Daniela ve ark., 2013).

TOM'un azalmasıyla beraber; mineralize olabilme potansiyeline sahip N, P, ve S gibi bitki besin elementlerinde azalış, hacim ağırlığı artışı, agregatlı yapı kaybı, hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi ve katyon değişim kapasitesinin azalması, yüzey erozyonunun artması, pestisit ve ağır metallerin yıkanmasının artışı, topraktaki biyolojik aktivite ve yoğunluğun azalması ve son olarak da ürün verimi ve kalitede düşüşler

mevdana gelmektedir (Amezket, 1999; Lal, 2004a; Verrell ve Obrien, 1996; Whitbread ve ark., 1998).

Toprak yönetimi, arazi çeşitliliği, hava şartları, toprak deposizyonu/erozyonu ve çevresel değişiklikler toprak C'sini etkileyebilmektedir.

Çizelge 2.6. Toprak C'sini etkileyen faktörler (Mulumba, 2004)

TOPRAK KARBONU	İçsel Etkenler	Ana materyal
		Kil içeriği
		Kil mineralleri
		Değişebilir katyonlar
		Eğim karakteristiği
		Drenaj
		Potansiyel Evapotranspirasyon
		Yağışlı sezon uzunluğu
	Dışsal Faktörler	Arazi kullanımı
		Ormancılık (ağaçlandırma)
		Kırsal
		Tarıma elverişlilik
		Plantasyon
		Karma tarım
		Gelişme
		İşleme yoğunluğu
		İşleme metodu
		Artık miktarı
		Araç trafiği
		Kimyasal gübreler
Ağır gübresi		
Yeşil gübre		
Ürün yetiştirme sistemi		
IPM (<i>Entegre Zararlı Mücadelesi</i>)		
Ürün yoğunluğu		
Yetiştirme		
Nadas		

Küresel ölçekte, tarımsal uygulamalar ile kaybedilen 78 Pg C'nin 26 Pg'nin erozyon, 52 Pg'sinin de minaralizasyon ile olduğu tahmin edilmektedir (Lal, 2004a). Kil fraksiyonları ve TOM arasındaki interaksiyonlar TOK'un mineralize olmasına ve CO₂'ye dönüşümüne karşı koruma sağlamasına neden olmaktadır (Mulumba, 2004).

Birçok çalışma, artan TOM seviyeleri ile agregatlaşma, su infiltrasyonu, hidrolik iletkenlik ve sıkışma gibi toprak fiziksel özelliklerindeki iyileşmeler arasında güçlü korelasyonların olduğu göstermiştir (Blair ve ark., 2006a; Blair ve ark., 2006b; Whitbread ve ark., 2000).

TOK'un kimyasal özellikleri, yüklerini, birleşim kapasitelerini belirler ve agregatlaşma üzerinde direkt etkisi olan ayrışmayı etkiler (Schulten ve Leinweber, 2000).

Değişebilen TOK'un agregat bağlama etkisi hızlı fakat geçicidir (Kay, 1998). TOK daha yavaş ayrışırken, agregatlaşmada daha kırılğan etkisi vardır, fakat etkileri daha uzun sürebilir (Martens, 2000). Agregatların içindeki kolayca ayrışabilen değişken C (C_L) fraksiyonunun izolasyonu, ayrışmasını azaltarak stabilitesini ve dayanıklılığını arttırır (Bronick ve Lal, 2005). Artan erozyon ve daha düşük TOK'a neden olan yüzey akışı, kil içeriği ve KDK, düşük agregat stabilitesine neden olabilir (Boix-Fayos ve ark., 1998).

TOK'un tarımsal sistemlerdeki kaybında en büyük mekanizmanın erozyon olduğu ve bunun önceki C kayıplarının yaklaşık %20-50 oranında olduğu tahmin edilmektedir (Lal, 2004b). Toprak agregatlarındaki artan C tutulumu küresel ısınmayla alakalı olan atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artışını azaltabilir (Bronick ve Lal, 2005).

Biyomas üretimi TOK'dan bağımsız olmasına rağmen, bu durum dolaylı olarak su tutma kapasitesi, infiltrasyon oranı ve kök penetrasyonu, toprak hacim ağırlığını değiştirerek bitkisel üretimi etkileyebilir (Woomer ve ark., 1994).

Organik maddeye dayalı bir çok toprak kalite değerlendirme eşitliği olmasının yanında, organik materyal olarak bitki artığını esaslı, toprak işleme ve erozyonun kullanıldığı bir eşitlik önerilmiştir (USDA, 1992) (2.1).

$$SqR = TOM + TP + E \quad (2.1)$$

SqR: Toprak kalite değerlendirmesi (soil quality rating)

TOM: Arzulanan düzeyde TOK seviyesine sahip toprak organik maddesi

TP: Toprağı havalandırmak ve atıkları karıştırmak için yapılan tüm işlemler

E: Erozyon alt faktörü olup, üretkenlikle ilgili erozyonun azaltılması için USLE gibi yöntemlerin kullanılmasıdır.

TOK'un hidrofobisitesi, yük özellikleriyle birlikte ve toprak tanecikleriyle etkileşimi, strüktürel stabillite içeren fizikokimyasal toprak özelliklerini etkiler (D'Acqui ve ark., 1999). Hidrofobik moleküller toprak agregatlarında suyu itmeye neden olur ve ıslanabilirliği azaltır, bu durum kohezyonun artması, dağılılabirliğin ve TOK'un ayrışma oranının azalmasına neden olur (Bronick ve Lal, 2005). Agregatların uzun süre stabil olması; çamdan ziyade laden türü bitki tiplerinden TOK içeren organik atıklar gibi hidrofobik organik materyallerin eklenmesiyle zenginleştirilebilir (Ternan ve ark., 1996). Sıfır işleme ve yanma (Hallett ve ark., 2001; Poulenard ve ark., 2001) toprak hidrofobisitesini etkiler. Yüksek sıcaklıktaki yakımlar, su iticiliğine sebep olarak (Poulenard ve ark., 2001) strüktürel stabiliteyi arttırır.

Yüksek miktarda negatif yüklü bileşen barındıran TOK, muhtemelen toprak minerallerinde negatif yükleri iterek agregat strüktürü için bozucu olabilir (D'Acqui ve ark., 1999). Dispers ve dispers olmayan killer arasında TOK konsantrasyonunda farklılıklar bulunmaktadır ve organik artık ayrışmasının dağılmayı yükselttiği belirtilmiştir (Baldock ve ark., 1994).

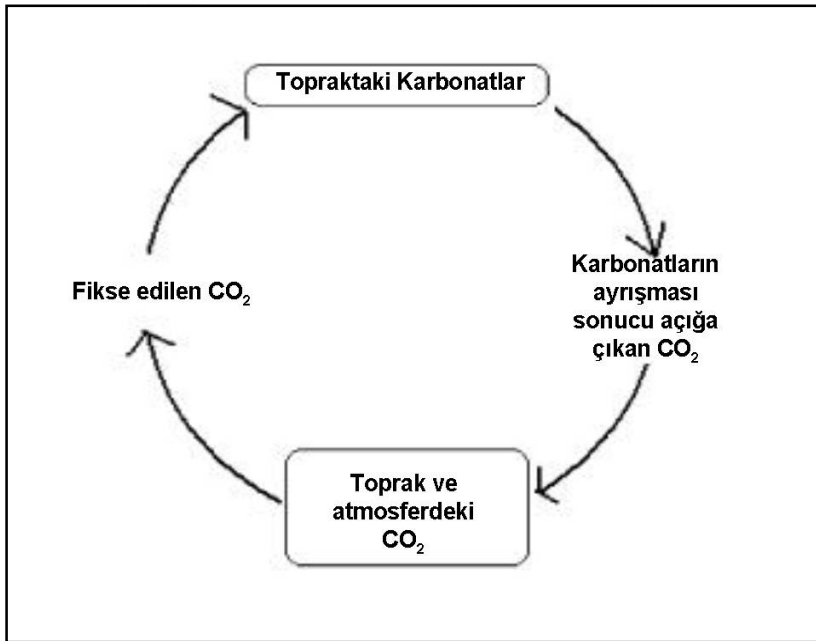
2.1.1.2. Toprak Toplam Azotu (TN)

Azot ekosistemde canlıların ihtiyaç duyduğu temel elementlerden biri olup, bitkisel üretimde noksanlığı en çok görülen elementtir. Baklagiller dışında, üretimi yapılan bitkiye mutlaka dış kaynaktan N desteği gereklidir. Bitkilerin kullandığı azotun en önemli kaynağı, atmosferde %78 oranında bulunan N₂ gazıdır. Yüksek bitkiler N gazını protein sentezinde doğrudan kullanamayacakları için N₂'nin kullanılabilir forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Azot döngüsü, toprak kalitesi indikatörü olup, proteinlerin mikrobiyal mineralizasyonu, azot fiksasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon gibi azot dönüşüm basamakları toprak kalitesi ölçümlerinde kullanılmaktadır (Schloter ve ark., 2003). Azotun, toprak-bitki-atmosfer sistemindeki hareketi, organik-inorganik N formları arasında birçok döngü süreci mevcuttur. Bu süreçler, insan, bitki, toprak özellikleri, toprak canlıları, iklim, sıcaklık v.b. birçok faktör tarafından doğrudan veya dolaylı olarak olumlu veya olumsuz etkilenebilmektedir. Azot döngüsünde (amonifikasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyon) ve P döngüsünde (inorganik fosforun salınması) yer alan enzimatik aktiviteler ekosistemin işlevinin tanımlanmasında veya toprağın verimliliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Nannipieri ve ark., 1983; Alef ve Nannipieri, 1995).

Azot toprakta ve döngülerde birçok forma dönüşebilmektedir. Toprakların azot mineralizasyonu; organik N bileşiklerinin uygun nem, sıcaklık ve oksijenli şartlar altında, zamana bağlı olarak amonyum ve nitrat azotuna dönüşmesi olarak tanımlanabilir. Toprakların toplam N (inorganik+organik N) miktarı ve mineralizasyon kapasitesi de toprak yönetim sistemlerinin toprak kalitesi üzerine olan etkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Mevsimsel değişimler bu değer üzerine oldukça fazla etki yapmaktadır. Organik sistemler daha fazla OC'ye sahip olmalarına rağmen, N yarayışlılığı yıllara göre çok farklılık gösterebilmektedir (Cavero ve ark., 1998; Clark ve ark., 1999). Azot organik veya az girdi kullanılan sistemlerden toprağa oldukça yavaş salınmaktadır. Organik sistemlerdeki toprak mineral azot miktarı, yaz ortasında ve geç sonbaharda, geleneksel sistemlerin tersine daha azdır.

2.1.1.3. Toprakta Kalsiyum Karbonat (CaCO₃)

Toprak inorganik karbonu (TIC) toprakta birincil ve ikincil mineraller olarak bulunur. Birincil ve litojenik karbonatlar ana kaya materyalinden oluşur. Birincil karbonatlar; organik asitli su ile veya ortamda bulunan CO₂ tarafından çözüldüklerinde veya yer değiştirdiklerinde ikincil karbonatların oluşumu için kaynak materyalini oluşturmaktadır. İkincil ve pedojenik karbonatlar; çözülmüş CO₂, karbonat ve bikarbonatı sistem dışından Ca⁺² ve Mg⁺² ile çökeltiltiğinde oluşurlar. Azalan nem veya artan pH koşullarında, birincil toprak taneciklerinde ikincil karbonat katmanı oluşturmak için, katyonlar, bikarbonat (HCO₃⁻), çözülmüş karbonatlar ve CO₂ uygun katyonlarla reaksiyona girebilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Ayrışma ve fiksasyon yoluyla topraktaki karbonatlar ve CO₂ arasındaki ilişki (Bronick ve Lal, 2005)

Kireç toprağa genellikle pH'yı arttırmak için verilir, bu mikrobiyal aktivitenin ve ürün verimin artmasını sağlar ve daha yüksek TOM ve agregatlaşmanın artmasına katkıda bulunur (Haynes ve Naidu, 1998).

Karbonatların yapı üzerine etkisi, TOK ile azaltılır. TOK'taki artış toprakta karbonatın çözülüp yeniden çökmesinin artışına sebep olur. TOK, mikrobiyal respirasyonun ve CO₂'nin artmasına neden olur ve Ca⁺² ve Mg⁺² 'nin bir kaynağıdır. Düşük TOK konsantrasyonunda, makroagregatların stabilitesi ortamdaki karbonatlar

tarafından arttırılır (Boix-Fayos ve ark., 2001). Yüksek karbonat konsantrasyonu, TOK mineralizasyonunu azaltmak ve Ca^{+2} 'nin muhtemel artışıyla TOK'un korunmasını arttırır (Clough ve Skjemstad, 2000). Silt fraksiyonundaki yüksek karbonat içeriği agregatlaşmayı azaltır ve bu durum tanecik boyutunun agregatlaşmada karbonatın rolünü etkileyebileceğini gösterir (Dimoyiannis ve ark., 1998). Karbonatlar agregatların tensil direncini arttırabilir fakat mikroagregatların stabilitesini azaltır (Boix-Fayos ve ark., 2001; Schrader ve Zhang, 1997). Organizmalar karbonat ortamlı agregatlaşmayı etkiler: her ne kadar etkileri tutarsız ve solucan türüne bağlı olsa da, solucan aktivitesi karbonat içeriğini değiştirebilir (Schrader ve Zhang, 1997). Sulama ve gübreleme yönetimleri, C'yi tutmak için toprak silikatları ile tepkimeye girebilen organik asitler ve karbonatın ilavesi yoluyla kurak ve yarı kurak topraklarda ikincil karbonatların oluşumunu hızlandırarak, TOK'u arttırır (Schwartzman ve ark., 1994).

Karbonatlar, solucanlar ve kabuklaşma gibi faktörler kurak çevrelerde agregat stabilitesini arttırabilir (Boix-Fayos ve ark., 2001).

2.1.1.4. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak pH'sı, canlılığın devamı dolayısıyla dengeli bir bitkisel yaşamın olmazsa olmaz parametrelerindedir. Toprakların karakteristiği, iklimsel değişiklikler, insan etkisi, bitki örtüsü türü v.b. birçok etkene bağlı olarak toprak pH'sı değişebilmektedir. Yine pH; besin yarayırlılığı, toprak canlıları, bitkisel üretim, erozyon, biyolojik ve kimyasal aktivite için eşik belirteçidir.

pH'nın agregasyona dolaylı etkisi genelde nötr pH aralığı dışında önemlidir. Düşük pH derecelerinde (pH:5-6) Ca^{+2} iyonu ortamda yeterince yoktur ve düşük mikrobiyal aktivite söz konusudur. Buna karşılık Al^{+3} iyonunun çözünürlüğü artar. Al^{+3} iyonlarının agregatlaştırıcı etkisi nedeniyle, kuvvetli asit pH'ya sahip olan tın ve kil bünyeli toprakların agregat stabilitesi, çoğunlukla Ca^{+2} içeriği yüksek topraklardan daha iyidir. Bununla beraber toprak çözeltilisinin yüksek Al doyumluğu bitki gelişimine zararlı olduğundan, Al'in bu stabil edici etkisinden pek yararlanılmaz (Altınbaş ve ark., 2004).

Bitki gelişimi üzerindeki etkilere ilaveten metal iyon çözünürlüğü, mikrobiyal aktivite ve kil dağılımı da toprak pH'sından etkilenir (Haynes ve Naidu, 1998). Killerdeki negatif yüzey yük miktarı, pH ile artar. Bu yüzden dağılmış killi topraklarda, toprak pH'sının kontrolü önemlidir (Chorom ve ark., 1994). Çünkü killer çoğunlukla yüksek pH değerlerinde bir araya gelir (Haynes ve Naidu, 1998). Büyük agregatlar, yüksek pH ve yüksek karbonat konsantrasyonuna sahip topraklarda oluşur (Boix - Fayos ve ark., 2001).

2.1.1.5. Elektriksel İletkenlik (EC) ve Suda Çözünebilir Bazı İyonlar

Çözünebilir tuzlardan bitkilerin yararlanması oldukça kolaydır. Bitki bünyesine alınan tuz bileşiklerinin toksik etki yaratması, tuzun çeşidi ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toksik düzeydeki tuzun bitki tarafından alınması, beslenme ve metabolik faaliyetleri bozması nedeniyle bitkiye negatif etki yaratır. Bununla birlikte suda çözünebilir tuzların topraktaki konsantrasyonunun artmasıyla bitkinin topraktan su alımı güçleşir, bunun yanında toprak strüktürünün bozulmasıyla bitki gelişimi sınırlanmaktadır.

Toprak tuzluluğu, topraktaki tüm çözünebilir tuzların toplamının ölçülmesi ile bulunabilmektedir. Tuzluluk yaratan faktörler arasında özellikle sodyum (Na) da bulunuyorsa, toprağın su iletimi de azalmaktadır. Bitkiler özellikle çimlenme ve şaşırtma sonrasında tuza daha duyarlı olmaktadır. Tuzluluk, sıcak ve kuru iklim koşullarında daha fazla görülmektedir. Birçok tuz (örnek: nitrat (NO_3^-) ve potasyum (K^+)) bitkiye gerekli besin maddelerindedir. Tuzluluğun kaynağı minerallerin ayrışması, inorganik gübreler, sulama suları ve toprak düzenleyicilerdir (jips, kompost, ahır gübresi vb.) (Kavdır ve ark., 2006).

Lal, (1994) Kök bölgesindeki yüksek tuz konsantrasyonu kurak ve yarı kurak bölge topraklarda aşırı derecede sınırlayıcı etkiye sahiptir. Bu yüzden bu toprakların tuzluluk ve alkalilik durumlarının bilinmesi, doğrudan toprak kalitesi ve üretkenlikle ilgili bir faktördür. Saturasyon macununda iletkenliğinin tespiti, toplam tuz konsantrasyonunun belirlenmesi için iyi bir yöntemdir. Toplam tuz miktarına ek olarak tuzların doğası da (Na, Ca, vb.) özellikle toprak strüktürü ile ilgili olarak büyük önem teşkil etmektedir. Sodyum absorpsiyon oranı (SAR) toprakların potansiyel ve gerçek alkalilik durumları için önemli bir indikatördür.

Na^+ , direkt olarak agregatların parçalanması, indirekt olarak düşük ürün verimi ve dolayısıyla daha az biyomasın toprağa karışması yoluyla agregatın etkilenmesine neden olan yüksek oranda dispers edici bir iyonudur. Topraktaki değişebilir Na yüzdesinin (ESP) oransal miktarı %5'i geçtiğinde agregatlaşmayı engelleyici etkisi başlar. Katyonların agregatlaştırma gücü $\text{Al}^{+3} > \text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+$ sırasına göre azalmaktadır. Fazla Ca^{+2} içeren topraklarda agregatlaşma yüksektir (Altınbaş ve ark., 2004).

Kireçli-tuzlu topraklarda tuz toleranslı bitkilerin kullanımı, uygun kök gelişimi ve artan mikrobiyal respirasyon sayesinde toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirir. Rizosferdeki CO_2 kısmi basıncının artışı, yüksek Na'nın olumsuz etkilerine karşı koyan CaCO_3 çözünürlüğünü artırır (Qadir ve Oster, 2002).

Toprak çözeltilisindeki ve değişim yerlerindeki değişebilir Na^+ , kil taneciklerini

ayırıştırıcı itici yüklerle katkıda bulunur. Na^+ 'ya bağlı olarak artan dispersiyon, agregatları parçalar ve TOM'u ayırışmaya daha uygun hale getirir (Bronick ve Lal, 2005). Sodik topraklar çoğunlukla kurak ve yarı kurak bölgelerde meydana gelir. Katyon değişim yerlerinde Na^+ ile Ca^{+2} yer değiştiren yönetim uygulamaları, yüksek Na^+ ve onun kötü etkilerini iyileştirmeye yardımcı eder. Jips, dispersiyonu, pH'yı, değişebilir Na yüzdesini (ESP) azaltarak sodikliğin üstesinden gelmek için toprak düzenleyicisi olarak kullanılır ve mikrobiyal C'yi (C_{mic}) artırır (Armstrong ve Tanton, 1992; Batra ve ark., 1997).

KDK, çoğunlukla stabil agregatlarla ilişkili olup, agregatlaşma, itici güçler ve negatif yüklü kil arasındaki polikationik köprülemenin etkileşimiyle uyarılır ve/veya TOK azaltılır (Dimoyiannis ve ark., 1998; Tisdall, 1996). Çok değerlikli katyonlar (Ca^{+2} , Al^{+3} ve Fe^{+3}) içeren agregatlar kırılmaya (slaking) karşı dayanıklıdır (Tisdall, 1996).

Katyonlar, (özellikle Ca^{+2} ve Na^+), elektrolitler ve pH kil ayrışmasını etkileyebilir (Chorom ve ark., 1994; Haynes ve Naidu, 1998). Yüksek konsantrasyonlarda NH_4^+ gübresi kilin ayrışmasına sebep olurken, toprağa jips eklenmesi elektrolit konsantrasyonunda ve bileşiminde değişikliğe yol açarak kilin dispersiyonunu azaltır (Haynes ve Naidu, 1998; Sumner, 1993; Baldock ve ark., 1994).

İki değerlikli Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonlar, kil tanecikleri ve TOK arasında katyon köprüsü yolu ile toprak stüktürünü iyileştirir (Bronick ve Lal, 2005). Kurak ve yarı kurak koşullarda primer toprak taneciklerini bağlamak ve sekonder karbonat tabakalarını oluşturmak için Ca^{+2} ve Mg^{+2} karbonatları çöker. Genellikle toprak stüktürünü geliştirmede Ca^{+2} , Mg^{+2} 'dan daha etkilidir (Zhang ve Norton, 2002). İki değerlikli katyonlar arasında Ca^{+2} , kil ve agregatlardaki Na^+ ve Mg^{+2} ile yer değiştirerek agregatların bozulmasını ve kil dispersiyonunu engeller, böylece agregat stabilitesine katkıda bulunur (Armstrong ve Tanton, 1992). Ca^{+2} 'nin , kolloid flükülasyonu, strüktürel stabilite ve erodibiliteye karşı olumlu etkisi bulunmaktadır (Orts ve ark., 2000; Charman ve Murphy, 2000). Ca^{+2} 'a kıyasla Mg^{+2} , kil dağılımını arttırmak suretiyle toprak agregat stabilitesi üzerinde daha zararlı bir etkiye sahip olup, Ca^{+2} ile kıyaslanan Mg^{+2} 'nin olumsuz etkisinin kapsamı kilin tipi ve topraktaki elektrolit konsantrasyonuna bağlı olabileceği belirtilmiştir (Zhang ve Norton, 2002). Mg^{+2} , killerin genişleyerek şişmesine neden olur, bu durum agregatların dağılımına neden olur. Kireç ve jips gibi Ca^{+2} ve Mg^{+2} içeren toprak düzenleyicilerinin kullanımı agregatlaşmada büyük etkilere sahiptir. Kireçli topraklarda artan Ca^{+2} köprüleri içeren güçlü bağ oluşumu ile agregat stabilitesi sağlar (Chan ve Heenan, 1999).

Çok değerlikli Al^{+3} ve Fe^{+3} katyonları, katyonik köprüleme ve organometalik

bileşenleriyle jellerin oluşumu yoluyla toprak strüktürünü iyileştirir (Amezketta, 1999). Al^{+3} ve Fe^{+3} ' in ikisi de Oxisols gibi, düşük kil ve TOK içeriğe sahip asidik topraklarda agregatlaşmayı kontrol eder (Oades and Waters, 1991; Barral ve ark., 1998).

Potasyum, bitki beslemede besin elementi olarak N ve P den sonra gelen üçüncü makro besin elementidir. Yağışlı ve orta yağışlı bölgelerde bulunan toprakların çoğunda yeterli düzeyde doğal K bulunmamaktadır. K^{+} iyonu değerliğine rağmen özellikle 2:1 tipi kil içeren topraklarda önemli miktarlarda tutulmaktadır (Bayraklı, 1998).

Literatür bulgularına göre majör anyonların başında fosfat ($H_2PO_4^{-}$), nitrat (NO_3^{-}), sülfat (SO_4^{-2}), klörür (Cl^{-}) ve bikarbonat (HCO_3^{-}) gelmektedir. Söz konusu anyonların toprak çözeltisindeki konsantrasyonları değişken olup, genellikle yağışlı bölge topraklarında anyon konsantrasyonu toplamı çok düşük yüzeyledir ($<0,01$ M). En kuvvetliden itibaren adsorbe edilme sırası $H_2PO_4^{-} > SO_4^{-2} > NO_3^{-} = Cl^{-}$ şeklinde olup, tuzsuz toprakların çözeltilerindeki anyon konsantrasyonu genel olarak katyon konsantrasyonundan daha azdır. Normal topraklarda anyonların bulunurluk sırasına göre dağılımları $Cl^{-} > SO_4^{-2} > HCO_3^{-} > NO_3^{-}$ iken sodik topraklarda HCO_3^{-} ve $CO_3^{-2} > Cl^{-} > SO_4^{-2} > NO_3^{-}$ şeklindedir ve bu sıralamanın çoğu zaman toprak ve bitki üzerine önemli etkisi olmamakla birlikte N ve S noksanlığı söz konusu olabilir (Bayraklı, 1998). Toprak çözeltisinin SO_4^{-2} konsantrasyonu bitkiye yararlı sülfür miktarını gösteren önemli bir ölçüdür. Kurak bölge topraklarında sülfat konsantrasyonu genelde bitkinin sülfür ihtiyacını karşılayabilecek düzeydeyken yarı yağışlı ve yağışlı bölge topraklarında ise aşırı yıkanma sebebiyle sülfür noksanlığı görülebilir (Bayraklı, 1998).

Anyonların mobiliteyi çok yüksektir. NO_3^{-} çok kolay şekilde topraktan yıkanır (Haktanır ve Arcaç, 1998; Bayraklı, 1998). NO_3^{-} azotu, toplam azotun çok küçük bir kısmını teşkil etmesine rağmen, elverişli N miktarı değerlendirilirken NO_3^{-} miktarı kıstas olarak alınmaktadır (Bayraklı, 1998). Oksijenli şartlarda azotun en kararlı formu NO_3^{-} olduğu için toprak yüzeyindeki NO_3^{-} miktarı, derinlerdeki katlardan daha fazladır (Bayraklı, 1998).

Fosfat anyonu toprak kimyası üzerinde en çok araştırma yapılan anyon olup, tüm çabalara rağmen topraktaki kimyasal davranışları bakımından hala anlaşılmamış birçok yönü bulunan iyondur (Bayraklı, 1998). Fosfatlar nitrata göre daha düşük mobilitelere sahiptir. Fosfat iyonlarının adsorbsiyon yüzeyleri tarafından sıkı bir şekilde tutulması ve toprak pH'sına bağlı olarak topraktaki Ca, Fe-Al gibi elementlerle çözünürlüğü az bileşikler oluşturması sebebiyle topraklar mükemmel bir filtre görevi yapmaktadır. Topraklardaki fosfatın ana kısmı düşük çözünürlükteki bileşikler olarak katı içinde bulunur

(Haktanır ve Arcak, 1998).

Topraktaki çözünebilir Cl^- özellikle Na^+ ile birlikte toprak çözültisinin ozmatik potansiyelini arttırarak bitkilerin su alımlarını güçleştirir. Toprakta çok kolaylıkla yıkanabilen klorür toprak ana maddesinden çok, deniz kaynaklı olarak ve yağış veya sızma suları nedeniyle toprakta birikebilir (Bayraklı, 1998).

2.1.2. Bazı Fiziksel Kalite Parametreleri

2.1.2.1. Toprak Tekstürü (Bünyesi)

Toprak tekstürü, toprağın fiziksel özelliklerinden biri olup doğrudan veya dolaylı olarak toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini de etkilemek suretiyle toprak kalitesi üzerinde önemli derecede etkiye sahiptir. Bitki besin maddesi adsorbsiyonuna, su tutma kapasitesine ve havalanmaya olan etkisiyle canlıların gelişimi için sınırlayıcı etkiye sahip olabilmektedir. Bunun yanında tekstürün agregatlaşma üzerine önemli etkisi vardır. Kil tipi, agregatlaşmayı belirlemedeki kil miktarından daha önemliyken, kaba tekstürlü topraklarda ise TOK strüktür üzerinde daha büyük etkiye sahiptir (Kay, 1998). Agregatlaşma topraktaki kimyasal ve biyolojik olaylar üzerine dolaylı olarak etki etmektedir. Agregatlaşmanın direkt etkilerinden biri suyun topraklardaki aşındırma faktörü üzerinedir. Kil konsantrasyonu şişme ve dağılma ile fiziksel olarak agregatlaşmayı etkiler. Düşük kil içeriğine sahip topraklarda şişmeye bağlı dağılım potansiyeli daha düşüktür (Attou ve ark., 1998). Kil miktarının yükselmesi TOK stabilizasyonunun artışı ile ilişkilidir (Sollins ve ark., 1996).

Kil minerallerinin yüzey alanı ve KDK'sı, TOK ve diğer toprak özellikleriyle birlikte dispersiyonu etkileyen etkenlerle etkileşim içerisindedirler (Nelson ve ark., 1999). Kaolinit gibi daha az reaktif killer, daha az dispers olmaktadır. TOK ve bazı kök killerin dispersiyonunu arttırabilmektedir (Tisdall, 1996).

Kil minerallerinin cinsi agregatlaşmayı etkileyen özellikleri etkilemektedir. Bunlar; yüzey alanı, KDK, yük yoğunluğu, dispersiyon ve genişlenebilirliktir ki bunların hepsi TOK'un ayrışma oranında etkilidir (Dimoyiannis ve ark., 1998; Schulten ve Leinweber, 2000). Kil, TOK ve agregatların etkileşimi, toprakta bulunan kil miktarı ve tipiyle ilgili olan, toprak pH'sı, KDK, iyonlar (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) tarafından etkilenir (Amezket, 1999). Smektitli yüksek aktiviteli killer Vertisollerde bulunurken, Kaolinit ve Halositler gibi düşük aktiviteli killer çoğunlukla Alfisol, Ultisol ve Oxisollerde bulunur (Bronick ve Lal, 2005).

Killer; kristalin, katlı strüktürler olarak veya kristalin olmayan amorf strüktürlü

minareler olarak meydana gelir. TOK ve agregatlaşmanın allofanik kil ile birleştiği volkanik topraklardaki gibi, bazı topraklarda kristalin olmayan killer agregatlaşma için önemli bir faktördür (Powers ve Schlesinger, 2002). Allofan ve imogolit gibi kristalin olmayan kil mineralleri, yüksek yüzey alanına, çok değişken ve genellikle agregatlaşmayı arttıran pH'ya bağlı yük özelliklerine sahiptir (Powers ve Schlesinger, 2002). Genişleyemeyen kaolinit (1:1) gibi kristalin killer, agregat stabilitesini düşürmeye eğilimli düşük KDK ve yüzey alanına sahiptir. Kaolinit, tabakalar ve TOK arasındaki elektrostatik yük sayesinde iyi bir flokülasyon kapasitesine sahiptir. Buna karşılık, yüksek KDK, yüksek TOK ve geniş yüzey alanı ile ilişkili olan smektitler ve diğer 2:1 killer gibi yüksek aktiviteli killerde agregatlaşma genellikle yüksektir (Seta ve Karathanasis, 1996; Amezketa, 1999; Six ve ark., 2000; Schulten ve Leinweber, 2000). Smektitlerin genişleyebilirliği ıslanma kuruma döngüsü sırasında agregatların bozunmasına yol açabilir. Muhtemelen kil miktarı ve şişme-büzülme sayısı yüzünden çeşitli etkiler olmasına rağmen, illit ve smektit killeri ıslanma ve kuruma döngüsü sırasında agregat stabilitesini azaltma eğilimindedir (Piccolo ve ark., 1997; Singer ve ark., 1992).

Daha az dispersif killer toprağın üst kısmında daha çok alifatik materyaller, toprağın alt kısmında ise karbonhidratlar içerir. Bu bileşenler tanecikleri bir arada tutmak için yapıştırıcı görevi görürler (Nelson ve ark., 1999). Kolayca dispers olan killer dispers maddesi olarak hareket eden aminoasitlerin daha yüksek konsantrasyonlarını içerir (Nelson ve ark., 1999).

Toprakların tensil direnci ile kil içerikleri arasında pozitif lineer ilişki bulunmuş ve bu ilişkinin kuvveti TOK içeriği ile doğrusal olarak artmıştır ve toprak agregatlarının gerilme dirençleri daha çok kil içeriği tarafından etkilenmektedir (Kavdır ve ark., 2004).

2.1.2.2. Toprak Strüktürü

İklim ve arazinin pozisyonu, sıcaklık, yağış, yükseklik, eğim derecesi ve yöney gibi faktörlere bağlı olarak toprak strüktürü ve gelişimi etkilenmektedir. Toprak tekstürü, mineraloji ve fizikokimyasal olaylarla birlikte, TOK ve organizma faaliyetleri gibi toprak özellikleri, toprak strüktürüne etki eden faktörlerin başında gelmektedir.

Toprak strüktürü, bitkilerin su ve besin alma yetenekleri ve kök dağılımı üzerine etki etmesi (Rampazzo ve ark., 1998; Pardo ve ark., 2000) nedeniyle toprak kalitesi üzerinde önemli yere sahiptir. Toprak strüktürü oksijen ve suyun infiltrasyonuna olanak sağlar ve suyun depolanmasını iyileştirebilir (Franzluebbbers, 2002). Toprak içindeki suyun hareketinin artmasıyla, gübrelerin tutulumu ve bitkiler üzerindeki etkinliği azalır

(Franzluebbbers, 2002). Toprak strüktürünün sıkışma veya işleme ile bozulmasıyla köklerin hava ve sudan yararlanabilirliği azalırken, bu durum kabuklaşma ve besin element döngüsünün hızlanması gibi sonuçları (Bronick ve Lal, 2005) nedeniyle toprak kalitesi üzerine olumsuz etki edebilir.

Tekstürel bileşimleri aynı, fakat strüktürel oluşum bakımından farklılık gösteren toprakların fiziksel özellikleri de büyük değişimler gösterebilmektedir (Karaman ve ark., 2012). Toprak strüktürü, toprak işleme, hayvan yaşamı, bitki gelişimi, çevre ve su kalitesinde önemli bir faktördür. Toprak strüktürü; toprakların boyut, şekil, boşluk ve katıların düzeni/sürekliliği, su tutma ve taşıma kapasitesi, organik ve inorganik madde, kök gelişimi ve büyümeye destek direnci ile ilgilidir (Lal, 1991). Kaliteli bir toprakta, uygun toprak strüktürü ve yüksek agregat stabilitesi, tarımsal verimliliğin, agronomik üretkenliğin ve porozitenin artması, erozyona karşı duyarlılığın azalması bakımından oldukça önemlidir. İyileşen toprak strüktürü; su ve rüzgar erozyonunu azaltıp, yüzey ve yer altı su kalitesini iyileştirirken, aynı zamanda besin döngüsünü, su kullanılabilirliğini ve biyolojik çeşitliliği de arttırıp (Bronick ve Lal, 2005) toprak kalitesinin düşmesinin önüne geçmektedir.

Toprak strüktüründeki bozulma, toprak degradasyonunun bir biçimi olarak görülebilir (Chan ve ark., 2003) ve genellikle arazi kullanımı ve toprak/ürün yönetimi uygulamaları ile ilgilidir (Bronick ve Lal, 2005). Toprak strüktürü, toprak suyu hareketi ve tutulmasını, toprak havalanmasını, erozyon, kabuk oluşumu, besin döngüsü, kök penetrasyonu ve ürün verimi gibi toprak kalitesiyle ilişkilendirilebilecek faktörleri etkiler. Aynı şekilde yüzey akışı, yer altı ve yer üstü sularının kirliliği ve CO₂ salınımı toprak strüktürü tarafından etkilenmektedir (Bronick ve Lal, 2005). Bu da uygun strüktürün, toprak kalitesinin yanında hava ve su kalitesinin de devamlılığında rol oynadığının göstergesidir.

2.1.2.3. Agregat Stabilitesi (AS)

Toprak degradasyonunun önlenmesi, dolayısıyla toprakların genel kalitesinin korunması veya iyileştirilmesi, stabil agregatların varlığıyla doğru orantılıdır. Agregat, Primer toprak taneciklerinin oluşturduğu bir gruptur ve bu grubu oluşturan taneciklerin birbirlerini tutma kuvveti, etrafını saran diğer tanecikleri tutma kuvvetinden daha güçlüdür. Agregatlaşma; taneciklerin yeniden düzenlenmesi, kümelenme ve çimentolaşma sonucu oluşur (Duiker ve ark., 2003). Agregat, TOK, biota, iyonik köprüler, kil ve karbonatlar tarafından oluşturulur. Agregatlaşma birçok faktörden etkilenmektedir (Şekil 2.3).

Amorf Fe^{+3} ve TOM, yüksek TOK içerikli topraklarda ince stabil tanecikler oluşturur (Barral ve ark., 1998). İri taneli partiküller Fe^{+3} oksitlerinden oluşur (Barral ve ark., 1998), bu durum oxisollerdeki agregatların gerilme direncini artırır ve diğerlerinde agregat stabilitesini iyileştirir (Barral ve ark., 1998).

Fosforik asit; düşük pH, Al^{+3} hareketliliği ve alüminyum fosfatın çimentolama etmeni olarak çökmesiyle toprak agregatlaşmasını artırır ve stabil agregatlar oluşur (Haynes ve Naidu, 1998).

Artan agregat stabilitesi ve bitki örtüsü, infiltrasyonun artmasına ve erozyonun azalmasını sağlar (Boix-Fayos ve ark., 1998). Özellikle şiddetli yağmur alan bölgelerde eğimli topraklar erozyona daha duyarlıdır. Erozyon, agregatlaşmada öncelikli bağlayıcı unsurların ikisi olan kil ve TOK içeren hafif tanecikler veya düşük yoğunlukta olan materyalleri taşıma eğilimindedir. TOK'un erozyonu, ayrıca mineralizasyon oranını artırabilir (Jacinthe ve ark., 2002).

2.2. Toprak Erozyonu ve Önemi

Genel olarak çevre sorunu niteliğinde olan ve insanımızı açlığa, yoksulluğa ve göçe zorlayan toprak erozyonu çok önemli ekolojik bir sorun olup, ülkemiz topraklarının erozyona elverişli durumu doğal kaynakların tahribatına neden olan en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Topoğrafik, iklimsel, bitkisel ve jeolojik faktörler, insan faktörü dışındaki erozyona neden olabilen doğal faktörlerdir. Ülkemiz topraklarının %7,2' sinde hafif, %20'sinde orta ve %58,7'sinde ise şiddetli ve çok şiddetli derecede erozyon sürmektedir (Anonim 1).

Toprak erozyonu, toprağın su, rüzgar, yağış ve yerçekimi gibi sebeplerle fiziksel olarak yer değiştirmesiyle ekonomik ve çevresel etkisi büyük olan bir olaydır. Erozyonun bitkisel üretime direkt veya indirekt olan etkisi erozyonun ekonomik etkisi olarak örnek verilebilir. Su kaynaklarının kirlenmesi ve hava kalitesine olumsuz etkileri çevresel sonuçları olarak görülebilir (Lal, 1998). Erozyon, sıg topraklarda veya kök gelişimini sınırlayabilecek sıg tabakalı kısımlarda daha çok şiddetlidir. Su ve rüzgar erozyonunun toprağın infiltrasyon oranını, su tutma kapasitesini, besin miktarını, organik madde miktarını, toprak biotasını ve derinliğini azaltması sebebiyle toprak kalitesi ve üretkenliğe olumsuz etkisi bulunmaktadır (El-Swaify ve ark., 1985; Troeh ve ark., 1991). Bu parametrelerin her biri kalite ve üretkenliği tek başına bile etkilerken, erozyon sayesinde olumsuz etkiler daha da artmaktadır.

Uygun olmayan tarımsal uygulamalar sonucu oluşan toprak kayıpları ve buna bağlı

su kaynaklarının kirlenmesi ekonomik ve çevresel maliyetlere sebep olmaktadır. Su ve besin kaybı toplam üretkenlik maliyetinin % 90'ına etki edebilmektedir (Pimental ve ark., 1995). Verimli bir tarım toprağının 1 tonu yaklaşık 1-6 kg N, 1-3 kg P, 2-30 kg K içerirken, aşırı erozyona uğramış toprakta bu besinler oldukça düşük seviyelerdedir (Pimental ve ark., 1995). Toprak kaybı, toprağın fiziksel özelliklerinin değişimine bağlı olarak su sağlama kapasitesinin değişmesi, asitliğin artması, kireç gereksinimi ve verimliliğinin düşmesi sebebiyle topraktaki üretkenliği azaltmaktadır (Harlin ve Berardi, 1987). Toprak yönetimi, toprak kalitesindeki erozyon kaynaklı değişimleri belirleyen, muhtemelen en önemli dışsal faktördür. Bu üretkenlik ve çevresel kalitenin yanında akılcı girdi, toprak ve bitki yönetimi için uygun sistemler bakımından da önemlidir (Lal, 1999a).

Birleşik Devletler (U.S.)'deki tarımsal alanlardaki toprak kaybı 0-300 ton/ha/yıl olup bunun yaklaşık %34'ü ekili alanlarda gerçekleşmektedir ve uzun süreli üretkenliğin sürdürülebilirliğini etkilemektedir (Brown, 1984). Afrika'da erozyon ve çölleşme tarımsal üretkenliği %20 düşürmektedir (Lal, 1999b).

Toprağın strüktürü, biyolojik ve kimyasal kompozisyonu, organik maddesi, tekstürü, nem içeriği ve yoğunluğu infiltrasyon kapasitesini direkt olarak etkilemesinin yanında dispersiyon ve taşınmasını etkilemektedir.

Su erozyonu, toprağın veya toprak parçacıklarının, herhangi bir arazi tipinden, buzun veya karın erimesiyle, yağmur veya akan su sebebiyle oluşan yüzey akışı ile kaldırılması, taşınması veya sürüklenmesi olarak tanımlanır (Schwab ve ark., 1981, Lal, 1999b). Erozyonun yeterli kontrol ölçümlerinin seçimiyle, erozyon senaryosu değerlendirme aracı olarak modellenme oldukça kullanışlıdır (Moehansyah ve ark., 2004). Rill ve inter-rill'in neden olduğu toprak kayıplarının yıllık olarak tahmininde en yaygın olarak kullanılan ampirik model RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)'dir.

2.2.1. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi)

Universal Soil Loss Equation (USLE) modeli, 1978 yılında artan tarımsal uygulamalar sonucundaki toprak kayıplarıyla ilgili olarak birleşik devletlerinde uzun dönemde su erozyonu tahmini için tasarlanmış parsel-tarla ölçekli olarak geliştirilmiş en yaygın kullanılan modeldir. Bu amaçla tasarlanmış ilk ampirik model olma özelliğindedir (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu modelin odak noktası, toprakların parmak ve yüzey erozyonundan korunması amacıyla erozyonu önceden tahmin etmektir (Lal, 1999b). USLE 1985 yılında tekrar düzenlenip yenilenerek yeni model Revised

Universal Soil Loss Equation (RUSLE) ortaya çıkmıştır (Morgan, 2005). Genel RUSLE eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$A=R*K*L*S*C*P \quad (2.2)$$

A = Yıllık toprak kaybı (t/ha/y).

R = Yağış erozyon indisi [(Mj*mm)/(ha*hr*y)]

K = Toprağın erozyona duyarlılığı [(t*ha*hr)/(Mj*mm)]

L = Eğim uzunluğu faktörü

S = Eğim dikliği faktörü

C = Ürün ve arazi yönetim faktörü

P = Toprak koruma önlemleri

Toprak erozyonu, sadece tarımsal alanlar için değil aynı zamanda ormancılık, geçiş ve rekreasyon alanları için de toprak degradasyonunun bir formu olarak ciddi derecede tehlikelidir (Morgan, 2005). Toprak erozyonunun olduğu yerde veya farklı yerde etkileri görülebilir. Özellikle tarımsal alanlarda meydana gelen erozyon, alandaki toprağın dağıtımı, üst toprağın kaybı, strüktürün bozulması, OM ve besin seviyelerinin azalması sonucu ekilebilir toprak derinliğinin azalması ile birlikte toprak verimliliğini azaltmaktadır (Morgan, 2005).

Su ile meydana gelen toprak erozyonu 3 safhada oluşur. I) Toprak kütesinden bağımsız toprak partiküllerinin ayrılması II) Yüzey akışla sediment taşınımı ve III) Sediment birikimi (Morgan, 2005).

Araştırmalar toprak erozyonu sonucu taşınan materyalin, toplam toprak kayıplarının %54-78 ini içerdiğini göstermiştir. Bu oran Çek Cumhuriyeti'nde %70, mid-Bedfordshire' de (İngiltere) %20-50 dolaylarındadır (Govers ve Poesen, 1988; Zachar, 1982; Morgan ve ark., 1986).

Erozyon süreci oldukça karmaşıktır, bu yüzden erozyonun tespiti için toprak koruma uygulamalarının etkinliğinin anlaşılması çok kritik noktayı oluşturmaktadır. Erozyon değerlendirmesi, ölçümleme modelleme veya her ikisi ile birlikte yapılabilir. Toprak kayıplarındaki gerçek verilere arazide ölçümlerle daha gerçek sonuç elde edilebilecekken bunun her nokta için uygulanması ve yürütülmesi olanaksızdır. Bu eksiklikleri en aza indirebilmek için geniş ve çeşitli alanlarda erozyon durumlarının tahmininde modelleme kullanılabilir. Tahmin edilen erozyon riski ve toprak

kayıplarının doğruluğu arazi ölçüleriyle desteklenebilir. Doğruluğu yeterli derecede kabul gören metotlar benzer şartlardaki diğer alanlar için erozyon tahmini için kullanılabilir (Morgan, 2005).

USLE/RUSLE gibi toprak erozyon modellerinin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleriyle birlikte kombinasyonu, erozyonun büyüklük ve uzamsal dağılımının tahmininde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Mitasova ve ark., 1996; Millward ve Mersey, 1999; Fernandez ve ark., 2003).

Toprak erodibilitesi, toprak tekstürü, agregat stabilitesi, infiltrasyon kapasitesi, organik ve kimyasal içerik kapsamına bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin küçük partiküller daha yapışkan ve ayrılmaya karşı daha dirençli olurken, büyük partiküller taşınmaya karşı daha dirençlidir. %40'ın üzerinde silt içeriğine sahip toprakların erodibilitesi daha yüksektir (Richter ve Negendank, 1977).

Evans (1980), %9-30 kil içeriğine sahip toprakların erozyona en çok duyarlı topraklar olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte yüksek baz minerallerine sahip toprakların agregatlar arasındaki kimyasal bağ olarak katkısı sayesinde daha stabildir (Morgan, 2005). Ayrıca %3,5'ten daha düşük organik madde içeriğine sahip topraklar erodobil topraklar olarak dikkate alınabilir (Evans, 1980). Kuru bir toprağın ıslanması sonucu agregatların parçalanması, öncesinde nemli agregata göre daha fazla olur ki bu nemli toprakta daha az hava bulunmasından kaynaklanmaktadır (Truman ve ark., 1990). Bu yüzden kuru ve yağışlı sezonların süreleri, su erozyonu için hassas periyotlardır.

Erozyon modelleme doğal çevrede meydana gelen toprak formasyonları ve yüzey akışları gibi fizik kuralları ve çevresel proseslerin zamansal olarak anlaşılmasına dayanmaktadır (Morgan, 2005). Modelleme, bu komponentleri matematiksel ilişkiler çerçevesinde dönüştürerek, su erozyonu proseslerinin temelini oluşturan ayrılma, taşınma ve birikmeyi açıklar (Jetten ve ark., 2003). Erozyon modellerinin çoğu erozyon tiplerinin (yüzey, parmak v.s.) sadece birinin veya bunlardan birinin altkümesinin tahmini eğilimindedir (Summer ve ark., 1998).

Matematiksel, kavramsal ve fiziksel-temelli olmak üzere üç ana erozyon model tipi bulunmaktadır. Zamansal ve yersel farklı yaklaşımlar sağlanması için çeşitli alt modeller mevcuttur (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Bazı erozyon ve sediment taşınma modelleri (Saavedra, 2005)

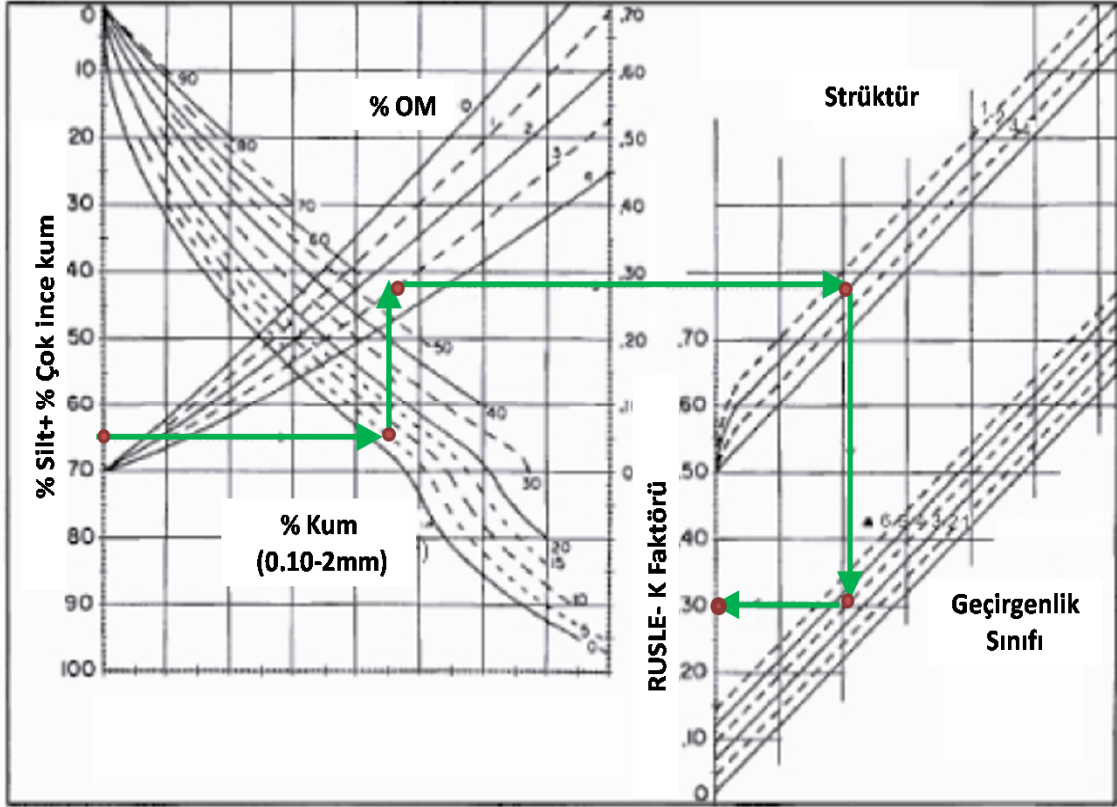
Model	Tip	Yersel ölçek	Zamansal ölçek	Girdi gereklilikleri	Çıktılar
LISEM	Fiziksel	Küçük havza	Anlık	Yüksek	Yüzey akış, sediment
EPIC	Fiziksel	Yamaç /havza	Sürekli	Yüksek	Erozyon
WEPP	Fiziksel	Yamaç / havza (Tutma/yakalama)	Sürekli	Yüksek	Yüzey akışı, sediment, toprak kaybı
SWAT	Kavramsal	Havza	Sürekli	Yüksek	Yüzey akışı, sediment verim oranı piki, erozyon
WATEM	Kavramsal	Havza	Yıllık	Orta	Erozyon
USLE	Matematiksel	Yamaç	Yıllık	Yüksek	Erozyon
RUSLE	Matematiksel	Yamaç	Yıllık	Yüksek	Erozyon
USPED	Matematiksel/ Kavramasal	Havza	Durum/ Yıllık	Orta	Erozyon/ Birikme

Matematiksel modeller öncelikle tarla veya havza denemelerinin analizleri ve bu alanların istatistiksel eşitlikler kullanılarak verdiği karşılığın açıklanması temeline dayanmaktadır (Wheater ve ark., 1993). Bu tür modeller için hesaplama ve veri gereksinimleri genellikle diğer kavramsal ve fizik temelli modellerinden daha azdır (Li ve ark., 1996). Matematiksel modeller genellikle çalışma dönemi süresince belli başlı şartların değişmeden sabit kaldığı varsayımına dayanmaktadır (Saavedra, 2005). Bununla beraber bu modeller sık limitli veri ve parametrelerle birlikte aşınan sedimentin kaynağı ve nedenini tespit için kullanılmaktadır (Merrit ve ark., 2003).

Yüzey akışı ve toprak kaybının önceden tahmini, koruma planlamasında yaygın kullanılan bir araçtır.

2.2.2. Toprak erodobilite faktörü (RUSLE-K)

Toprak erodobilitesi, toprağın aşınmaya, sıçramaya, sürüklenmeye karşı doğasındaki direnç ifadesidir. Bu, toprak partiküllerinin arasındaki kohezif kuvvetlerle ilgilidir. Kohezif kuvvetler bitki örtüsü, toprak suyu içeriği, toprak strüktürünün gelişiminin varlığına veya yokluğuna göre değişebilmektedir. Başka bir ifadeyle toprak erodobilitesi uygulanan dışsal kuvvet ve enerji ile topraktaki değişikliklerdir. K faktörünün belirlenmesinde toprak-aşınabilirlik nomogramı (Şekil 2.4) kullanılmaktadır (Wischmeier ve ark., 1971).



Şekil 2.4. Toprakların erozyon duyarlılığı namogramı (Wischmeier ve ark., 1971)

Toprak erodobilitesinin sadece USLE ve RUSLE de kısıtlı ve uygulamalı tanımı yapılmaktadır. Toprak erodobilitesi, yağış, yüzey akışı ve infiltrasyonun toprak kaybı üzerindeki bileşik etkisi ile ilgili olarak genellikle K-faktörü olarak ifade edilir. K-Faktörü, silt, çok ince kum, kil içeriği ile birlikte, OM içeriği, yüzey strüktürü ve geçirgenliği ile matematiksel (Eşitlik 2.3) olarak hesaplanır (Wishmeier ve Smith 1978).

$$K = [2,1m^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)]/100$$

(2.3)

K = Toprak erodobilite faktörü (U.S.)

m = (silt (%) + çok ince kum (%))(100-Kil (%))

a = Organik madde(%)

b = Toprak strüktür sınıfı

c = Geçirgenlik sınıfı

Çizelge 2.8. Bazı RUSLE-K faktörü sınıflama değerleri

Dangler (1976)		Pauwels ve ark. (1980)	
<i>Sınıf</i>	<i>K-Faktör</i>	<i>Sınıf</i>	<i>K-Faktör</i>
Çok düşük	0-0,10	Düşük-çok düşük	0-0,25
Düşük	0,10-0,20	Orta	0,25-0,35
Orta	0,20-0,30	Yüksek	0,35-0,45
Orta-yüksek	0,30-0,40	Çok yüksek	0,45+
Yüksek	0,40-0,50		
Çok yüksek	0,50+		

Pratikte toprak erodobilitesi, toprağın; ortalama uzun vadeli yağmur fırtınalarının erozif gücüne karşı duyarlılığı; erozyon ve hidrolojik olaylara karşı reaksiyonlarının ortalama yıllık değerlerinin tek parametrede birleştirilmiş ifadesidir. Bu prosesler, yağmur damlası ve yüzey akışı ile toprağın ayrılması, taşınması; topoğrafya ve işlemeye bağlı olarak bölgesel birikme ve yağmur suyunun toprak profilinde infiltrasyonudur.

Kireçli toprakların erodobilitesini tahmin için yapılan çalışmalarda; K faktörünün strüktür ve geçirgenlik üzerine etki eden toprak özellikleriyle ilgili olduğunu göstermiştir (Gupta, 2002; Hoyos, 2005; Summer, 1982). Bazı çalışmalar ise toprak partiküllerinin, organik maddenin, değişebilir potasyum ve demir oksitlerin K faktörü üzerine direkt etkisinin olduğunu göstermiştir (Veihe, 2002; Santos ve ark., 2003; Zhang ve ark., 2004; Evrendilek ve ark., 2004; Rodriguez ve ark., 2006; Auerswald ve ark., 1996; Rhoton ve ark., 1998).

BÖLÜM 3

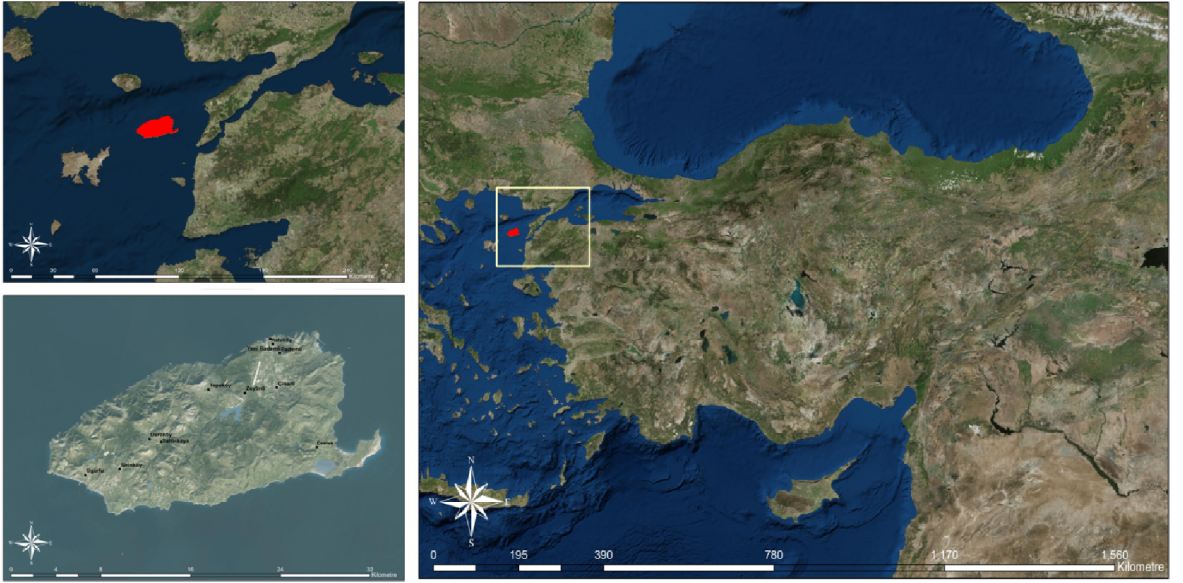
MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma alanı Gökçeada olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1). Çalışma adanın tamamını kapsamakta olup 248 adet yüzey toprağı alınmış ve bu örnekler çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur.

3.1.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı

3.1.1.1. Gökçeada



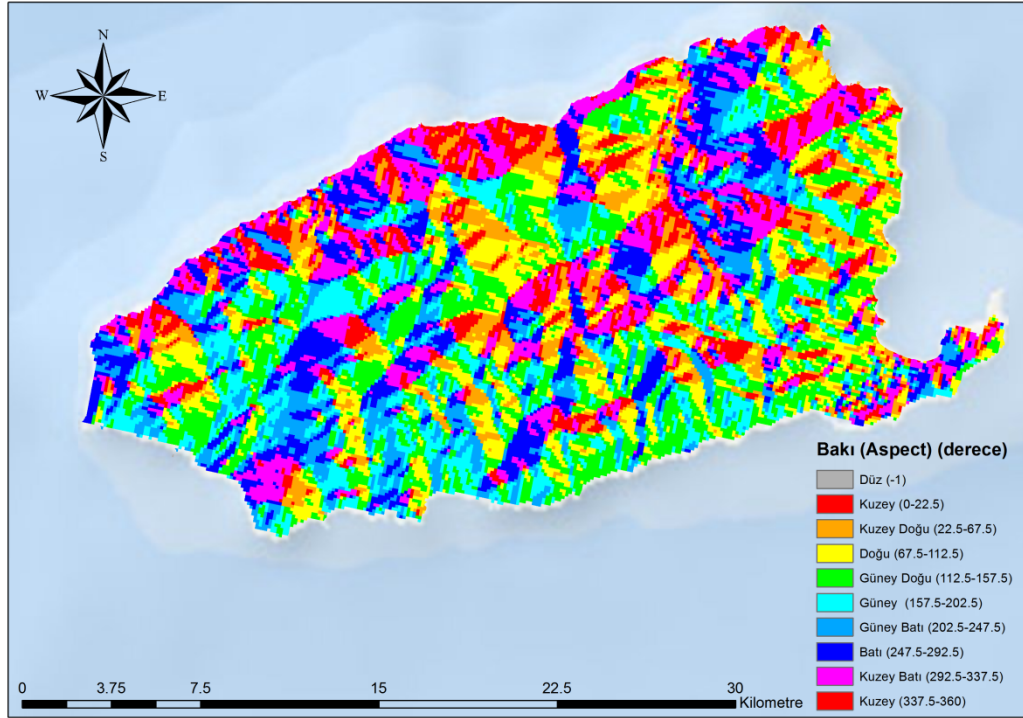
Şekil 3.1. Gökçeada'nın coğrafi konumu

Gökçeada, kuzey Ege Denizi'nin 25° 40' 06''- 26° 01' 05'' doğu boylamları ile 40° 05' 12''- 40° 14' 18'' kuzey enlemleri arasında ve Çanakkale'nin 40 km batısında yer alır. Gökçeada'nın doğu-batı uzunluğu 29,5 km ve kuzey-güney uzunluğu 13 km'dir. Kıyı uzunluğu da 95 km olup ve yüzölçümü yaklaşık 286 km²' dir. Ada, merkez ilçeye bağlı 9 köy ve ilçedeki 3 mahalleden oluşmaktadır. Adada 5 adet gölet bulunmaktadır. Su kaynakları açısından Ege'nin en zengin ve dünyanın su zenginliği bakımından 4. adasıdır. Akdeniz iklimi etkisi altında olan Marmara geçiş iklim tipi görülmektedir. Gökçeada'nın Kuzeybatısında bulunan Semadirek Adası'na uzaklığı yaklaşık 22 km, Güneybatısındaki Limni Adası'na ise uzaklığı yaklaşık 18 km'dir. Gökçeada engebeli bir arazi yapısına sahiptir. %64,72'si %12 üzerinde eğime, %13,63'ü düz-düze yakın alanlardan

oluşmaktadır (Şekil 3.3). 678 m yüksekliği bulunan Doruk Tepe adanın en yüksek noktasıdır. Adada yaygın olarak bitki örtüsü orman ve maki görülsede zeytinlikler de bulunmaktadır. Gökçeada, volkanik kütlelerden oluşmuştur.

3.1.1.2. Jeolojik Yapısı

Gökçeada’da %17,06 oranıyla güneydoğu bakıların diğer bakılara göre daha hakim durumda olduğunu, sonrasında ise %13,37 oranında doğu bakıların, %12,75 oranıyla kuzeybatı bakıların izlenmektedir (Şekil 3.2).

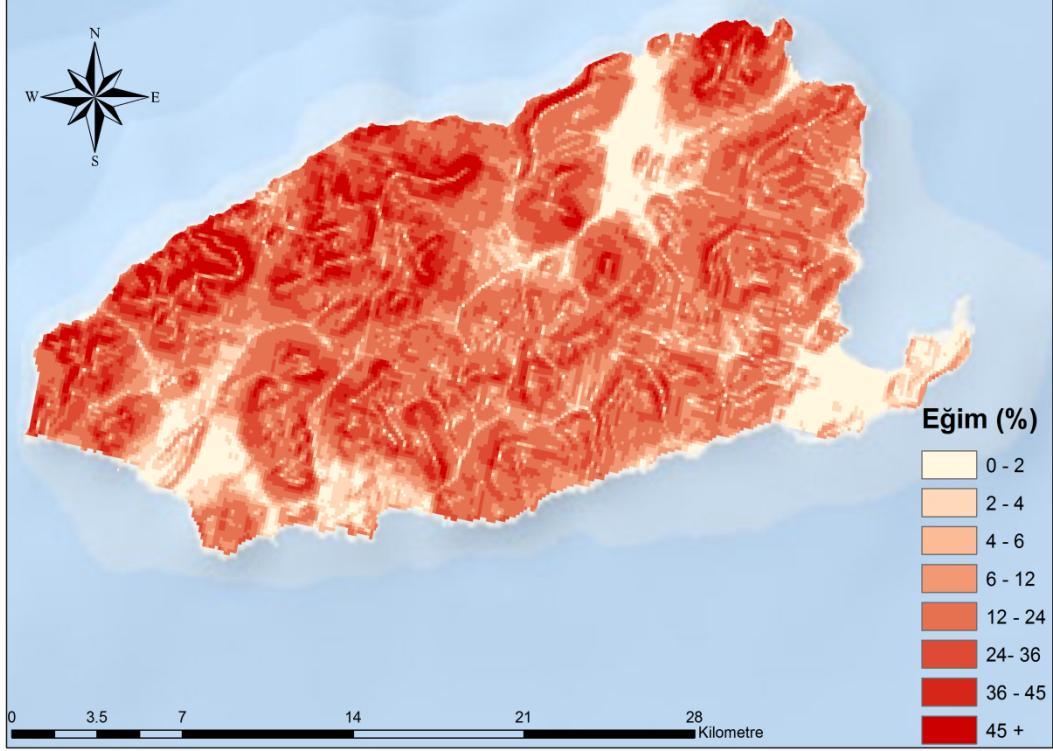


Şekil 3.2. Gökçeada'nın yöney (bakı) haritası

Çizelge 3.1. Gökçeada arazilerinin yöney dağılımı

Yöney	Alan (%)
Düz	0,03
Kuzey	10,45
Kuzeydoğu	10,15
Doğu	13,37
Güneydoğu	17,06
Güney	12,49
Güneybatı	11,16
Batı	12,56
Kuzeybatı	12,75

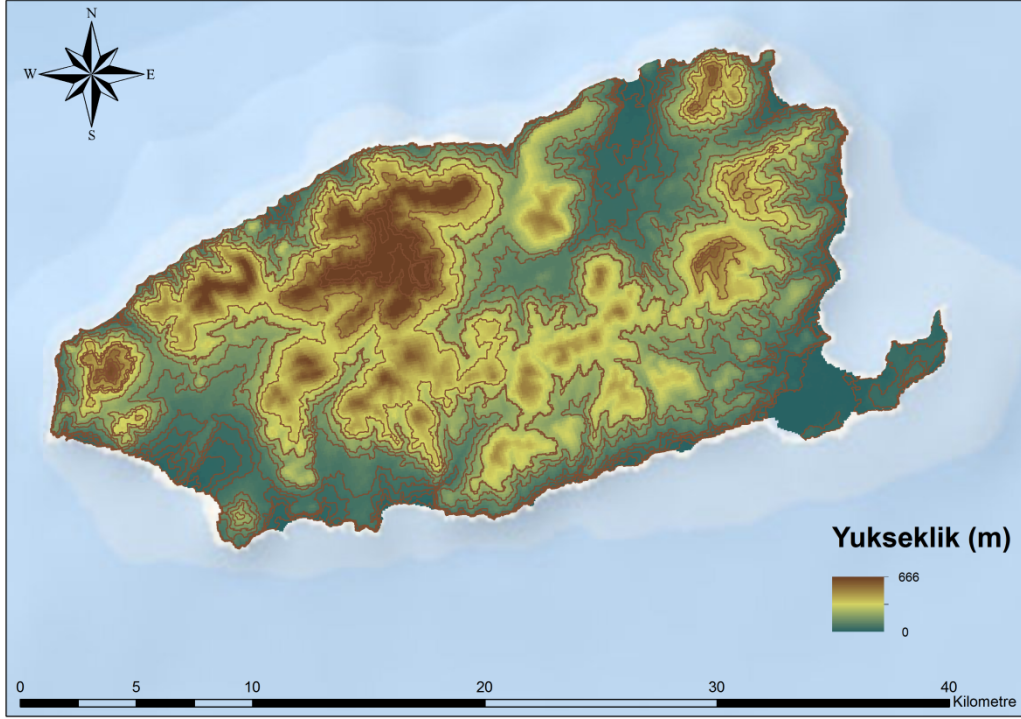
Gökçeda'nın toplam alanın %64,72'si %12 üzerinde eğime sahiptir. Adanın %34,43'ü %12-24 eğim grubundadır. Bunu sırasıyla %24-36 ve %6-12 eğim gruplarının takip ettiği görülmektedir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.3. Gökçeda eğim grupları (%)

Çizelge 3.2. Gökçeda eğim gruplarının alansal oranları

Eğim Grubu (%)	Alan (%)
0-2	7,70
2-4	5,93
4-6	5,37
6-12	16,28
12-24	34,43
24-36	19,47
36-45	6,70
45+	4,12



Şekil 3.4. Gökçeada eşyüksekti ve yükseklik haritası

Erginal ve Ertek (2009), Gökçeada'da, Tersiyer öncesi temel kayaçları olarak fillit ve şistler adanın kuzey kıyısında dar bir alanda; Tersiyer formasyonları Erken-Orta Eosen-Geç Miosen zaman aralığında çökelmiş denizel şeyl, kumtaşı ve kireçtaşları ve Geç Oligosen-Geç Miosen'e yaşlı andezit, tuf ve aglomeralarla (Ayvacık Volkanitleri) temsil edilir. Tersiyer formasyonlarının temelini Erken Eosen yaşlı Karaağaç formasyonu, üst seviyesini ise Geç Miosen yaşlı Kirazlı formasyonu oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Gökçeada'nın en yaşlı kayaçları, Eosen yaşlı bol nummulitli kireçtaşları olmakla birlikte, Şahinkaya Köyü güney yamaçlarında ve Uğurlu Köyü yolu üzerinde görülen bu kayaçların üzerine uyumsuz olarak kumtaşı-şeyl- çakıl taşı ardalanmalı karasal-sığ denizel ortamda çökelmiş sedimanter kayaçlar gelir (Öztürk, 2001). İçinde linyit düzeyleri de bulunan ve Oligosen olarak yaşlandırılan bu istifin kalınlığı 1 km civarındadır (Öztürk, 2001).

Ayrıca Öztürk (2001), Molas çökelleri içine sokulan ve arazide mantar şeklinde kabartılar oluşturan volkan çıkışları adanın jeolojisi ve jeomorfolojisinde özel bir yer tuttuğunu, volkan sokulumları andezitik bileşime yakın karakterde ve tuf aglomera gibi püskürme ürünleri de içerdiğini, volkan kayaçları, içine sokuldukları kayaları ısıtarak başkalaştırmış, yaklaşık 50m kalınlığında yeşilimsi beyaz renkli pişme zonu oluşturduğunu belirtmiştir.



Şekil 3.5. Gökçeada'da bulunan bazı jeolojik oluşumlar



Şekil 3.6. Gökçeada'da bulunan yeryüzü şekilleri

Öztürk (2001), Aydıncık'ta, Tuz Gölü ile deniz arasında yer alan yatay ve kalın tabakalı çamurtaşı, karbonat çimentolu kum-şeyl ardalı, Miyosen yaşı verilen bir istif görüldüğünü, adadaki fayların kuzeyde, Kaşkaval Burnu ile Kaleköy arasında yer aldığını, Kaleköy Kalesinin altından geçen fay hattı boyunca Yıldız Koyu ve Mavi Koy'da su kaynaklarının çıktığını belirtmiştir. Ayrıca adada Kefaloz yolu üzerinde üretim stokları da bulunan ince bir manganez cevherleşmesinin bulunduğunu ve bu cevherin psilomelan, pirolusit ve limonitten oluşmakta olduğunu tespit etmiştir.

3.1.1.3. Hidroloji

Gökçeada uygun yer şekli ve kayaç yapısı nedeniyle zengin kaynak sularına sahiptir. Adanın uzun ekseni boyunca gelişmiş yaklaşık D-B gidişi çöküntü vadisi, su zenginliğinde önemli bir rol oynar. Ada'nın söz konusu içbükey morfolojisi nedeniyle yüzey suları Ada içinde kalmakta ana vadi üzerindeki barajlarda toplanan sular ilçenin içme suyu şebekesine verilmektedir (Öztürk, 2001). Adada su yüzeyleri 285 ha'lık alan kaplamaktadır (KHGM, 1999).

Adadaki kaynak suları genellikle aşırı çatlaklı andezitleri kesen ana bir kırık hattından veya andezitleri saran geçirimsiz kayaç sınırından boşalmaktadır. Bol çatlaklı andezitler içinde sirküle olan yeraltı suları geçirimsiz özellikteki killi kayaçlarla yan yana geldiği yerlerde birikmekte ve kaynakları oluşturmaktadır (Öztürk, 2001).



Şekil 3.7. Gökçeada'da bulunan bazı su kaynakları

Yüzey Suları

Gökçeada'da sulama amaçlı yararlanılan, Dereköy, Uğurlu, Aydıncık, Şahinkaya olmak üzere dört adet gölet bulunmaktadır. Adadaki göletler özellikle kuşlar için üreme ve beslenme ortamı oluşturup, içme ve sulamaya uygun değildir, doğal göletlerden en önemlisi Kefaloz burnunda bulunan Tuz Gölü'dür (Cengiz ve ark., 2009).

Lagün (Tuz) Gölü

Öztürk, (2001) kuzey ve güney yönlü dalgalarla her iki taraftan yığılan kum seddinin arkasında oluşan gölün ortalama derinliğinin 1m olduğunu ve bu gölün adanın tuz ihtiyacını karşılayabilme potansiyeli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca gölün güney kıyısında bulunan çamur oluşumunun, göl üzerindeki küçük bitkilerin rüzgârlarla güney kıyıya toplanması ve oksijensiz koşullarda bu organik birikintilerin çürümesi sonucu oluşmaktadır.

Akarsular

Güneydogu-kuzeybatı istikametinde uzanan ve iskele istikametinde denize dökülen Büyükdere ile Pirgaz'da denize dökülen 8 km. uzunluğa sahip Aperotos dereleri bulunmakta olup, bu iki derenin meydana getirdiği Büyükdere ve Pirgaz isimli iki adet ova bulunmaktadır (Cengiz ve ark., 2009).

Şahinkaya köyünün kuzey yamaçlarından doğan Yarılı dere, Marmaros deresi ve Kuzulimanına akan dere önemli şelaleleri oluşturmakla birlikte, Tepeköy'ün kuzey yamaçlarında denize dökülen pek çok küçük şelale bulunmaktadır (Cengiz ve ark., 2009). Çınarlı Mahallesi deresi kasabanın batısından geçen Büyükdere ile birleşerek 3 km sonra Ege Denizi'ne ulaşmaktadır (Cengiz ve ark., 2009).

Yeraltı Suları

Adanın alçak kesimleri ve dere kısımlarında 2-4 m derinliklerde yer altı sularına rastlanmaktadır. Genel olarak topoğrafyanın dik olması sebebiyle sızamayan su derelere karışmakta ve yeteri kadar yeraltında su toplanamamaktadır (Cengiz ve ark., 2009).

3.1.1.4. Meteorolojik Veriler

Gökçeada; Marmara ile Akdeniz iklim rejimi arasında geçiş göstermektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait meteoroloji istasyonundan elde edilen ve 1982-2012 yılları arasında 31 yıl süresince elde edilmiş Gökçeada'ya ait bazı meteorolojik

veriler EK 1’de gösterilmiştir. Bu verilere göre yıllık toplam yağışın ortalama 722 mm olduğu görülmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 15 °C’dir. Bununla birlikte ortalama rüzgar hızı 4,60–5,50 m/sn’dir (14 lokal ortalama).

3.1.1.5. Bitki Örtüsü

Gökçeada’nın su kaynakları bakımından zengin olması Ada’nın bitki örtüsünü de çeşitlendirip zenginleştirmektedir. Düzlukleri yamaçlardan ayıran kısımlarda genellikle Akdeniz bitkilerinin hâkim olduğu maki vejetasyonu bulunmaktadır. 2008 uydu görüntü verilerine göre Gökçeada maki formasyonu 7577,3 ha alanı yani toplam alanın %26,79’unu kaplamaktadır (Cengiz ve ark., 2009).

Gökçeada’da yüksek kesimlerde genellikle Kızılçam ormanları yer almaktadır. Bu ormanların tahrip olduğu kısımlarda Laden Gariği bulunmaktadır. Geniş yapraklı özellikle meşe gibi diğer türlerin bulunduğu ormanlar küçük kısımlarda görülmektedir. Büyükdere Baraj gölünün etrafında geniş yapraklı ormanlar hâkim iken Marmaros ve Uğurlu mevkiinin yüksek kesimlerinde kızılçam ormanlarının ağırlıklı olarak yer aldığı görülür. Baraj gölünün etrafında bu karışık geniş yapraklı toplulukta Pırnal Meşesi (*Quercus ilex*) bireylerine rastlanmaktadır. Gölden sonra başlayan maki şeridi aşılmca geniş yapraklı ormanlara ulaşılmaktadır. Yamaçlarda ve diğer kısımlarda kızılçam, nadiren meşe ve fundalıklar göze çarpar (Cengiz ve ark., 2009).

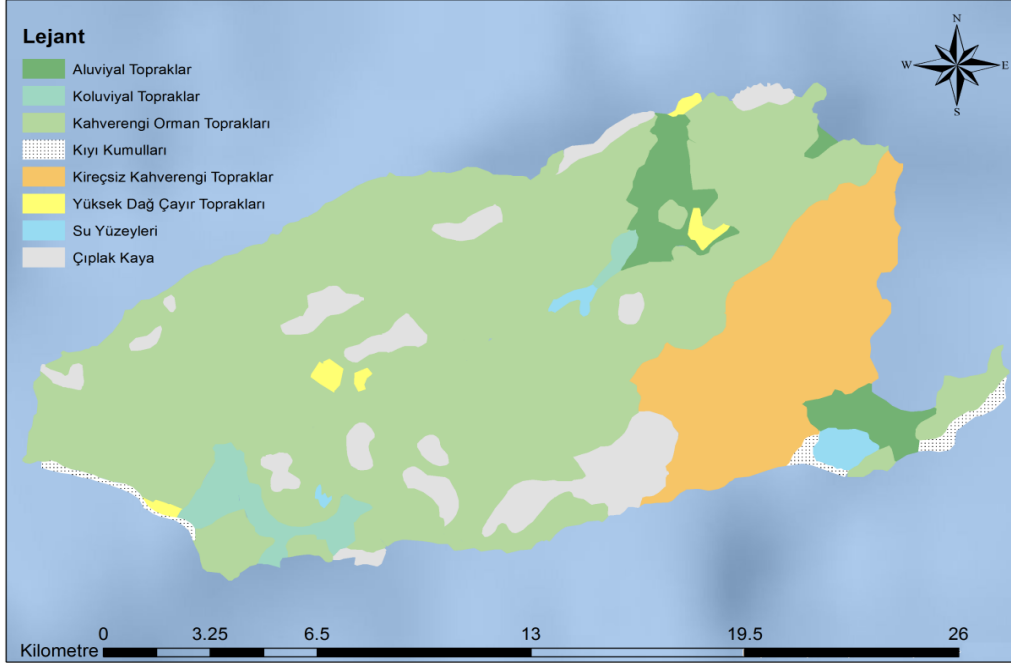
Adanın yaklaşık %22’si ormanlık %78’i ormansız alan olup; 1190,64 ha kızılçam, 63 ha fıstık çamı, 474,77 ha Akdeniz flora ormanı, 2621,73 ha meşe bulunmaktadır (Cengiz ve ark., 2009).



Şekil 3.8. Gökçeada’nın hakim bitki örtüleri

3.1.1.6. Toprak

Gökçeada'da 1938 Amerikan toprak sınıflaması sistemine göre çeşitli büyük toprak gruplarının olduğu; zonal ordosunda kireçsiz kahverengi toprakların, intrazonal ordosunda kahverengi orman topraklarının ve azonal topraklardan alüvyal ve kolüvyal büyük toprak gruplarının bulunduğu rapor edilmiştir (KHGM, 1999).



Şekil 3.9. Gökçeada'nın büyük toprak grupları (KHGM, 1999)

Çizelge 3.3. Gökçeada'daki büyük toprak grupları

Büyük Toprak Grupları	ha	Alansal Dağılım (%)
Kahverengi Orman Toprakları	18794	66,40
Kolüvyal Topraklar	794	2,81
Alüvyal Topraklar	1235	4,36
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	4388	15,50
Çıplak Kaya	2272	8,03
Yüksek Dağ Çayır Toprakları	240	0,85
Kıyı Kumulları	297	1,05
Su Yüzeyleri	286	1,01
Toplam	28306	100.00

Kireçsiz Kahverengi Topraklar

Ada'nın güneydoğusunda yayılım gösteren kireçsiz kahverengi topraklar, derinlik bakımından oldukça sığ olup toplam 4388 ha'lık alanda bulunmaktadır. Arazi engebeli ve eğimli olduğu ve aynı zamanda bitki örtüsünden yoksun olduğu için erozyona açıktır. Nitekim Değirmendere'nin orta ve aşağı çığırındaki az eğimli ve orta derinliğe sahip alanlar haricinde kalan yerlerde su erozyon derecesi şiddetli ve çok şiddetlidir (KHGM, 1999).

Kahverengi Orman Toprakları

Gökçeada'da kahverengi orman toprakları en geniş yayılış alanına (18794 ha) sahip büyük toprak grubudur. Bu grup topraklar adada Karaçavuş tepe ile Kayalık sırtı arasında çizilebilecek bir hattın batı ve kuzeybatısında alüvyal/kolüvyal topraklar ve çıplak alanlar dışında kalan alanlarda oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Adada kahverengi orman toprakları eosen ve oligosene ait sedimenter birimler, andezit, tuf ve aglomeradan oluşan çeşitli jeolojik materyaller üzerinde olduğu görülmekte olup, sığ (20-50 cm) ve çok sığ (<20 cm) derinliktedirler (Cengiz ve ark., 2009). Eğimin arttığı alanlarda toprak çok sığ özellikte olup, buna karşılık eğim derecesinin azaldığı alanlarda ise sığ özellik göstermektedir. Bitki örtüsünün zayıf olduğu alanlarda eğim derecesinin de yüksek olması toprak özelliklerine de bağlı olarak erozyon riskini artırmaktadır

Alüvyal /Kolüvyal Topraklar

Güneydeki arazilerin oluşumunda ise küçük akarsular tarafından taşınarak biriktirilen depozitler önemli yer tutmaktadır (Dinç ve ark., 1993). Gökçeada'nın kuzey ve güney kesimlerinde yer alan alüvyal/kolüvyal topraklar, tekstür ve renk yönünden önemli farklılıklar gösterirken, kuzeyde yer alan arazilerin oluşumunda Büyükdere ve buna bağlı yan derelerin önemli etkisi bulunmaktadır (Cengiz ve ark., 2009). Gökçeada'nın kuzeydoğu kesiminde Büyükdere'nin oluşturduğu vadi tabanı alüvyal/kolüvyal toprakların en geniş yayılım gösterdiği alanı oluşturduğu görülmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Büyükdere'nin oluşturduğu vadi tabanı alüvyal/kolüvyal topraklar

Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları

Arazilerin bitkisel üretime uygunluğuna bağlı Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) Sınıflaması'na göre adanın genelinde VI. sınıf arazilerin hâkim olduğu, sonrasında ise sırasıyla V, VII ve II. sınıf arazilerin bulunduğu görülmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Gökçeada arazi sınıflarının alansal durumu (KHGM, 1999)

Sınıf	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Alan (ha)	529	2084	845	1504	4337	16873	2470	285

Erozyon ve Toprak Derinliği

KHGM, (1999) verilerine göre (Çizelge 3.5); Gökçeada'nın 11061 ha'lık kısmını sarp alanlar oluşturmaktadır. 9569 ha'lık alan dik ve çok dik eğim grubu içinde yer almaktadır. Eğim grubu bakımından toplam alanın yaklaşık %21'i orta, hafif ve düz eğim grubunda yer almaktadır. Toprak derinliği bakımından adanın %91'i çok sığ ve sığ topraklardan oluşmaktadır. Yine adanın %80'inde şiddetli ve çok şiddetli erozyon mevcuttur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Adada erozyona uğramış bazı alanlar

Çizelge 3.5. Gökçeada'da eğim gruplarına göre su erozyonu ve toprak derinliği (KHGM, 1999)

Su Erozyonu	Derinlik	Eğim Grupları (ha)						Genel Toplam
		Düz	Hafif	Orta	Dik	Çok Dik	Sarp	
Hafif	Derin	1017						1017
	Orta Derin							
	Sığ							
	Çok Sığ							
Orta	Derin	273						273
	Orta Derin	883 182						
	Sığ	928 404 1420						
	Çok Sığ	96						
Şiddetli	Derin							2370
	Orta Derin							
	Sığ	149 1083 1138						
	Çok Sığ	29 1551 1444 2395 1072						
Çok Şiddetli	Derin							12108
	Orta Derin							
	Sığ							
	Çok Sığ	271 1818 10019						
Toplam		1017	2113	2382	4218	5351	11091	26172

3.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Toprakların analiz, cihaz kalibrasyonu ve malzeme temizlik aşamalarında birçok kimyasal malzeme kullanılmıştır. Bunlar;

Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan bazı sarflar

Yapılan İşlem (Analiz)	Kullanılan Materyal veya Sarflar	Marka, Kimyasal Bileşim veya Özelliği
Tekstür	Kalgon	Sodyumhekzametafosfat
	Hidroklorik asit (HCl)	Merck
	Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	Merck
pH	HACH marka tampon çözeltileri (pH:4, pH:7 ve pH:10)	
EC	HANNA marka hazır standart çözelti (1413 µS/cm)	
CaCO ₃	Hidroklorik asit (HCl)	Merck
dB	Parafin	Merck
Toplam C ve N	Kalibrasyon standardı (Soil)	LECO (C:2,99 ; N: 0,19)
	Kalay kaplar	LECO
	Kroze	LECO
	Oksijen gazı	Yüksek saflıkta
	Kuru hava gazı	Yüksek saflıkta
	Helyum gazı	Yüksek saflıkta
İyon analizi	Enjektör	Set inject (5 ml)
	Sodyum karbonat	Dionex
	7 anyon standardı	Dionex
	6 katyon standardı	Dionex
	Methansulfonik asit	Merck
	PES filtre	Millex (0,45 µm)

3.1.3. Kullanılan Cihazlar

Çalışma süresince kullanılan alet ve cihazların tümü laboratuvarlarımızın bünyesinde bulunmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan alet ve ekipmanlar Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Çalışma kapsamında kullanılan alet ve cihazlar

Alet-Ekipman	Marka	Model
pH metre	inoLab	WTW
EC metre	HACH	HQ 40d
Isıtmalı manyetik karıştırıcı	Nüve	MK 318
Santrifüj	Nüve	NF 800
Etüv	Nüve	FN 500
Vorteks	Dragon	MX-S

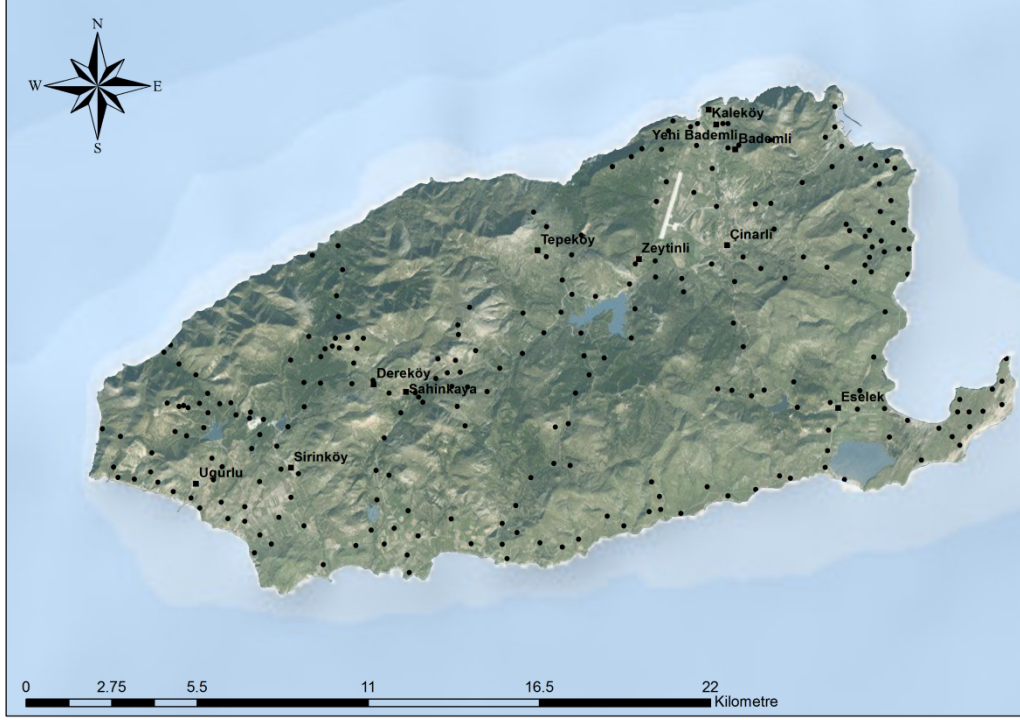
Çizelge 3.7'nin devamı

İyon kromatografisi	Dionex	ICS-1100 RFIC
Ultra saf su	Millipore	Direct-Q- 3 with UV
Kalsimetre	-	-
Toplam Karbon-Azot	LECO	TruspecCN
Vakum pompası	REFCO	
Agregat stabilitesi	Eijkelkamp	-
GPS	Garmin	60CSx
Hidrometre	Germany Soil	ASTM – E100
Sıcaklık-basınçölçer	Oregon Scientific	WMR 100
Toprak mikseri	Hamilton Beach	-
Hassas terazi (0,01)	Precisa	BJ 1000C
Hassas terazi (0,0001)	Precisa	XB 220A
Destile su cihazı	Nüve	NS 108
Dispenser ve Otomatik pipetler	BRAND	-

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprakların Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi ve Örneklerin Alınması

Örnekleme noktaları, adaya ait topoğrafik haritalardaki eğim grupları, toprak haritasındaki büyük toprak grupları ve alt gruplar ile arazinin drenaj deseni dikkate alınarak önceden belirlenmiş sonrasında bu noktalara ait koordinatlar GPS'e aktarılmıştır. Koordinatları bilinen örnekleme noktalarına ait alanlardan, arazi koşullarının elverdiği şekilde 248 adet yüzey toprağı örneklenmiş ve bu örneklere ait koordinatlar kaydedilmiştir. Örneklere ait koordinatlar EK 2'de; örnekleme noktalarına ait harita ise Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Çalışma kapsamında örneklenen noktaların dağılımı



Şekil 3.13. Örnekleme ve arazi şekillerine ait bazı fotoğraflar

3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması

Alınan örnekler analizlere hazırlık öncesinde hava kuru hale gelmesi için örnek hazırlama odasına serilmiştir (Şekil 3.14). Örneklerin strüktür tipleri arazide belirlenmiş ve sonra örnekler serildikten sonra da kontrolleri yapılmıştır. Hava kuru hale gelen örneklerin

yarısı öğütülürken, diğer yarısı gerekli görülecek farklı analizler (agregat stabilitesi, renk, kesekte kuru hacim ağırlığı v.b.) için saklanmıştır. Öğütülen kısım 2 mm'lik elekten elenmiş ve plastik poşetlerle analiz için bekletilmiştir.



Şekil 3.14. Örneklerin analize hazırlanması

3.2.3. Toprak Örneklerinde Kimyasal Analizler

3.2.3.1. Toprakta Kalsiyum Karbonat (CaCO₃)

Toprak örneklerinin Karbonat tayini Scheibler kalsimetresi (Şekil 3.15) ile CO₂ hacminin ölçülmesi esasına göre yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Schlichting ve Blume, 1966). Bu yöntemle karbonatlı bileşiklerin hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan CO₂ gazının hacmi tespit edilerek yapılmıştır.



15-25 g, 2 mm'lik elekten elenmiş toprak öncelikle havanda öğütülmüş, sonrasında 0,5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bu kısımdan 1 g toprak örneği tartılmış ve erlenmayere aktarılmıştır. Kalsimetre için 4-5 ml'lik tüpe %10 (1:3, v/v) HCl çözeltisinden konulmuş ve bir pens yardımıyla içindeki asit dökülmeden erlenmayerin içerisine dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir. Sonrasında erlenmayer kalsimetrenin kauçuk tıpası ile hava almayacak şekilde yerleştirilmiştir. Kalsimetrenin U borusundaki su seviyesi çekül düzeneği yardımıyla sıfırlandıktan sonra tüm girişler kapatılmıştır. Toprak örneği ve tüp içindeki

asidin bulunduğu erlenmayer hafif yan yatırılarak tüpçüğün içindeki asidin yavaşça toprak ile teması sağlanmıştır. Hafifçe çalkalanarak U borusunda düşüşe geçen su seviyesinin bir noktada sabitlenmesinden sonra çalkalama işlemine son verilmiş ve U borusundaki su seviyeleri çekül yardımıyla eşitlenerek CO₂ miktarı cm³ olarak ölçülmüştür. Deneyin yapılış anındaki hava basıncı ile ortam sıcaklığı ölçülerek not edilmiştir. Bu değerler sıcaklık ve basınç düzeltmesi için hesaplamada kullanılmıştır.



Şekil 3.15. Örneklerde CaCO₃ analizi

Hesaplama aşağıda gösterilen Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'den yararlanılarak yapılmıştır;

$$\% \text{CaCO}_3 = [(V \cdot 0,004464) / A] \cdot 100 \quad (3.1)$$

Burada;

V : Normal şartlara dönüştürülmüş CO₂ hacmi (cm³)

A : Numune miktarı (g)

100 : % değere ulaşmak için

0,004464 : Normal şartlar altında 1 cm³ CO₂ hacmine karşılık gelen CaCO₃ gram olarak miktarı

Normal şartlara dönüştürülmüş CO₂ hacmi ise Eşitlik 3.2'deki gibi hesaplanmıştır.

$$V = [273 \cdot V_0 \cdot (P - p)] / [(273 + t) \cdot 760] \quad (3.2)$$

Burada;

V_o : Kalsimetrede okunan CO_2 hacmi (cm^3)

P : Barometre ile ölçülen ortamın hava basıncı (mm Hg)

p : Ölçüm yapılan sıcaklıktaki su buhar basıncı

273 : Sıcaklık düzeltmesinde, Kelvin'e çevirmek için kullanılan katsayı

760 : Basınç düzeltmesinde mm Hg için kullanılan katsayı

t : Deneyin yapıldığı andaki ortamın sıcaklığı

3.2.3.2. Toprak Toplam Azotu (TN) ve Toprak Toplam Karbonu (TC)

Toprak örneklerinin TN ve TC'si LECO marka Truspec CN cihazında belirlenmiştir (Şekil 3.16). Analiz aşamasında kullanılan temel sarflar Çizelge 13'te gösterilmiştir. Cihaz çalıştırılmadan yüksek saflıkta gazlar temin edilmiş ve sonrasında cihazın stabil hale gelmesi için cihaz 36–48 saat açık bırakılmıştır. Cihazın kalibrasyonu için LECO marka toprak standardı kullanılmıştır.

Cihaz kalibrasyonundan sonra; 2 mm'lik elekten elenmiş 15–25 g toprak örneği havanda öğütülüp, sonrasında 0.5 mm'lik elekten geçirilerek 2-3 saat 65 °C'de etüvde bekletilen örnekler 0,1-0,2 g olacak şekilde kalay folyolara 0,0001 hassasiyete sahip terazi ile tartılmıştır. Örnekler 950 °C fırın sıcaklığında bulunan cihazda 390–420 saniyede analiz edilmiş ve sonuçlar yüzde (%) cinsinden verilmiştir.



Şekil 3.16. Toprak örneklerinin toplam C ve N analizi

3.2.3.3. Karbon Azot Oranı (C/N)

% olarak tespit edilen TC'nin TN değerlerine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

3.2.3.4. Toprak Organik Karbonu (TOK) ve Toprak Organik Maddesi (TOM)

Aynı örneklerde tespiti yapılan TC ve inorganik karbon (CaCO_3) miktarları kullanılarak aşağıdaki eşitliklere (3.3 ve 3.4) göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOK} = \text{TC} - (\text{IC}/8,33) \quad (3.3)$$

Burada;

TOK : Toplam organik karbon (%)

TC : Toplam karbon (%)

IC : İnorganik karbon (% CaCO_3)

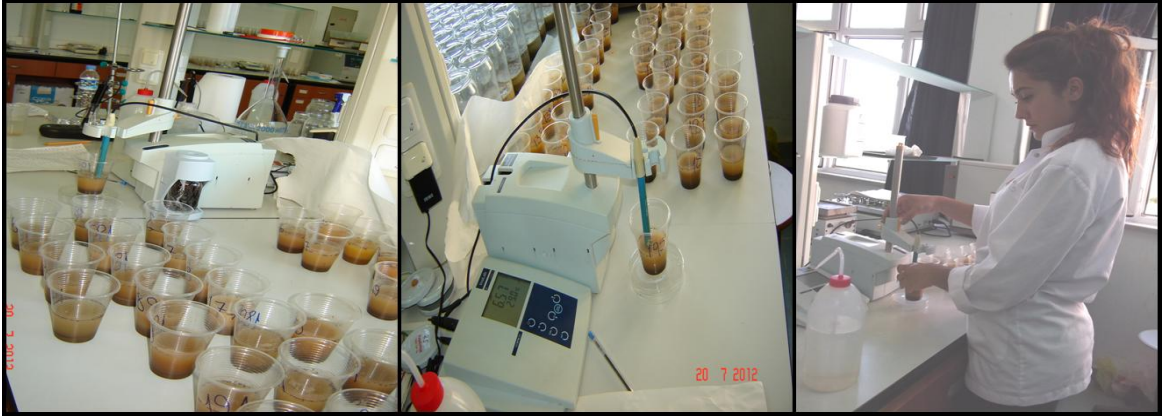
$$\text{TOM} = \text{TOK} * 1,724 \quad (3.4)$$

3.2.3.5. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 (toprak:su) karışımında pH-metre ile ölçülmüştür (Grewelling ve Peech, 1960). Toprak örneğinden 20 g tartılmış, üzerine 50 ml saf su eklenerek karıştırılmış ve örnekler 24 saat laboratuvar sıcaklığında bekletilmiştir. Ölçümler süspansiyonun üst kısmında berraklaşan sıvı kısımda yapılmıştır (Şekil 3.17).

3.2.3.6. Elektriksel İletkenlik (EC)

Toprakların toplam tuz (elektriksel iletkenlik) içerikleri saturasyon macunu ekstraktında belirlendiği gibi; 1:2,5 (toprak:su) süspansiyonunda EC-metre yardımıyla da belirlenmiştir (Richards, 1954). 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneğinden 20 g tartılmış, üzerine 50 ml saf su eklenerek karıştırılmış ve 24 saat bekletildikten sonra üst kısmında berraklaşan sıvı kısımda okuması yapılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.17. Toprak örneklerinin EC ve pH analizi

3.2.3.7. Suda Çözünebilir Bazı Anyon ve Katyonların Belirlenmesi Ekstraksiyon İşlemi

Suda çözülebilir anyon ve katyonların konsantrasyonun tek kolonlu iyon kromatografisinde belirlenebilmesi için örneklerde aynı hazırlık aşaması uygulanmıştır. Suda çözülebilir iyonlar için çoğunlukla saturasyon macunu metodu kullanılmaktadır (Şekil 3.18).

Saturasyon macunu hazırlamak için,

- Öncelikle kullanılacak toprak örneklerinin nem içeriği belirlenmiştir. Bunun için hava kuru ağırlığı not edilen örnekler 24 saat 105 °C 'de etüvde ağırlığı sabitleninceye kadar kurutulmuş, sonrasındaki ağırlık değişiminden yararlanılarak nem yüzdesi hesaplanmıştır.
- Nem içeriği bilinen ve 2 mm'lik elekten elenmiş topraktan 100–150 g kuru ağırlığı hesap edilerek plastik kaplara tartılmıştır.
- Toprak örneklerine büret yardımıyla yavaşça ultra saf su ilave edilmiş ve toprak ezilip karıştırılmıştır. Bu işlem sıvı bir macun oluncaya kadar sürdürülmüştür. Macunun akışkanlığı ve örnek yüzeyindeki parlaklığa bakılarak harcanan su miktarı kaydedilmiştir.
- Buharlaşmayı önlemek için plastik kapların kapakları kapatılmış, 2 saat süreyle örnekler bekletilmiştir.
- Vakum setine yerleştirilen örnekler; buhner hunisi, nuçe, kaba filtre ve vakum pompası kullanılarak ekstrakte edilmiş sonrasında whatman 2 filtre kağıdı yardımıyla filtre edilmiştir.
- Ekstrakte edilen örnekler 0.45 µm 'lik şırınga filtresiyle iyon kromatografisine verilmiş, öncesinde ise gerekli görülen örneklerde gerekli seyreltmeler yapılmıştır.



Şekil 3.18. İyon analizi için ekstraksiyon işlemleri

Anyonların belirlenmesi için cihaz hazırlığı ve kalibrasyonu

İyonlarının belirlenmesinde Dionex 1100 marka iyon kromatografisi cihazı kullanılmıştır. Ayrıca cihazın kontrolü ve analiz işlemlerinin yönetimi amaçlı Chromeleon 7 yazılımı kullanılmıştır (Şekil 3.21). Anyon analizine ait cihazın çalıştırılma koşulları Çizelge 3.8’de sunulmuştur.

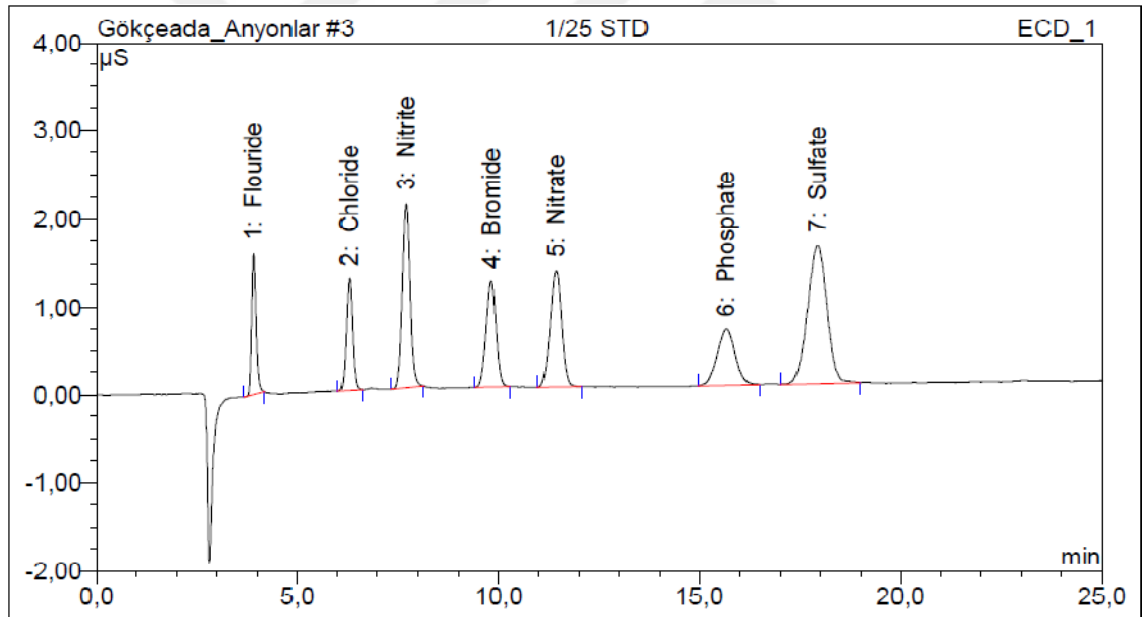
Çizelge 3.8. Anyon analizde iyon kromatografisinin çalışma şartları

Parametre	Anyon	Katyon
Kolon tipi	IonPac AS9-HC Analitik (4x250)	IonPac CS12A Analitik (4x250)
Supresör tipi	ASRS 300, 4mm	CSRS ULTRA II, 4mm
Supresör akım	45 mA	59 mA
Eluent	9 mM Sodyum Karbonat (Na_2CO_3)	20mN Methanesulfonik Asit
Akış hızı	1 ml/ dk	1 ml/ dk
İnjeksiyon hacmi	50 μl	50 μl
İletkenlik	25-30 μS	<2 μS

Cihazın anyon kalibrasyonu; Dionex seven II (Ürün no: 056933) anyon standartlarıyla yapılmış olup, günlük olarak kontrol edilmiştir. Cihaz kalibrasyonu 1/1, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/100 oranlar şeklinde hazırlanmış anyon standartlarıyla yapılmış olup kalibrasyona ait değerler Çizelge 3.9 ve Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Anyon standartlarına ait kalibrasyon değerleri

Sırası	Pik Adı	Hesaplama tipi	Standart Sayısı	RSD (%)	Korelasyon Katsayısı (%)
1	Flouride	Doğrusal	5	3,9627	99,969
2	Chloride	Doğrusal	4	3,093	99,9766
3	Nitrite	Doğrusal	5	3,3479	99,9767
4	Bromide	Doğrusal	5	3,4606	99,9751
5	Nitrate	Doğrusal	5	3,8629	99,9689
6	Phosphate	Doğrusal	5	3,7626	99,9712
7	Sulfate	Doğrusal	5	4,0484	99,9663
Ortalama:			4,857143	3,6483	99,972



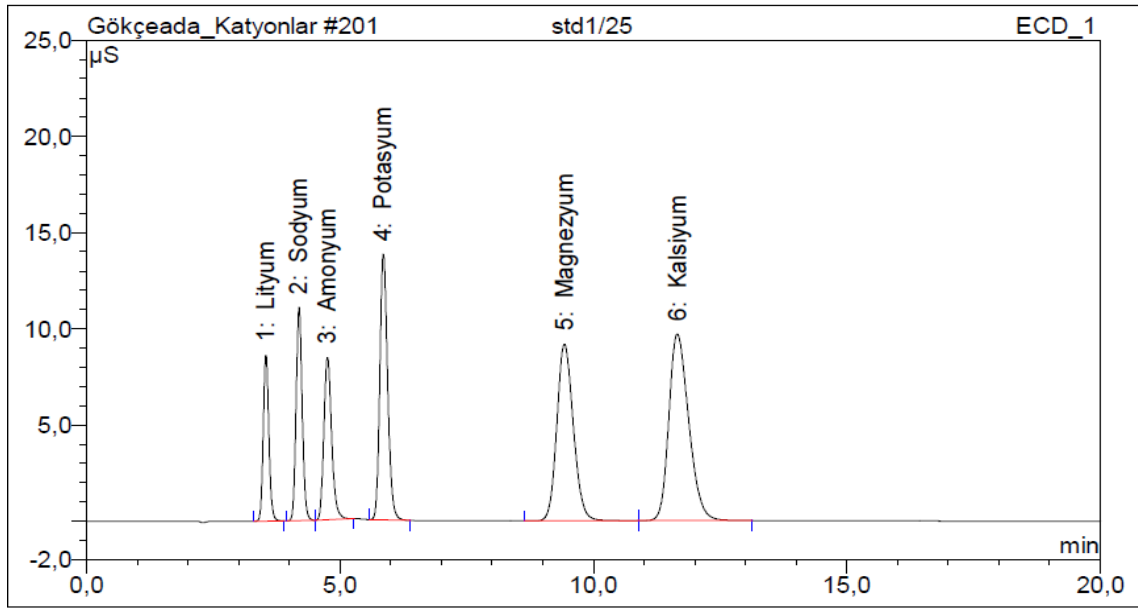
Şekil 3.19. Anyon analizi kalibrasyonuna ait standart anyon pikleri

Katyon konsantrasyonlarının belirlenmesi;

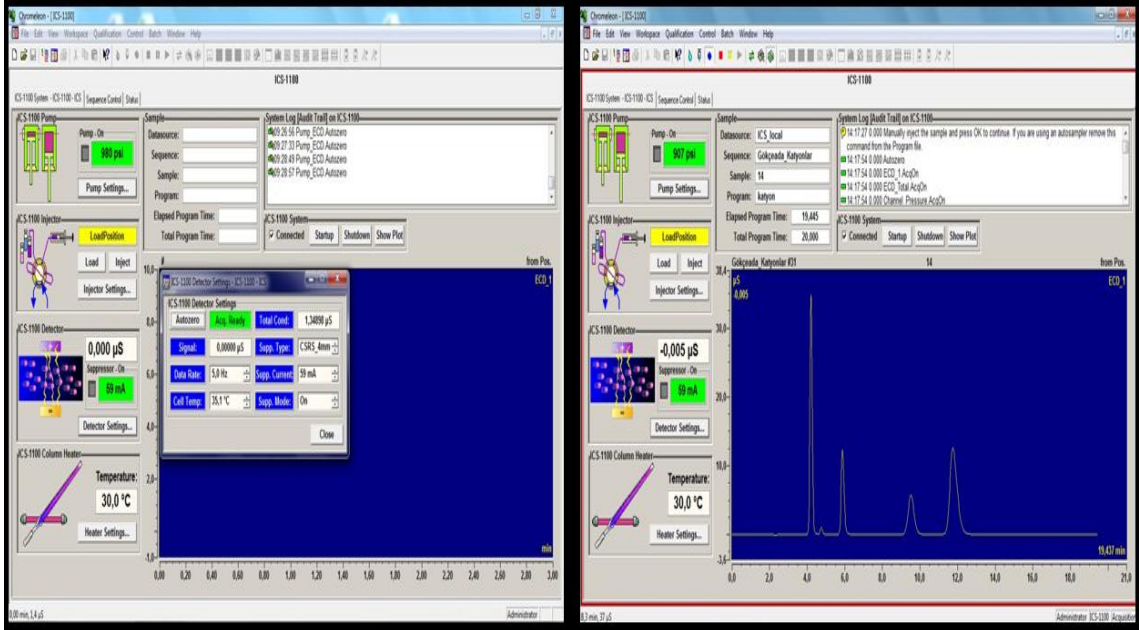
Cihazın katyon kalibrasyonu; Dionex six II (Ürün no: 046070) katyon standartlarıyla yapılmış olup, günlük olarak kontrol edilmiştir. Cihaz kalibrasyonu stok katyon standartlarından, 1/1, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/100 oranlar şeklinde hazırlanmış katyon standartlarıyla yapılmış olup kalibrasyona ait değerler Çizelge 3.10 ve Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Katyon standartlarına ait kalibrasyon değerleri

Sırası	Pik Adı	Hesaplama tipi	Standart Sayısı	RSD (%)	Korelasyon Katsayısı (%)
1	Lityum	Doğrusal	6	3,6515	99,9951
2	Sodyum	Doğrusal	6	2,9612	99,9963
3	Amonyum	Doğrusal	3	8,191	99,9386
4	Potasyum	Doğrusal	6	3,2377	99,9953
5	Magnezyum	Doğrusal	6	2,3919	99,9989
6	Kalsiyum	Doğrusal	6	2,8329	99,9969
Ortalama:			5,5	3,8777	99,9868



Şekil 3.20. Katyon analizi kalibrasyonuna ait standart anyon pikleri



Şekil 3.21. İyon kromatografisinde kullanılan yazılım

3.2.3.8. Topraklarda SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı ve ESP (Değişebilir Sodyum Yüzdesi) belirlenmesi

Saturasyon macunu metodu ile iyon kromatografisinde tespit edilen katyonlar kullanılarak toprakların SAR ve ESP değerleri U.S. Salinity Laboratory (1954)'e göre tespit edilmiştir (Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6)

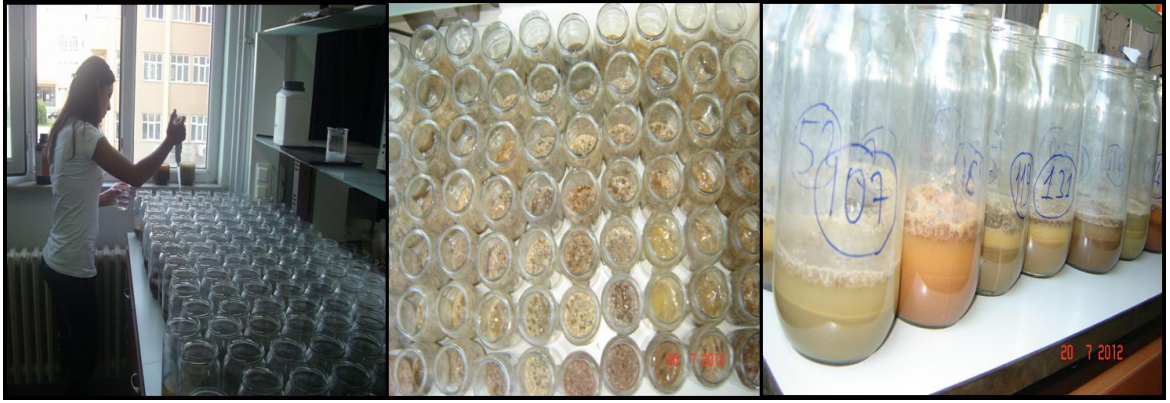
$$SAR(\text{meq/l}) = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad (3.5)$$

$$ESP (\%) = \frac{100 (-0,0126+0,01475*SAR)}{1+(-0,0126+0,01475*SAR)} \quad (3.6)$$

3.2.4. Toprak Örneklerinde Fiziksel Analizler

3.2.4.1. Toprak Tekstürü (Bünyesi)

Toprak tectürü analizinden önce gerekli görülen örneklerde ($OM \geq \%2$ ve $CaCO_3 \geq \%5$) HCl ve H_2O_2 kullanılarak $CaCO_3$ ve OM giderme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Toprak örneklerinde CaCO₃ ve OM giderme işlemi

Toprak tane irilik dağılımı (toprak tekstürü), 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneklerinde Bouyoucos (1951)'de belirtilen esaslar temel alınarak hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

Kireç ve organik maddesi giderilmiş 50 g hava kuru toprak örneği tartılmış, üzerine 10 ml %25'lik sodyum heksametafosfat çözeltisi ve 90 ml saf su eklenerek örnek iyice karıştırılmış ve bir gece bekletilmiştir. Sonrasında örnekler toprak mikseri ile 10 dakika karıştırıldıktan sonra tekstür silindirlerine aktarılmıştır. Tekstür silindirine aktarılan örneğin hacmi hidrometre hacmi ile birlikte son hacim 1130 ml olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. Örnek karıştırma çubuğu yardımıyla standart olarak 20 kez karıştırıldıktan sonra 40. sn ve 2. saat hidrometre (ASTM 152H) ve sıcaklık okumaları yapılmıştır. Sıcaklık, tanelerin hızını ve dolayısıyla süspansiyon yoğunluğunu etkilediği için sıcaklık düzeltme faktörü kullanılmıştır. Sıcaklık düzeltme faktörü için 20 °C'nin üzerindeki her bir derecelik artış için 0,36 eklenmiş ve 20 °C'nin altındaki her bir derecelik düşüş için 0.36 çıkartılarak yapılmıştır (Şekil 3.23).

Kil, silt ve kum yüzde (%) olarak aşağıdaki eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Kil+Silt} = (R1/MS)*100 \quad (3.7)$$

$$\% \text{ Kil} = (R2/MS)*100 \quad (3.8)$$

$$\% \text{ Silt} = \text{Eşitlik (3.7)} - \text{Eşitlik (3.8)} \quad (3.9)$$

$$\% \text{ Kum} = 100 - (\text{Eşitlik 3.7}) \quad (3.10)$$

Burada;

- R1 : 40. Saniye solüsyon sıcaklığına göre düzeltilmiş hidrometre değeri
R2 : 2. Saatte solüsyon sıcaklığına göre düzeltilmiş hidrometre değeri
MS : Fırın Kuru Toprak (24 saat, 105 °C’de nemi uzaklaştırılmış toprak)

Çok ince kum: Hidrometre okumalarından sonra tekstür silindirindeki materyalin tümü 0,1 mm’lik elekten geçirilmiş ve elek üstünde kalan kısım etüvde kurutulmuştur. Sonrasında tartımı yapılan kısım (kaba kum), hesaplaması yapılan toplam kum miktarından çıkarılarak çok ince kum belirlenmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Toprak tekstürünün belirlenmesi

3.2.4.2. Toprak Strüktürü

Örneklerin strüktür tipleri ve boyutları, arazide belirlenmiştir. Strüktür tip ve boyutları belirlenen örnekler K faktörünün tespitinde kullanılmak üzere; çok ince granüler (1), ince granüler (2), orta-kaba granüler (3) ve blok, levhali, masif (4) şeklinde kodlanmıştır.

3.2.4.3. Agregat Stabilitesi (AS)

Toprak örneklerinin suya dayanımlarının belirlenmesi amacıyla yapılacak analiz için 1-2 mm çapındaki agregatlar elenerek ayrılmıştır. Stabilite ve kuru hacim ağırlığı analizi için örnekler ayrıldıktan sonra tüm toprak topraklar dövülüp 2 mm’lik elekten geçirilmiş ve etiketlenerek poşetlenmiştir.

Nem içeriği tespit edilen 1-2 mm arasındaki agregatlardan 4 g tartılmıştır. Analiz

Eijelkamp marka ıslak eleme cihazı kullanılarak yapılmıştır. Tartılan agregat örnekleri, 0,25 elek çapına sahip cihazın haznesine konulmuştur. Islak elemeye başlamadan önce örnek üzerine 20-25 kez çok ince zerreler halinde su püskürtülmüştür. Dakikada 33-35 devir ve 1,3 cm iniş-çıkış yüksekliğine sahip cihazda 3 dakika boyunca ıslak elemeye tabii tutulmuştur. Elek üstünde kalan kısım etüvde 24 saat 105 °C’ de kurutulmuş ve tartılmıştır. Örneklerdeki kum miktarı, elek üstünde kalan ve kurutulan dayanıklı kısım çeşme altında 0,25 mm’lik elek yardımıyla elenmiş ve üzerinde kalan kısmın kurutulup tartılmasıyla belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986).

Tespit edilen ağırlıklar yardımıyla, aşağıdaki formül kullanılarak örneklerin agregat stabilite değerleri hesaplanmıştır.

$$\% AS = ((S-K) / (I-K)) * 100 \quad (3.11)$$

Burada;

AS : Agregat stabilitesi

S : Cihazda ıslak eleme sonrası çıkan elek üstü kısmın kuru ağırlığı (g)

I : Islak eleme öncesi agregatların fırın kuru ağırlığı (g)

K : Kum ağırlığı (g)

3.2.4.4. Geçirgenlik Sınıfı

Toprakların geçirgenlik sınıfları, tekstür analizi sonucunda tespit edilen tekstür sınıfları dikkate alınarak aşağıdaki çizelgeden yararlanılarak bulunmuştur. Çizelge 3.11’de toprakların tekstürel sınıflarına bağlı geçirgenlik sınıfları (Soil Survey Staff, 1983).

Çizelge 3.11. Tekstür sınıfına bağlı geçirgenlik sınıfları

Tekstür Sınıfları	Geçirgenlik Sınıfı
Siltli kil, Kil	6
Siltli killi tın, Kumlu kil	5
Kumlu killi tın, Killi tın	4
Tın, Siltli tın	3
Tınlı kum, Kumlu tın	2
Kum	1

3.2.4.5. Kuru Hacim Ağırlığı (dB)

Örneklerin kuru hacim ağırlıkları kesek metoduna göre belirlenmiştir. Nem içeriği bilinen topraklardan hava kuru halde seçilen kesekler 20-25 cm uzunluğundaki ip ile keseklere zarar verilmeden bağlanmış ve tartılmıştır. Daha sonra kesek eritilmiş parafinin içine daldırılıp çıkarılmıştır. Kesek üzerindeki parafin sertleştikten sonra, parafinli kesek tartılmıştır (Şekil 3.24). Sonrasında askıdaki parafinli keseğin su içindeki ağırlığı belirlenmiştir. Bu ölçümler ve Eşitlik 3.12 kullanılarak toprakların kuru hacim ağırlıkları hesaplanmış olup (Blake, 1965), Eşitlik 3.13 kullanılarak ise silindir ile kuru hacim belirlenmesi metoduna göre dönüşümü yapılmıştır (VanRemortel ve Shields, 1993).

$$dBk \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{dW * MS}{SA - SPW + PA - \left(PA * \frac{dW}{dP} \right)} \quad (3.12)$$

Burada;

dBk : Kuru hacim ağırlığı (kesek)

DW : Suyun yoğunluğu (g/cm³)

MS : Toprağın fırın kuru ağırlığı (g)

SA : Keseğin net ağırlığı (g)

SPW : Kesek+Parafinin sudaki ağırlığı (g)

PA : Kaplamada kullanılan parafinin ağırlığı (g)

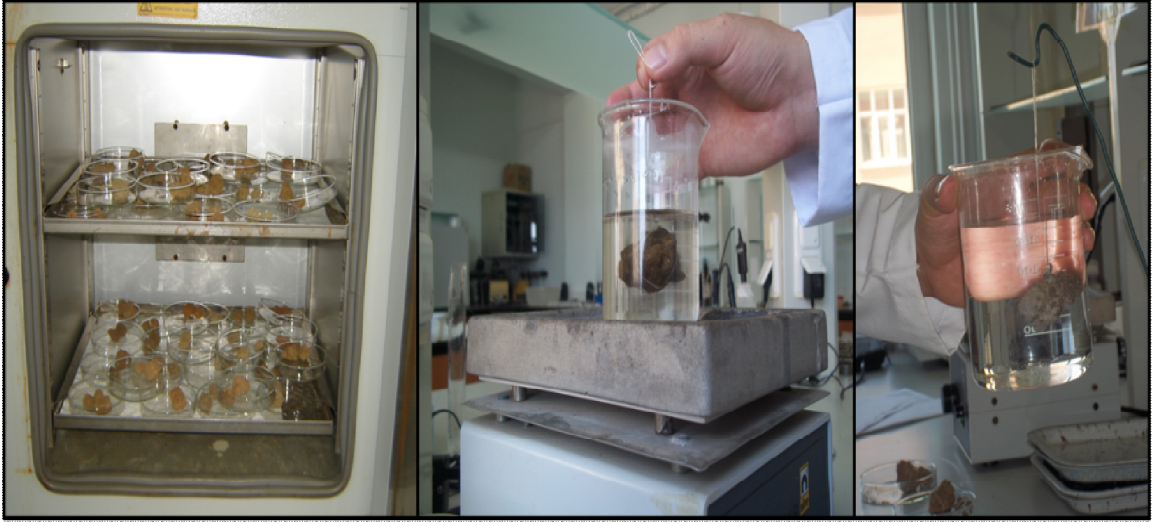
DP : Parafinin yoğunluğu (g)

$$dBs = \frac{dBk - 0,068}{1,011} \quad (3.13)$$

Burada;

dBk = Kuru hacim ağırlığı (kesek)

dBs = Kuru hacim ağırlığı (silindir)



Şekil 3.24. Kuru hacim ağırlıklarının belirlenmesi

3.2.5. Toprakların Erozyona Duyarlılık Faktörünün Belirlenmesi (RUSLE-K)

Toprakların erozyona duyarlılıkları yukarıda tespit edilen parametreler yardımıyla aşağıdaki Eşitlik 2.3 kullanılarak tespit edilmiştir (Wishmeier ve Smith, 1978).

3.2.6. Toprakların Kalite İndekslerinin Belirlenmesi (TKİ)

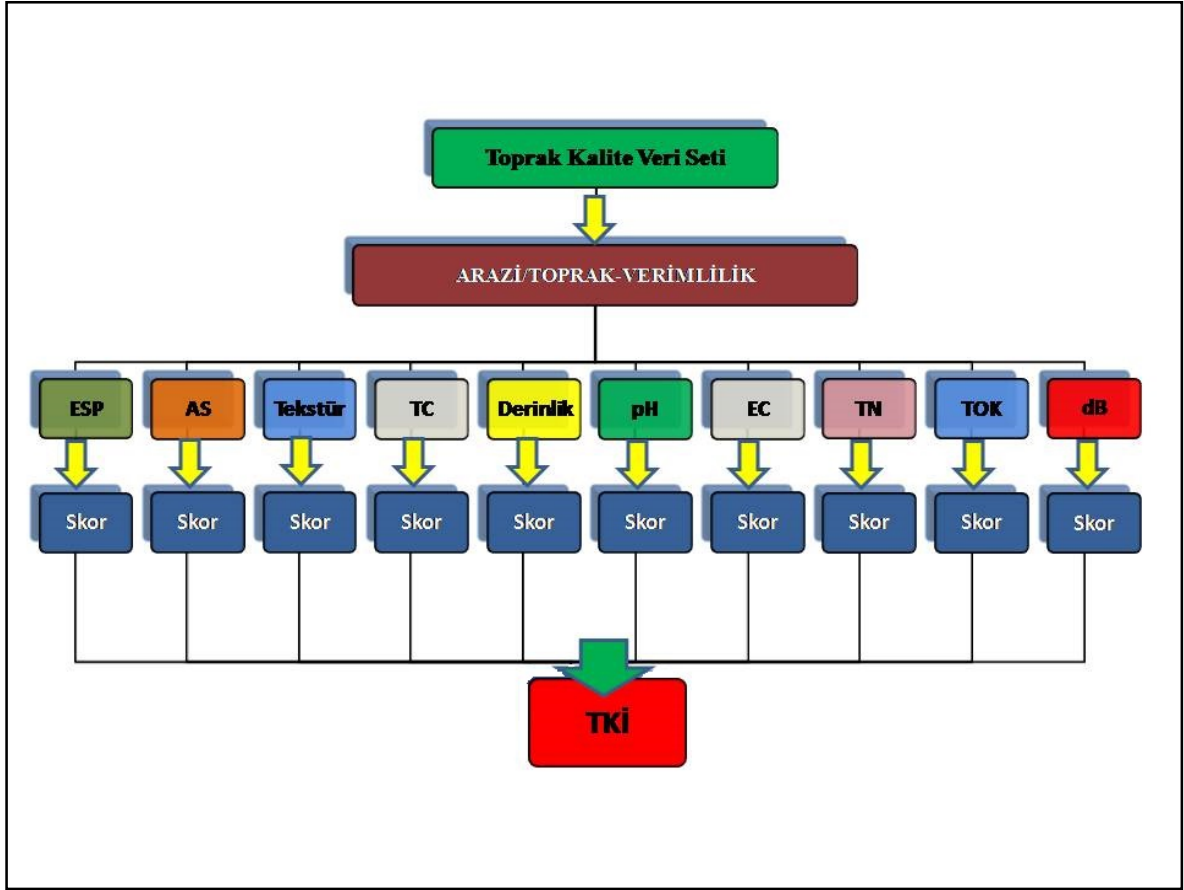
Toprakların kalite indeksi Andrews, (1998) tarafından sunulan konsept model doğrultusunda hesaplanmıştır. Seçilen kalite parametrelerine, Çizelge 3.12'de görüldüğü gibi skorlar atanmıştır. Sonrasında Eşitlik 3.14 ve 3.15 (Amacher ve ark., 2007) kullanılarak toprakların kalite indeksleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.12. Toprak kalite indeks değerleri ve ilgili özelliklerin eşik değerleri

Parametreler	Level	Skor
Derinlik (cm)	<30	0
	>30	1
ESP (%)	<10	1
	>10	0
pH	4-5,5	1
	5,5-6,8	2
	6,8-7,2	2
	7,2-7,5	1
	7,5-8,5	1
	>8,5	0
AS (%)	<50	0
	50-70	1
	70-90	2
	>90	3
TOK (%)	>5	2
	1-5	1
	<1	0
TN (%)	>0,5	2
	0,1-0,5	1
	<0,1	0
EC (µS/cm)	<2000	2
	2000-4000	1
	>4000	0
dB (g/cm ³)	<1	2
	1-1,5	1
	>1,5	0
Kum (0.05-2 mm)	>50	0
	<50	1
TC (Mg/ha)	<50	1
	50-100	2
	>100	3

$$\text{TOPLAM TKİ} = \sum (\text{Örneğe ait skor değerleri}) \quad (3.14)$$

$$\text{TKİ (\%)} = \frac{\text{Toplam TKİ}}{\text{Parametrelerin olası maksimum toplam TKİ}} 100 \quad (3.15)$$



Şekil 3.25. Toprakların kalite indekslerinin hesaplanmasındaki akış şeması

3.2.7. Haritalama

Çalışma kapsamında alınan toprakların kalite parametreleri ve erozyona duyarlılığına dair temel istatistikler Çizelge 4.2' de sunulmuştur. Toprak kalite parametreleri ve erozyona duyarlılığın, çalışma alanında konumsal olarak nasıl değiştiği hakkında fikir vermesi için ARCGIS 10.0 yazılımı kullanılarak tematik haritalar oluşturulmuştur.

3.2.8. İstatistiksel Analiz

Fiziksel ve kimyasal analizlerle belirlenen kalite parametrelerinde; tanımlayıcı istatistikler, t testi ile parametreler arasındaki ilişkilerin (Spearman's korelasyonu) belirlenmesinde SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır. Yine farklı arazi örtülerinden alınmış toprak parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları arasındaki ilişkiye ait hipotez kontrolü Fisher Z testi ile belirlenmiştir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

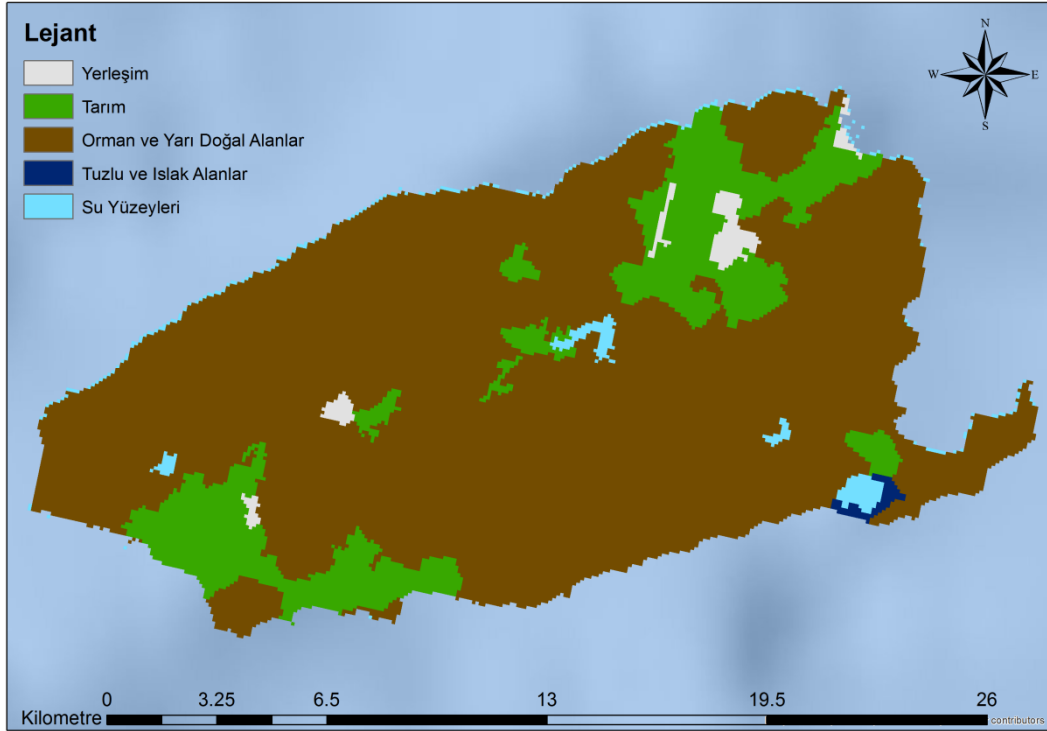
4.1. Örneklenen Noktaların Corine 2006 Sınıflama Sistemine Göre Durumları

Gökçeada'dan toplam 248 noktadan toprak örneği alınmıştır. Alınan bu örneklerin CORINE 2006'ya göre 13 farklı sınıftan alındığı belirlenmiştir. En fazla sayıda örnek alınan ilk 4 sınıfa baktığımızda; sırasıyla seyrek vejetasyon, orman-çalılık geçiş alanları, sklerofil bitki örtüsü, kuru tarım, en az örnek sayısı bulunan sınıflar ise çıplak ve kumul alanların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Örnek alındığı tespit edilen 13 alt sınıf, Corine 2006 arazi örtüsü sınıflama sistemindeki bir üst sınıflama sistemine göre tarımsal (TA) ve orman-yarı doğal alan (OYDA) olarak 2 ana sınıfa ayrılabilir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Arazi örtüsüne göre örneklerin dağılımı

Arazi Örtüsü (CORINE, 2006)	Alan (ha)	Alan (%)	Örnek Sayısı
Yapay Yüzeyler	373	1,32	0
Kuru Tarım	1844	6,53	24
Zeytinlik	791	2,80	16
Çeşitli Tarım	890	3,15	14
Tarımsal Faaliyet İçin İşgal Edilmiş Doğal Alanlar	794	2,81	10
Geniş Yapraklı Orman	159	0,56	0
İğne Yapraklı Orman	1109	3,93	13
Karışık Orman Örtüsü	988	3,50	6
Doğal Çayırlar	564	2,00	3
Sklerofil Bitki Örtüsü	2780	9,85	38
Orman-Çalılık Geçiş Alanları	5544	19,64	41
Kumul Alanlar	67	0,24	1
Çıplak Kayalıklar	464	1,64	3
Seyrek Vejetasyon	11496	40,73	79
Tuzlu Islak Alanlar	98	0,35	0
Su Yüzeyleri	157	0,56	0
Lagünler	107	0,38	0
Toplam	28225	100	248

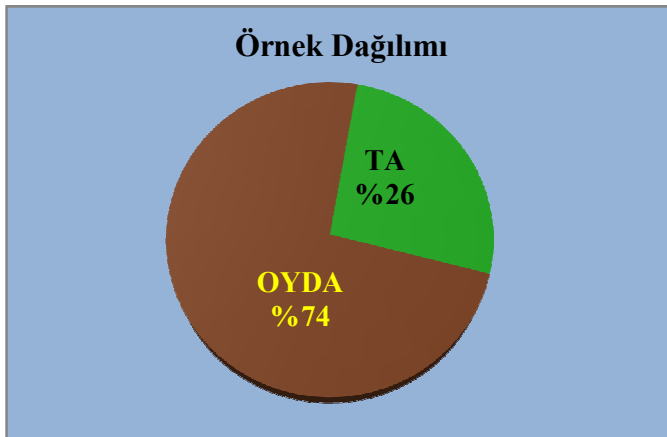
Alınan örnekler koordinatları doğrultusunda, 2006 CORINE sınıflama sistemine göre sınıflandırılmış ve örnek dağılımları gösterilmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.1. Gökçeada'nın arazi örtüsü durumu (I. Seviye)

Gökçeada arazi örtüsünün %81,5'i OYDA'dan oluşurken, %15,15'i TA, %3,34'ü diğer alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Corine, 2006).

Örnek sayısı dağılımı bakımından ele alındığında, TA'dan 65, OYDA'lardan ise 183 örnek alındığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Örnekleme noktalarının arazi örtüsü durumuna göre dağılımı

4.2. Topraklara Ait Bazı Kimyasal ve Fiziksel Parametreler

Çizelge 4.2. Toprak örneklerinde belirlenen parametreler ve bu parametrelere ait ortalama ve standart hata değerleri, ($n=248$), **: ($n=246$), \pm : Standart Hata

Parametreler	Minimum	Maksimum	Ortalama
pH	5,34	8,67	7,18 \pm 0,04
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	269,25	4977,50	940,84 \pm 34,78
Kil (%)	3,23	64,00	22,94 \pm 0,64
Silt (%)	1,28	75,72	29,40 \pm 0,93
Kum (%)	11,44	92,79	47,66 \pm 0,97
Kaba Kum (%)	1,93	91,18	27,72 \pm 0,99
Çok İnce Kum (%)	1,58	44,53	19,95 \pm 0,45
TN (%)	0,06	0,40	0,15 \pm 0,00
TC (%)	1,19	9,24	2,47 \pm 0,06
TOK (%)	0,90	6,32	2,11 \pm 0,05
CaCO ₃ (%)	0,00	33,50	2,99 \pm 0,35
AS** (%)	26,65	96,41	70,52 \pm 0,84
dB (g/cm^3)	0,97	1,91	1,42 \pm 0,01
RUSLE-K	0,00	0,65	0,25 \pm 0,01
Cl ⁻ (ppm)	19,93	636,41	118,75 \pm 6,99
NO ₂ ⁻ (ppm)	0,00	129,85	5,05 \pm 0,88
NO ₃ ⁻ (ppm)	0,00	1325,44	23,47 \pm 6,25
SO ₄ ²⁻ (ppm)	9,57	115,45	36,17 \pm 1,06
Toplam Anyon (ppm)	38,95	1631,66	184,17 \pm 10,72
Na ⁺ (ppm)	24,71	326,14	81,62 \pm 3,11
NH ₄ ⁺ (ppm)	0,00	18,39	4,57 \pm 0,20
K ⁺ (ppm)	2,65	60,85	12,36 \pm 0,62
Mg ²⁺ (ppm)	1,47	62,92	14,13 \pm 0,62
Ca ²⁺ (ppm)	3,79	429,30	52,62 \pm 2,75
Toplam Katyon (ppm)	36,19	665,35	165,30 \pm 5,91
ESP (%)	2,81	23,22	10,03 \pm 0,27
TKİ (%)	31,58	84,21	57,23 \pm 0,56

Çizelge 4.3. Arazi örtüsüne göre toprak örneklerinde belirlenen parametrelere ait ortalama ve standart hata değerleri ve t testi sonuçları \pm : *Standart Hata* OYDA: Orman ve yarı doğal alan ($n=183$, $** n=181$) TA: Tarımsal alan ($n=65$)

Parametreler	Arazi Örtüsü	Minimum	Maksimum	Ortalama	t	p
pH	OYDA	5,34	8,67	7,02 \pm 0,05	-7,90	0,00
	TA	6,18	8,33	7,65 \pm 0,06		
EC (μ S/cm)	OYDA	269,25	2917,50	883,77 \pm 30,59	-2,10	0,04
	TA	475,00	4977,50	1101,52 \pm 98,84		
Kil (%)	OYDA	4,48	64,00	23,40 \pm 0,75	1,22	0,22
	TA	3,23	43,97	21,63 \pm 1,24		
Silt (%)	OYDA	1,28	72,22	26,96 \pm 1,01	-4,58	0,00
	TA	12,18	75,72	36,29 \pm 1,91		
Kum (%)	OYDA	13,45	92,79	49,64 \pm 1,16	3,49	0,00
	TA	11,44	66,73	42,08 \pm 1,60		
Kaba Kum (%)	OYDA	2,94	91,18	29,95 \pm 1,20	3,89	0,00
	TA	1,93	44,16	21,42 \pm 1,46		
Çok İnce Kum (%)	OYDA	1,58	43,88	19,69 \pm 0,51	-0,96	0,34
	TA	4,70	44,53	20,66 \pm 0,93		
TN (%)	OYDA	0,06	0,40	0,16 \pm 0,00	1,39	0,17
	TA	0,08	0,26	0,15 \pm 0,01		
TC (%)	OYDA	1,19	9,24	2,51 \pm 0,08	1,45	0,15
	TA	1,29	5,76	2,35 \pm 0,08		
TOK (%)	OYDA	0,90	6,32	2,22 \pm 0,06	3,92	0,00
	TA	1,05	3,38	1,82 \pm 0,06		
CaCO ₃ (%)	OYDA	0,00	33,50	2,49 \pm 0,43	-2,39	0,02
	TA	0,00	19,84	4,38 \pm 0,55		
AS (%)	OYDA**	26,65	96,41	71,75 \pm 0,91	2,26	0,03
	TA	36,71	95,90	67,08 \pm 1,86		
dB (g/cm^3)	OYDA	0,97	1,91	1,40 \pm 0,01	-2,55	0,01
	TA	1,07	1,90	1,45 \pm 0,02		
RUSLE-K	OYDA	0,00	0,65	0,22 \pm 0,01	-5,16	0,00
	TA	0,13	0,60	0,31 \pm 0,02		
Cl ⁻ (ppm)	OYDA	20,76	636,41	123,77 \pm 8,03	1,21	0,23
	TA	19,93	570,42	104,62 \pm 14,11		
NO ₂ ⁻ (ppm)	OYDA	0,00	25,38	2,27 \pm 0,31	-3,48	0,00
	TA	0,00	129,85	12,90 \pm 3,04		
NO ₃ ⁻ (ppm)	OYDA	0,00	260,96	13,40 \pm 2,29	-1,68	0,10
	TA	0,75	1325,44	51,82 \pm 22,72		

Çizelge 4.3'ün devamı

SO ₄ ²⁻ (ppm)	OYDA	9,57	115,45	36,70 ± 1,26	0,84	0,40
	TA	17,03	101,09	34,69 ± 1,96		
Toplam Anyon (ppm)	OYDA	38,95	750,29	176,87 ± 9,51	-0,86	0,39
	TA	42,52	1631,66	204,73 ± 30,98		
Na ⁺ (ppm)	OYDA	25,20	326,14	80,99 ± 3,42	-0,34	0,74
	TA	24,71	289,30	83,39 ± 7,02		
NH ₄ ⁺ (ppm)	OYDA	0,00	18,39	4,68 ± 0,23	0,97	0,33
	TA	0,00	14,14	4,24 ± 0,37		
K ⁺ (ppm)	OYDA	2,65	60,85	12,41 ± 0,73	0,13	0,90
	TA	2,78	52,08	12,23 ± 1,16		
Mg ²⁺ (ppm)	OYDA	1,47	62,92	13,46 ± 0,69	-1,82	0,07
	TA	4,66	57,00	16,03 ± 1,34		
Ca ²⁺ (ppm)	OYDA	3,79	153,14	45,06 ± 2,25	-3,55	0,00
	TA	23,41	429,30	73,92 ± 7,82		
Toplam Katyon (ppm)	OYDA	36,19	610,95	156,60 ± 6,04	-2,12	0,04
	TA	61,13	665,35	189,81 ± 14,45		
ESP (%)	OYDA	2,81	23,22	10,57 ± 0,30	3,42	0,00
	TA	3,44	22,03	8,51 ± 0,55		
TKİ (%)	OYDA	31,58	84,21	57,20 ± 0,66	-0,09	0,92
	TA	31,58	73,68	57,32 ± 1,08		

Çizelge 4.4. Gökçeada'nın genelini kapsayan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları $n=248$, ^a: $n=246$

	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TN (%)	TC (%)	TOK (%)	CaCO ₃ (%)	AS (%)	dB (g/cm^3)	RUSLE- K	T. Anyon	T. Kasyon	ESP (%)	TKİ (%)
pH	1,000															
EC ($\mu\text{S/cm}$)	,313**	1,000														
Kil (%)	-,243**	-,0108	1,000													
Silt (%)	,492**	,243**	-,202**	1,000												
Kum (%)	-,351**	-,166**	-,344**	-,798**	1,000											
TN (%)	-,154*	0,074	0,064	,146*	-,0077	1,000										
TC (%)	,184**	,191**	-,266**	,467**	-,256**	,656**	1,000									
TOK (%)	-,290**	0,039	,142*	0,005	0,000	,812**	,689**	1,000								
CaCO ₃ (%)	,749**	,257**	-,411**	,597**	-,368**	-,0075	,378**	-,247**	1,000							
AS (%) ^a	-,080	0,054	0,034	,148*	-,149*	,473**	,474**	,562**	-,0021	1,000						
dB (g/cm^3)	,216**	0,066	-,0014	-,0073	0,005	-,268**	-,190**	-,297**	0,095	-,143*	1,000					
RUSLE-K	,510**	,216**	-,220**	,733**	-,572**	-,192**	0,098	-,364**	,563**	-,202**	0,029	1,000				
T. Anyon	-,0095	,673**	-,0067	-,0034	0,082	0,003	-,0043	-,0010	-,0067	-,0034	-,0026	0,044	1,000			
T. Kasyon	,394**	,881**	-,173**	,236**	-,126*	0,057	,262**	0,055	,335**	0,066	0,084	,199**	,624**	1,000		
ESP (%)	-,368**	,306**	-,0059	-,258**	,275**	-,155*	-,223**	-,0084	-,284**	-,181**	0,001	-,136*	,686**	,295**	1,000	
TKİ (%)	-,0004	-,0009	,125*	,399**	-,414**	,540**	,562**	,544**	0,080	,691**	-,330**	-,0011	-,179**	-,0012	-,418**	1,000

**: $p < 0,01$, *: $p < 0,05$

Çizelge 4.5. OYDA'dan alınan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları $n=183$, ^a: $n=181$

	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TN (%)	TC (%)	TOK (%)	CaCO ₃ (%)	AS (%)	dB (g/cm^3)	RUSLE- K	T. Anyon	T. Kasyon	ESP (%)	TKİ (%)
pH	1,000															
EC ($\mu\text{S/cm}$)	,346**	1,000														
Kil (%)	-,174*	-0,075	1,000													
Silt (%)	,393**	,269**	-0,039	1,000												
Kum (%)	-,321**	-,228**	-,444**	-,817**	1,000											
TN (%)	-0,095	0,119	0,062	,273**	-,147*	1,000										
TC (%)	,220**	,263**	-,191**	,499**	-,295**	,727**	1,000									
TOK (%)	-0,116	0,120	0,099	,179*	-0,090	,827**	,793**	1,000								
CaCO ₃ (%)	,704**	,258**	-,301**	,502**	-,343**	-0,018	,369**	-0,089	1,000							
AS (%) ^a	0,096	0,115	0,014	,310**	-,270**	,380**	,510**	,467**	0,107	1,000						
dB (g/cm^3)	,209**	0,093	0,005	-0,130	0,004	-,259**	-,182*	-,231**	0,069	-0,043	1,000					
RUSLE-K	,361**	,251**	-0,021	,666**	-,589**	-,156*	0,046	-,277**	,419**	-0,126	-0,006	1,000				
T. Anyon	-0,094	,652**	-0,057	-0,011	0,014	-0,034	-0,029	-0,031	-0,101	-0,059	0,042	0,119	1,000			
T. Kasyon	,455**	,880**	-0,126	,244**	-,178*	0,084	,310**	,156*	,314**	,164*	0,098	,205**	,598**	1,000		
ESP (%)	-,351**	,267**	-0,079	-,218**	,208**	-,208**	-,266**	-,181*	-,283**	-,271**	0,052	-0,003	,681**	,257**	1,000	
TKİ (%)	0,034	0,063	0,137	,467**	-,430**	,543**	,598**	,558**	0,110	,723**	-,309**	-0,023	-,206**	0,048	-,445**	1,000

** : $p < 0,01$, * : $p < 0,05$

Çizelge 4.6. TA'dan alınan topraklardaki parametreler arasındaki korelasyon katsayıları $n=65$

	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TN (%)	TC (%)	TOK (%)	CaCO ₃ (%)	AS (%)	dB (g/cm^3)	RUSLE- K	T. Anyon	T. Kasyon	ESP (%)	TKİ (%)
pH	1,000															
EC ($\mu\text{S/cm}$)	0,228	1,000														
Kil (%)	-,360**	-0,194	1,000													
Silt (%)	,405**	0,046	-,521**	1,000												
Kum (%)	-0,152	0,077	-0,174	-,731**	1,000											
TN (%)	-,281*	-0,026	0,032	-0,049	0,037	1,000										
TC (%)	0,080	-0,020	-,480**	,489**	-0,207	,403**	1,000									
TOK (%)	-,487**	-0,028	0,199	-0,169	0,026	,733**	,384**	1,000								
CaCO ₃ (%)	,575**	0,095	-,671**	,661**	-0,236	-0,190	,532**	-,461**	1,000							
AS (%)	-,370**	-0,045	0,068	-0,059	0,031	,623**	,374**	,701**	-,247*	1,000						
dB (g/cm^3)	0,020	-0,072	-0,051	-0,180	0,230	-0,224	-0,231	-,333**	0,020	-,283*	1,000					
RUSLE-K	,531**	0,023	-,645**	,810**	-,410**	-0,223	,300*	-,446**	,713**	-,292*	-0,070	1,000				
T. Anyon	0,099	,749**	-0,110	-0,082	0,197	0,098	-0,077	0,026	0,017	-0,017	-0,172	-0,041	1,000			
T. Kasyon	0,216	,871**	-,289*	0,082	0,116	0,028	0,127	-0,044	,257*	-0,118	-0,013	0,065	,738**	1,000		
ESP (%)	-0,027	,584**	-0,126	-0,156	,293*	-0,154	-0,151	-0,147	0,023	-0,199	0,064	-0,094	,713**	,616**	1,000	
TKİ (%)	-0,201	-0,203	0,119	,266*	-,379**	,542**	,442**	,596**	-0,108	,668**	-,424**	-0,043	-0,066	-0,200	-,363**	1,000

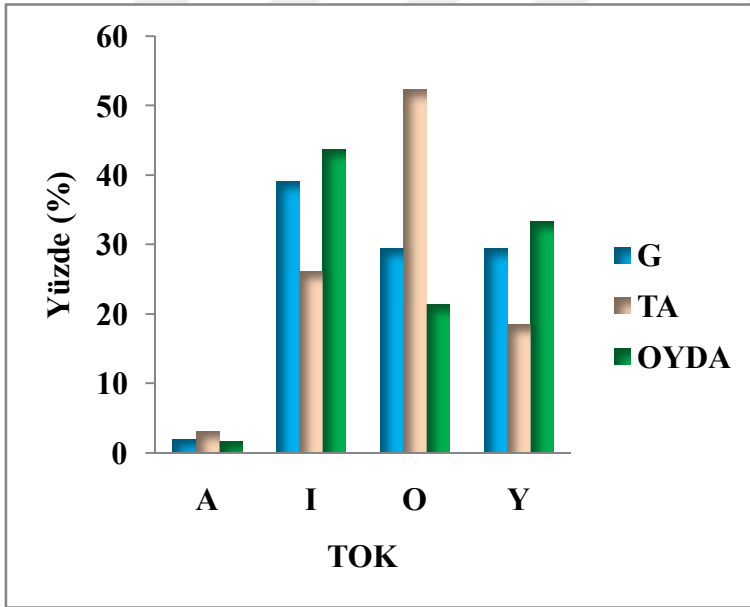
** : $p < 0,01$, * : $p < 0,05$

Çizelge 4.7. OYDA ve TA'dan alınan toprak parametreleri arasındaki korelasyonların Z testine ait p değerleri

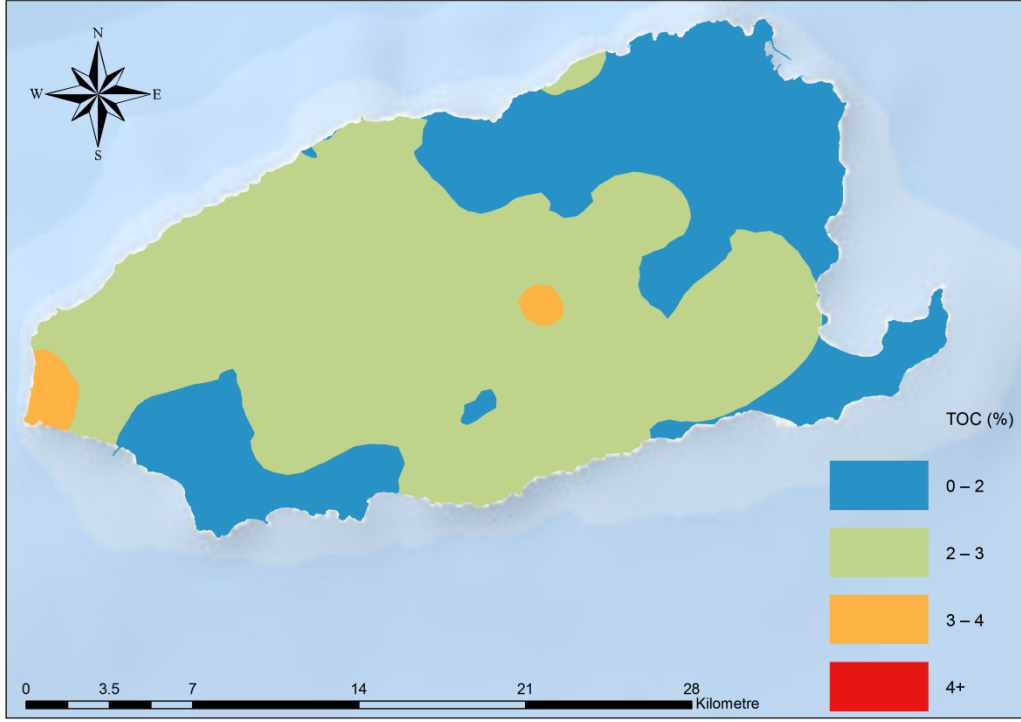
	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TN (%)	TC (%)	TOK (%)	CaCO ₃ (%)	AS (%)	dB (g/cm^3)	RUSLE- K	T. Anyon	T. Kasyon	ESP (%)
EC ($\mu\text{S/cm}$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kil (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silt (%)	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kum (%)	-	p < 0,05	p < 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TN (%)	-	-	-	p < 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TC (%)	-	p < 0,05	p < 0,05	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOK (%)	p < 0,01	-	-	p < 0,05	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
CaCO ₃ (%)	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	-
AS (%) ^a	p < 0,01	-	-	-	p < 0,05	p < 0,05	-	p < 0,05	p < 0,05	-	-	-	-	-	-
dB (g/cm^3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUSLE-K	-	-	p < 0,01	p < 0,05	-	-	-	-	p < 0,01	-	-	-	-	-	-
T. Anyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T. Kasyon	-	-	-	-	p < 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP (%)	p < 0,05	p < 0,01	-	-	-	-	-	-	p < 0,05	-	-	-	-	-	p < 0,01
TKİ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.1. Toprakların Organik Karbon (TOK) Durumu

Alınan 248 toprak örneğinin arazi örtüsü fark etmeksizin TOK kapsamı incelendiğinde; en yüksek değerin %6,32 en düşük değerin %0,9 olduğu, ortalamasının ise %2,11 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). TOK değerine göre değerlendirildiğinde alınan örnek sayısının %68,55'i orta ve iyi sınıfta yer almaktadır. Adanın geneline bakıldığında toprakların %29'unda yeterli seviyede organik karbon mevcutken, sadece %2,02'lik kısımda az seviyede organik karbon belirlenmiştir (Şekil 4.3). Bununla birlikte OYDA'daki örneklerden iyi seviyede TOK içerenlerin oranı daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Rakamlar değerlendirildiğinde; örneklerin alındıkları dönem itibarıyla topraklarda organik karbon bakımından risk oluşturabilecek bir durum söz konusu değildir. Örneklere ait TOK dağılım haritası Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Toprak örnekleri, 2 ana arazi örtüsü (CORINE, 2006) sınıflaması göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde, TA'daki toprakların TOK değerleri ortalamasının %1,82, OYDA'daki toprakların TOK ortalamasının %2,22 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı arazi örtüsünden alınan toprak örneklerinde belirlenen TOK değerlerinin arazi örtüsüne göre anlamlı şekilde ($p < 0,05$) farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.3. Gökçeada topraklarının TOK durumları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, A: Az, I: İyi, O: Orta, Y: Yeterli)

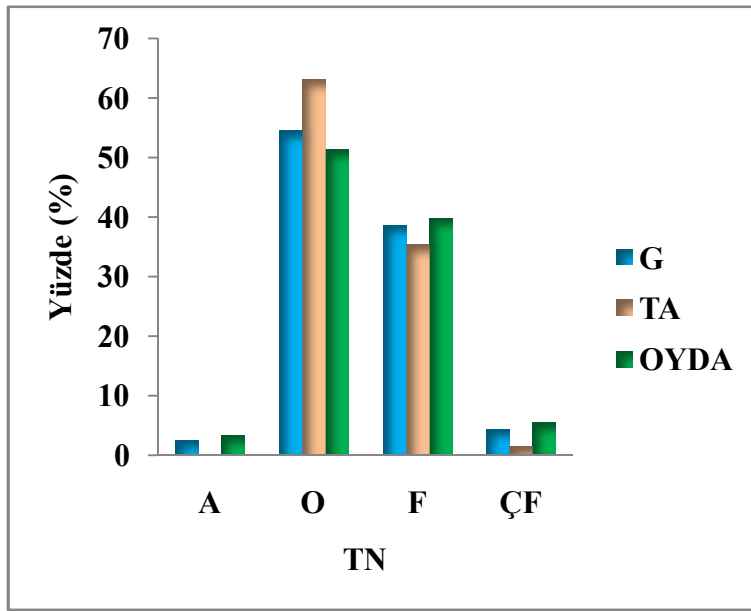


Şekil 4.4. Gökçeada TOK haritası

Şekil 4.4 incelendiğinde, ada topraklarının çok büyük kısmının TOK içeriği bakımından orta ve yeterli durumda olduğu görülmektedir. Adanın KD, GD ve GB kesimlerinde daha düşük TOK değerleri tespit edilmiştir. Eğim (Şekil 3.2), yükseklik (Şekil 3.4) ve arazi örtüsünü sınıflama (Şekil 4.1) haritaları değerlendirildiğinde bu alanların diğer alanlara göre daha az eğime sahip alanlara sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yükseltinin diğer alanlara göre daha az oluşuyla birlikte tarım alanlarının bu bölgelerde daha yoğun oluşu TOK' un daha az olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca TA'ları dışında, adanın GD'sinde bulunan Kefaloz Burnu'ndaki TOK miktarının düşük olması; seyrek vejetasyona sahip olmasıyla birlikte toprak bünyelerinin hafif bünyeli olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Nitekim tüm örnekler için hesaplanan korelasyon katsayılarına incelendiğinde; TOK ile kil arasında pozitif bir ilişkinin ($p < 0,05$) varlığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Bununla birlikte arazi örtüsü farkı gözetmeksizin TOK ile AS, TKİ arasında da ($p < 0,01$) pozitif doğrusal ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Çizelge 4.7'da arazi örtüsüne bağlı olarak parametreler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; TOK ile pH, silt, TC, CaCO_3 ve AS arasında hesaplanan korelasyonların anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2. Toprakların Toplam Azot (TN) Durumu

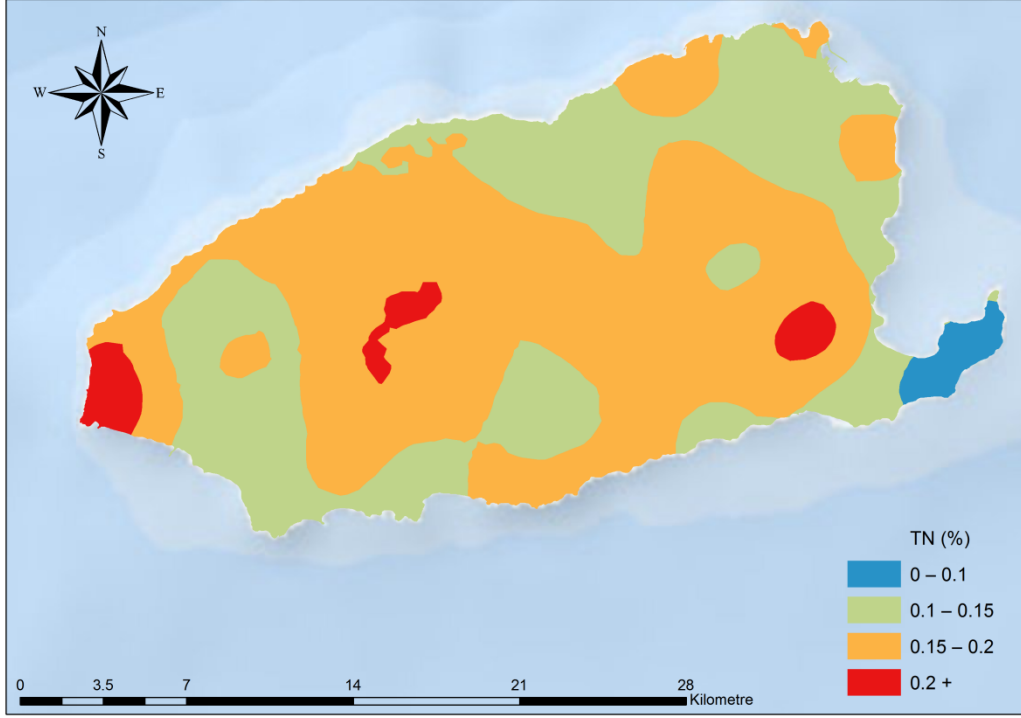
Gökçeada'dan örneklenen toprakların toplam azot (TN) içerikleri incelendiğinde ortalamanın %0,15, en düşük TN değerinin %0,06 ve en yüksek TN değerinin %0,40 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2) Arazi örtüsüne göre toprak örneklerinin TN durumları incelendiğinde TA'nın TN içeriklerinin ortalama %0,15; OYDA'nın ise ortalama %0,16 TN içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Genel duruma bakıldığında toprak örneklerinin %2,42'si az, %54,44'ü orta, %38,71'i fazla ve %4,44'ünün fazla TN içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Gökçeada topraklarının TN durumları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, A:Az, O: Orta, F:Fazla, ÇF: Çok Fazla)

Her ne kadar OYDA'da daha yüksek TN değerleri hesaplanmış olsa da; topraklarda belirlenen TN ortalamalarının, arazi örtüsüne göre anlamlı bir farklılık göstermediği ($p>0,05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.3). Bununla beraber tüm örnekler ve arazi örtüsü dağılımına göre hesaplanan korelasyonlarda görüldüğü üzere, TN ile TOK arasında pozitif anlamlı bir ilişki ($p<0,01$) olsa da, TOK ile TN arasındaki doğrusal ilişkiyi arazi örtüsü farklılığı önemli düzeyde etkilememektedir (Çizelge 4.7). Şekil 4.6'da da görüldüğü üzere adanın GD'sinde bulunan Kefaloz Burnu'nda TN değerinin adanın diğer alanlarına göre TOK gibi çok düşük olduğu görülmektedir. Yukarıda TOK için açıklanan sebeplerin paralelinde TN'nin bu alanda düşük olması iki sebebe bağlanabilir. Bunlardan ilki, bitki örtüsüne bağlı olarak organik maddenin, dolayısıyla TOK'a bağlı olarak TN'nin az

bulunması, ikincisi ise, tekstür haritalarından da görüleceği üzere bu bölgenin kum içeriğinin yüksek olması sebebiyle mevcut N'nin sürekli kayıp potansiyelinin olabileceği ihtimalidir.



Şekil 4.6. Gökçeada TN haritası

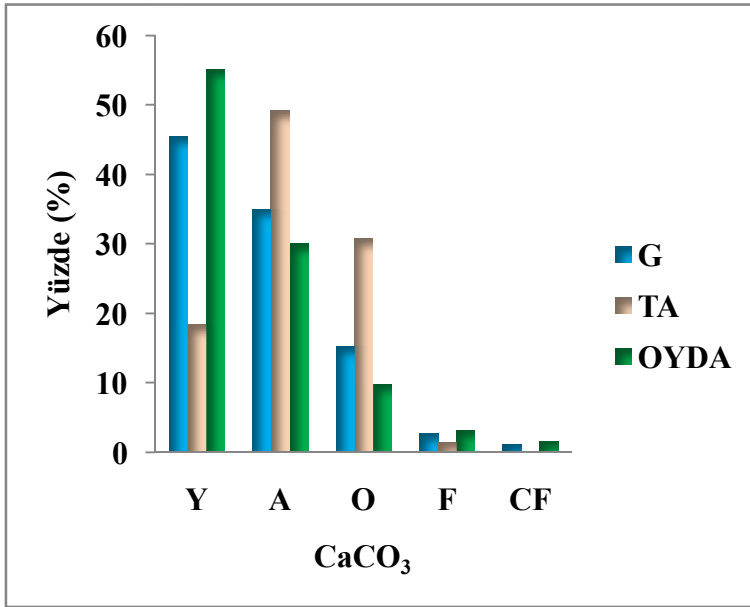
4.2.3. Toprakların Karbon Azot Oranı (C/N) Durumu

Alınan 248 örneğin C/N değerleri incelendiğinde, ortalamanın 16,53 olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en düşük C/N değeri 9,44 iken en yüksek değer 38,08 olarak bulunmuştur. Arazi örtüsünün durumuna göre ise; TA'dan alınan örneklerin C/N ortalaması 16,80 iken OYDA'dan alındığı tespit edilen örneklerin C/N değeri 16,44 olarak bulunmuştur. TA'daki en düşük ve en yüksek değer sırasıyla 9,44-38,88 olup; OYDA için bu değer 10,34 ile 38,08 olarak tespit edilmiştir.

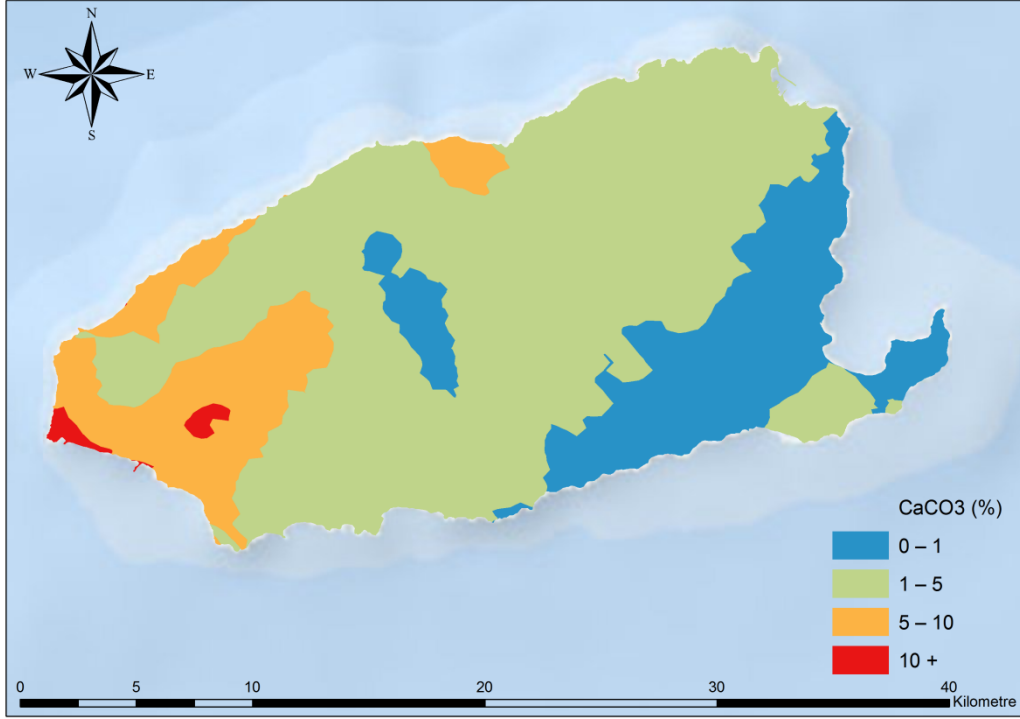
4.2.4. Toprakların Kireç (CaCO₃) Durumu

Alınan 248 toprak örneğinin CaCO₃ kapsamaları incelendiğinde; en yüksek değer %33,5, en düşük değer %0 olduğu, ortalamanın ise %2,99 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Alınan toplam örnek sayısının %45'inde CaCO₃ bulunmamaktadır. Toprakların %35,08'i az, %15,32 orta ve %4,03'ü fazla, çok fazla CaCO₃ içermekte olup OYDA'lardan alınan örneklerin %55'inde CaCO₃ bulunmamaktadır (Şekil 4.7). CaCO₃

miktarı; TA'larda ortalama %2,49, OYDA'larda ise %4,38'dir. Ortalamalar arası bu fark istatistiki açıdan önemli olarak ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). OYDA'larda tespit edilen CaCO_3 miktarının pH, EC, silt, TC, RUSLE-K ve T.Katyon ile pozitif yönlü doğrusal ($p<0,01$); kil, kum ve ESP ile negatif yönlü ($p<0,01$) doğrusal ilişkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Benzer şekilde TA'larda tespit edilen kirecin; pH, silt, TC, RUSLE-K ve T.Katyon ile pozitif yönlü ($p<0,01$); kil, TOK ($p<0,01$); ve AS ($p<0,05$); ile negatif yönlü doğrusal ilişkisinin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6). Bununla birlikte CaCO_3 ile kil, CaCO_3 ile TOK, CaCO_3 ile RUSLE-K ($p<0,01$), CaCO_3 ile ESP, CaCO_3 ile AS, ($p<0,05$) arasındaki ilişkilerin arazi örtüsüne göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).



Şekil 4.7. Gökçeada topraklarının CaCO_3 durumları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, Y:Yok, A: Az, O: Orta, F: Fazla, CF: Çok Fazla)



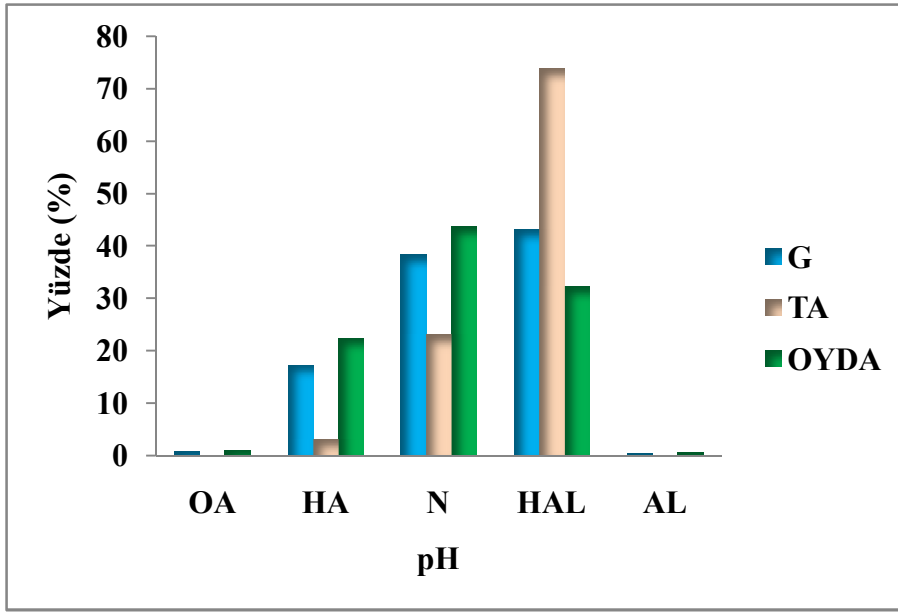
Şekil 4.8. Gökçeada CaCO₃ haritası

Şekil 4.8 incelenip, toprak haritasıyla da karşılaştırıldığında GB-KD istikametindeki alanlarda Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları'nın bulunduğu görülmektedir. Bu bağlamda aynı istikametteki CaCO₃ içeriğinin düşük seviyelerde oluşu ana materyal ile ilişkisini açıkça ortaya koymaktadır. Her iki arazi örtüsüne sahip toprakta CaCO₃ ile T. kation arasında pozitif doğrusal ilişkiler ($p < 0,01$) tespit edilmiş olup (Çizelge 4.5 ve 4.6); arazi örtüsü bu ilişkinin düzeyini değiştirmemektedir (Çizelge 4.7). Yine bahsedilen alanlardaki topraklarda yapılan analizlerde Na, Mg, Ca kationları da diğer alanlara göre daha düşük konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir.

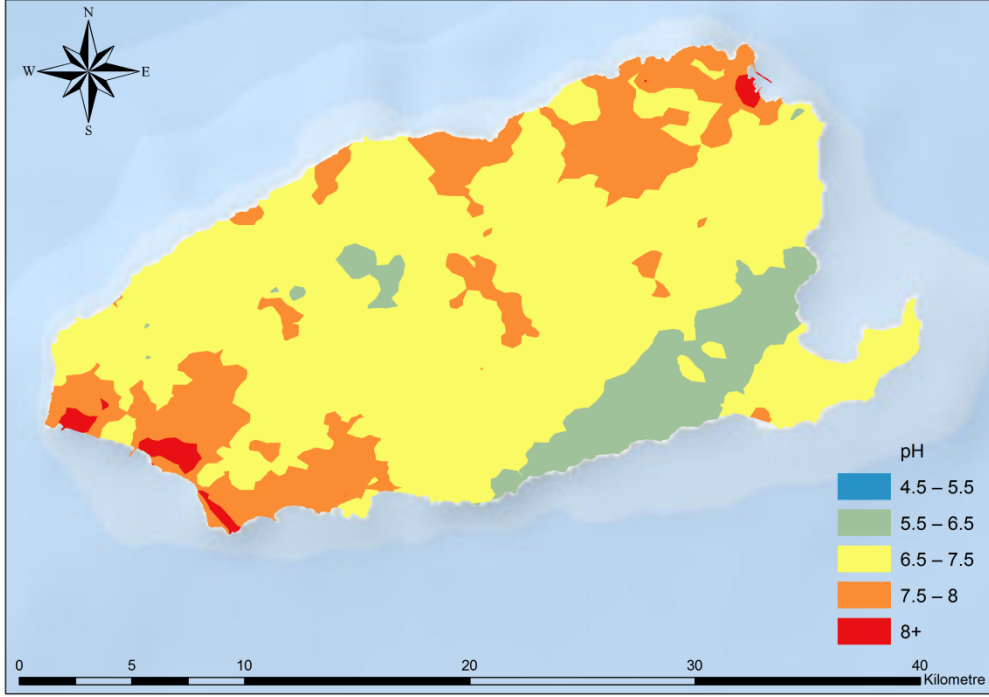
4.2.5. Toprakların Reaksiyonu (pH) Durumu

Toplam 248 toprak örneğinin pH durumları incelendiğinde; en yüksek değer 8,67 olduğu görülmekte olup örnek sayısı 1'dir. Bununla birlikte en düşük değer 5,34 olduğu, ortalamanın ise 7,18 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Genel olarak toprak örnekleri pH sınıflaması ve örnek sayısı bakımından değerlendirildiğinde; 43 adet toprak örneğinin hafif asit sınıfında olduğu ve bunun toplam örnek sayısının %17,34'ünü kapsadığı, hafif alkali sınıfta yer alan 107 toprak örneğinin toplam örnek sayısının %43,15'ini; nötr pH değerine sahip örnek sayısının 95 olduğu ve bunun toplam örnek sayısının %38,31'lik kısmını kapsadığı; orta asit ve alkali sınıfında 3 örneğin bulunduğu ve

bu sınıftaki örneklerin toplam örnek sayısının %1,21'lik kısmını teşkil ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.9). Bununla birlikte TA'lardan alınan toprak örneklerinin %73'lük büyük bir kısmının pH sınıfı hafif alkalidir (Şekil 4.9). Arazi örtüsü bakımından değerlendirildiğinde OYDA'daki örneklerin pH ortalaması 7,02 olup, 5,34 ile 8,67 arasında değişmektedir. TA'daki durum incelendiğinde toprakların pH değerleri 6,18 ile 8,33 arasında değişmekte olup ortalaması 7,65'dir. Yine arazi örtüsüne göre pH ortalamalarının anlamlı düzeyde farklılık ($p<0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.9. Gökçeada topraklarının pH durumları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, OA: Orta asit, HA: Hafif Asit, N: Nötr, HAL: Hafif Alkali, AL:Alkali)



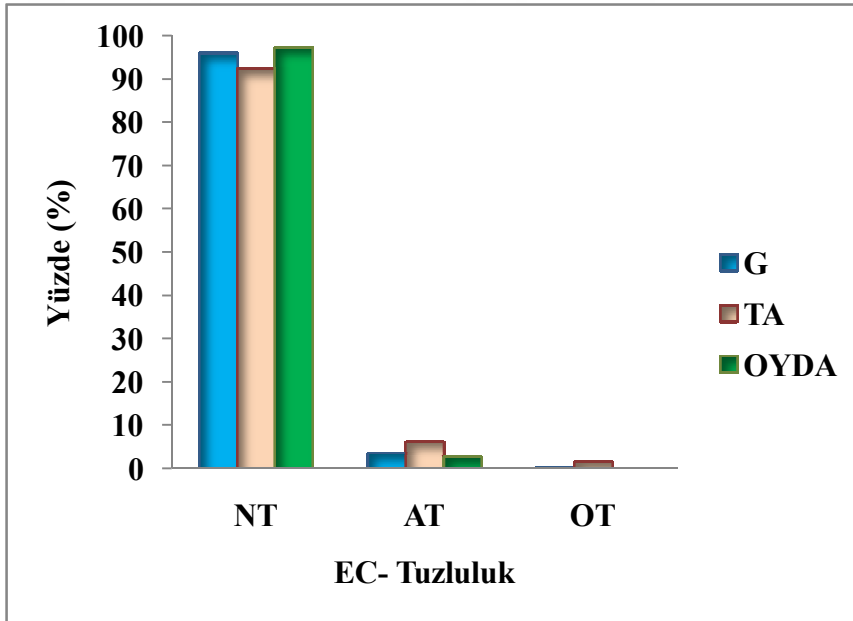
Şekil 4.10. Gökçeada pH haritası

Şekil 4.10' da adanın GB-KD yönündeki alanların pH'sının daha düşük olduğu görülmektedir. Genel korelasyonlar incelendiğinde (Çizelge 4.4); pH ile T.Kasyon ve pH ile CaCO_3 arasında doğrusal pozitif ilişkinin ($p < 0,01$) bulunduğu görülmektedir. Toprak haritası, Toplam kasyon ve CaCO_3 incelendiğinde pH ile olan ilişki açıkça ortaya koyulabilmektedir. Bununla birlikte adanın GB'sinde bulunan Uğurlu, Şirinköy ile adanın kuzeydoğusundaki Zeytinli, Çınarlı, Kaleköy arasındaki alanların pH'sının daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer haritalarda da görüleceği üzere tarım arazileri olarak sınıflanan alanlarda daha yüksek pH değerlerinin olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerinin CaCO_3 ve kasyonların (Ca, Mg ve Na) olduğu söylenebilir (Çizelge 4.4) . Anamateryale bağlı çözünebilir kasyonların bu bölgelerde daha fazla olmasına bağlı olarak toprak pH'sının değişmesi muhtemeldir.

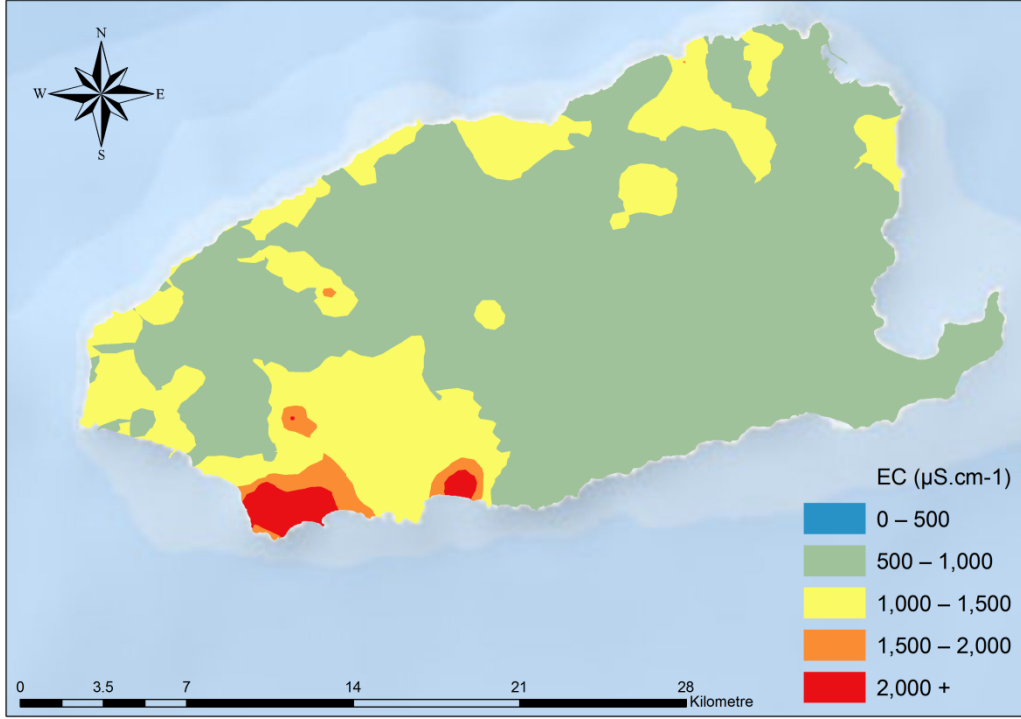
4.2.6. Toprakların Elektriksel İletkenlik (EC) Durumu

Saturasyon ekstraktında EC'leri belirlenen 248 toprak örneğinin durumları incelendiğinde; en yüksek değer 4977,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en düşük değerin 269,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu, ortalamanın ise 940,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Genel olarak değerlendirildiğinde; 238 örnek tuzsuz sınıfta bulunmaktadır. Bu sınıfta yer alan örnekler, toplam örnek sayısının %95,97'lik kısmını oluşturmaktadır. Bunun dışında kalan

%4,03'lik 10 örnek ise az ve orta tuzlu sınıfa dahil edilmiştir (Şekil 4.10). EC değerlerinden de anlaşıldığı üzere örneklerin çok büyük bir kısmında tuz probleminin olmadığı söylenebilir. Örneklerin EC durumlarının dağılım haritası Şekil 4.11' de gösterilmiştir. EC değerleri TA'da 475 - 4977,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup ortalama 1102,52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Bu durum OYDA için 269,25 – 2917,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup, ortalaması 883,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. İki farklı arazi örtüsünden alınan toprakların EC ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Bununla birlikte iki arazi örtüsünde de EC ile T.Katyon ve EC ile T.Anyon arasında önemli ($p<0,05$) bulunan doğrusal ilişkinin aynı düzeyde olduğu, arazi örtüsünün bu ilişkiyi etkilemediği (Çizelge 4.7) söylenebilir.



Şekil 4.11. Gökçeada topraklarının EC durumları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, NT: Tuzsuz, AT: Az Tuzlu, OT: Orta Tuzlu)



Şekil 4.12. Gökçeada EC haritası

Ada topraklarında tuzluluk problemi görülmemektedir. Sadece adanın K ve KB kısmındaki alanlarda diğer alanlara göre EC değerlerinin yüksek olduğu görülmekte olup sorun yaratacak düzeyde değildir.

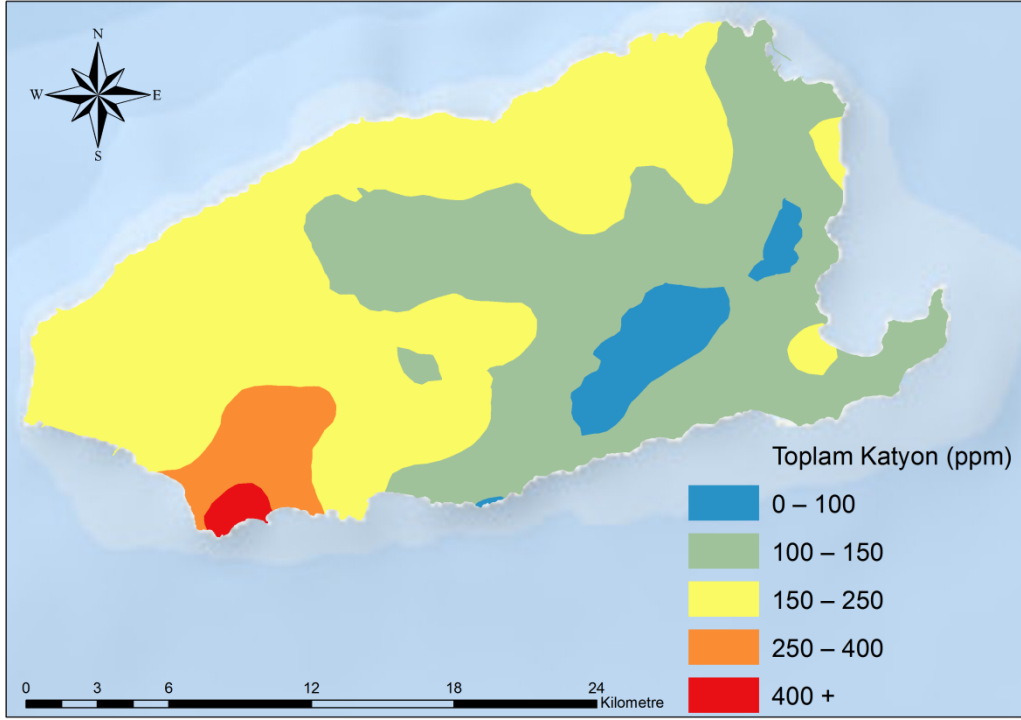
4.2.7. Toprakların Suda Çözünabilir Bazı Anyon ve Katyon Durumu

248 toprak örneğinin suda çözünabilir majör anyon ve katyonlarına ait değerler Çizelge 4.2 ve 4.3'te gösterilmiştir. Suda çözülebilir tuzları oluşturan iyonların çözünmesi ve tuzluluğa sebep olabilecek anyon ve katyonların durumu iyon kromatografisi ile belirlenmiştir. Yukarıda EC değerlerinden de anlaşılacağı üzere herhangi bir sorun teşkil edecek düzeyde anyon veya katyon tespit edilmemiştir.

Topraklardaki katyonlara ait sonuçlar Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Buna göre sodyum içeriği 24,71 ppm ile 326 ppm arasında değişmekte olup ortalama 81,62 ppm'dir. Amonyum 0 ile 18,39 ppm arasında olup ortalama 4,57 ppm bulunmaktadır. Potasyum konsantrasyonu 2,65 ppm ile 60,85 ppm arasında ve ortalaması 12,36 ppm'dir. Magnezyum 1,47 ppm ile 62,92 ppm arasında ve ortalaması 14,13 ppm olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum konsantrasyonu 3,79 ppm ile 429,30 ppm arasında olup, ortalama 52,62 ppm'dir.

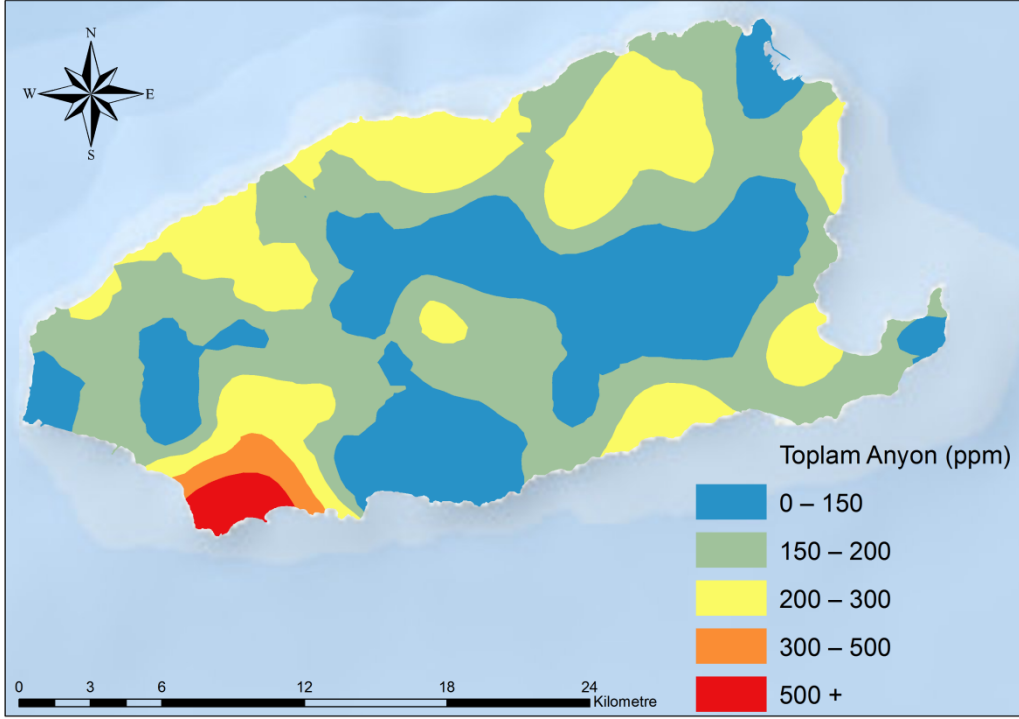
Toprakların majör anyon içeriği incelendiğinde (Çizelge 4.2), 118,75 ppm

ortalamasıyla en fazla klor konsantrasyonunun olduğu görülmektedir. Ortalamalar baz alındığında klordan sonra sırasıyla sülfat (36,17 ppm), nitrat (23,46 ppm) ve nitrit (5,05 ppm) iyonlarının varlığı görülmektedir. Klorun 19,93 ppm ile 636,41 ppm; sülfatın 9,57 ppm ile 115,45 ppm; nitratın 0 ppm ile 1325,44 ppm; nitritin ise 0 ile 129,85 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Gökçeada'nın toplam katyon haritası

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere; OYDA'daki topraklarda ortalama, 80,99 ppm Na, 4,68 ppm NH₄, 12,41 ppm K, 13,46 ppm Mg ve 45,06 ppm Ca bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde TA'dan alınan toprakların ortalama katyon konsantrasyonları incelendiğinde ise; Na'nın 83,39 ppm, NH₄'ün 4,24 ppm, K'nın 12,23 ppm, Mg'nin 16,03 ppm Ca'nın ise 73,92 ppm olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Gökçeada'nın toplam anyon haritası

OYDA'daki toprakların anyon konsantrasyonları ortalamaları incelendiğinde; SO_4 'ün 36,70 ppm, NO_3 'ün 13,40 ppm NO_2 'nin 2,27 ppm Cl 'nin 123,77 ppm olduğu tespit edilmiştir. Bu durum TA için; SO_4 'ün 34,69 ppm, NO_3 'ün 51,82 ppm NO_2 'nin 12,90 ppm, Cl 'nin 104,62 ppm'dir.

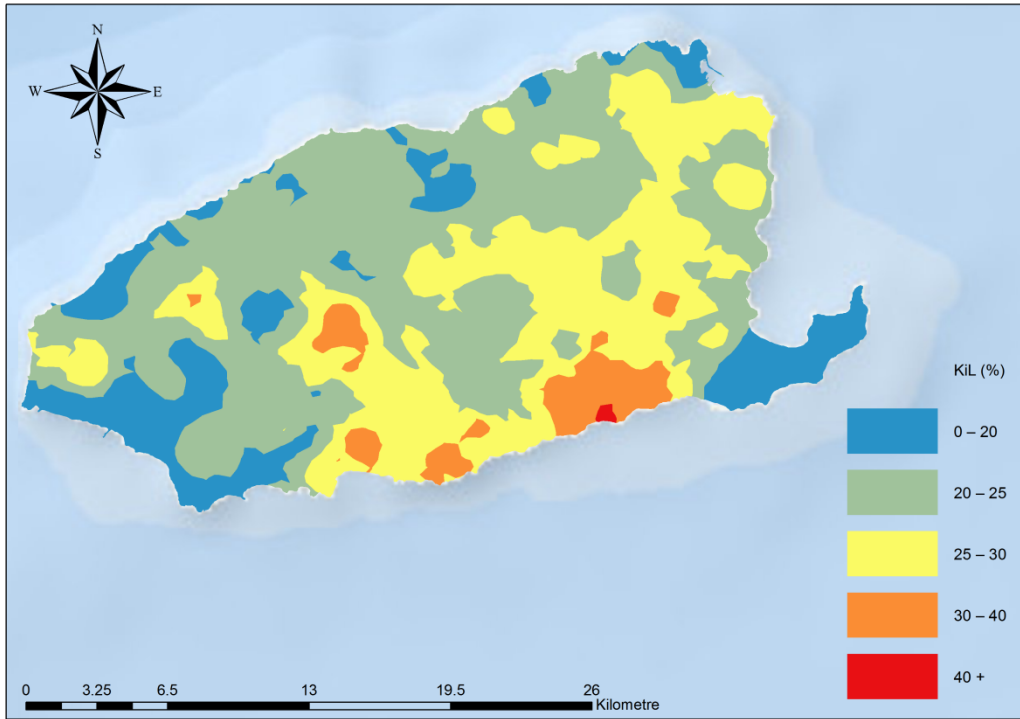
OYDA'dan alınan topraklarda hesaplanan T.Katyon miktarının, kil içeriği dışındaki diğer parametrelerle anlamlı pozitif doğrusal ilişkisinin bulunduğu; Bu durumun T.Anyon için her iki arazi örtüsünde de sadece EC ile sınırlı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5 ve 4.6). TA'dan alınmış topraklardaki T.Katyon ve diğer parametreler arasındaki ilişkiler incelendiğinde kil ile anlamlı negatif doğrusal ilişkinin ($p<0,05$) bulunduğu; EC, $CaCO_3$ ve T.Anyon ile anlamlı pozitif doğrusal ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. T.Katyon ile kum, ($p<0,05$), T.Katyon ile ESP ($p<0,01$) arasındaki ilişkinin arazi örtüsüne göre anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

4.2.8. Toprak Tekstürü ve Sınıfları

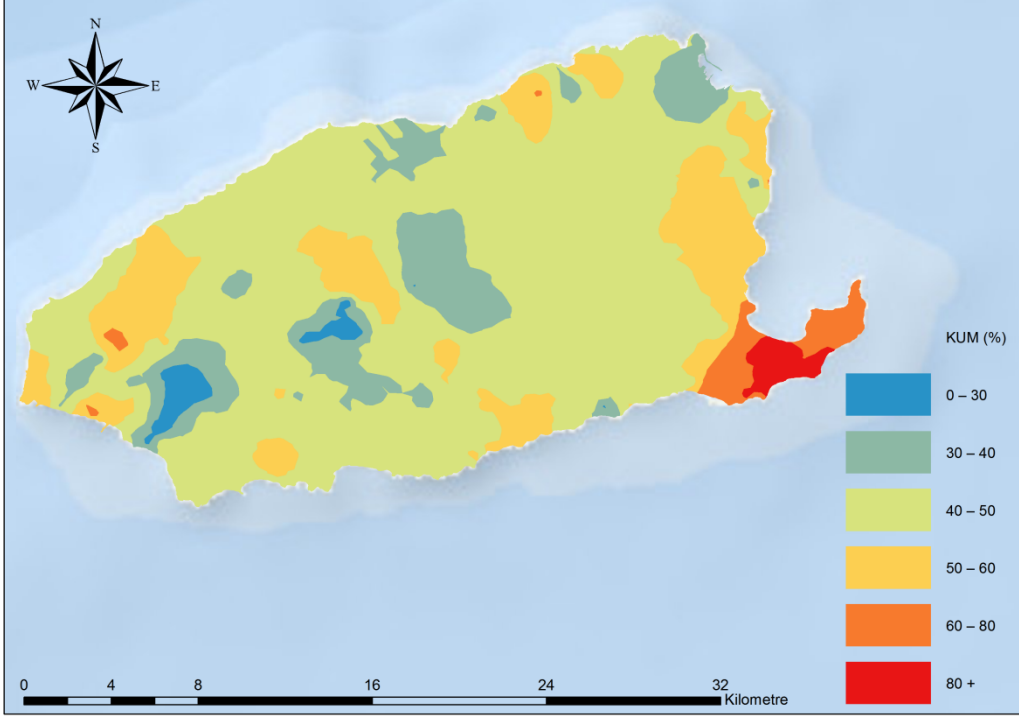
Örnekleme yapılan toprakların kil, silt, çok ince kum ve kum fraksiyonları tespit edilmiştir. Çizelge 4.3'te sunulduğu üzere; kil miktarının %3,23 ile %64 arasında değiştiği ortalamasının %22,93 olduğu görülmektedir. Bununla birlikte silt içeriği %1,28 ile %75,72 arasında olup ortalaması %29,40'tır. Toprakların kum içeriklerine bakıldığında %11,44 ile

%92,79 olup, ortalama %47,66 olarak bulunmuştur. Toprak erodobilitesinin hesaplamasında kullanılmak üzere topraklarda tespit edilen çok ince kum içerikleri ise %1,58 ile %44,53 arasında değişmekte olup ortalaması %19,95'tür.

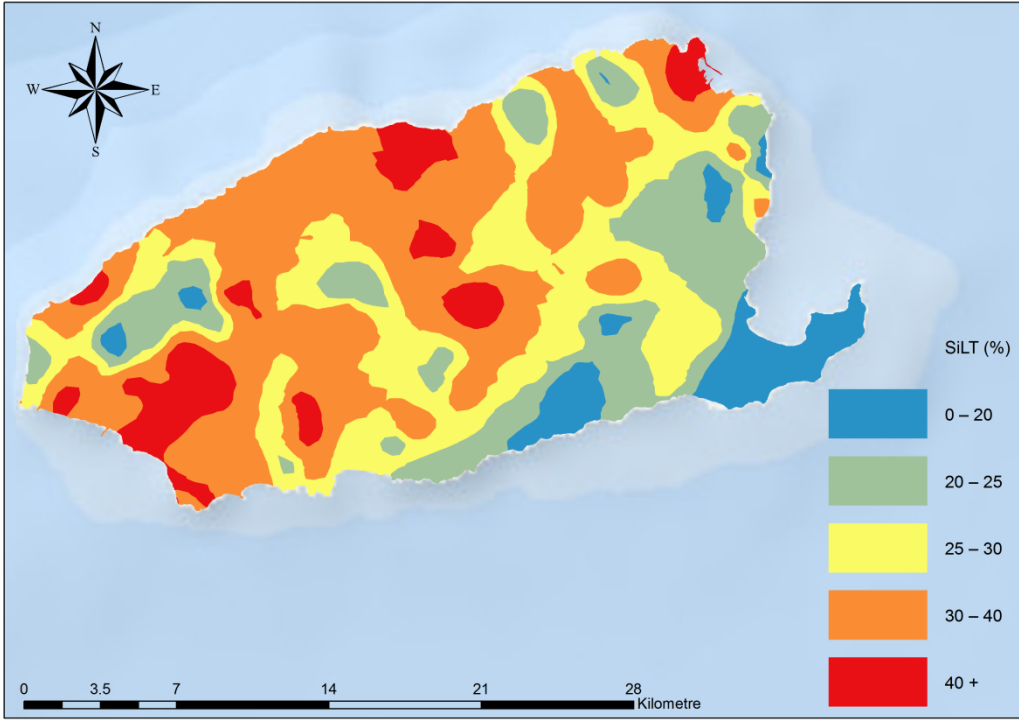
Toprak örneklerinin kum, silt ve kil içeriklerinden yararlanılarak 10 farklı bünye sınıfı belirlenmiştir (Şekil 4.18). Genel olarak değerlendirildiğinde en fazla örnek sayısına sahip bünye sınıfı SCL olarak tespit edilmiştir. SCL sınıfında toplam 72 örnek bulunup, toplam örnek sayısının %29,03'ünü oluşturmaktadır. En az örneğin bulunduğu 4 sınıf LS, SiCL, S ve SC olup bu sınıflara ait toplam 10 örnek bulunmakta ve toplam örnek sayısının %4,04'üne tekabül etmektedir (Şekil 4.18).



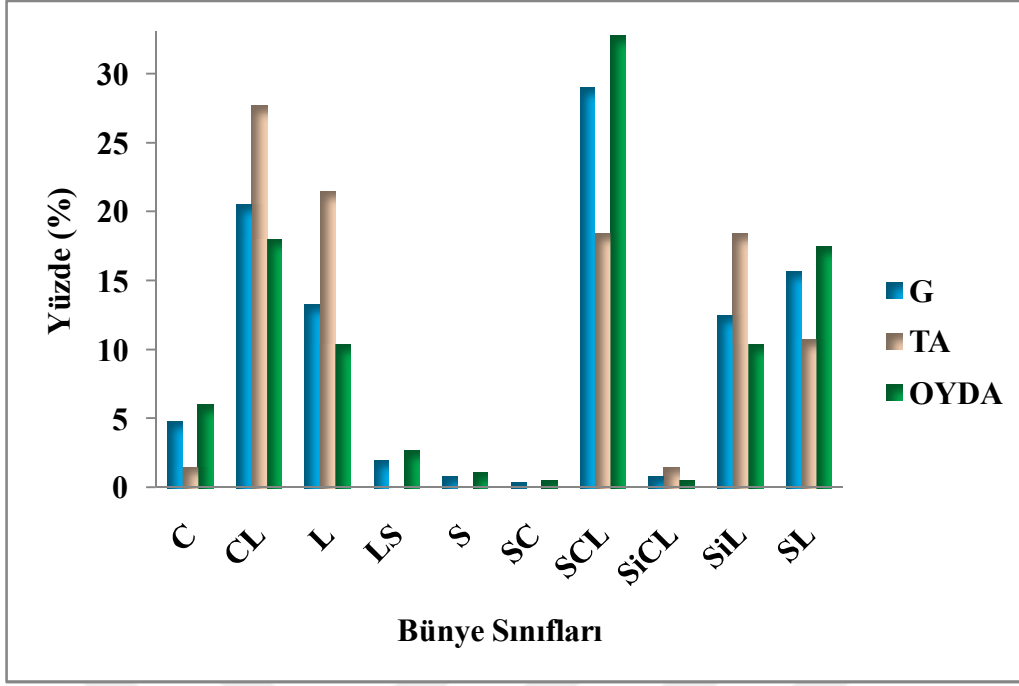
Şekil 4.15. Gökçeada topraklarının kil dağılım haritası



Şekil 4.16. Gökçeada topraklarının kum dağılım haritası



Şekil 4.17. Gökçeada topraklarının silt dağılım haritası

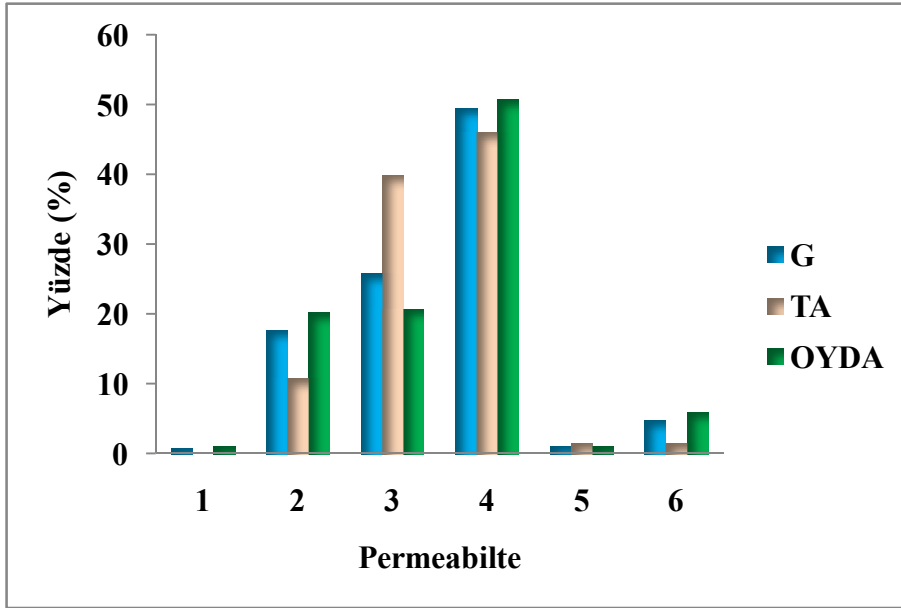


Şekil 4.18. Gökçeada topraklarının bünye sınıfı dağılımı (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, C: Kil, CL: Killi Tın, L: Tın, LS: Tınlı Kum, S: Kum, SC: Kumlu Kil, SCL: Kumlu Killi Tın, SiCL: Siltli Killi Tın, SiL: Siltli Tın, SL: Kumlu tın)

Kum ve silt miktarlarının ortalamasının arazi örtüsüne göre anlamlı bir şekilde ($p < 0,05$) değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). İki arazi örtüsünde de kil ile TC ve kil ile CaCO_3 arasında negatif doğrusal ilişki ($p < 0,01$) mevcut iken; TA'larda buna ek olarak kil ile RUSLE-K ($p < 0,01$) ve kil ile T.Katyon ($p < 0,05$) arasında da anlamlı negatif doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.5 ve 4.6). OYDA'larda silt içeriğinin T.Anyon ve dB dışındaki bir çok toprak özelliği ile anlamlı ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde kumun istatistiki olarak diğer parametrelerle önemli ilişki varlığı, TOK dışında silt ile benzerdir (Çizelge 4.5). Çizelge 4.6'de görüldüğü üzere; TA'larda silt ile TC, silt ile CaCO_3 Silt ile RUSLE-K arasındaki ilişkinin doğrusal pozitif ($p < 0,01$) olduğu; aynı şekilde kum ile ESP arasındaki ilişkinin doğrusal pozitif ($p < 0,05$) ve kum ile RUSLE-K/TKİ ilişkisinin ($p < 0,01$) doğrusal negatif olduğu görülmektedir. İki arazi örtüsündeki topraklarda ayrı belirlenen korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde; kil ile CaCO_3 , kil ile RUSLE-K, ($p < 0,01$), kil ile TC ($p < 0,05$) arasındaki; silt ile TOK, silt ile TN, silt ile RUSLE-K ($p < 0,05$), kum ile AS, kum ile T.Katyon ($p < 0,05$) arasındaki ilişkilerin arazi örtüsüne göre değiştiği, başka bir deyişle arazi örtüsünün bu ilişkileri anlamlı düzeyde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

4.2.9. Toprakların Geçirgenlik Sınıfları

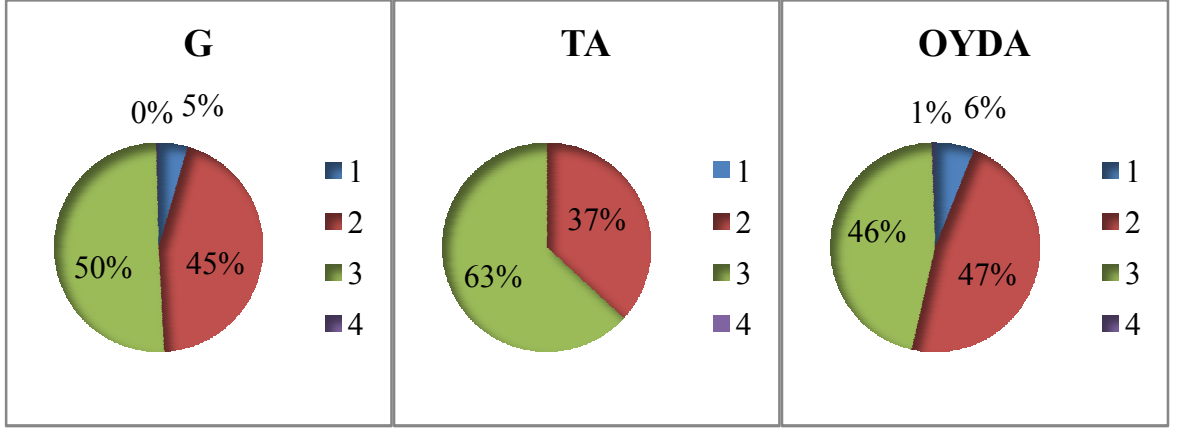
Bünye sınıflarından yararlanılarak tespit edilen geçirgenlik sınıflarına ait durum Şekil 4.19'de gösterilmiştir. Toprak örneklerinin %49,60'ı orta-yavaş, %25,81'i orta, %17,74'ü orta-hızlı sınıfında yer alırken %1,21'i yavaş olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte OYDA ve TA'lardaki örneklerin çoğunun orta-yavaş geçirgenlik sınıfında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Gökçeada topraklarının geçirgenlik sınıfı durumlarının oranları (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, 1: Hızlı, 2: Orta-Hızlı, 3: Orta, 4: Orta Yavaş, 5:Yavaş, 6: Çok Yavaş)

4.2.10. Toprakların Strüktür Tipleri

Örneklenen noktalardaki toprakların %95,16'sının strüktür tipi ince ve orta-kaba granülerdir (Şekil 4.20). 11 örnekleme noktasında çok ince granüler, 1 örnekleme noktasında ise levha strüktür tipi tespit edilmiştir. TA örneklerinin ince granüler ve orta kaba granüler strüktür tipine sahip topraklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.20).

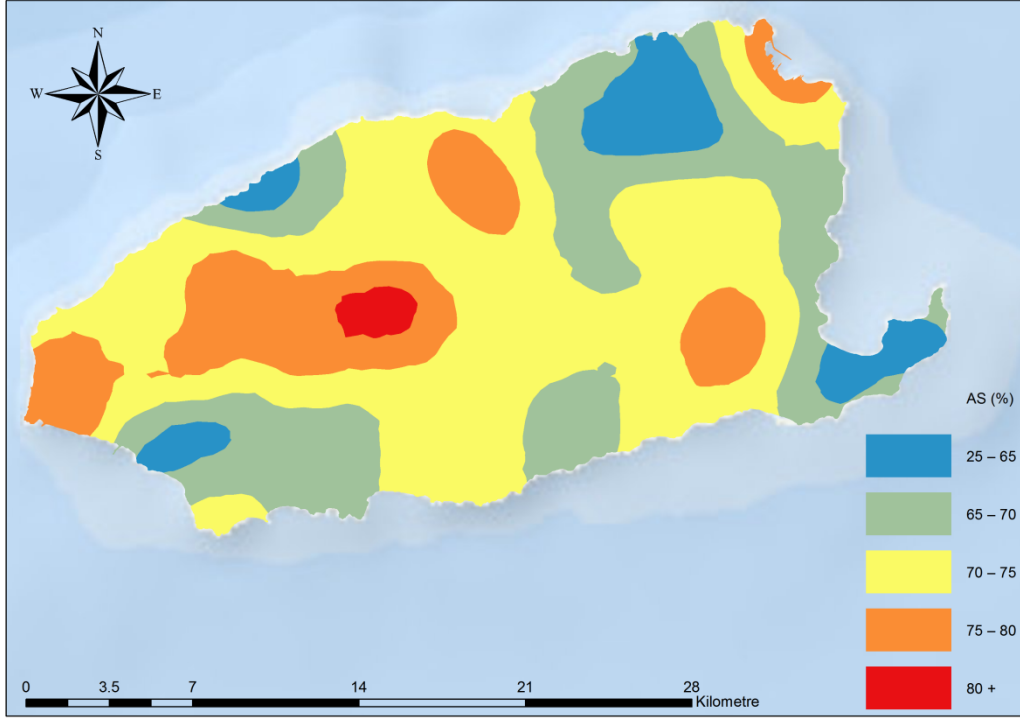


Şekil 4.20. Gökçeada topraklarının strüktür tipi dağılımı (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, 1: Çok ince granüler, 2: İnce granüler, 3: Orta kaba granüler, 4: blok levha masif)

4.2.11. Toprakların Agregat Stabilitesi (AS)

Gökçeada'dan alınan 246 toprak örneğine ait 1-2 mm çapındaki agregatların ıslak eleme metoduna göre yapılan stabilite sonuçlarına ait değerler çizelge 4.2'de gösterilmiştir. İki adet toprak örneğinde yüksek miktarda kum bulunduğu için (agregatlaşma olmadığından) analizi yapılamamıştır. Buna göre en düşük AS değeri %26,65, en yüksek %96,41 ortalaması ise %70,51 olarak tespit edilmiştir.

CORINE arazi örtüsü sınıflamasına göre OYDA'dan alınan toprak örneklerindeki AS ortalaması % 71,75'tür. En düşük değer %26.65 iken en yüksek değer %96,41 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). TA'dan alınmış örneklerde ise AS ortalaması %67,01'dir. En düşük değer %36,71 iken en yüksek değer %95,90 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Hesaplanan AS değerlerine göre OYDA ve TA'dan alınan örneklerde ortalamalar arasında anlamlı bir farkın ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Tüm örneklerde belirlenen parametreler arasındaki korelasyonlara göre (Çizelge 4.4); AS'nin silt ($p < 0,05$), TN, TC ve TOK ($p < 0,01$) ile pozitif; kum ile negatif ($p < 0,05$) doğrusal ilişkisinin olduğu görülmektedir. Bu durum OYDA'da belirlenen korelasyonlar (Çizelge 4.5) için de benzer şekilde olup; TA için hesaplananlarda (Çizelge 4.6) bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bunun yanında AS ile pH ($p < 0,01$), AS ile kum, AS ile TN ve AS ile TOK ($p < 0,05$) arasındaki ilişki arazi örtüsünün değişimine göre anlamlı düzeyde etkilenmektedir (Çizelge 4.7).



Şekil 4.21. Gökçeada topraklarının agregat stabilite (%) haritası

TOK ve AS haritaları karşılaştırıldığında TOK'a benzer şekilde AS'nin değiştiği görülebilmektedir (TOK ile AS $p < 0,01$; Çizelge 4.4). TOK değerlerinin düşük olduğu alanlarda AS değerlerinin de düşük olduğu bununla beraber arazi kullanımına bağlı olarak TA'da AS değerlerinin diğer alanlara göre daha düşük olduğu söylenebilir. Nitekim AS ortalamalarının arazi örtüsüne göre anlamlı ($p < 0,01$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

4.2.12. Toprakların Kuru Hacim Ağırlıkları (dB)

Alınan örneklerin 238'inde kesek metoduna, 10'unda ise silindir metoduna göre kuru hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra silindir metoduna göre uyarlanan sonuçlara göre toprakların kuru hacim ağırlıkları $0,97$ ile $1,91 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup ortalaması $1,42 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. TA'larda dB değerleri $1,07$ ile $1,90 \text{ g/cm}^3$ değişmekte olup, ortalama dB'nin $1,45 \text{ g/cm}^3$ olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Bunun yanında OYDA'dan alınan örneklerde hesaplanan dB'ler $0,97$ ile $1,91$ arasında değişmekte ve ortalaması $1,40 \text{ g/cm}^3$ tür (Çizelge 4.3). Bununla birlikte arazi örtüsüne göre dB ortalamalarının anlamlı düzeyde farklılık ($p < 0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6 incelendiğinde dB ile TOK arasında istatistiksel olarak önemli doğrusal negatif bir ilişkinin ($p < 0,01$) olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak TA'lardaki TOK içeriğinin OYDA'lara göre daha az olduğu ve bu farkın da istatistiksel

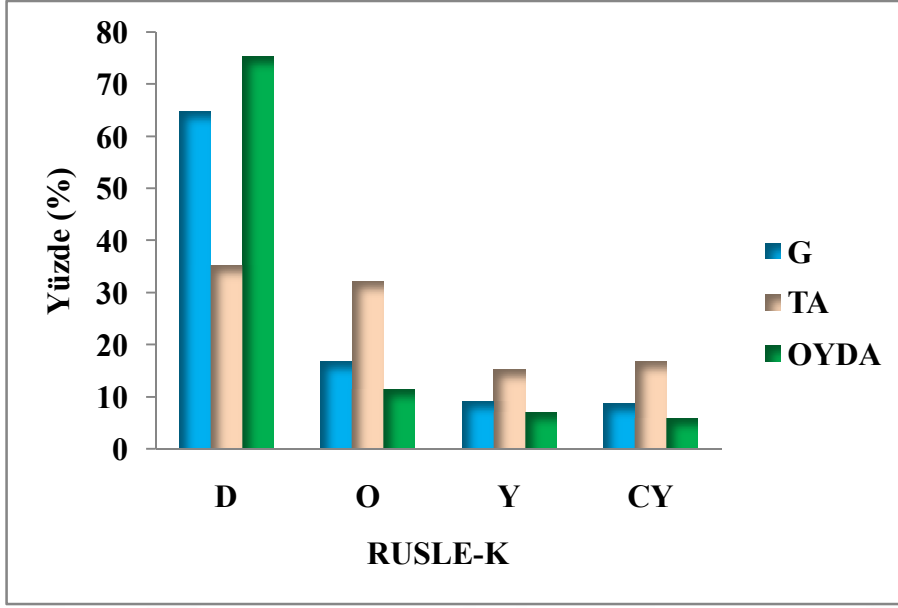
olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

4.2. Toprakların Erozyona Duyarlılık Durumları (RUSLE-K)

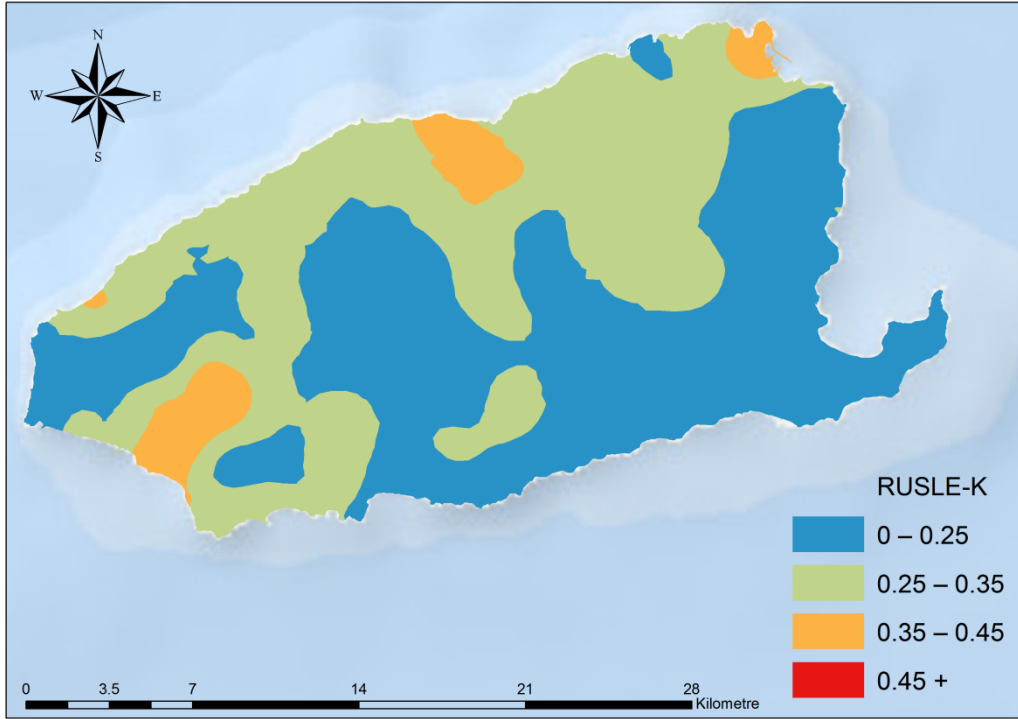
Ada genel olarak değerlendirildiğinde RUSLE-K değerlerinin 0 ila 0,65 arasında değiştiği, ortalamanın ise 0,25 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Çizelge 4.3 incelendiğinde, arazi örtüsüne göre RUSLE-K değerlerinin, OYDA'da 0-0,65 aralığında olduğu ortalamanın ise 0,22 olduğu; TA'larda ise değerlerin 0,13 ila 0,60 ortalamanın ise 0,31 olduğu, TA ortalamasının OYDA'lardan daha yüksek dolayısıyla daha yüksek riskin bulunduğu görülmektedir. Yine bu kapsamda arazi örtüsüne göre tespit edilen ortalama RUSLE-K değerlerindeki farkın istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4).

RUSLE-K, hesaplamasında kullanılan parametreler dışındaki toprak özellikleriyle ilişkisi adanın tümüyle değerlendirildiği (Çizelge 4.4), RUSLE-K ile pH, EC, CaCO_3 , T.Katyon arasındaki ilişkinin pozitif doğrusal ($p<0,01$); RUSLE-K ile AS, ESP ve TKİ arasındaki ilişkinin ise negatif doğrusal ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte RUSLE-K ile kil ($p<0,01$), RUSLE-K ile CaCO_3 ($p<0,01$), RUSLE-K ile silt ($p<0,05$), arasındaki ilişkilerin arazi örtüsüne göre anlamlı düzeyde değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Toplam 248 örnek noktasının, 161'inin düşük, 42'sinin orta, 23'ünün yüksek ve 22 örnek noktasının ise çok yüksek derecede erozyon riskine sahip olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde toplam örnek sayısının %35,08'i orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riskine sahiptir (Şekil 4.22). TA'lardan alınan toprak örneklerinin %64,6'sı orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riskine sahipken, bu oran OYDA'lardan alınan örnekler için %24,6 olarak bulunmuştur (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Gökçeada topraklarının erozyon risk durumu (G:Genel Durum TA: Tarımsal Alan, OYDA: Orman -Yarı Doğal Alan, D: Düşük, O: Orta, Y:Yüksek, CY: Çok Yüksek)



Şekil 4.23. Gökçeada topraklarının erozyon risk durumu (RUSLE-K) haritası

Şekil 4.23'te Gökçeada'dan alınan toprak örneklerinin risk sınırlarına göre hazırlanan erozyona duyarlılık durumunu gösteren harita sunulmuştur. Buna göre adanın kuzey kesimindeki topraklarında güneyine oranla erozyon riski daha yüksektir. Bunun

yanında çizelge 4.8'de risk haritasının alansal dağılım oranları incelendiğinde, ada topraklarının %48'i düşük, %39'u orta, %12'si yüksek ve %0,1'nin çok yüksek erozyon tehlikesi altında olduğu görülecektir.

Çizelge 4.8. Gökçeada topraklarının erozyon riski bakımından alansal dağılımı

Risk Durumu	Alan (ha)	Oran (%)
Düşük	13631,42	48,16755
Orta	11066,19	39,10315
Yüksek	3567,09	12,60457
Çok Yüksek	35,30	0,124722
Toplam	28300	100

4.3. Gökçeada Topraklarının Kalite (TKİ) Durumları

Belirlenen toprak kalite parametreleri esas alınarak hesaplanmış %TKİ'lere göre; Gökçeada topraklarının indeks değerleri %31,58 ile %84,21 arasında değişmekte olup, genel indeks ortalaması %57,23'tür (Çizelge 4.2). En yüksek indeks değerleri OYDA' dan alınmış toprak örneklerinde hesaplanmış olsa da, farklı arazi örtüsünden alınmış topraklarda belirlenen TKİ ortalamaları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Buna paralel olarak farklı arazi örtüsünde hesaplanan korelasyonlar arasındaki farklılığının istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprağın kalitesinin sürdürülebilir olması için öncelik, mevcut kaynağın korunmasına yönelik olmalıdır. Sonrasında ise risk oluşturabilecek faktörlerin belirlenerek gerekli tedbirlerin alınması sağlanmalıdır. Bu çalışma, Gökçeada topraklarının sürdürülebilir kullanımı için mevcut bazı özelliklerinin ve kalite durumunun tespitinin yanında, direkt olarak verimlilik üzerine sonrasında ise ekosistem üzerine direkt etkisi olabilecek erozyon hassasiyetini, RUSLE modelinde sunulduğu şekilde belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla adaya ait topoğrafik haritalardaki eğim grupları, toprak haritasındaki büyük toprak grupları ve alt gruplar ile arazinin drenaj deseni dikkate alınarak 248 farklı lokasyondan yüzey toprağı örneklenmiştir. Toprak örneklerinin, Corine 2006 arazi örtüsü sınıflama sistemine göre 65'inin Tarımsal alan'dan (TA), 183'ünün ise Orman-Yarı Doğal Alan'dan (OYDA) olmak üzere 2 farklı sınıftan alındığı belirlenmiştir. Toprak örneklerinin; toprak erodibilite faktörünün (K) yanında; bünye, organik karbon (TOK), toplam N (TN), karbon azot oranı (C/N), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç miktarı (CaCO₃), agregat stabilitesi (AS), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), kuru hacim ağırlığı (dB), suda çözünebilir amonyum, nitrat, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi devamlı, nispeten devamlı ve dinamik bazı toprak kalite parametreleri belirlenmiş ve haritaları yapılmıştır.

Toprak örnekleri, 2 ana arazi örtüsü (CORINE, 2006) sınıflaması göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde, TA'daki toprakların TOK değerleri ortalamasının %1,82, OYDA'daki toprakların TOK ortalamasının %2,22 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı arazi örtüsünden alınan toprak örneklerinde belirlenen TOK değerlerinin arazi örtüsüne göre anlamlı şekilde ($p < 0.05$) farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde; örneklerin alındıkları dönem itibariyle, topraklarda organik karbon bakımından risk oluşturabilecek bir durumun söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Buna rağmen mevcut arazi kullanımının (orman-tarım, tarım-yerleşim ve orman-yerleşim gibi) değişmesi veya yoğun tarım uygulamalarına bağlı olarak azalma meydana gelmesi muhtemeldir. Bununla birlikte bitki örtüsünün kaybına bağlı bir azalış erozyon riskini beraberinde getirecektir.

Arazi örtüsünün %81,5'i gibi büyük bir kısmının orman ve yarı doğal alan olması mevcut sistemlerdeki bitkisel üretiminin başka bir ifade ile gelişimin sürdürülebilmesi için yeterli organik madde döngüsünü sağlayabilmektedir. Buna paralel olarak bazı

lokasyonlardaki topraklarda N seviyesi diğer lokasyonlara göre daha düşük görülse de, genel olarak ada toprakların N kapsamı orta düzeydedir. Arazi örtüsüne göre toprak örneklerinin TN durumları incelendiğinde TA'nın TN içeriklerinin ortalama %0,15; OYDA'nın ise ortalama % 0,16 TN içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Topraklarda belirlenen TN ortalamalarının, arazi örtüsüne göre anlamlı bir farklılık göstermediği ($p>0,05$) tespit edilmemiştir. Nitekim Kefaloz Burnu'ndaki TN seviyesinin düşük oluşu, bitki örtüsüne bağlı olarak organik maddenin az olmasına bağlı olabileceği gibi, tekstür haritalarından da görüleceği üzere bu bölgenin kum içeriğinin yüksek olması sebebiyle toprakta mevcut organik N'in mineralizasyonu ve yıkanma şeklinde sürekli kayıp potansiyelinin olabileceği ihtimalini doğurmaktadır.

Alınan 248 örneğin C/N değerleri incelendiğinde, ortalamanın 16,53 olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en düşük C/N değeri 9,44 iken en yüksek değer 38,08 olarak bulunmuştur.

Adanın CaCO_3 kapsamı incelendiğinde; en yüksek değer %33,5, en düşük değer %0 olduğu, ortalamanın ise %2,99 olduğu tespit edilmiştir. CaCO_3 miktarı; TA'larda ortalama %2,49, OYDA'larda ise %4,38'dir. Ortalamalar arası bu fark istatistiki açıdan önemli olarak ($p<0,05$) bulunmuştur. Oluşturulan haritalardaki %5'in üzerinde CaCO_3 içeriğine sahip alanların ağırlıklı olarak adanın batısında yer aldığı görülmekte olup, adanın tamamı göz önünde bulundurulduğunda ve hesaplanan korelasyonlar da dikkate alındığında CaCO_3 'ün toprak kalitesini etkileyebilecek düzeylerde olmadığı anlaşılmaktadır.

Toprak örneklerinin pH durumları incelendiğinde; en yüksek değer 8,67 olduğu görülmekte olup örnek sayısı 1'dir. Bununla birlikte en düşük değer 5,34 olduğu, ortalamanın ise 7,18 olduğu tespit edilmiştir. TA'daki durum incelendiğinde toprakların pH değerleri 6,18 ile 8,33 arasında değişmekte olup ortalaması 7,65'dir. Bununla birlikte TA'lardan alınan toprak örneklerinin %73'lük büyük bir kısmının pH sınıfı hafif alkalidir. Yine arazi örtüsüne göre pH ortalamalarının anlamlı düzeyde farklılık ($p<0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir. Kaplama alanı bakımından düşüğe olsa bazı kesimlerde 8,5 üzerinde pH değeri bulunduğu görülmektedir. Haritada açıkça görülen, bu arazilerin uygun yönetilmemesi durumunda toprak kalitesinin bozulması yönünde risk oluşturabileceği, dolayısıyla doğal ve kültürü yapılan bitkilerin gelişimini sınırlandırabileceği düşünülmektedir.

EC kapsamı belirlenen 248 toprak örneğinin EC durumları incelendiğinde; en yüksek değer 4977,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en düşük değer 269,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu, ortalamanın ise

940,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu tespit edilmiştir. Ada topraklarının genelinde mevcut kaliteyi etkileyebilecek düzeyde tuzluluk sorunu tespit edilememiş olsa da iki farklı arazi örtüsünden alınan toprakların EC ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Tarımsal amaçlı kullanılan alanlarda, anyon ve katyon konsantrasyonların artışına sebebiyet verecek unsurlara bağlı olarak tuzluluğun risk oluşturabilecek seviyelere gelmesi muhtemeldir.

Toprak agregatlarının en düşük AS değeri %26,65, en yüksek %96,41 ortalaması ise %70,51 olarak tespit edilmiştir. OYDA'dan almış toprak örneklerindeki AS ortalaması %71,75 iken TA'dan alınmış örneklerde ise AS ortalaması %67,01 olarak bulunmuştur. Hesaplanan AS değerlerine göre OYDA ve TA'dan alınan örneklerde ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Toprakların kuru hacim ağırlıkları 0,97 ile 1,91 g/cm^3 arasında değişmekte olup ortalaması 1,42 g/cm^3 olarak bulunmuştur. TA'larda dB değerleri 1,07 ile 1,90 g/cm^3 arasında değişmekte olup, ortalama dB'nin 1,45 g/cm^3 olduğu görülmektedir. Bunun yanında OYDA'dan alınan örneklerde hesaplanan dB'ler 0,97 ile 1,91 arasında değişmekte ve ortalaması 1,40 g/cm^3 'tür. Bununla birlikte arazi örtüsüne göre dB ortalamalarının anlamlı düzeyde farklılık ($p<0,05$) gösterdiği tespit edilmiştir.

Gökçeada'daki tüm arazi örtüsü farkı olmaksızın belirlenen toprak kalite parametreleri esas alınarak hesaplanmış topraklarının kalite indeks (TKİ) değerleri; %31,58 ile %84,21 arasında değişmekte olup, genel indeks ortalaması %57,23'tür. Örneklenen toprakların kaliteleri hesaplamalara göre orta düzeydedir. Bu durum mevcut koşullar ve zamanda geçerli olup, bunun daha iyi veya kötüye gitme ihtimali her zaman dikkate alınmalıdır. Örneğin aşırı gübreleme yapılacak bir alanda iyon dengesi ve tuzlulaşmaya bağlı toprak kalitesindeki değişimleri, dolayısıyla üretimi de etkileyebilecektir. Yine aşırı hayvan otlatma ile bitki örtüsünün zarar görmesi veya şiddetli-aşırı yağış sonucu oluşabilecek olumsuzlukların mevcut kaliteyi etkilemesi olağandır.

Kaynakların sürdürülebilirliğini, dolayısıyla toprak kalitesini olumsuz etkileyebilecek en önemli parametrelerin başında erozyon gelmektedir. Toprağın erodibilitesinin (RUSLE-K faktörü) belirlenip kaynakların ve kalitenin devamlılığı için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Ada topraklarında belirlenen RUSLE-K faktörüne göre, adanın %48,17'sinde düşük, %51,83'ünde ise orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riski bulunmaktadır. Arazi örtüsüne göre RUSLE-K değerleri ortalamasının, OYDA'da 0,22 olduğu; TA'larda ise 0,31 olduğu tespit edilmiştir. TA'larda hesaplanan K

faktörünün OYDA'lardan daha yüksek oluşu daha yüksek riskin bulunduğunu ifade etmektedir. Yine bu kapsamda arazi örtüsüne göre tespit edilen ortalama RUSLE-K değerlerindeki farkın istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olduğu ortaya çıkmıştır.

Tüm bu sonuçlar ışığında, riskli bölgelerdeki arazi yönetimlerine dikkat edilerek riskin azaltılması için çalışmalar yapılmalıdır. Strüktürel yapının bozulmamasına dikkat edilmelidir. Özellikle tarım arazilerinde agregatlaşmayı bozacak aşırı gübreleme ve sulamadan kaçınılmalıdır. İmkanlar dahilinde başta tarım arazilerine olmak üzere uygulama yapılabilecek diğer arazilere organik madde (yeşil gübre, organik atıklar, hayvan gübresi v.b.) ilavesi yapılmalıdır. Diğer arazilerde ise mevcut durumunun korunarak daha da iyileştirilmesi için çaba harcanmalıdır. Bitki örtüsünün tahribatının engellenmesiyle birlikte arazilerin boş bırakılmaması için alınacak önlemler, sistem için organik madde kaynağı olacağı gibi erozyona bağlı kayıpların önüne geçerek toprak kalitesini olumlu yönde etkileyecektir.

Bu çalışma ile Gökçeada topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal karakteristiklerinin ölçülmesi sonucu belirlenen toprakların kalitesini, mevcut durumda olumsuz etkileyecek faktörlerin sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak amaç dışı arazi kullanımı ve tarımsal alanlardaki faaliyetlerin artmasına bağlı olarak, erozyon riski bulunan alanların negatif yönde etkilenebileceği unutulmamalıdır. Bu sebeple arazi yönetiminin uygun seçilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasına özen gösterilmelidir. Özellikle yüksek eğim gruplarının Gökçeada'da hakim olması, arazi örtüsünde meydana gelebilecek tahribat veya değişim sonrasında acil müdahale gereğini doğurmaktadır.

Bununla birlikte bu çalışma kapsamında toprakların kalite parametrelerine dair elde edilen değerler, farklı kalite indeks değerlendirme hesaplamalarında kullanılabilir. Sonradan yapılacak istatistiki değerlendirmeler doğrultusunda yeni çalışma konuları ele almamıza sebep olabilecektir. Ayrıca K faktörü, RUSLE denklemindeki diğer faktörlerle birlikte değerlendirilip, yıllık toprak kaybı da hesaplanabilecektir. Toprak kalitesinin değerlendirmesine yönelik hesaplanan indeksler ve Dünya'da sıklıkla kullanılan erozyon modelleri (RUSLE ve diğer erozyon modelleri), başta Çanakkale toprakları çalışmalarında olmak üzere, bölgede yapılacak çalışmalar için de daha doğru sonuç elde edebilmek için tarafımdan kullanılacaktır.

KAYNAKLAR

- Acosta-Martinez V., Zobeck T.M., Gill T.E., Kennedy A.C., 2003. Enzyme Activities and Microbial Community Structure in Semiarid Agricultural Soils. *Biology and Fertility of Soils*, 38:216-227.
- Alef K., Nannipieri P., 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London. 576 p.
- Allan D.L., Adriano D.C., Bezdicek D.F., Cline R.G., Coleman D.C., Doran J.W., Haberen J., Harris R.G., Juo A.S.R., Mausbach M.J., Peterson G.A., Schuman G.E., Singer M.J., Karlen D.L., 1995. SSSA Statement on Soil Quality. In: *Agronomy News*, June 1995, Asa, Madison, Wisconsin. 7 p.
- Altınbaş Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur N., Kurucu Y., Delibacak S., 2004. *Toprak Bilimi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557, Bornova/İzmir. 355 s.
- Amacher M.C., O'Neill K.P., Perry C.H., 2007. *Soil Vital Signs: A New Index for Assessing Forest Soil Health*. RMRS-RP-65WWW. USFS Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, CO. 12 p.
- Amezketta E., 1999. Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14: 83-151.
- Andrews S.S., Karlen D. L., Mitchell J. P., 2002. A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90: 25-45.
- Andrews S.S., 1998. *Sustainable agriculture alternatives: ecological and managerial implications of poultry litter management alternatives applied for agronomic soils* [Ph.D. dissertation], University of Georgia, Athens, Ga, USA, 1998.
- Anonim 1. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çölleşme İle Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları No: 250. 124 s.
- Armstrong A.S.B., Tanton T.W., 1992. Gypsum Applications to Aggregated Saline Sodic Clay Topsoils. *J. Soil Sci.*, 43:249-260.
- Arshad M.A., Martin S., 2002. Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-Ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88:153-160.

- Attou F., Bruand A., Le Bissonnais Y., 1998. Effect of Clay Content and Silt-Clay Fabric on Stability of Artificial Aggregates. *Eur. J. Soil Sci.*, 49:569-577.
- Auerswald K., Kainz M., Angermüller S., Steindl H., 1996. Influence of Exchangeable Potassium on Soil Erodibility. *Soil Use and Management*, 12 (3): 117-121.
- Baldock J.A., Aoyama M., Oades J.M., Susanto R.H., Grant C.D., 1994. Structural Amelioration of A South Australian Redbrown Earth Using Calcium and Organic Amendments. *Aust. J. Soil Res.*, 32:571-594.
- Barral M.T., Arias M., Guerif J., 1998. Effects of Iron and Organic Matter on The Porosity and Structural Stability of Soil Aggregates. *Soil Tillage Res.*, 46: 261-272.
- Barrios E., Dolve R.J., Bekunda M., Mowo J., Agunda J., Ramisch J., Trejo M.T., Thomas R.J., 2006. Indicators of Soil Quality; A South-South Development of A Methodological Guide for Linking Local and Technical Knowledge. *Geoderma*, 135: 248-259.
- Batra L., Kumar A., Manna M.C., Chhabra R., 1997. Microbiological and Chemical Amelioration of Alkaline Soil By Growing Karnal Grass and Gypsum Application. *Exp. Agric.*, 33: 389-397.
- Bayraklı F., 1998. *Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Samsun No: 26, 1. Baskı. 214 s.*
- Beare M.H., Bruce R.R., 1993. A Comparison of Methods for Measuring Water Stable Aggregates: Implications for Determining Environmental Effects on Soil Structure. *Geoderma*, 56:87-104.
- Bezdicsek D.F., Papendick R.I., Lal R., 1996. Introduction: Importance of Soil Quality to Health and Sustainable Land Management. In: *Methods of Assessing Soil Quality* (Eds.: J.W. Doran and A.J. Jones). *Sssa Spec. Publ. 49, Madison. 1-18.*
- Blair N., Faulkner R.D., Till A.R., Poulton P.R., 2006a. Long-Term Management Impacts on Soil C, N and Physical Fertility - Part 1: Broadbalk Experiment. *Soil & Tillage Research*, 91: 30-38.
- Blair N., Faulkner R.D., Till A.R., Korschens M., Schulz E., 2006b. Long-Term Management Impacts on Soil C, N and Physical Fertility - Part II: Bad Lauchstadt Static and Extreme Fym Experiments. *Soil & Tillage Research*, 91: 39-47.

- Blake G.R., 1965. Bulk density, in Black, C.A. Ed. 1965, *Methods of Soil Analysis*, part 1, American Society of Agronomy.
- Blum W.E.H., 1998. Basic Concepts: Degradation, Resilience, and Rehabilitation. In: Lal, R., Blum, W.E.H., Valentine, C. and Stewart, B.A. Eds. *Methods for Assessment of Soil Degradation*. Crc Press, Boca Raton, Florida. 1-16.
- Blum W.E.H., Santelises A.A., 1994. A Concept of Sustainability and Resilience Based on Soil Functions: The Role of Isss In Promoting Sustainable Land Use. In: Greenland, D.J. and Szaboles, I. Eds. *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. Cab International, Wallingford, Uk. 535-542.
- Bohanec M., Cortet J., Griffiths B., Znidarsic M., Debeljak M., Caul, S., Thompson J., Krogh P.H., 2007. A Qualitative Multi-Attribute Model for Assessing The Impact of Cropping Systems on Soil Quality. *Pedobiologia*, 51: 239-250.
- Boix-Fayos C., Calvo-Cases A., Imeson A.C., 2001. Influence of Soil Properties on The Aggregation of Some Mediterranean Soils and The Use of Aggregate Size and Stability As Land Degradation Indicators. *Catena*, 44: 47-67.
- Boix-Fayos C., Calvo-Cases A., Imeson A.C., Soriano-Soto M.D., Tiemessen I.R., 1998. Spatial and Short-Term Temporal Variations In Runoff, Soil Aggregation and Other Soil Properties Along A Mediterranean Climatological Gradient. *Catena*, 33: 123-138.
- Bouyoucos G.S., 1951. A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Argon. Jour.*, 43: 434-448.
- Brejda J. J., Moorman T. B., Karlen D. L., Dao, T. H., 2000. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 2115-2124.
- Bremer E., Ellert K., 2004. *Soil Quality Indicators: A Review With Implications for Agricultural Ecosystems In Alberta Report Prepared For: Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Soil Quality Program, Alberta Agriculture, Food and Rural Development Prepared By: Eric Bremer and Karen Ellert Symbio Ag Consulting Lethbridge, Alberta March 31, 2004.*
- Bronick C.J., Lal R., 2005. Soil Structure and Management: A Review. *Geoderma*, 124:3-22.

- Brown L.R., 1984. Conserving Soils. In State of The World", Starke L. Ed. New York: W.W. Norton and Company.
- Carter M.R., Gregorich E.G., Anderson D.W., Doran J.W., Janzen H.H., Pierce F.J., 1997. Concepts of Soil Quality and Their Significance. In: Gregorich, E.G. and Carter, M.R. Eds. Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science 25, Elsevier, Amsterdam. 1-19.
- Cavero J., Plant R.E., Shennan C., Williams J.R., Kiniry J.R., Benson V.W., 1998. Application of Epic Model to Nitrogen Cycling In Irrigated Processing Tomatoes Under Different Management Systems. *Agricultural Systems*, 56: 391-414.
- Cengiz T., Özcan H., Baytekin H., Altınoluk Ü., Kelkit A., Özkök F., Akbulak C., Kaptan Ayhan Ç., 2009. Gökçeada Arazi Kullanım Planlaması. Proje Raporu (Tübitak-107y337).
- Chan K.Y., Heenan D.P., 1999. Lime-Induced Loss of Soil Organic Carbon and Effect on Aggregate Stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1841-1844.
- Chan K.Y., Heenan D.P., So H.B., 2003. Sequestration of Carbon and Changes In Soil Quality Under Conservation Tillage on Lighttextured Soils In Australia: A Review. *Aust. J. Exp. Agric.*, 43: 325-334.
- Charman P.E.V., Murphy B.W., 2000. *Soils (Their Properties and Management)*. 2nd Ed. Land and Water Conservation. New South Wales, Oxford. 206-212.
- Christensen B.T., 2001. Physical Fractionation of Soil and Structural and Functional Complexity in Organic Matter Turnover. *Eur. J. Soil Sci.*, 52: 345-353.
- Chorom M., Regasamy P., Murray R.S., 1994. Clay Dispersion as Influenced By pH and Net Particle Charge of Sodic Soils. *Aust. J. Soil Res.*, 32: 1243-1252.
- Clark M.S., Horwath W.R., Shennan C., Scow K.M., Lanini W.T., Ferris H., 1999. Nitrogen, Weeds and Water as Yield-Limiting Factors in Conventional, Low-Input, and Organic Tomato Systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 73:257-270.
- Clough A., Skjemstad J.O., 2000. Physical and Chemical Protection of Soil Organic Carbon In Three Agricultural Soils With Different Contents of Calcium Carbonate. *Aust. J. Soil Res.*, 38: 1005-1016.
- Cusack Daniela F., Chadwick Oliver A., Ladefoged Thegn V.P.M., 2013. Long-Term Effects of Agriculture on Soil Carbon Pools and Carbon Chemistry Along A

- Hawaiian Environmental Gradient. *Biogeochemistry*, 112 (1-3): 229-243.
- D'acqui L.P., Churchman G.J., Janik L.J., Ristori G.G., Weissmann, D.A., 1999. Effect of Organic Matter Removal by Lowtemperature Ashing on Dispersion of Undisturbed Aggregates From A Tropical Crusting Soil. *Geoderma*, 93: 311-324.
- Dangler E.W., El-Swaify S.A., Ahuja L.R., Barnet A.P., 1976. Erodibility of Selected Hawaii Soils by Rainfall Simulation. *Ars W-35. Ars/Usda- Univ. of Hawaii Agric. Exp. Stn., Honolulu, Hi.*
- Dexter A.R., 2004. Soil Physical Quality—Part I. Theory, Effects of Soil Texture, Density, and Organic Matter, and Effects on Root Growth. *Geoderma*, 120: 201-214.
- Dick R.P., Breakwell D.P., Turco R.F., 1996. Soil Enzyme Activities and Biodiversity Measurements As Integrative Microbiological Indicators. In J.W. Doran and A.J. Jones. Eds. *Methods of Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Special Publication 49, Soil Science Society of America, Madison, Wi. 247–271.*
- Dimoyiannis D.G., Tsadilas C.D., Valmis S., 1998. Factors Affecting Aggregate Instability of Greek Agricultural Soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29: 1239– 1251.
- Dinç U., Kapur S., Cangir C., Şenol S., Yüksel O., 1993. Gökçeada Tarım İşletmesi Topraklarının Detaylı Toprak Etüd Ve Haritalaması, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Sayı:19. 140 s.
- Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A., 1994. Defining Soil Quality for A Sustainable Environment. *Soil Science Society of America Special Publication No: 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wi.*
- Doran J.W., Jones A.J., 1996. *Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Special Publication, Vol. 49. Soil Science Society of America, Madison, Wi. 410 p.*
- Doran J.W., Parkin T.B., 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran, J.W. Ed. *Defining Soil Quality for A Sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication No: 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wi. 3-21.*
- Doran J.W., Parkin T.B., 1996. Quantitative Indicators of Soil Quality: A Minimum Data Set. In 'Methods for Assessing Soil Quality'. *Soil Science Society of America*

- Special Publication No: 49. JW Doran, AJ Jones. Ed. 25–37. (Soil Science Society of America: Madison, Wi).
- Duiker, S.W., Rhoton, F.E., Torrent, J., Smeck, N.E., Lal, R., 2003. Iron (Hydr)Oxide Crystallinity Effects on Soil Aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67: 606– 611.
- Ellert B.H., Clapperton M.J., Anderson D.W., 1997. An Ecosystem Perspective of Soil Quality. In: Gregorich, E.G. and Carter, M.R. Eds. *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science 25*, Elsevier, Amsterdam. 115-141.
- El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C., Lo A., 1985. *Soil Erosion and Conservation*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, I A.
- Erginal A.E., Ertek T.A., 2009. Gökçeada Yalıtışının Mikro Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi: Oluşum Ortamı Konusunda Göstergeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 52:1-8.
- Eswaran H., Vandenberg E., Reich P., 1993. Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Science Society of America Journal*, 57: 192-194.
- Evans R., 1980. Mechanisms of Water Erosion and Their Spatial and Temporal Controls: An Empirical Viewpoint. In Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. Eds. *Soil Erosion*. Wiley, Chichester. 109-28.
- Evrendilek F., Celik I., Kilic S., 2004. Changes In Soil Organic Carbon and Other Physical Soil Properties Along Adjacent Mediterranean Forests, Grassland and Cropland Ecosystems. *Journal of Arid Environment*, 59: 743-752.
- Fazekášová D., 2012. Evaluation of Soil Quality Parameters Development In Terms of Sustainable Land Use. *Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management*, Dr. Sime Curkovic. Ed. Isbn: 978-953-51-0682-1, Intech, Doi: 10.5772/48686. Available From: [Http://Www.Intechopen.Com/Books/Sustainable-Development-Authoritative-And-Leading-Edge-Content-For-Environmental-Management/Evaluation-Of-Soil-Quality-Parameters-Development-In-Terms-Of-Sustainable-Land-Use](http://www.intechopen.com/books/sustainable-development-authoritative-and-leading-edge-content-for-environmental-management/evaluation-of-soil-quality-parameters-development-in-terms-of-sustainable-land-use)
- Fernandez C., Wu J.Q., Mccool D.K., Stöckle C.O., 2003. Estimating Water Erosion and Sediment Yield With Gis, Rusle, and Sedd. *J. Soil Water Conserv.*, 58:128-136.
- Franzluebbers A.J., 2002. Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter

- and Its Stratification With Depth. *Soil Tillage Res.*, 66: 197-205.
- Govers G., Poesen J., 1988. Assessment of Interrill and Rill Contributions to Total Soil Loss from Upland Field Plot. *Geomorphology*, 1: 54-343.
- Gregorich E.G., 1996. Soil Quality: A Canadian Perspective. In: Cameron, K.C., Cornforth, I.S., McLaren, R.G., Beare, M.H., Basher, L.R., Metherell, A.K. and Kerr, L.E. (Eds) *Soil Quality Indicators for Sustainable Agriculture In New Zealand. Proceedings of a Workshop*, Lincoln Soil Quality Research Centre. Lincoln University, Christchurch, New Zealand. 40–52.
- Grewelling T., Peech M., 1960. *Chemical Soil Test*. Cornell University Agr. Expt. Sta. Bull. 960 p.
- Guo L.B., Gifford R.M., 2002. Soil Carbon Stocks and Land Use Change: A Meta Analysis. *Global Change Biology*, 8: 345-360.
- Gupta O. P., 2002. *Water In Relation to Soils and Plants*. Agrobios, India. 31-34.
- Haberern J., 1992. Coming Full Circle—The New Emphasis on Soil Quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 3-4.
- Haktanır K., Arcaç S., 1998. Çevre Kirliliği. A.Ü.Z.F. Yayın, No: 1503.
- Hallett P.D., Baumgartl T., Young I.M., 2001. Subcritical Water Repellency of Aggregates from a Range of Soil Management Practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65: 184-190.
- Harlin John M., Berardi Gigi M., 1987. *Agricultural Soil Loss: Processes, Policies, and Prospects*. Westview Special Studies in Agriculture Science and Policy. Westview Press. United States.
- Haynes R.J., Naidu R., 1998. Influence of Lime, Fertilizer and Manure Applications on Soil Organic Matter Content and Soil Physical Conditions: A Review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 51: 123-137.
- Hoyos N., 2005. Spatial Modeling of Soil Erosion Potential In A Tropical Watershed of The Colombian Andes. *Catena*, 63: 85-108.
- Jacinthe P.A., Lal R., Kimble J.M., 2002. Carbon Dioxide Evolution in Runoff From Simulated Rainfall on Long-term Notill and Plowed Soils in Southwestern Ohio. *Soil Tillage Res.*, 66: 23–33.
- Jetten V., Govers G., Hessel R., 2003. *Erosion Models: Quality and Spatial Predictions*.

Hydrological Processes, 17: 887-900.

Karaman M.R., Brohi A.R., Müftüoğlu N.M., Öztaş T., Zengin M., 2012. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Güncellenmiş 3. Baskı. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No: 1. Pelin Matbaacılık, Yeniyo Mahallesi, Eskisaray Sokak, Nalın İş Merkezi, No: 3/C, Yayıncı Sertifika No: 25768, Isbn 978-605-86684-0-9, Çorum. 391 s.

Karlen D.L., Andrews S.S., Doran J.W., 2001. Soil Quality: Current Concepts and Applications. *Advances in Agronomy*, 74: 1-40.

Karlen D.L., Ditzler C.A., Andrews S.S., 2003. Soil Quality: Why and How? *Geoderma*, 114: 145-156.

Karlen D.L., Andrews S.S., Wienhold B.J., 2004. Soil Quality, Fertility and Health – Historical Context, Status and Perspectives In: Schjøning, P.; Elmholt, S. and Christensen, B.T. Eds. *Managing Soil Quality: Challenges In Modern Agriculture*. Cabi Publishing, Wallingford, UK.

Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E., 1997. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 4-10.

Kaschuk G., Alberton O., Hungria M., 2010. Three Decades of Soil Microbial Biomass Studies In Brazilian Ecosystems: Lessons Learned About Soil Quality and Indications for Improving Sustainability. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 1-13.

Kavdır Y., Camcı Çetin S., Öztürkmen A.R., Öztürk H.S., 2006. Organik Tarımda Toprak Kalitesinin Önemi, In: Sürdürülebilir Rekabet Avantajı Elde Etmede Organik Tarım Sektörü Sektörel Stratejiler Ve Uygulamalar. Eds. I.H.Eraslan, F.Selli, Uluslararası Rekabet Arastirmalari Kurumu Dernegi (Urak) Yayinlari No: 2006/1, İstanbul, Bölüm 9.

Kavdir Y., Özcan H., Ekinci H., Yüksel O., Yigini Y., 2004. The Influence of Clay Content, Organic Carbon and Land Use Types on Soil Aggregate Stability and Tensile Strength. *Turk. J. Agric. For.*, 28: 155-162.

Kay B.D., 1998. Soil Structure and Organic Carbon: A Review. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. Eds., *Soil Processes and The Carbon Cycle*. Crc Press, Boca Raton, Fl. 169-197.

- Kelting D.L., Burger J.A., Patterson S.C., Aust W.M., Miwa M., Trettin C.C., 1999. Soil Quality Assessment In Domesticated Forests-A Southern Pine Example. *Forest Ecology and Management*, 122: 167–185.
- Kemper W.D., Rosenau R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. Klute A. Ed. (Monograph no.9,2nd edn). ASA, Madison, Wis, America.
- KHGM., 1999. Köy Hizmetleri Çanakkale İl Müdürlüğü, Çanakkale İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 17, Ankara.
- Lal R., 1991. Soil Structure and Sustainability. *J. Sustain. Agric.*, 1: 67-92.
- Lal R., 1994. Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources In The Tropics. *Soil Management Support Services Technical Monograph No: 21*. 1- 78.
- Lal R., 1998. Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17(4):319-464.
- Lal R., 1999a. Why Carbon Sequestration In Soil?: In: *Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration In Soil. An International Symposium 19-23 July 1999*, Wexner Center for The Arts, The Ohio State University.
- Lal R., 1999b *Soil Quality and Soil Erosion*. The Soil and Water Conservation Society. Boca Raton, Fla. Crc Press, 1999.
- Lal R., 2004a. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304: 1623-1627.
- Lal R., 2004b. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma*, 123: 1-22.
- Lal R., Stewart B.A., 1995. *Soil Management: Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality*. *Advances in Soil Science* Crc Press, Boca Raton, Florida.
- Larson W.E., Pierce F.J., 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In: *Dumanski, J. Ed. Evaluation for Sustainable Land Management In The Developing World. Proceedings of The International Workshop, Chiang Rai, Thailand, 15– 21 Sept. 1991. Technical Papers, Vol. 2*. Int. Board for Soil Res. and Management, Bangkok, Thailand. 175-203.

- Larson W.E., Pierce F.J., 1994. The Dynamics of Soil Quality As A Measure of Sustainable Management. In: Doran, J.W. Ed., *Defining Soil Quality for A Sustainable Environment*. Soil Science Society of America Special Publication No: 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wi. 37-51.
- Li Z., O'Neill A.L., Lacey S., 1996. Modelling Approaches to the Prediction of Soil Erosion in Catchments. *Environmental Software*, 11(1-3): 123-133.
- Martens D.A., 2000. Plant Residue Biochemistry Regulates Soil Carbon Cycling and Carbon Sequestration. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 361-369.
- Masto R.E., Chhonkar P.K., Purakayastha T.J., Patra A.K., Singh D., 2008. Soil Quality Indices for Evaluation of Long-Term Land Use and Soil Management Practices in Semi-Arid Sub-Tropical India. *Land Degradation & Development*, 19: 516–529.
- Mcrae T., Smith C.A.S., Gregorich L.J., 2000. Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, On.
- Merrit W.S., Letcher R.A., Jakeman A.J., 2003. A Review of Erosion and Sediment Transport Models. *Environmental Modelling & Software*, 18: 761-799.
- Millward A.A., Mersey J.E., 1999. Adapting the Rusle to Model Soil Erosion Potential in A Mountainous Tropical Watershed. *Catena*, 38: 109-129.
- Mitasova H., Brown W., 1996. Using Soil Erosion Modeling for Improved Conservation Planning: A Gis-Based Tutorial.
- Moehansyah H., Maheshwar B.L., Armstrong J., 2004. Field Evaluation of Elected Soil Erosion Models for Catchment Management In Indonesia. *Biosystems Engineering*, 88 (4): 491–506.
- Molina N.C., Caceres M.R., Pietroboni A.M., 2001. Factors Affecting Aggregate Stability and Water Dispersible Clay of Recently Cultivated Semiarid Soils of Argentina. *Arid Land Res. Manag.*, 15: 77– 87.
- Morgan R.P.C., Martin L., Noble C.A., 1986. *Soil Erosion In The United Kingdom: A Case Study From Mid-Bedfordshire*. Silsoe College, Occasional Paper 14.
- Morgan R.P.C., 2005. *Soil Erosion and Conservation*. The United Kingdom: Blackwell.

316 p.

- Mulumba L.N., 2004. Land Use Effects on Soil Quality and Productivity In The Lake Victoria Basin of Uganda. Presented In Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree Doctor of Philosophy In The Graduate School of The Ohio State University.
- Nannipieri P., Mucini L., Ciardi C., 1983. Microbial Biomass and Enzyme Activities: Production and Persistence. *Soil Biology and Biochemistry*, 15:679-685.
- Nelson P.N., Baldock J.A., Clarke P., Oades J.M., Churchman G.J., 1999. Dispersed Clay and Organic Matter In Soil: Their Nature and Associations. *Aust. J. Soil Res.*, 37: 289– 315.
- Oades, J.M., Waters, A.G., 1991. Aggregate Hierarchy In Soils. *Aust. J. Soil Res.*, 29: 815– 828.
- Orts J. W., Sojka R.E., Glenn G.M., 2000. Biopolymer Additives to Reduce Erosion-Induced Soil Losses During Irrigation. *Industrial Crops and Products*, 11: 19-26.
- Öztürk H., 2001. Gökçeada'nın Jeomorfolojik Ve Hidrojeolojik Yapısı –Yerleşim Planlaması İçin Önemi. *Ulusal Ege Adaları 2001 Toplantısı Bildiriler Kitabı*, Öztürk, B., Aysel, V. Ed., Tüdev Yayın No:7.
- Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R., 1997. *Biological Indicators of Soil Health*. Cab International, Wallingford.
- Pardo A., Amato M., Chiaranda F.Q., 2000. Relationships Between Soil Structure, Root Distribution and Water Uptake of Chickpea (*Cicer Arietinum L.*). *Plant Growth and Water Distribution*. *Eur. J. Agron.*, 13: 39– 45.
- Patzel N., Sticher H., Karlen D.L., 2000. Soil Fertility - Phenomenon and Concept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*, 163: 129–142.
- Pauwels J. M., Aelterman J., Gabriels D., Bollinne A., Rosseau P., 1980. Soil Erodibility Map of Belgium. In De Boodt, M. and Gabriels, D., Editors, *Assessment of Erosion*. Chichester: J. Wiley. 193-201.
- Piccolo A., Pietramellara G., Mbagwu J.S.C., 1997. Use of Humic Substances As Soil Conditioners to Increase Aggregate Stability. *Geoderma*, 75: 267– 277.
- Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H., 1984. *Soil Loss Tolerance: Maintenance of Long-*

- Term Soil Productivity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 39: 136–138.
- Pimental, D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., Mcnair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R., 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267 (5201): 1117-1123.
- Poulenard J., Podwojewski P., Janeau J.L., Collinet J., 2001. Runoff and Soil Erosion Under Rainfall Simulation of Andisols From The Ecuadorian Paramo: Effect of Tillage and Burning. *Catena*, 45: 185– 207.
- Powers J.S., Schlesinger W.H., 2002. Relationships Among Soil Carbon Distributions and Biophysical Factors At Nested Spatial Scales In Rain Forests of Northeastern Costa Rica. *Geoderma*, 109: 165– 190.
- Pritchett K., Kennedy A.C., Cogger C.G., 2011. Management Effects on Soil Quality In Organic Vegetable Systems In Western Washington. *Soil Science Society of America Journal*, 75:605–615.
- Qadir M., Oster J.D., 2002. Vegetative Bioremediation of Calcareous Sodic Soils: History, Mechanisms, and Evaluation. *Irrig. Sci.*, 21: 91– 101.
- Rampazzo N., Blum W.E.H., Wimmer B., 1998. Assessment of Soil Structure Parameters and Functions In Agricultural Soils. *Bodenkultur*, 49: 69– 84.
- Rhoton F. E., Lindbo D. L., Romkens M. J. M., 1998. Iron Oxides Erodibility Interactions for Soils of The Memphis Catena. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62(3): 1693-1703.
- Richards L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Department of Agriculture Handbook No: 60. 94 p.
- Richter G., Negendank J.F.W., 1977. Soil Erosion Processes and Their Measurement In The German Area of The Moselle River. *Earth Surface Processes*, 2: 61-78.
- Rodriguez R.R., Arbelo C.D., Guerra J.A., Natario M.J.S., Armas C.M., 2006. Organic Carbon Stocks and Soil Erodibility In Canary Islands Andosols. *Catena*, 66: 228-235.
- Saavedra C.P., 2005. Estimating Spatial Patterns of Soil Erosion and Deposition In The Andean Region Using Geo - Information Techniques: A Case Study In Cochabamba, Bolivia. (Doctoral Dissertation, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Netherlands).

- Sanderman J., Farquharson R., Baldock J., 2010. Soil Carbon Sequestration Potential: A Review for Australian Agriculture. A Report Prepared for Department of Climate Change and Energy Efficiency Csiro.
- Santos F. L., Reis J. L., Martins O. C., Castanheira N. L., Serralheiro R. P., 2003. Comparative Assessment of Infiltration, Runoff and Erosion of Sprinkler Irrigated Soils. *Biosystems Engineering*, 86(3): 355-364.
- Schjønning P., Elmholt S., Christensen B.T., 2004a. Soil Quality Management - Concepts and Terms. In: Schjønning, P.; Elmholt, S. and Christensen, B.T. Eds. *Managing Soil Quality: Challenges In Modern Agriculture*. Cabi Publishing, Wallingford, UK, Chapter 1. 1-16.
- Schlesinger W.H., 1997. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. (Academic Press: San Diego, Calif.).
- Schlichting E., Blume E., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey, Hamburg Und Berlin.
- Schlöter M., Dilly O., Munch J.C., 2003. Indicators for Evaluating Soil Quality. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 98: 255-262.
- Schrader S., Zhang H.Q., 1997. Earthworm Casting: Stabilization Or Destabilization of Soil Structure? *Soil Biol. Biochem.*, 29: 469– 475.
- Schulten H.R., Leinweber P., 2000. New Insights Into Organic– Mineral Particles: Composition, Properties and Models of Molecular Structure. *Biol. Fertil. Soils* 30, 399-432.
- Schumacher Brian A., 2002. Methods for The Determination of Total Organic Carbon (Toc) In Soils and Sediments. Usepa Environmental Sciences Division National Exposure Research Laboratory, Ecological Risk Assessment Support Center, Office of Research and Development, Las Vegas, Nv.
- Schwab G.O., Frevert R.K., Edminster T.W., Barnes K.K., 1981. *Soil and Water Conservation Engineering*. Third Edition. John Wiley and Sons, New York, Ny.
- Schwartzman D.W., Shore S.N., Volk T., Mcmenamin M., 1994. Self-Organization of The Earths Biosphere - Geochemical or Geophysiological. *Orig. Life Evol. Biosph.*, 24: 435–450.

- Seta A.K., Karathanasis A.D., 1996. Water Dispersible Colloids and Factors Influencing Their Dispersibility From Soil Aggregates. *Geoderma* 74, 255– 266.
- Singer M.J., Southard R.J., Warrington D.J., Janitzky P., 1992. Stability of Synthetic Sand Clay Aggregates After Wetting and Drying Cycles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56: 1843–1848.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K., 2000. Soil Structure and Soil Organic Matter: Ii. A Normalized Stability Index and The Effect of Mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1042– 1049.
- Soil Survey Staff., 1983. National Soils Handbook, Title 430-Vi. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sollins P., Homann P., Caldwell B.A., 1996. Stabilization and Destabilization of Soil Organic Matter: Mechanisms and Controls. *Geoderma*, 74: 65–105.
- Stott D.E., Andrews S.S., Liebig M.A., Wienhold B.J., Karlen D.L., 2010. Evaluation of B-Glucosidase Activity As A Soil Quality Indicator for The Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*, 74:107–119.
- Summer R.M., 1982. Field and Laboratory Studies on Alpine Soil Erodibility, Southern Rocky Mountains, Colorado. *Soil Use and Management*, 7(3): 253-266.
- Summer W., Klaghofer E., Zhang W., 1998. Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Process. Oxfordshire, Uk: Iahs-Aish Press.
- Sumner M.E., 1993. Sodic Soils-New Perspectives. *Aust. J. Soil Res.*, 31: 683– 750.
- Ternan J.L., Williams A.G., Elmes, A., Hartley, R., 1996. Aggregate Stability of Soils In Central Spain and The Role of Land Management. *Earth Surf. Processes Landf.*, 21: 181–193.
- Tisdall J.M., 1996. Formation of Soil Aggregates and Accumulation of Soil Organic Matter. In: Carter, M.R., Stewart, B.A. Eds., *Structure and Organic Matter Storage In Agricultural Soils*. Crc Press, Boca Raton, Fl. 57–96.
- TMGM, 2014. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Troeh F.R., Hobbs J.A., Donahue R., 1991. *Soil and Water Conservation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nj.

- Truman C.C., Bradford J.M., Ferris, J.E., 1990. Antecedent Water Content and Rainfall Energy Influence on Soil Aggregate Breakdown. *Soil Science Society of American Journal*, 54: 1385-92.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook No. 60. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- USDA., 1992. Proceedings of The Soil Quality Standards Symposium, San Antonio, Texas. Usda Forest Service, Washington, D.C. 80 p.
- VanRemortel R.D., Shields, D.A., 1993. Comparison of clod and core methods for determination of soil bulk density. *Communications in soil science and plant analysis*, 24(17-18): 2517-2528.
- Veihe A., 2002. The Spatial Variability of Erodibility and Its Relation to Soil Types: A Study from Northern Ghana. *Geoderma*, 106: 101-120.
- Verrell A.G., Obrien L., 1996. Wheat Protein Trends In Northern and Central Nsw, 1958 to 1993. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47: 335-354.
- Warkentin B.P., Fletcher H.F., 1977. Soil Quality for Intensive Agriculture. Proceedings of The International Seminar on Soil Environment and Fertility Management. In: *Intensive Agriculture Society Science Soil and Manure*, National Institute of Agriculture Science, Tokyo. 594–598.
- Wheater H.S., Jakeman A.J., Beven K.J., 1993. Progress and Directions In Rainfall-Runoff Modeling. In: *Jakeman, A.J., Beck, M.B., Mcaleer, M.J. Eds., Modeling Change In Environmental Systems*. John Wiley and Sons, Chichester. 101-132.
- Whitbread A.M., Blair G.J., Lefroy R.D.B., 2000. Managing Legume Leys, Residues and Fertilisers to Enhance The Sustainability of Wheat Cropping Systems In Australia 2. Soil Physical Fertility and Carbon. *Soil & Tillage Research*, 54: 77-89.
- Whitbread A.M., Lefroy R.D.B., Blair G.J., 1998. A Survey of The Impact of Cropping on Soil Physical and Chemical Properties In North-Western New South Wales. *Australian Journal of Soil Research*, 36: 669-681.
- Wienhold B.J., Andrews S.S., Karlen D.L., 2004. Soil Quality: A Review of The Science and Experiences In The USA. *Environmental Geochemistry and Health*, 26: 89–95.

- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning. Agricultural Handbook, No. 537. USDA.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal Soil and Water Conserv.*, 26:189-193.
- Woomer P.L., Martin A., Albrecht A., Resck D.V.S., Scharpenseel S.W., 1994. The Importance and Management of Soil Organic Matter In The Tropics. In: Woomer, P.L. and M.J. Swift. *The Biological Management of Soil Fertility*. John Wiley and Sons. Chichester. 47- 80.
- Zachar D., 1982. Soil erosion. *Developments in Soil Science* 10. Amsterdam: Elsevier Scientific. 547 p.
- Zhang K., Li S., Peng W., Yu B., 2004. Erodibility of Agricultural Soils and Loess Plateau of China., *Soil Tillage Res.*, 76: 157-165.
- Zhang X.C., Norton L.D., 2002. Effect of Exchangeable Mg on Saturated Hydraulic Conductivity, Disaggregation and Clay Dispersion of Disturbed Soils. *J. Hydrol.*, 260: 194– 205.



Ek Çizelge 1. Gökçeada'ya ait bazı meteorolojik veriler (TMGM, 2014)

Parametre	R.S. (YIL)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Basınç													
Ortalama Basınç (hPa)	31	1010,6	1009,2	1007,8	1005,1	1005,4	1004,6	1003,6	1004,1	1006,6	1009,7	1009,8	1010,0
Maksimum Basınç (hPa)	31	1031,8	1029,7	1028,5	1022,3	1015,7	1015,0	1012,4	1013,0	1019,3	1021,4	1025,4	1027,4
Minimum Basınç (hPa)	31	979,7	983,0	986,1	981,8	992,1	991,8	992,5	992,3	991,3	992,7	982,2	987,2
Sıcaklık													
07 Lokal Ortalama Sıcaklık (°C)	31	6,1	5,5	7,3	11,6	16,3	21,1	22,7	22,2	18,7	14,6	10,7	7,6
14 Lokal Ortalama Sıcaklık (°C)	31	8,3	8,6	11,1	16,1	21,5	26,5	29,0	28,9	24,7	18,9	13,7	9,7
21 Lokal Ortalama Sıcaklık (°C)	31	6,5	6,4	8,5	12,5	17,0	21,7	24,3	24,2	20,4	15,7	11,5	8,1
Ortalama Sıcaklık (°C)	31	6,9	6,7	8,8	13,2	18,0	22,8	25,1	24,9	21,1	16,2	11,9	8,4
Ortalama Sıcaklığın 5 °C ve Büyük Günler Sayısı Ortalaması	31	20,2	18,2	25,8	29,4	29,9	29,5	30,8	30,7	29,7	30,7	28,5	23,8
Ortalama Sıcaklığın 10 °C ve Büyük Günler Sayısı Ortalaması	31	7,6	7,1	12,4	24,8	29,9	29,5	30,8	30,7	29,7	29,4	20,3	11,1
Maksimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	31	9,6	9,9	12,4	17,3	22,7	27,7	30,2	30,0	25,7	20,0	14,9	11,0
Minimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	31	4,4	4,2	6,1	9,9	14,0	18,3	20,6	20,8	17,6	13,6	9,4	6,1
Yağış													
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	31	88,4	84,0	91,1	53,6	29,2	12,9	13,2	8,2	30,0	58,7	107,5	145,3
Maksimum Yağış (mm)	31	96,1	78,2	122,3	73,3	78,0	28,0	122,0	97,3	95,5	72,8	140,6	112,5
Yağışın 0.1 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	31	9,9	9,6	9,0	8,1	5,9	3,3	1,8	1,5	3,6	6,2	8,9	12,8
Yağışın 10 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	31	3,0	2,8	2,8	1,6	0,7	0,4	0,3	0,2	0,8	1,8	3,1	4,5
Yağışın 50 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	31	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1		0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,5
Kar Yağışlı Günler Sayısı	31	2,0	1,9	1,1	0,0							0,2	1,6
Kar Örtülü Günler Sayısı	31	0,8	1,5	0,7									1,1
Maksimum Kar Kalınlığı (cm)	31	27	20	25									25
Sisli Günler Sayısı Ortalaması	31	0,6	0,3	0,3	0,1						0,2	0,3	0,3
Dolulu Günler Sayısı Ortalaması	31	0,2	0,3	0,2	0,1							0,1	0,1
Kırağılı Günler Sayısı Ortalaması	31	2,7	2,0	1,6	0,2							0,5	1,5
Toplam Orajlı Günler Sayısı Ortalaması	27	2,2	1,7	2,1	2,3	2,2	3,0	2,1	1,7	1,9	2,1	2,9	2,9
07 Lokal Toplam Yağış Ortalaması (mm)	25	33,9	30,3	35,2	17,5	12,7	3,7	7,3	3,8	9,1	17,7	40,0	45,5
14 Lokal Toplam Yağış Ortalaması (mm)	25	18,9	15,6	17,4	15,0	4,4	3,2	2,1	2,2	6,0	8,9	33,0	33,1
21 Lokal Toplam Yağış Ortalaması (mm)	25	20,5	20,5	21,9	10,9	4,9	2,1	2,8	0,6	9,5	13,5	25,2	35,1

Ek Çizelge 1'in devamı

Rüzgar													
Parametre	R.S. (YIL)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
07 Lokal Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	31	4,5	4,6	4,2	3,3	3,1	3,1	4,0	4,1	3,4	4,0	4,0	4,7
14 Lokal Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	31	5,4	5,6	5,7	4,9	4,4	4,3	4,7	4,8	4,7	5,2	5,0	5,5
Rüzgar													
21 Lokal Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	31	4,4	4,3	4,2	2,5	2,2	2,8	3,1	3,0	3,6	3,8	4,6	4,9
Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	31	4,8	4,8	4,7	3,3	3,2	3,9	4,0	3,7	4,3	4,3	4,3	4,9
Maksimum Rüzgar Hızı (m/sn) ve Yönü	31	34,7	32,4	31,9	29,2	23,0	27,0	24,7	29,2	23,1	28,8	30,4	32,4
Fırtınalı Günler Sayısı Ortalaması	31	8,1	8,2	6,7	3,3	1,5	0,9	1,2	0,8	1,4	4,4	5,9	8,0
Kuvvetli Rüzgarlı Günler Sayısı Ortalaması	31	10,9	9,3	12,2	11,4	10,3	8,9	12,9	13,9	12,0	11,7	10,2	12,4
Toprak Sıcaklığı													
Ortalama 5 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	6,1	6,3	9,2	14,8	21,4	27,2	29,9	29,3	24,3	17,3	11,3	7,7
Minimum 5 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	-1,8	-2,6	0,0	3,0	7,9	12,4	15,3	16,2	11,2	4,6	0,4	-1,6
Ortalama 10 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	6,4	6,5	9,2	14,7	20,9	26,4	29,1	28,8	24,3	17,8	11,9	8,1
Minimum 10 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	-1,0	-0,4	0,3	5,4	8,2	13,8	18,0	18,4	14,8	8,0	2,6	0,6
Ortalama 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	6,9	6,9	9,3	14,4	20,4	25,8	28,7	28,6	24,6	18,3	12,6	8,8
Minimum 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	1,2	0,6	1,6	6,1	9,4	15,8	20,8	21,0	17,2	9,9	4,8	1,2
Ortalama 50 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	8,8	8,3	9,9	13,9	18,9	24,1	27,3	27,7	25,0	20,0	14,7	10,9
Minimum 50 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	4,8	4,0	4,5	5,4	11,5	17,4	22,3	24,1	20,1	13,8	9,3	5,0
Ortalama 100 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	10,8	9,6	10,2	12,7	16,3	20,6	24,0	25,4	24,3	21,1	16,9	13,3
Minimum 100 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	31	8,1	7,3	7,3	8,4	1,6	16,2	19,4	21,5	20,6	15,6	11,6	6,8

Ek Çizelge 2. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar

Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y
1	410308	4453846	84	388321	4442810	167	412061	4443921
2	410309	4454491	85	388364	4443417	168	411114	4445402
3	410529	4453223	86	389103	4444092	169	411557	4446483
4	411141	4452834	87	390023	4444220	170	411926	4447929
5	411995	4452759	88	389473	4443963	171	411620	4452614
6	410221	4452573	89	387799	4442573	172	412233	4452524
7	408245	4453424	90	387125	4442966	173	411747	4452018
8	409260	4452070	91	387354	4443941	174	412112	4451485
9	408255	4451398	92	386767	4444184	175	411773	4451139
10	407753	4451384	93	387269	4442636	176	412179	4450777
11	406501	4451300	94	389619	4441975	177	411426	4450537
12	405774	4451748	95	389906	4441657	178	411805	4450200
13	406367	4452517	96	390587	4441833	179	411282	4450341
14	406876	4453174	97	390804	4441314	180	410784	4450528
15	407223	4453266	98	391350	4441696	181	410672	4450735
16	405869	4453248	99	391824	4442501	182	411513	4450005
17	406875	4453947	100	392378	4443635	183	411425	4449676
18	406708	4453955	101	392509	4442895	184	411899	4449845
19	405890	4453955	102	393072	4442751	185	412350	4449944
20	405668	4453850	103	392830	4441994	186	412700	4449946
21	410011	4453516	104	392445	4441351	187	412537	4450547
22	404961	4453713	105	391832	4440792	188	412655	4449133
23	405113	4454039	106	393250	4441081	189	411277	4449422
24	404898	4452088	107	392196	4440503	190	411480	4449206
25	404573	4451462	108	391659	4440216	191	410933	4448892
26	407354	4449686	109	391349	4441228	192	410054	4449351
27	407932	4449312	110	393866	4439840	193	409302	4449680
28	406348	4449459	111	394915	4440450	194	408708	4449004
29	405390	4448990	112	395409	4440943	195	408362	4450572
30	405450	4448571	113	395831	4440498	196	413651	4444201
31	404534	4449561	114	396145	4441007	197	414077	4443930
32	403894	4449463	115	396569	4440154	198	413090	4443186
33	404547	4449041	116	396634	4439589	199	414318	4443659
34	403885	4448025	117	395830	4443895	200	414643	4444255
35	403775	4447095	118	395565	4442859	201	415066	4444744
36	402900	4446453	119	395597	4441911	202	415676	4444963
37	401859	4448490	120	395986	4442704	203	415679	4445707
38	401546	4448946	121	396598	4441564	204	415819	4446436
39	401849	4449748	122	396910	4440761	205	415365	4445459
40	402158	4450384	123	397981	4441299	206	414621	4444724
41	401036	4449691	124	398624	4440506	207	414320	4445121

Ek Çizelge 2'nin devamı

Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y
42	401045	4450652	125	399623	4441158	208	414251	4444730
43	400628	4451122	126	400056	4441734	209	412640	4444458
44	400265	4446603	127	400536	4442626	210	410620	4442563
45	399539	4446122	128	401277	4443075	211	401322	4444239
46	398764	4446682	129	401802	4443013	212	402412	4445912
47	397487	4445790	130	401744	4444344	213	400288	4447885
48	396822	4445340	131	401978	4445327	214	403714	4448816
49	396360	4444701	132	402248	4446523	215	401509	4447914
50	395978	4445327	133	402148	4447244	216	398275	4445999
51	395465	4445733	134	407089	4448896	217	398002	4445542
52	394845	4446285	135	407046	4447569	218	398177	4444901
53	393929	4446743	136	407367	4446815	219	398422	4444284
54	394367	4447777	137	408039	4445423	220	398502	4445525
55	400954	4447258	138	407629	4445241	221	399137	4445376
56	404738	4453122	139	406997	4445413	222	397856	4445982
57	404113	4453141	140	406544	4445468	223	398116	4446373
58	403774	4452893	141	408988	4445686	224	397555	4446421
59	403160	4452573	142	409107	4444873	225	398213	4447203
60	402617	4448418	143	410159	4445024	226	398576	4448074
61	394295	4448438	144	410108	4444145	227	398192	4447512
62	394489	4449280	145	410071	4443485	228	397068	4445041
63	394345	4450037	146	408878	4442604	229	396929	4445200
64	393521	4449740	147	407762	4442242	230	393787	4446495
65	393780	4445653	148	406873	4442039	231	394257	4447086
66	393257	4444896	149	406204	4442328	232	394664	4447111
67	392735	4444256	150	405359	4441475	233	395162	4447080
68	391952	4444484	151	404339	4441535	234	394950	4446757
69	391531	4444716	152	404422	4442483	235	394378	4446777
70	391063	4444627	153	404672	4442017	236	394159	4446828
71	390543	4444992	154	404711	4441606	237	393401	4447146
72	390150	4445314	155	403525	4441079	238	392822	4446388
73	389780	4445911	156	402991	4441394	239	393252	4445667
74	389232	4446259	157	402072	4440649	240	390159	4444698
75	388746	4446634	158	401551	4440397	241	389895	4444998
76	388964	4446874	159	400832	4440535	242	389374	4444931
77	391827	4444002	160	399619	4440486	243	389229	4444899
78	391571	4443552	161	400093	4440871	244	388857	4445009
79	390286	4443246	162	399777	4440033	245	389527	4444859
80	390615	4442968	163	408532	4442680	246	390903	4445018
81	390334	4442555	164	409993	4442948	247	391498	4444519
82	389048	4442178	165	411030	4444819	248	394792	4445626
83	388557	4442473	166	411903	4444834			

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Remzi İLAY
Doğum Yeri : Bandırma
Doğum Tarihi : 16.05.1983

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi (Toprak): 2001-2005

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (2006-2009)

Doktora Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (2009-2016)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2007- Devam ediyor)

İLETİŞİM

E-posta Adresi : rilay@comu.edu.tr