

**T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEY BAKIDA YETİŞEN KARAÇAMIN BAZI TOPRAK  
ÖZELLİKLERİ İLE TOPRAK ORGANİK KARBON VE  
TOPLAM AZOT MİKTARLARI VE DEPOLAMA  
KAPASİTELERİ ÜZERİNDE YÜKSELTİNİN ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Raja Khalefa A. GONIFEDA**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK  
Yrd. Doç. Dr. İnci S. KRAVKAZ KUŞCU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2017**

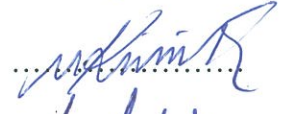
## TEZ ONAYI

**Raja Khalefa A. GONIFED** tarafından hazırlanan “**Güney Bakıda Yetişen Karaçamın Bazı Toprak Özellikleri ile Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarları ve Depolama Kapasiteleri Üzerinde Yükseltinin Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oybirliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK  
Artvin Çoruh Üniversitesi



Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. İnci S. KRAVKAZ KUŞCU  
Kastamonu Üniversitesi



05/02/2017

Enstitü Müdürü V. Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

İmza

Raja Khalefa A. Gonifeda



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GÜNEY BAKIDA YETİŞEN KARAÇAMIN BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT MİKTARLARI VE DEPOLAMA KAPASİTELERİ ÜZERİNDE YÜKSELTİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Raja Khalefa A. GONIFEDA

Kastamonu Üniversitesi  
Fen bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

**Özet:** Bu mevcut çalışmanın amacı, Kastamonu, Daday'da güney bakılarda yetişen Karaçamın (*Pinus nigra*) toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot içeriği ve depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerini incelemektir.

Bu amaçla, Karaçam (*Pinus nigra*) türüne ait toprak örnekleme güney bakının iki rakımında (871 m ve 1189 m) gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleri, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden rastgele alınmıştır ve toprak pH değeri, tekstürü, hacim ağırlığı, toprak makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonları, toprak organik karbonu (TOC) ve toplam azot (TN) değerleri bakımından analiz edilmiştir. TOC ve TN depolama kapasitesi daha sonra toprak hacmi, toprak kütlesi ve TOC veya TN içeriği çarpılarak hesaplanmıştır.

Toprak özellikleri arasında, sadece kum ve kil içeriği rakımlar arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir ( $P < 0.001$ ). Toprak karbon içeriği bakımından da rakımlar arasında anlamlı değişiklikler belirlenmiştir. Bununla birlikte, toprak toplam azot içeriğinin, rakımlar arasında veya toprak derinlikleri arasında anlamlı bir farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ortalama toprak organik karbon depolama kapasitesi, yüksek rakımda ( $99.6 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) alçak rakıma göre ( $129.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) daha düşük bulunmuştur. Ortalama toplam azot depolama kapasitesi, yüksek ( $6.40 \text{ Mg N ha}^{-1}$ ) ve alçak rakımda ( $6.15 \text{ Mg N ha}^{-1}$ ) benzerlik göstermiştir. Hem TOC hem de TN depolama kapasiteleri, toprak derinlikleri arasında net farklılıklar göstermemiştir.

Toprak makro besinleri de (P, K, Ca ve Mg), rakımlar arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Makro besinlerinden, Mg, P ve K konsantrasyonları yüksek rakımda, alçak rakıma göre anlamlı bir biçimde daha yüksek bulunurken, ortalama toprak Ca konsantrasyonu daha düşüktür.

Toprak mikro besinleri, Mn, Na, Zn, Cl, Al ve Co konsantrasyonları da, yüksek rakımda, alçak rakıma göre anlamlı bir biçimde daha yüksektir. Sonuç olarak, topografik faktörlerden yükseltinin (rakımın) toprak özelliklerini ve toprak organik karbon ve toplam azot miktarını ve depolama kapasitelerini anlamlı bir şekilde

etkileyeceği, dolayısıyla, bu faktörlerin gelecekteki araştırmalarda dikkate alınması sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Rakım, iklim, toprak organik karbon, toplam azot, Kastamonu

**2017, 56 Sayfa**

**Bilim Kodu: 1205**



## ABSTRACT

MSc. Thesis

### STUDYING ALTITUDE INFLUENCE ON SOME SOIL PROPERTIES, SOIL ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN CONTENT AND STOCK CAPACITY OF BLACK PINE ON SOUTH ASPECT

Raja Khalefa A. GONIFEDA

Kastamonu University  
Graduate School of Natural and Applied Science  
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

**Abstract:** Main aim of this present study was to investigate the effects of slope position on soil properties, soil organic carbon and total nitrogen content and stock capacities of Black pine (*Pinus nigra*) in Daday, Kastamonu. For this aim, soil samples of Black pine (*Pinus nigra*) were collected from two altitudes (871 m and 1189 m) on the south aspect.

The soil samples were taken randomly from 0-5cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm and 20-30 cm soil depths and analyzed for soil pH, soil texture, bulk density, soil macro and micro nutrient concentrations, soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) content. The SOC and TN stock capacity were then calculated by multiplying soil volume, soil bulk density, and the SOC or TN content.

Among soil properties, only sand and clay content showed significant differences between altitudes ( $P < 0.001$ ). Soil carbon content only showed significant differences between the altitudes. However, soil total nitrogen content had a significant difference either between the altitudes or between the soil depths. Mean soil organic carbon stock capacity was lower (99.6 Mg C ha<sup>-1</sup>) at the higher altitude than that at lower altitude (129.4Mg C ha<sup>-1</sup>). Mean total nitrogen stock capacity at the higher altitude (6.40 Mg N ha<sup>-1</sup>) was similar to that at the lower altitude (6.15 Mg N ha<sup>-1</sup>).

Both SOC and TN stock capacities did not show clear differences between the soil depths. Soil macro nutrients (P, K, Ca and Mg) showed significant differences between the altitudes ( $P < 0.05$ ). Mean soil macro nutrients; Mg, P and K concentrations were significantly higher at the higher altitude than those at the lower altitude, whereas mean soil Ca concentration was lower at the higher altitude than those at the lower altitude.

Soil micro nutrients, Mn, Na, Zn, Cl, Al and Co concentrations were also significantly higher at the higher altitude than those at the lower altitude. In conclusion, our results indicate that topographical factors, slope aspect in this present

study, can significantly affect soil properties and soil organic carbon and total nitrogen content. Therefore, those factors should be considered in the future studies.

**Keywords:** Altitude, climate, soil organic carbon, total nitrogen, Kastamonu

**2017, 56 Pages**

**Science Code: 1205**



## TEŞEKKÜR

Her şeyden önce çalışma süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımın laboratuvar aşamasında bilgi ve tecrübesinden faydalandığım Sayın Arş. Gör. Gamze SAVACI'ya, Orman Mühendisliği Bölümü'ndeki öğretim görevlileri ve araştırma görevlilerine teşekkür borçluyum. Kastamonu Üniversitesi'ndeki Yüksek Öğrenim Meslektaşlarımıza ve Kastamonu'daki Libya topluluğuna verdikleri desteklerden ötürü teşekkür ediyorum.

Çalışmamı sürdürmemde ve bu tezi bitirmem için bana güven veren aileme, her zaman almış olduğum manevi destek için şükranlarımı sunmak istiyorum. Umarım, bu çalışmanın sonuçları toprağın doğasına ilgi duyan insanlar için ve gelecekteki çalışmalarda yeni araştırmalara katkı sağlamak için yararlı olacaktır. Eşime ve oğluma bu çalışmayı hazırlamam için bana yardım ettikleri ve her adımda yanımda oldukları için bana destek verdikleri için içten ve minnettar teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca, akademik öğrenimimi tamamlama fırsatını bana verdikleri için Western Mountain Üniversitesine ve özellikle (Riyaanh, Zirrat Fakültesine) şükranlarımı sunuyorum.

Raja Khalefa A. GONIFEDA  
Kastamonu, Şubat, 2017



# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	xii
HARİTALAR DİZİNİ .....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiv
TABLolar DİZİNİ .....	xv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. İklimin Toprak Oluşum Süreci Üzerindeki Etkisi.....	1
1.2. Ana Materyalin Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi .....	2
1.3. Bitki Örtüsünün Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi.....	3
1.4. Zamanın Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi .....	3
1.5. İnsanların Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi.....	4
1.6. Topografyanın Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi.....	5
1.7. Türkiye Ormanlarının Coğrafik Yayılışı.....	7
1.8. Türkiye'deki Karaçamın Yayılışı ve Ekolojisi.....	8
1.9. Çalışmanın Amacı .....	9
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	11
2.1. Karaçam Topraklarının Organik Karbonu ve Toplam Azot Depolama Kapasiteleri .....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	19
3.1. Örnekleme Alanının Tanıtımı .....	19
3.2. Çalışma Alanının İklimi .....	20
3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi .....	22
3.4. Arazideki Toprak Örneklemesi .....	24
3.5. Toprak Örneklerinin Hazırlanması ve Analizi .....	25
3.6. Toprak Örneklerinin Analizi .....	27

3.6.1. Toprak pH değeri.....	27
3.6.2. Toprak Tekstürü .....	28
3.6.3. Hacim Ağırlığı ve Boşluk Yüzeyi .....	30
3.6.4. Nem İçeriğinin Belirlenmesi ve Ateşte Kayıp (LOI) .....	32
3.6.5. Toprak Organik Karbonun ve Azotun Belirlenmesi.....	33
3.6.6. Toprak Makro ve Mikro Besinlerinin Belirlenmesi .....	33
3.6.7. Toprak Kütlesi ve Toprak Organik Karbonunun ve Toplam Azot Depolama Kapasitesinin Hesaplanması.....	33
3.6.8. İstatistiksel Analizler .....	33
4. BULGULAR.....	35
4.1. Toprak Özellikleri .....	35
4.2. Toprak C ve N İçeriği ve Depolama Kapasitesi.....	39
4.3. Toprak Makro ve Mikro Besinleri .....	41
5. TARTIŞMA .....	51
6. SONUÇ .....	53
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	56

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Al	Alüminyum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Fe	Demir
H	Hidrojen
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
N	Nitrojen
Na	Sodyum
Ni	Nikel
O	Oksijen
P	Fosfor
S	Sülfür
Zn	Çinko
ASA	Amerikan Tarım bilimi Derneği
CSSA	Amerika Ekin Bilimi Derneği
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
IPCC	Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
SOC	Toprak Organik Karbonu
SSSA	Toprak Bilimi Derneği
TN	Toplam Azot
C: N	Karbon Azot Oranı
UN	Birleşmiş Milletler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 1. 1189 m rakımdaki Karaçam meşçeresindeki çalışma alanı .....	24
Fotoğraf 2. Toprak silindiri kullanılarak farklı toprak derinliklerine göre toprak numuneleri almak için toprak çukurlarının kazılması .....	25
Fotoğraf 3. Toprak numunelerinin açık alanda kurutulması.....	25
Fotoğraf 4. Analizlerden önce numunelerin hazırlanması.....	26
Fotoğraf 5. Elekten geçirilen toprak numuneleri, plastik torbalara koyulmuş ve numaralandırılmıştır .....	26
Fotoğraf 6. pH analizi için hazır olan toprak numuneleri .....	27
Fotoğraf 7. pH metre ile pH değerinin belirlenmesi .....	28
Fotoğraf 8. Hidrometre tekstür analizinden önce toprak numunesinin suda bekletilmesi .....	29
Fotoğraf 9. Hidrometre yöntemine göre tekstür belirlenmesi.....	29
Fotoğraf 10. Fırına koyulan toprak numunelerinin hacim ağırlığının Belirlenmesi .....	31
Fotoğraf 11. Toprak numunesinin tartılması .....	31

## HARİTALAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Harita 1. Çalışma alanının konum haritası.....	19
Harita 2. Google haritada çalışma alanının konum haritası.....	20
Harita 3. Çalışma alanınadağılan en yaygın ağaç türleri ( <i>Pinus nigra</i> ve <i>Pinus sylvestris</i> ) .....	20
Harita 4. Çalışma alanının jeomorfolojisi.....	23



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1. USDA tekstür üçgeni.....	30



## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1. 1975-2010 yılları arası meteorolojik veriler .....	21
Tablo 2. İki rakımdaki Güney açıdan toplanan, Karaçam meşçerelerindeki bazı toprak özellikleri .....	35
Tablo 3. Toprak pH değeri için ANOVA sonuçları .....	36
Tablo 4. Toprak hacim ağırlığı için ANOVA sonuçları .....	36
Tablo 5. Toprak gözenekliliği için ANOVA sonuçları .....	37
Tablo 6. Toprak kumu için ANOVA sonuçları .....	37
Tablo 7. Toprak kili için ANOVA sonuçları .....	38
Tablo 8. Toprak tozu için ANOVA sonuçları .....	38
Tablo 9. Toprak nemi için ANOVA sonuçları .....	39
Tablo 10. İki rakımdaki Güney açıdan elde edilen, Karaçam meşçerelerinin toprak C ve N depolama kapasitesi .....	40
Tablo 11. Organik karbon depolama kapasitesi için ANOVA sonuçları .....	40
Tablo 12. Toplam azotdepolama kapasitesi için ANOVA sonuçları .....	41
Tablo 13. İki rakımdaki Güney açıdan toplanan, Karaçam meşçerelerinin toprak makro besinleri .....	42
Tablo 14. İki rakımdaki Güney açıdan toplanan, Karaçam meşçerelerinin toprak mikro besinleri .....	43
Tablo 15. Ca için ANOVA sonuçları .....	44
Tablo 16. Mg için ANOVA sonuçları .....	44
Tablo 17. K için ANOVA sonuçları .....	45
Tablo 18. P için ANOVA sonuçları .....	45
Tablo 19. S için ANOVA sonuçları .....	46
Tablo 20. Fe için ANOVA sonuçları .....	46
Tablo 21. Mn için ANOVA sonuçları .....	47
Tablo 22. Na için ANOVA sonuçları .....	47
Tablo 23. Cu için ANOVA sonuçları .....	48
Tablo 24. Zn için ANOVA sonuçları .....	48
Tablo 25. C1 için ANOVA sonuçları .....	49
Tablo 26. Al için ANOVA sonuçları .....	49
Tablo 27. Co için ANOVA sonuçları .....	50

## 1. GİRİŞ

Toprak, tüm canlılar için hayat sağlayan bir araçtır. Odun üretiminin ve ağaç gelişiminin temel kaynağıdır. Toprak, önceden var olan kayaların ayrışma materyalleri, mineraller, çürümüş yapraklar, dallar, kökler ve organik madde dahil olmak üzere çeşitli bileşenlerden, bunun sonucu olarak, organik ve inorganik bileşiklerin eşsiz bir birleşiminden oluşmaktadır. Toprak, kum, toz ve kil partiküllerden ve tanelerden oluşan gözenekli bir ortam şeklindedir (Jenny, 60). Bu toprak taneleri arasında, toprağa gözenekli bir form sağlayan boşluklar gelişmektedir ve bu boşluklarda hava ve su tutmaktadır. Orman toprakları, tarım topraklarından farklıdır. Bu toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden çok farklıdır. Toprak verimliliği, tarım topraklarındaki tahıl üretimini ile değişmektedir, fakat orman toprağı, orman yüzeyine düşen yaprakların, dalların ve küçük dal parçacıklarının oluşturduğu örtüsünün ayrışmasından toprağa geçen besin elementlerinin yanısıra, orman ağaçlarının kökleri ve toprak mineral yapısından gelen besin elementlerini içermektedir.

Topraklar, ana materyal, bulunduğu bölgenin jeo-morfolojisi, bölgenin topografyası, bitki türü, iklim ve mevsimsel değişiklikler, yağış miktarı, drenaj şekilleri dahil olmak üzere, farklı faktörlerin etkileşimi sayesinde oluşturulmaktadır. Farklı bölgelerde, sayılan bu faktörlerdeki değişiklikten dolayı farklı toprak türleriyle karşılaşmak mümkündür. Aşağıda toprak oluşumunda önemli olan 5 ana faktörün etkisi açıklanacaktır.

### 1.1. İklimin Toprak Oluşum Süreci üzerindeki Etkisi

İklimin, toprak oluşum süreci ile yakından bir ilişkisi vardır ve toprağın yıkanması ve minerallerin ve organik maddenin ayrışımı açısından büyük önem arz etmektedir. Toprak yüzeyi ve içindeki artık maddelerin birikimi, nem ve tropik iklimin bir ürünüdür. İklimle alakalı en önemli iki faktör; sıcaklık ve yağıştır. Sıcaklık, tüm organik materyal türlerinin ayrışması ve bozunumu açısından önemli bir faktördür. Sıcaklık faktörü, bulunan alanın yükseltisi, rüzgar hızı, iklimsel değişiklikler ile önemli değişiklikler göstermektedir (Birkeland vd., 2003). Yağış, erozyon oranını



arttırmaktadır ve ayrıca yüksek rakımlardan ötürü toprakları aşındırılmaktadır ve toprak materyalinidüz eğimli alanlara taşımaktadır. İklimsel koşullar, yer yer jeolojik konumlardaki değişimden, gün ışığı yoğunluğundan, yağış miktarından, nem oranı değişikliklerinden dolayı değişmektedir ve her yerde sabit değildir. Bu faktörler materyalin ayrışma oranını, canlı kütle üretimini ve bozunum oranını arttırmakta ve böylece toprak formasyonuna dahil olan kimyasal reaksiyonların oranını etkilemektedir. Sıcaklık ve yağış miktarı, kayaların ve başka materyallerin ayrışma oranını arttırmaktadır ve ayrıca katyon değişim kapasitesini hızlandırmaktadır. Yağış, inorganik maddelerin ayrışma süreçlerini arttırmakta veya azalmakta, sıcaklık ise tüm organik materyallerin bozunumunu arttırmakta ve azaltmakta, sıcaklıktakibir dereceye kadarki artış, toprak formasyonu süreci açısından kimyasal reaksiyon oranını daha hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Tropikal iklim, ılıman iklimden farklı, ayrıca toprak türleri, bir yerden bir başka yere göre farklılık göstermekte ve kurak yerlerin tamamen farklı toprak türleri bulunmaktadır . Toprağın türü, yerel iklime ve o yerdeki ilgili bütün faktörlerine bağlıdır. İklim, organizmalar gibi diğer faktörlere bağlıdır ve bu faktörlerin faaliyetlerine bağlı olarak toprak formasyonunu etkileyebilirler.

## **1.2. Ana Materyalin Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi**

Ana materyal, toprak formasyonununana ve temel kaynağıdır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler gibi bütün toprak özellikleri üzerinde büyük ve doğrudan bir etkisi vardır. Ana materyal, volkanik, tortul ve metamorfik gibi üç kaya türünün tamamından elde edilmiştir. Ana materyal, temel kaya ve ayrıca rüzğar kökenli ve kolüvyal birikintiler gibi ikincil materyal olarak ele alınmaktadır. Ana materyalin, bütün toprak özellikleri üzerinde doğrudan bir etkisi bulunmaktadır. Ana materyaller, toprak formasyonu için temel ham madde sağlayan kayalardır, bu ham maddenin su, rüzğar, yer çekimi, v.b. gibi farklı kuvvetlerin aktardığı, farklı bir kaynağa sahiptir. Bu kuvvetler materyali bir yerden başka bir yere taşır ve toprak formasyonu sürecinde ham madde sağlar. Bütün önemli özellikler, topraktaki ana materyalden aktarılmaktadır. Önemli toprak özellikleri, kimyasal özellikler, fiziksel özellikler ve biyolojik özelliklerdir. Toprak verimliliği ve üretkenliği, orman topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine, köklerin toprağa girmesine, suyun bulunma durumuna ve

bitkilerin su absorpsiyon sürecine bağlıdır. Topraktaki önemli gazların hareketine ve sirkülasyonuna ve tüm oksijen miktarına ve topraktaki bütün yönler açısından su sirkülasyon sürecinin tamamına bağlıdır. Toprak kimyasal özellikleri, katyon değişimi kapasitesine bağlıdır ve kimyasal reaksiyon toprak formasyonunu kapsamaktadır.

### **1.3. Bitki Örtüsünün Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi**

Farklı ağaç türleri, bitkiler, çalı ve ot türleri, toprak formasyonu sürecinin tamamında önemli bir rol oynamaktadır. Ağaç türleri, kökleri ile toprağı tutmakta ve toprağı zarar görmekten ve yağış süresince erozyondan kurtarmaktadır. Farklı ağaç türleri, çevrelenen toprağı etkilemekte, bütün ilgili toprak fiziksel özelliklerini, kimyasal özelliklerini ve biyolojik özelliklerini yavaş yavaş değiştirmektedir. Bütün doğal bitki örtüsü ve mikroorganizmalar, toprak formasyonu sürecine dahil olmaktadır, toprağın derinine nüfuz eden bitki kökleri, suyun içeri girmesi için yollar yaratmakta, su sirkülasyonunu arttırmaktadır; ayrıca, doğal bitki örtüsü, mikroorganizmalar için yer ve yaşam alanı sağlamaktadır. Yağış, toprağın verimli katmanını ve toprağın ve materyallerin besinlerini aşındırmaktadır fakat bitki örtüsü, erozyon sürecinde bir bariyer görevi görmektedir, bitki örtüsünün ortadan kaldırıldığı yerlerde, daha az verimli toprak olur, daha sonra ise bazen bu yerler çöllere dönüşür. Bitki örtüsü, toprak formasyonu ve toprak erozyonu açısından önemli bir unsurdur. Bitki örtüsü, etrafındaki topraktaki ve ayrıca tüm orman sistemindeki karbon ve azot miktarını, besin döngüsünü değiştirmektedir. Bitki örtüsü, ölü örtü üretimi, ölü örtü bozunumu ve topraktaki besin döngüsü açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ormanların ölü örtüsü, ağaç türleri açısından doğal bir gübredir ve farklı ağaç türleri, çevredeki toprak türlerini, topraktaki karbonu, azotu ve diğer elementleri değiştirmektedir. Bitki örtüsü, bakteriler, mantar ve alg topluluğu için yaşam alanı sağlamaktadır. Diğer faktörler ile etkileşimde bulunurlar ve toprak oluşum süreçlerini etkilerler. Mikrobik faaliyetler, toprak kimyasal gücünü değiştirmektedir.

### **1.4. Zamanın Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi**

Zaman, toprak formasyonu sürecinin yanı sıra tortuların birikmesi açısından en önemli faktördür. Ana materyal, ayrışmaya ve bir zaman sonra erozyona

zorlanmaktadır ve minerallerin değişimi ile sonuçlanmaktadır. Goldhaber ve Banwart (2015)'a göre, krono-sekanslar farklı zamanlarda biriken toprak katmanlarıdır. Belirleniminin olmadığı çevrelerde, farklı zaman dilimleri toprağın oluşum süreçlerinde eşsiz bir rol oynamaktadır. Toprak formasyonunun erken aşamaları, ağaç yaprakları, dalları, kökleri gibi farklı organik materyal türlerini toplayarak bütün kaya materyallerinin parçalanması ile alakalıdır ve ayrıştırılmış veya neredeyse ayrıştırılmış olan materyaller, var olan toprakları oluşturmak için milyonlarca yıl boyunca kaya materyaline eklenmektedir. Toprak formasyonu, yavaş bir süreçtir. Küçük bir toprak miktarını kazanmak milyonlarca yılı almaktadır. Toprak, yenilenemez bir kaynaktır. Zaman, diğer faktörlere bağlı olan önemli bir faktördür, uzun bir süre içerisinde başka faktörlerin tam eylemi toprağı oluşturmaktadır. Dünyanın mevcut toprak birikintileri, farklı süre zarflarında oluşturulmuştur. Kayalar, farklı zaman zarflarında biriktirilmiştir. Uzun bir süre boyunca farklı faktörlerin eylemi altında, ham madde toprak üretmektedir. Toprak, farklı ana materyalden ve diğer ana faktörlerden dolayı bütün özellikler açısından farklıdır ve farklı iklimsel koşulları olan farklı coğrafi yerler farklı topraklar üretmektedir. Toprak formasyonu, zaman ve diğer faktörler tarafından kontrol edilmektedir ve ayrıca farklı toprak özellikleri yer yer tamamen değişiklik göstermektedir.

### **1.5. İnsanların Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi**

İnsanın çevresi ile olan ilişkisi çok eskidir. İnsan, yeryüzünde mevcut olan bütün doğal çevreleri etkilemektedir. İnsanlar, doğal yeryüzü dengesi açısından, çok büyük bir dengesizlikler meydana getirebilecek, tüm temel gereksinimlere ihtiyaç duymaktadır. Farklı amaçlarla, odun toplamak için geniş miktarda ormanın kesilmesi, tarımsal kullanım yönünden orman arazisinin değişmesi ve dönüştürülmesi dahil olmak üzere insan faaliyetleri tüm toprak formasyonu sürecini değiştirmektedir. Orman arazisinin tarımsal araziye dönüştürülmesi, toprak hacim ağırlığı, toprak tekstürü, toprak gözenekliliği gibi toprak fiziksel özellikleri ve toprak pH değeri, toprak sıcaklığı, toprak havası, toprağın katyon kapasitesi ve topraktaki besin yüzdesi gibi toprak kimyasal özellikleri dahil olmak üzere toprak özelliklerinin tamamını etkilemektedir.

## 1.6. Topografyanın Toprak Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Yüksek dağlık bölgeler, genel olarak yüksek yağış miktarına, eğime ve yükseklikle eğim değişimine bağlı olarak düşük sıcaklıklara sahiptir. Sığ ve ince toprak katmanları ile birlikte, bölgenin rakımı ne kadar fazla olursa, yükselti toprak formasyonu sürecini ve gelişimini yavaşlatır ve böylece çok ince toprak katmanlarına sahip olur. Orman ekosistemi ile alakalı çalışmalar, dağlık ormanların idamesi açısından faydalıdır. Dar vd., (2012)'e göre, rakım toprak özellikleri ve ağaçların gelişimi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Toprağın formasyonunda ve gelişimi açısından çok önemli bir ekolojik unsurdur. Rakım, güneş radyasyonu, sıcaklık ve yağış gibi unsurların değişiminden sorumludur. Toprak özellikleri, organik maddenin miktarı ve niteliği, toprak organik karbonu, toprak azotu ve diğer besinler farklı rakımlarda değişiklik göstermektedir. Besin döngüsü, toprakla ilgili farklı unsurlara, ağaç türlerine, toprak türüne, kök stokuna, toprak pH değerine, oksijen içeriğine, baz doygunluğuna, toprağın humus içeriğine, topraktaki elementlere ve besin varlığına doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılıdır. Alanın jeomorfolojisi ve topografyası, karaçam ormanının büyümesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Rakım, çöküntü ve bakıların eğim derecesi, en önemli belirleyici unsurlardır. Bununla birlikte, farklı rakımlar ve bakılar üzerindeki güneş radyasyonunun etki açısı ve etkilenme, bölgenin herhangi kısmı dahilinde farklı bir alt bölge oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu Dağı ve Toros Dağı gibi en yüksek dağların en yüksek rakımları, güney bakılardaki Akdeniz'den yaygın daha fazla hava kitlesi ve Karadeniz'den gelen hava kitlelerini almaktadır. Bu bakılar, daha fazla yağış ve sıcaklık görmektedir dolayısıyla da bu alanların, çok verimli karaçam ağaçları vardır. Kuraklık ihtimali ve bunun etkisi, Karadeniz bölgesinin arka tarafında artış göstermektedir. Dolayısıyla, artık kurak ormanlar, yüksek dağların eteğinden ve geniş akarsu vadilerinin alt kısmında ve bunların Karadeniz bölgesinin arka bölümündeki güneye bakan bakılarında başlamaktadır.

Wilcox vd., (2002) ve Prichard vd., (2000)'a göre, rakım ve topografik özellikler de toprak organik karbonunu etkilemektedir. Ayrıca, eğimin ve eğim derecesinin, karbon depolama ve konsantrasyonu üzerinde etkisi vardır. Rakım da etkili bir unsurdur. Rakım, belirli bölgenin bitki örtüsü yanı sıra ortalama sıcaklığı da

değiştirmektedir. Bitki örtüsündeki değişim, toprağın pH değerini, organik madde miktarını, katyon değişim kapasitesini (değişim iyonları) değiştirebilir. Rakımın ve dağ yükseltisinin anlamlılığı, bitki örtüsü türlerine ve toprağa bağlıdır ve bu ikisinin belirlenmesi açısından önemlidir (Birkeland vd., 2003). ABD'deki alt Alpin ormanı ile ilgili bir çalışma, toprak organik karbonunun konsantrasyonunun kuzeydoğu bakılarda 43 ile 143 g/kg arasında daha yüksek olduğu, fakat güneybatı bakılarda 27 ile 162 g/kg arasında bir konsantrasyona sahip olduğu sonucuna varmıştır. Hobbie vd., (2000), toprak organik karbon konsantrasyonunun rakım ile değiştiğini, daha yüksek rakımlardaki toprakların drenaj ve orman dinamiklerinden etkilendiğini gözlemlemiştir. Son zamanlarda, yükseklikle ilgili çalışmalar, bu konudaki çalışmaların sınırlı olması sebebiyle diğer araştırmacılar ve ekolojistler için çok önemli bir hale gelmiştir.

Doğanın, rüzgar, sıcaklık, güneş radyasyonu, deniz dalgaları gibi çeşitli güçlü kuvvetleri vardır. Rüzgar, sıcak ve soğuk hava miktarını bir yerden başka bir yere taşıyarak bölgesel iklim koşullarını değiştirmektedir. Soğuk hava daha hafiftir ve düşük basınçlı alanları hızlı bir şekilde ele geçirmektedir. Ve eğim ve rakım unsurları önemli bir rol oynamaktadır. Gullledge ve Schimel (2000), topografik özelliklerin ve peyzajın, toprak su rejimi ile olan bağdan dolayı toprak organik karbon depolama üzerinde bir etkisi olduğunu ifade etmektedir (Chandler, 1993). Değiştirilebilir katyonlar da, toprak organik karbon depolamasına bağlıdır. Ayrıca, toprak tekstür sınıfı, karbon depolamayı etkilemektedir. İri taneli topraklar, daha toprak organik karbon konsantrasyonlarına bağlıdır ve bundan dolayı kumlu verimli topraklar, daha düşük bir karbon miktarına sahiptir. Larionova vd., (2000), insan kökenli faaliyetlerin ve doğal faktörlerin, orman toprak karbon miktarlarını etkilediğini ifade etmiştir.

Hızlı bir eğim yapısı ve rakım, dağlık bölgedeki suyun ve kaya materyalinin hareketi ile ilişkilidir ve dağ eğimi, toprak özelliklerinin zaman farklılıklarını kontrol etmektedir. Organik karbon, muhtemelen dökülen ölü örtünün miktarından ve niteliğinden ve düşük ayrışma oranından dolayı yüksek rakım ile artmaktadır. Eğim faktörü ve rakım, daha yüksek pH ve daha düşük Mg, organik karbon, mevcut N ve K ve dağ eteğinin çökme alanlarında kullanılabilir Zn ile sonuçlanan, çözünen

maddelerin taşınmasında ve konsantrasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Düşük topografik eğim ve rakım, değişen ve ayrışan ürünün taşınmasını aşağı yamacın tabanına doğru harekete geçirmekte ve yamaç aşağı profilin kalınlığını arttırmaktadır. Bu da, yüzeyde ilk olan önceki materyalin gömülmesi ile sonuçlanmaktadır. Kimyasal ve fiziksel aşınım arasındaki denge, dikkate değer araştırmanın odak noktasıdır (Yoo ve Mudd, 2008; Gabet ve Mudd, 2009; Hilley vd., 2010). Toprak özelliklerinin zaman farkı, bölgenin iklimi, orman çevresi, bölgenin topografyası, materyaller, bitki örtüsü ve insan etkinliğinden kaynaklanan müdahale ile ilişkilidir. Bazı araştırmalar, farklı orman ekosistemlerindeki toprak nem içeriğinin bölgenin bakısından ve eğiminden etkilendiğini bildirmiştir.

### **1.7.Türkiye Ormanlarının Coğrafik Yayılışı**

Geçmişte, Türkiye'nin konumu, orman büyümesi ve üretimi için çok uygun bir durumda idi (arazinin yaklaşık %75-80'i ormandan oluşur). Bu büyük bir potansiyelidir ve farklı ekosistemler meydana getirmektedir. Mevcut durumda, arazinin sadece %27'si ormanlara aittir. M.Ö. 3000 yılından beri, sert orman tahribatı orman arazisinde azalmaya neden olmuştur (Atalay, 2002; Efe 2005). Türkiye'de, iğne yapraklı ormanların çokluğu, çoğunlukla kızıl çam, fıstık çamı, sarıçam, karaçam ve göknardan oluşan saf ve karışık meşçerelerden oluşmaktadır. Akdeniz sahilleri, Karadeniz ve Akdeniz sahillerindeki ormanlar, doğal olarak geliştirilmiştir ve önemli ormanlardır. Bu ormanlar, geniş yapraklı türler ve karışık iğne yapraklı türlerden oluşmaktadır ve türler genel olarak *Pinus nigra* Arnold. Subsp. *pallasiana*, *Pinus brutia* Ten., *Abie* spp., *Cedrus libani* ve *Picea orientalis* (L.) Link şeklindedir. Genel olarak, meşe türlerinden ve Doğu kayınından oluşmakta olan geniş yapraklı türler, alanda geniş bir çeşitlilik üzerinde mevcuttur. Karadeniz sahilinin alt bölgelerinde hakim olan türler, Doğu kayını ve Meşe iken, bir diğer yandan *Abies* spp. ve *Picea* spp den oluşan iğne yapraklı ormanlar yüksek rakımlarda bulunmaktadır. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten), Akdeniz bölgesinin düşük yükseklik kısımlarındaki baskın türlerdir. *Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* ve *Cedrus libani* (Karaçam, Toros sediri) daha yüksek rakımlardaki baskın türlerdir ve Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) ormanlarına az rastlanmaktadır. Step bölgesi, merkez,

doğu ve güney doğu Anadolu'da yaygındır ve meşe ormanları bu bölgelerde gelişigüzel bir şekilde bulunmaktadır.

Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde, bu türler orman ekosisteminde karışık meşçereler bulunmaktadır. Briggs ve Knowles (1967); Harlan (1995) için, Türkiye'nin çok büyük bir biyolojik çeşitliliği vardır ve yeryüzündeki sekiz en büyük kalıt merkezlerinden biridir. Türkiye, Batı Karadeniz bölgesindeki pek çok ilgili tür ile biyolojik çeşitlilik açısından zengindir. Türkiye, topografik ve jeomorfolojik özellikleri dolayısıyla eşsiz bir bitki örtüsüne sahiptir. Genel olarak, Türkiye'de var olan bütün ormanlar köken açısından doğaldır. Coğrafi konumu ve üç yönden, kuzeyde Karadeniz, güneyde Akdeniz ve batıda Ege denizi gibi farklı denizlere yakındır. Bu denizler, farklı iklimsel bölgeler, topografya, eğim, güneş ışığı tesirinden dolayı farklı iklimsel rejimlerin ve bitki ve hayvanlar alemi açısından biyolojik çeşitliliğin kaynağıdır. Türkiye, iklim, jeoloji, topografik toprak türü ve çeşitliliği açısından farklılığı yansıtan eşsiz bitki örtüsüne sahiptir.

### **1.8. Türkiye'deki Karaçamın Yayılışı ve Ekolojisi**

Genel olarak Avusturya çamı veya Karaçam olarak bilinen *Pinus Nigra*, her zaman yeşil olan iğne yapraklı bir ağaçtır. Pinus sınıfından, Çamgiller ailesine aittir. Avrupa ve Avrupa'nın Akdeniz bölgelerinde ve Anadolu dahil olmak üzere bütün Türkiye'de ve ayrıca Kuzey Afrika'nın bazı bölgelerinde bulunan doğal bir türdür. Türkiye'de, karaçam ekonomik açıdan çok önemlidir ve yaygındır ve yerli kozalaklı bir ağaçtır. Türkiye'de karaçamın dağılımı ve ekolojisi ile ilgili (Yucel 2000; Atalay 2001; Sevgi ve Tecimen 2008; Atalay ve Efe, 2010a; Atalay ve Efe 2010b) ve ayrıca genetik çeşitlilik ve farklılıkla ilgili (Gulcu, ve Ucler, 2008) pek çok çalışma vardır. *Pinus nigra* Arnold, Karaçam, Türkiye'nin özellikle yüksek rakımlarında, 4.2 milyon ha üzerinde Türkiye ormanlarında en çok bulunan meşçereler olarak ele alınmaktadır (Anonym, 2008) ve *Pinus Nigra* Arnold çeşitliliği, salt meşçereler olarak Türkiye'nin kuzey bölümünden güney bölümüne kadar 400 ile 1400 metre (m) arasında değişiklik göstermektedir (Saatcioglu, 1976; Fontaine vd., 2007). Karaçam üzerine yapılan araştırmalar, rakım ve coğrafi konumdaki değişimden kaynaklanan sıcaklıktaki değişimin, karbon miktarlarının ayrılması (Jobbagy ve Jackson, 2000;

Fehse vd., 2002; McDougall vd., 2005; Rubioa ve Escudero, 2005; Dai ve Huang, 2006), doğal olarak büyüyen karaçam ormanlarındaki karbon ve depolama kapasitesi (Knoepp ve Swank, 1998; Bonito vd., 2003), nitrojen birikmesi (MacDonald vd., 1997) ve toprak formasyonu(Darwish ve Zurayk, 1997; Butler vd., 2003; Sanjurjo vd., 2003; Riebe vd., 2004) üzerinde fazlasıyla etkili olduğunu kanıtlamıştır. Akdeniz, Avrupa ve Anadolu Yarımadasında (Küçük Asya) bulunan karaçam, genel olarak Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Sırp ladini (*Picea omorika*), Bosna çamı (*Pinus heldreichii*), Avrupa ladini (*Picea abies*), Toros sediri (*Cedrus libani*), Orta Avrupa köknarı (*Abies alba*) ve ilgili köknarları içeren bu türler ile birlikte bulunmaktadır. Ardıç ağacının (*Juniperus spp.*) bazı türleri ve çeşitli geniş yapraklı ağaçlar birlikte bulunmaktadır. Karaçam gelişimi için uygun iklim, yüksek yağış miktarı olan yüksek rakımların soğuk ve dağlık iklimleridir.

*Pinus nigra*, gün ışığını sever. Güneş ışığını kabul eden bir türdür. Gölgeyi sevmez fakat kuraklığa ve rüzgara dayanıklıdır. Ayaz koşuluna karşı dayanıklılık, doğu *P. nigra* subsp. açısından farklılık gösterir. *Nigra*, çok kötü dondurucu sertlik koşulu altında, batı '*P. nigra* subsp. *salzmannii*' dan daha uzun süre hayatta kalmaktadır (yaklaşık -25 °C'ye dayanıklı). Karaçam, bütün toprak türleri üzerinde gelişebilir. Farklı kaynaklar (coğrafi bölgeye göre tohum kaynakları) veya çeşitlilikleri, farklı toprak türlerine adapte edilir. Avusturya ve Pirene kökenleri, çok çeşitli toprak türlerinde iyi bir gelişim göstermektedir, Korsika kökenleri, kireçtaşında zayıf bir gelişim göstermektedir, fakat Türkiye ve Kırım kökenleri, kireçtaşında iyi bir gelişim göstermektedir. Çoğu kaynaklar ayrıca podzolik topraklar üzerinde iyi gelişim göstermektedir.

## 1.9. Çalışmanın Amacı

Burada Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan mevcut çalışmanın temel amacı, Kastamonu, Daday İlçesinde güney bakılarda yetişen Karaçamın (*Pinus nigra*) toprak özellikleri, toprak organik karbonu ve toplam azot içeriği ve depolama kapasitelerinin etkileri üzerinde yükseltinin etkisini incelemektir. Bu amaçla, Karaçamın (*Pinus nigra*) toprak örnekleri, güney bakıdaki iki rakımdan (871 m ve 1189 m) örneklenmiştir. Toprak örnekleri, 0-5cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-



25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden rastgele alınmıştır ve toprak pH değeri, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, toprak makro ve mikro besin konsantrasyonları, toprak organik karbonu (TOC) ve toplam azot (TN) değeri açısından analiz edilmiştir. TOC ve TN depolama kapasitesi daha sonra toprak hacmi, toprak kütlesi ve TOC veya TN içeriği çarpılarak hesaplanmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1.Karaçam Topraklarının Organik Karbonu ve Toplam Azot Depolama Kapasiteleri

Küresel toprakların yaklaşık %40'ı civarındaki toplam toprak organik karbon (SOC) depolaması orman ekosistemlerinde mevcuttur (Batlej, 2002). Himalayan bölgesindeki ormanlar çok sık ormanlar olup, Hindistan'ın yaklaşık olarak %19'unda geniş bir alan üzerinde yayılış göstermekte ve ülkenin SOC rezervlerinin %33'ünü içermektedir (Gupta, 1996). Yüksek rakımlardaki ormanlar biyolojik çeşitlilik açısından zengindir ve ekonomik açıdan çok önemlidir ve ayrıca eşsiz bir toprak değeri olarak koruma karakterinde olduğu kabul edilmektedir. Yüksek rakımlı ormanların korunması ve idaresi, karbon depolamayı doğrudan veya dolaylı olarak koruyan ağaçların varlığından ötürü, toprak karbon depolamasını arttırmak için yararlı yöntemler olabilir. Ağaçların fizikokimyasal ve ekolojik değişiklikler gereği toprak verimliliğini artırma gücü, toprak yüzeyine ulaşan ölü örtünün miktarına ve niteliğine ve ölü örtü ayrışmasına ve besin salınımı oranına bağlıdır (Lal, 1995). Toprak organik karbonu ve azoti üzerindeki yükselti etkisi konusunda Himalaya ormanları üzerine yapılan çalışmalar, rakım ve depolama kapasiteleri arasında güçlü bir bağ olduğunu göstermektedir.

Tüm dünyanın sahip olduğu küresel toprak organik karbon deposu, 1,500-1,550 Pg olarak tahmin edilmektedir (Batlej, 2002). Karasal karbon deposunun bu bileşiği, toprak atmosferinde bunun iki katıdır (720 Pg) ve karasal bitki örtüsündeki organik karbon deposunun üç katından fazladır (560 Pg) (Kimble, 1990). SOC farkındalığı gereklidir ve ayrıca SOC sınırı ve niteliği, toprakların niteliğinin ve verimliliğinin devam ettirilmesi için önemlidir. Hindistan topraklarındaki organik karbon (OC) durumuna dair ilk kapsamlı çalışma, (Jenny, 1960) tarafından gerçekleştirilmiştir. Son on yılda, sera etkisi büyük ilgi çekmiştir ve bu ilgi SOC niteliği, türü, dağılımı ve tutumu ile ilgili çeşitli araştırmaların yapılmasına yol açmıştır (Kimble, 1990). Küresel ısınma ve bunun SOC yönetimi açısından topraklar üzerindeki etkisi, topraklardaki küresel C içeriği için farklı nicel tahminlere yol açmıştır (Lal, 1995). Karbon ve azot depolama üzerinde rakım etkisine ilişkin çalışmalar, toprak azot ve

toprak organik karbon depolarının, soğuk iklimde geçerli olan koşullar altında miktar açısından daha yüksek olduğunu göstermiştir (Dolezal ve Srutek, 2002). İkinci olarak, yükselti ne kadar fazla olursa, toprak gelişimi o kadar yavaşlar ve sığ toprak profilleri meydana getirir.

Toprak organik maddesi, toprak organik karbon ve azot rezervi katmanını meydana getirir, toprak karbon rezervi ise global ısınmadan etkilenmektedir çünkü küresel ısınma global toprak karbon rezervlerini (Couteaux vd., 2002) ve ayrıca bütün ayrışma süreçlerini değiştirmektedir. Organik maddenin ayrışması, toprak hidroskopik nem ve ayrışma oranları tarafından çoğunlukla ve tam olarak kontrol edilmektedir. Ayrışma oranı, artan toprak derinliği ile artmaktadır ve bu da daha fazla toprak neminden dolayı orman mineral toprağında, organik tabakada olduğundan daha fazla ve yüksek mikrobik etkinlik olduğu anlamına gelmektedir (Withington ve Robert Jr., 2007). Benzer konseptteki çalışmalar olarak, Dai ve Huang (2006), önemli denetleyici unsurlar görevi gören çeşitli faktörler olduğu sonucuna varmıştır ve bu faktörler toprak organik maddesi ile ilişkilidir ve sıcaklık ile negatif korelasyona ve yağış ve rakım ile pozitif korelasyona yol açmaktadır. Tsui vd.,(2004), çalışmalarını, topografya ve arazi şekillerinin toprak kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerine yoğunlaştırmıştır ve ayrıca Rezaei ve Gilkes (2005), çalışmalarında eğimin karbon birikmesi üzerindeki etkisi üzerine büyük bir önem vererek, arazi şekillerinin ve rakımın toprak kimyasal özellikleri üzerinde bir etkisi olduğunu bildirmiştir. Bunun yanı sıra, Rubioa ve Escudero (2005) bölgesel iklimle ilişkili olarak karbon birikmesini, karbon sızıntısını (dekarbonizasyon) incelemiştir.

Azot, atmosferde yüksek miktarlarda mevcuttur ve en önemli besin elementlerinden biridir ve ekosistemlerdeki besin düzeyini kontrol etmektedir. Dünyadaki ılıman bölgelerin, yüksek azot akışları ve bu bölgelerdeki ormanlarda azot birikmesi vardır, azot akışı ve döngü oranı ise, ayrışmanın yavaş olduğu yerlerde düşüktür ve bu ayrışma alanlarında azot, baskılanmış besine neden olan organik moleküllere bağlıdır (Bonito vd., 2003). Schmidt vd.,(1999) ile Dai ve Huang (2006)'e göre toprak oluşumu ile makro ve mikro besin element döngüleri, rakımlardan etkilenmekte ve yükseltideki değişiklikten dolayı yer yer farklılık göstermektedir. Yüksek rakımlarda, iklim genel olarak düşük sıcaklıklara sahiptir ve yüksek kar

basıncı, mikroorganizma etkinliklerinin yavaşlatılmasına neden olur ve bodur bitki örtüsü, doğal olarak zamana göre besini organik madde içinde yoğunlaştırır. Karaçamın varlığı ve yayılışı, yüksek dağlık arazilerde ve ikinci derecede gübrelenmiş alanlardadır. Dağlık arazilerdeki karaçam ormanlarının varlığı ve özellikleri üzerine yapılan araştırma, arazi şekilleri ve rakımlarının etkilerini göstermektedir.

Farklı rakım ile değişiklik gösteren yağışın ve sıcaklığın, toprak oluşum süreçleri üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Orman toprakları, N, P, S, K, Na, Mg ve bazı mikro besinleri kapsayan bitki örtüsü için önemli besin kaynaklarıdır. Powers ve Schlesinger (2002)'e göre, yüksek rakımlardaki tropik yağmur ormanları düşük toprak organik karbonu içermektedir. Elliot (2003), yangın veya başka doğal problemlerden dolayı yok edilen üst bitki tabakası örtüsünün toprak erozyonunu etkileyebileceğini ve bu yüzden de üst yüzey katmanının toprak organik karbon depolamasının değişeceğini incelemiştir. Orman yangını, yüksek rüzgar hızı, felaketler ve böcekler, doğal problemler ile ilişkilidir. Doğal karışıklıklardan dolayı toprak sıcaklığındaki ve toprak nemindeki değişiklikler, toprak niteliği ve biyolojik kütle miktarı ile olan farklılıklar ile toprak karbon deposunu, farklı toprak türlerini etkileyebilir ve son olarak toprağa karışabilir.

Ortalama 1400m-1700m rakıma sahip Türkiye, Balıkesir'deki bir çalışmaya göre (Sevgi ve Tecimen (2008), rakımın orman zemini ölü örtüsü ve ayrışan maddeden salınan besin miktarı ile belirgin bir ilişkisi olmadığı halde, yükselti organik madde üzerinde fazla etkisi yoktur. Ayrıca, L+F ve H katmanlarının organik madde içerikleri (%) ve sırasıyla 0.342 ( $P < 0.05$ ) ve 0.597 ( $P < 0.01$ ), katsayı değerleri olan rakım arasında negatif bir bağ vardır. L+F katmanının toplam azot içeriği de, rakım (0.368;  $P < 0.05$ ) ile bir ortam ilişkisi ortaya çıkararak yükselti yoluyla artış göstermiştir. Yüksek toplam azot miktarı ve düşük organik madde içerikleri, iklimsel değişiklikler başlatan rakım ne olursa olsun daha yüksek alanlardaki ayrışma oranlarını açıklamıştır. Ayrışma oranı, rakım ne olursa olsun ağaçların üst bitki örtüsü ile kolaylaştırılan mikroiklimsel ortama bağlı olarak, orman zeminindeki ölü bitki birikiminin ayrışmasını hızlandıran açık ve kapalı üst bitki tabakaları yüzünden, üst bitki tabakası ile ilişkilidir.

(Kempe, 1979), karbon döngüsünün atmosfer, okyanus, karasal sistemler ve jeolojik rezervler gibi farklı rezervler arasındadöndüğünü açıklamıştır. Johnson ve Kerns (1991)'egöre, ozon tabakasının hasarından sonra, tüm dünya sera etkisine ve karbon dağılımı, nitelikleri, davranışı ve türleri gibi ilgili unsurları anlamaya sürüklenmiştir. Bütün ilgili çalışmalar, iklim değişikliğine ve topraklardaki iklim organik madde yönetimine ve ayrıca karasal rezervler açısından daha iyi bir karbon depolaması anlayışına doğru ilerlemektedir. Murty. D. vd. (2002), toprak karbonunun küresel karbon döngüsüne bağlı olduğunu açıklamıştır. Bu da, tüm küresel döngünün önemli bir bileşimidir. CO<sub>2</sub>yönetimi, yeryüzündeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu kesin bir şekilde etkileyebilir. Orman arazisi tarım arazisine dönüştürüldüğü zaman büyük miktarda toprak karbonu (C) serbest bırakılır. Bu da orman arazisini tarım arazisine dönüştürme amacı olmadan yönetilebilir. N değeri C'den daha yüksek olduğu zaman, C:N oranı düşer. C:N oranı değerleri arttığı zaman, N miktarı orman ekosisteminde azalmaktadır. (Post vd., 1982)'ye göre, orman toprak karbon depolamasını etkileyen çeşitli büyük ve küçük unsurlar mevcuttur. Temel ve önemli unsur iklimdir. Temel iklimsel faktörleri, yağış miktarı, potansiyel su kaybıdır ve potansiyel su kaybı ve yıllık yağış arasında önemli bir bağ vardır. Potansiyel su kaybındaki azalmanın, toprak organik karbonunda artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. (Lal. R., 2005)'e göre, toprakların denge içerisinde olduğu, toprak-bitki örtüsü oranının rakımları ve ayrıca karbon yoğunluğunu yükselttiği doğal orman ekosisteminde yüksek karbon yoğunluğu gözlemlenmiştir. Ilıman ormanlardaki toprak karbon ayrılması, sera gazlarındaki hızlı değişikliklere karşı atmosferik kimyada önemli bir rol oynamaktadır. Bohn(1976,1982), Buringh (1984) ve Kimble vd. (1990), topraktaki global karbon miktarını tahmin etmiştir. (Eswaran. H. vd., 1993)'e göre, topraklardaki karbon yüzdesi yeryüzündeki biyolojik kütledeki karbon miktarından yaklaşık üç kat daha fazladır ve ayrıca atmosfer içinde önemli bir miktarda bulunmaktadır. Ormansızlaştırma, depolanan C'nin kaybedilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yaklaşık olarak 1576 Pg miktarındaki C, dünyadaki topraklarda tutulmaktadır, fakat %32'si tropikal alanlardaki orman toprağında depolanmıştır. Dixon vd. (1994), orman örtüsü ve orman topraklarının yaklaşık 1240 Pg karbon içerdiğini ve bu karbon deposununrakımlar ile değişiklik gösterdiğini göstermiştir. Yaklaşık olarak %37 düşük rakımlarda, %14 ise orta rakımlarda mevcuttur fakat yüksek rakımlarda %49 karbon depolama mevcuttur.

Vogt. K.A. vd. (1986), herdem yeşil olan ormanların, orman toprakları üzerindeki orman zemini üzerinde, aynı iklimsel bölgedeki yaprak döken ağaçlardan daha kalın ölü örtü kütlelerinin olduğunu gözlemlemiştir. Priha vd.(1999)'e göre, ağaç türleri, toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri, besin döngüsü, amonyaklaşma, nitratsızlaştırma, nitrataştırma süreci, katyon değişimi, toprak pH değeri dahil bütün çevresel faktörleri etkilemektedir. Ölü örtü dinamikleri, orman ekosistemlerinde önemli bir besin döngüsü açısı ve enerji transferi oluşturmaktadır (Maguire, 1994). Blagojevicvd. (2016), Bosna-Hersek'teki Karaçam üzerine olan ayrıntılı bir araştırma, toprak özelliklerinin ve iklimin büyüme oranı açısından en önemli unsurlar olduğunu bildirmiştir. Vişegrad alanının, uzun, sıcak yazların ve soğuk kışların nitelendirdiği ılıman bir kıtasal iklimi vardır. Karaçam ağacının çap genişliği, iklim koşulları ile ilişkilidir çünkü örneği değiştirebilir ve mevcut çapı farklılaştırabilir bu sebeple de önemli bir unsurdur. *Pinus Nigra* Arnold, nemdeki artışa göre değişmektedir ve nem artışına reaksiyon göstermek için büyük bir kapasite göstermektedir. Azot içeriği ise, humus içeriğine bağlıdır. C:N ilişkisinin, 15 bir değeri vardır ve bu da mineralleşmenin kısmen elverişli olduğunu göstermektedir ve daha üst değerli bir humus türünün formasyonuna yol açmaktadır. Arazinin topraklarının C:N oranı vardır, C:N oranı, bölgenin bir biyo-iklimsel koşullarına bağlı olan coğrafi dağılımlarına bağlıdır. Eğer karbon-azot oranı daha düşük olursa, mineralleşme daha hızlı olur ve organik madde miktarı daha az olur. Toprak temel olarak nötrdür ve nadir olarak zayıf bir asit derecesine sahiptir. Kompleks adsorbsiyonun, %62.77-88.98 olan yüksek bir baz doymuşluk derecesi vardır. Toplam adsorbsiyon kapasitesi ve bazlar toplamı, yaklaşık olarak eşit 21.15-47-39cmol/kg değerlerine sahiptir. Üst topraktaki fosfor içeriği, 5.3 mg/100g topraktır. Kolaylıkla erişilebilen potasyum içeriği, 2.8-10.6 mg/100 g (daha derin katmanlar) ve 5.8-19.1 mg/100g (üst katmanlar) şeklindedir. Blagojevic vd. (2016)'ya göre, karaçam ormanları farklı kaya türleri üzerinde yetiştirilmektedir, gözlemlenen pH değeri 8.22'dir, humuslaşma ve mineralleşme süreçleri bu pH değerlerinde elverişlidir ve C:N oranı yaklaşık 14'tür. Toplam potasyum, 31.60 mg/100g'dır. Makro besinlerin değerleri ve pH değeri, üst topraktan alt toprak katmanlarına göre değişmektedir, pH aralığı farklı rakımlar üzerindeki farklı ilgili unsurlardan dolayı, 6.5-8.22 arasında gözlemlemiştir.

Papaioannou, (2015), Rusya ve Kuzey Yunanistan'daki Karaçamı incelemiştir. Orman zeminindeki organik madde ve besinlerin (N, P, K, Ca, Mg ve Na) konsantrasyonunu ve Kuzey Yunanistan'daki daha yüksek rakımlardaki üç farklı Karaçam meşçeresine göre Athos Dağındaki Rusya Manastırı bölgesinde yetişen Karaçam meşçerelerinin toprağını kıyaslamıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, Athos Dağındaki Karaçam meşçerelerindeki orman zemininde daha yüksek organik madde ve besin konsantrasyonu mevcuttur. İklim, düşük rakım ve muhtemelen türlerin kaynağı, orman zemininde bulunan yüksek organik madde ve besin birikmesi için temel sebeplerdir.

Brady (1990), orman ekosisteminin orman zemininin, orman toprağı üzerindeki orman zemini üzerindeki çözülmüş veya çözünmekte olan kesitleri içerdiğini ve bozunumdan sonra besinlerin aslında orman ekosisteminin biyojeokimyasal süreçler vasıtasıyla salındığını açıklamaktadır; bu ekosistemde, topraktaki ve bitkideki veya ağaçtaki yüksek miktarlardaki atmosfere bağlı olan ayrıştırıcılar, karbonu ve N'yi geri dönüştürmektedir. Fischer ve Binkley (2000)'ye göre, ölü örtünün biriktiğı orman zemini aslında bir fonksiyondur. Bu fonksiyon, pozitif şekilde hareket etmektedir ve ayrışma negatif bir fonksiyon olarak görülmektedir. Mudrick vd.(1994), çok iyi biline alan verimliliğine göre orman zemin bileşenlerinin önemini incelemiştir. Orman ölü örtüsünün ayrışması, besin döngüsü süreçleri için organik ve inorganik bileşiklerin ve elementlerin birikmesi açısından tek temel kaynaktır. İklim koşulları (Florence ve Lamb,1975; Kozlowski vd., 1990; Hart vd., 1992), türler, eğim, konum (Bale ve Charley, 1994; Mudrick vd., 1994), ölü örtü tedariki (Fritze, 1988; Nakane, 1995), diri örtü bitki örtüsünün zenginliği (Prescott vd., 1989), asit derecesi (Berger ve Glatzel,1994), toprak verimliliğı (Klemmedson, 1987), ölü örtü niteliğı (Berg ve Staaf, 1980; Berg, 1984; Lisanetwork ve Michelsen, 1994) ve biyolojik etkinlik (Edwards vd., 1973) orman ölü örtüsünün ayrışmasına katkıda bulunan faktörlerdir.

Richard vd. (1993)'e göre, kök solunumu ve kök ölü örtüsü, toprak solunumuna bağlıdır. ABD'deki karışık sert ağaç ormanlarına dair bir çalışma, yeni biriktirilmiş ölü örtünün zemin ölü örtüsünün altından salınan, %31 karbon dioksit eklediğini keşfetmiştir. Toprak solunumu, kök solunumuna dayanmaktadır. Canlı kök sistemi

ve kök ölü örtüsü ayrışan materyali, orman ekosisteminde toprak solunumuna yaklaşık olarak %70-80 katkıda bulunarak, toprak solunumunda önemli bir rol oynamaktadır. Umsan vd., (2000), besin elementinin orman zemininden salındığını bulmuştur. Sıcaklık, ayrışma sürecini kontrol eder, düşük sıcaklık ise ayrışmayı azaltır, yüksek rakımlarda vejetasyon süresini kısaltır. Azot ve karbon döngüleri, yüksek rakım çevrelerindeki sert çevresel koşullar altındaki orman zemini materyalinin ayrışmasını kontrol etmektedir. Toprak organizmaları, değişen iklimsel faktörle ve ölü örtünün doğası, bütün ölü örtü ayrışma süreci ile bağlantılıdır, bu orman ekosistemlerinin en hayati süreçlerinden biridir. Perez vd.(2003), mikrobik metabolizma için enerji aktaran, ölü organik maddede bulunan N'nin mineralleşme süreci, bitki artışı için uygun inorganik N sağlamaktadır. Knoepp ve Swank (1998), Dilly vd. (2001), rakımın mikrobik etkinlikleri kontrol eden en önemli unsur olduğunu gözlemlemiştir. Niklińska ve Klimek (2006), nitratlaşma oranları ve azot mineralleşmesinin, mikrobik solunum oranı formunda, mikrobik etkinliğe bağlı olduğunu keşfetmiştir.

Scarsbrook (1965)'e göre, toprak elverişliliği aslında köklenme alanında mevcut olan yararlı azot formalarının miktarıdır. Bitki ve ağaçların büyüme için etkili olduğu, kompleks formdan kullanılabilir forma kadar azot değişim oranı mevcuttur. Azot miktarı ağaçlar için uygundur ve ayrıca ihtiyaçtan daha az olan sınırlı bir miktardadır. Keeney (1980) ve Binkley (1986)'ye göre, orman ekosisteminde azot elverişliliği ağaç üretimini kısıtlayabilir. Azot elverişliliğini hesaplamak ve tahmin etmek için çeşitli araç-gereçler ve yöntemler mevcuttur. Chapin vd. (1986)'ye göre, tüm orman ekosistemi farklı türlerde ağaç cinsinden, meşçere yaşından, toprak neminden oluşmakta ve bütün unsurlar azot tedariki ve N kısıtlamasını etkilemektedir. Orman ekosistemi, tarımsal ekosistemden farklıdır. Orman zemini, ölü örtü, ağaç türlerinin dağılımı, düzensiz köklenme sistemi açısından farklıdır. Bütün bunlar, N sirkülasyonu dahil besin döngülerine karmaşıklıklar eklemektedir, orman toprağındaki N elverişliliğini tahmin etmek çok zordur. Natelhoffer vd.(1988), organik madde formasyonunun ve ayrışma sürecinin incelenmesi için N ve C izotopik değerlerini gözlemlemiştir. Ölü örtü girdilerinin, N ve C izotopik değerlerini düşürdüğünü ve ayrıca ölü örtü girdisi yüksek olduğu zaman, N ve C izotopik değerlerinin düşük, sırasıyla N için 3.8 ve -1.6% ve C için 27.3 ve -28.2 olduğunu



bildirmiştir. Daha derin orman topraklarında ise daha yüksek değerler elde etmişlerdir.



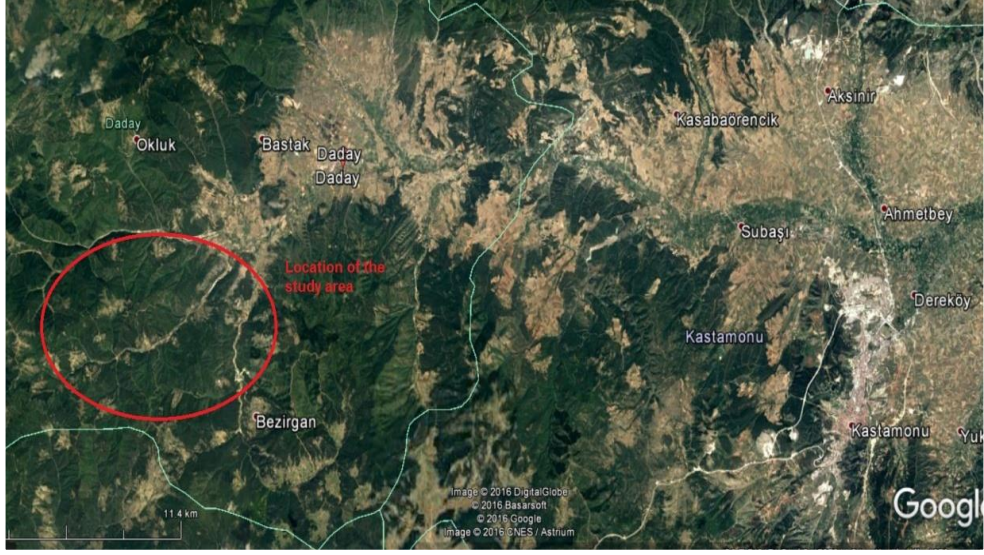
### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Örnekleme Alanının Tanıtımı

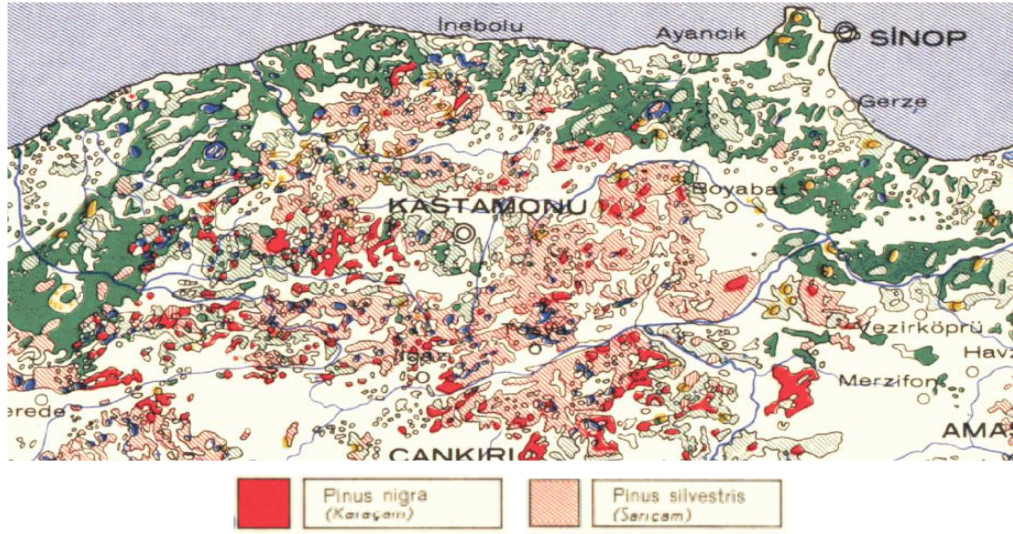
Bu çalışma, dik yamaçları olan (%40 ve %60 arasında değişen) ve yüksek rakımlı (3000m'ye kadar) dağlık bir alan olan, Türkiye, Kastamonu ilinin kuzey batısındaki (41°28'43" N, 33°28'00" E) Daday'da gerçekleştirilmiştir (Harita 1). Çalışma alanının konumu Harita 2'de gösterilmiştir. Alanda, hem kuzey hem de güneye bakan alanlar, yaygın şekilde ya saft ya da tür karışımları halinde olan *Pinus sylvestris* (Sarıçam) ve *Pinus nigra* (Karaçam) ağaçları ile kaplanmıştır. *Fagus orientalis* (Doğu kayını) ve *Quercus* spp (Meşe) gibi bazı meşçereler, Sarıçam ve Karaçam ile görülebilir. Her bölgede bu yükseklikler üzerinde gelişen bariz orman yapı çeşitleri, yaprak döken- iğne yapraklı ormanlardır (650-1100 m) ve iğne yapraklı ormanlardır (1100-1600m) (Harita 3). Çalışma alanının alt kısmında bulunan yeşil çimenler, eğrelti otları ve otlar arasında yer alırken, eğimin üst kısmı gelişmekte olan mevsimlik otsu bitkiler tarafından kaplanmıştır. Kış mevsiminde zemin karla korunmuş, yamacın üst kesimlerinde daha kuvvetli bir haritada toplanmış ve 2 metreye kadar derinlik kazanmıştır. Kar; alt kısımlardan ziyade üst parçalarda daha uzun kalmaktadır. Kuzeye bakan yamaçlar güneye bakan yamaçlardan daha fazla kar birikimi göstermektedir. Ancak ilkbahar karı, güneye bakan yamaçlarda, kuzey yönündeki yamaçlarda olduğundan daha hızlı erimektedir.



Harita 1. Çalışma alanının konum haritası



Harita 2. Google haritalarda çalışma alanının konum haritası



Harita 3. Çalışma alanına dağılan en yaygın ağaç türleri (*Pinus nigra* and *Pinussylvestris*)

### 3.2. Çalışma Alanının İklimi

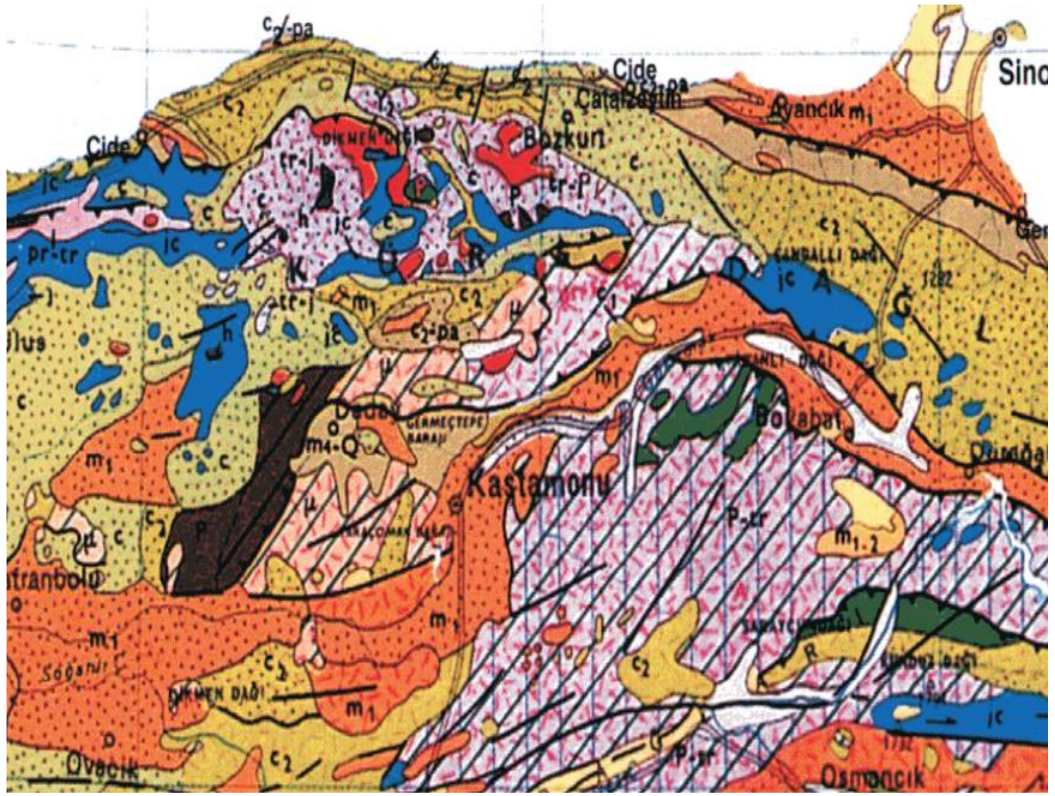
Çalışma alanının iklimi, uzun, soğuk ve karlı kışlara sahiptir, fakat yazlar kısa ve ılıktır. Yağış genel olarak düşüktür, mevsimsel ve günlük sıcaklıklar ise büyük uç değerler sergilemektedir. 1975-2010 süresi için hava verileri (Kastamonu Meteoroloji İstasyonu, 800 m a.s.l) (Tablo 1), yağış ortalamasının yıllık olarak 489 mm'yi bulduğunu ifade etmektedir ve en yüksek miktarlar Mayıs ayındadır (71.1 mm) ve en düşük miktarlar Şubat ayındadır (25.8 mm). Ortalama aylık sıcaklık, Temmuz ayında 20.2 °C ve Ocak ayında -0.8 °C arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. 1975-2010 yılları arası meteorolojik veriler

Meteorolojik veriler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık	-0,8	0,6	4,3	9,5	13,8	17,4	20,2	19,8	15,5	10,4	4,5	0,6	9,6
Maks. Ortalama Sıcaklık	11,0	14,3	21,4	25,6	28,6	32,0	34,3	34,5	31,5	26,7	18,2	12,6	24,2
Min. Ortalama Sıcaklık	-12,7	-12,3	-8,3	-3,0	0,8	4,9	8,3	7,8	3,2	-1,1	-5,7	-10,4	-2,4
Ortalama Yağış	30,9	25,8	32,1	56,3	71,1	61,6	37,2	33,6	32,3	38,4	32,3	37,6	489,0
Günlük Maks. Yağış	10,3	8,8	10,5	15,7	18,8	18,5	15,2	16,6	14,2	16,5	10,8	13,0	18,8
Ortalama Nem	75,5	70,7	66,5	65,5	65,1	63,1	59,8	60,8	64,9	71,0	75,6	77,6	68,0
Min. Nem	41,5	35,3	25,7	25,7	27,0	26,3	25,1	23,8	25,7	28,0	37,6	41,9	23,8
Karla kaplı günler	15,6	10,4	5,3	2,0							2,7	10,0	46,0
Buzlu günlerin sayısı	25,3	22,0	16,8	4,2	1,7					3,4	13,2	21,8	109,0
Sisli günlerin sayısı	6,4	2,3	1,6	1,3	1,9	1,0	3,0	1,0	3,0	2,4	4,5	7,6	35,9
En hızlı Rüzgar Yönü ve Hızı	SWW 4,3	SW 4,8	SWW 5,4	SWW 5,4	SWW 4,6	SWW 4,5	NWW 4,3	N 4,0	SWW 4,1	SWW 3,9	SW 4,0	SW 4,3	SWW 5,4
Ortalama Rüzgar Hızı	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2

### 3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma bölgesi, denizel batı Karadeniz havzasının güney pasif kenarındaki Kastamonu'nun yakınındaki Daday'dır, Türkiye'nin Merkez Pontidlerinin bir parçasıdır. Arach-Daday birimine bağlıdır, bu birimin kayaları Mezozoik çağın kayaları ile kaplı olan yeraltında ve en üstte farklıdır. Kuzey Batıda Zonguldak havzasını ve güney batıda Ulus havzasını oluşturan Tristan kütlesi boyunca parçalara ayrılmıştır. Bu havzaların her ikisi de, Arac-Daday şir-bölgenin doğusuna erken Senozoyik dönemde deforme edilmiştir, kuzeyden derinleşen Sinop havzası kuzeyde pontidlerin yapısına yön vermektedir. Daday'ın jeolojisinde, nerdeyse antik Kambriyan çağından önce Metamorfik kaya türleri mevcuttur, bölgedeki jeolojik konumda beş tane kaya vardır, Metamorfik kayalardan oluşan türler vardır. İncelenen alanın ana materyali, temel olarak bir granit/kuvars karışımıdır. Çalışma alanındaki jeomorfoloji ve ağaç türleri dağılımı Harita 4'de gösterilmektedir.



### Stratigrafi / Stratigraphy

Q	Q	Kuvaterner / Quaternary
m <sub>4</sub> -Q	m <sub>4</sub> -Q	Pliyo - Kuvaterner / Plio - Quaternary
T	m <sub>4</sub>	Pliyosen / Pliocene
	m <sub>3-4</sub>	Neojen / Neogene
	m <sub>3</sub>	Miyosen / Miocene
	m <sub>2-3</sub>	Oligo / Miyosen / Oligo - Miocene
	m <sub>2</sub>	Oligosen / Oligocene
	m <sub>1-2</sub>	Eosen - Oligosen (Teke Toroslarında ve GD'de Miyosen dahil) Eocene - Oligocene (In Teke Taurus and SE, Miocene included)
	pa-m <sub>2</sub>	Paleojen / Paleogene
	m <sub>1</sub>	Eosen / Eocene
	pa-m <sub>1</sub>	Paleosen - Eosen / Paleocene - Eocene
	pa	Paleosen / Paleocene
M-m <sub>2</sub>	M-m <sub>2</sub>	Mesozoyik - Oligosen (Yerel Alt Miyosen dahil) Mesozoic - Oligocene (Locally Lower Miocene included)
C <sub>2</sub> -m <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> -m <sub>1</sub>	Üst Kretase-Eosen (Eosen çoğunlukla İlerdiyen - Kulziyen) / Upper Cretaceous-Eocene (Eocene mainly İlerdiyen-Cuisian)
C <sub>2</sub> -pa	C <sub>2</sub> -pa	Üst Kretase - Paleosen / Upper Cretaceous - Paleocene
M	C <sub>2</sub>	Üst Kretase / Upper Cretaceous
	c	Kretase / Cretaceous
	C <sub>1</sub>	Alt Kretase / Lower Cretaceous
	ic	Jura - Kretase / Jurassic - Cretaceous
	j	Jura / Jurassic
	tr-j	Triyas - Jura / Triassic - Jurassic
	tr	Triyas / Triassic
	M	Mesozoyik / Mesozoic
	PM	Paleozoyik - Mesozoyik (Mesozoyik genellikle Triyas) / Paleozoic - Mesozoic (Mesozoic mainly Triassic)
	P-tr	P-tr
pr-tr	pr-tr	Permo - Triyas / Permo - Triassic

pr	pr
pr-h	pr-h
h	h
d	d
sd	sd
s	s
o	o
k	k
p	p
PE	PE
veya or	veya or
μ	μ

pr	Permiyen / Permian
pr-h	Permo - Karbonifer / Permo - Carboniferous
h	Karbonifer / Carboniferous
d	Devoniyen / Devonian
sd	Silüriyen / Devoniyen / Silurian - Devonian
s	Silüriyen / Silurian
o	Ordovisiyen / Ordovician
k	Kambriyen / Cambrian
p	Paleozoyik / Paleozoic
PE	Prekambriyen veya yaşı bilinmeyen / Precambrian or age unknown
veya or	veya or
μ	μ

### Magmatitler / Magmatics

Asit ve ortaç intruzifler / Acidic and intermediate intrusives	
Mesozoyik - Miyosen (Çoğunlukla Tersiyer) / Mesozoic - Miocene (mainly Tertiary)	Y <sub>3</sub>
Paleozoyik - Orta Jura / Paleozoic - Middle Jura	Y <sub>2</sub>
Paleozoyik veya daha eski / Paleozoic or older	Y <sub>1</sub>

Bazit ve Ultrabazitler / Basic and Ultrabasic	
Peridotit, piroksenit, gabro, diyabaz v.b. / Peridotite, pyroxenite, gabbro, diabase etc.	

Vulkanitler / Volcanics	
Karasal vulkanitler / Subaerial volcanics	
Tüf (Piroklastik) + Karasal Vulkanitler / Tuffs (Pyroclastics) + Subaerial volcanics	
Sediment arakatlı denizaltı vulkanitleri / Submarine volcanism with sedimentary interca	

Ayrılanmamış Kayalar / Undifferentiated roc	
Yaşı ve litolojisi belirlenmemiş magmatitler / Age and lithology undetermined magmatics	

Harita 4. Çalışma alanının jeomorfolojisi

### 3.4. Arazide Toprak Örneklemesi

İki yamaç konumu, güney bakı üzerinde en üstte (1189 m) ve en altta (871 m) seçilmiştir. Alanın yamaç açıları, %45 ile %55 arasında değişmektedir. Güneye bakan alanlar üzerindeki en üst yamaçlarda genel olarak Karaçam ağaçları hakimdir, fakat Sarıçam ağaçları da civarda görülmektedir. Güneye bakan alanlar üzerindeki en alt yamaçları Karaçam ağaçları kaplamıştır (Fotoğraf 1).



Fotoğraf 1. 1189 m rakımdaki Karaçam meşçeresindeki çalışma alanı

Karaçamın (*Pinus nigra*) toprak örnekleri, güney bakıdaki iki rakımdan (871 m ve 1189 m) elde edilmiştir. Her bir alanda, birkaç olgun ve uzun ağacın yaşı boyu, çap (göğüs yüzeyindeki çap) ölçülmüştür ve ağaç yapısı not edilmiştir. Üst bitki tabakası, her bir alandaki ölü örtü miktarı tahmin edilerek görsel olarak alanda belirlenmiştir. Toprak örnekleri, her alanda üç toprak çukuru kazılarak 0-5cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden rastgele alınmıştır (Fotoğraf 2). Her toprak çukurundan iki silindir numune de alınmıştır ve ortamala hacim ağırlığını belirlemede kullanılmıştır.



Fotoğraf 2. Toprak çekirdekleri kullanılarak farklı toprak derinliklerine göre toprak numuneleri almak için toprak çukurlarının kazılması

### 3.5. Toprak Örneklerinin Hazırlanması ve Analizi

Toprak numuneleri laboratuvarında hava kurusu hale getirilmiştir (Fotoğraf 3) ve daha sonra 2 mm göz genişliğinde elekten geçirilmiştir. İşaretli plastik torbalara koyulmuş ve kimyasal analize kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir (Fotoğraf 4 ve Fotoğraf 5). Toprak örnekleri, toprak pH değeri, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, toprak makro ve mikro besin konsantrasyonları, toprak organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) içeriği yönünden analiz edilmiştir. TOC ve TN depolama kapasitesi daha sonra toprak hacmi, toprak kütlesi ve TOC veya TN içeriği çarpılarak hesaplanmıştır.



Fotoğraf 3. Toprak numunelerinin havayla kurutulması





Fotoğraf 4. Analizlerden önce numunelerin hazırlanması



Fotoğraf 5. Elekten geçirilen toprak numuneleri, plastik torbalara koyulmuş ve numaralandırılmıştır

### 3.6. Toprak Örneklerinin Analizi

#### 3.6.1. Toprak pH değeri

Toprak pH değeri, toprak özellikleri ve besin alınımı ile ilgili bilgi veren, önemli bir kimyasal özelliktir ve toprak pH değeri asit derecesi, temel ve nötr açıdan, elektrot, saf su, pH 7.0 tampon çözelti, pH 4.0 tampon çözelti ile pH metre kullanılarak gözlemlenmiştir.

Toprak pH değeri, 10 g arazinin nemli toprağı ile 25 ml deiyonize su 50 ml deney şişelerinde karıştırılarak ölçülmüştür (Fotoğraf 6). Toprak süspansiyonu pH değeri, bir Orion 240 dijital pH metreye uygun bir kombine cam kalomel elektrotu kullanılarak 30 dk. sonra ölçülmüştür. pH metre pH 4 ve pH 7 tampon çözeltiler kullanılarak kalibre edilmiştir (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 6. pH analizi için hazır olan toprak numuneleri



Fotoğraf 7. pH metre ile pH değerinin belirlenmesi

### 3.6.2. Toprak Tekstürü

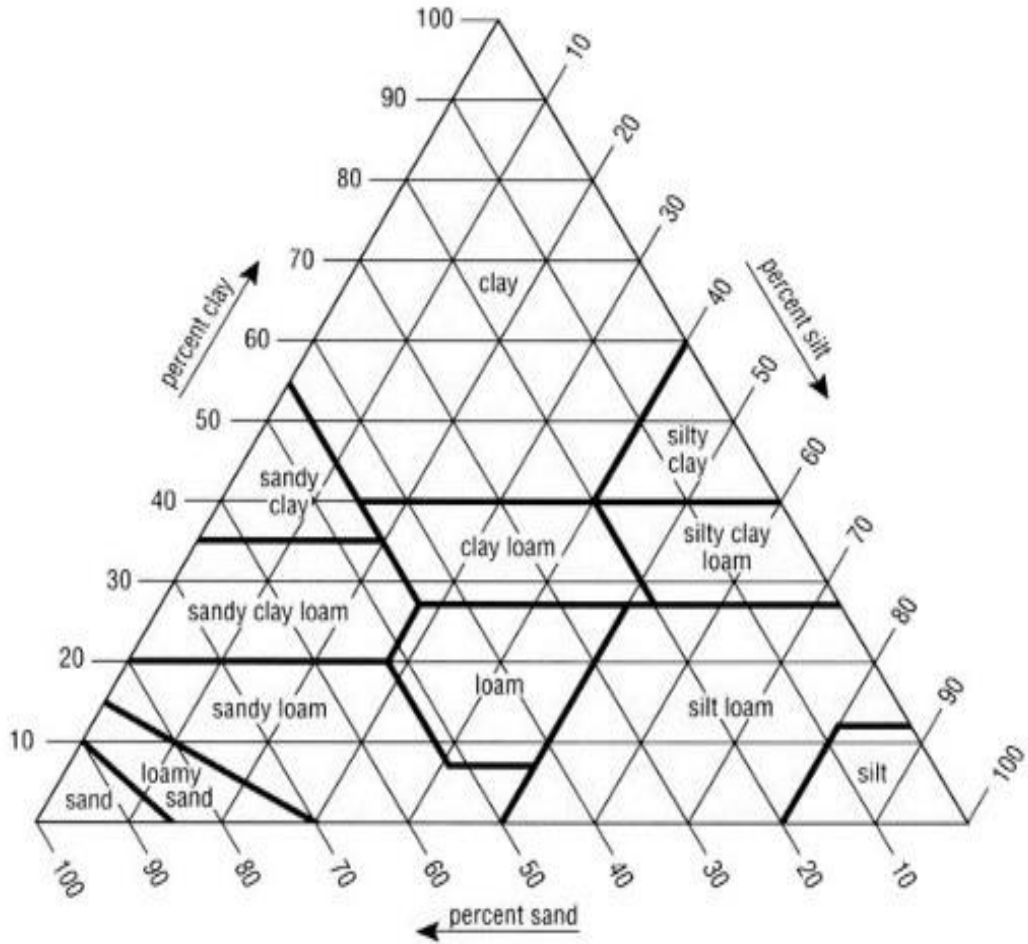
Süspansiyondaki kumun, tozun ve kilin partikül boyutunun tahmin edilmesi, Stoke Yasasına dayanarak hidrometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standart oksidan olan Hidrojen Peroksit kullanılarak organik madde ayrıştırılmıştır (Day, 1965). Toprak partikül boyutu dağılımı, organik madde (OM) hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) kullanılarak ayrıştırıldıktan ve sodyum heksameta fosfat ( $Na_6P_6O_{18}$ ) ile toprak çözüldükten sonra 1 L  $H_2O$  içinde 50 g topraktan oluşan bir toprak süspansiyonu içinde Bouyoucos hidrometrik yöntemine göre (Bouyoucos, 1962) belirlenmiştir. Toprak numunelerine, setreleştirme ve yumuşaklaştırma kimyasallarının ortadan kaldırılması için NaOH ile işlem yapılmıştır. 50 gm toprak numunesi, NaOH çözeltisi ile, 24 saat boyunca suda bekletilmiştir. Kum ve kil için sırasıyla 40 saniyede ve 2 saatte okumalar yapılmıştır (Fotoğraf 8 ve Fotoğraf 9). Doğru tekstür sınıfı için USDA tekstür üçgeni kullanılmıştır (Şekil 1).



Fotoğraf 8. Hidrometre doku analizinden önce toprak numunesinin suda bekletilmesi



Fotoğraf 9. Hidrometre yöntemine göre doku belirlenmesi



Şekil 1. USDA dokusal üçgeni

### 3.6.3. Hacim Ağırlığı ve Boşluk Yüzeyi

Her bir derinlik kademesinden alınan iki bozulmamış toprak silindir numuneleri, kuru hacim ağırlığının belirlenmesi için toplanmıştır. 4 cm yüksekliğinde ve 5.6 cm çapında olan silindirler, bir tahta tokmak aracılığıyla toprak içine dikey olarak saplanmıştır. Silindirler, bir bıçak kullanılarak dikkatli bir şekilde kazıp çıkarılmıştır ve her iki uçtaki fazla olan toprak silindir kapatılmadan önce çıkarılmıştır. Daha sonralaboratuarda arazinin nemli toprak numuneleri tartılmış ve ( $V= \Pi r^2 h$ ) formülü kullanılarak toprak numunelerinin toplam hacmi belirlenmiştir. Fırında kurutulan ağırlık için ise, numuneler 24 saat boyunca 105 °C sıcaklıkta bir fırına yerleştirilmişlerdir (Fotoğraf 10 ve Fotoğraf 11). Toprağın kuru hacim ağırlığı daha sonra aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

**Hacim ağırlığı (g cm-3) = fırın-kuru toprak kütlesi (g) / toprağın hacmi (cm3) (3.1)**

Yüzde boşluk alanı, hacim ağırlığı (BD) ve Özgül ağırlık (PD) (Brady ve Weil, 2002) değerlerinden hesaplanmıştır:

**Toplam boşluk alanı (%) = (1-BD/PD) x 100 (3.2)**



Fotoğraf 10. Fırına koyulan toprak numunelerinin kitle yoğunluğunun belirlenmesi



Fotoğraf 11. Toprak numunesinin tartılması

### 3.6.4. Nem İçeriğinin Belirlenmesi ve Ateşte Kayıp (LOI)

Kuru ağırlık ve ateşte kayıp tayininde kullanılan silika kurozeler iyice yıkanmıştır. Bir saat süreyle 105 ° C'de bir fırın içine yerleştirilmiş, soğutulmuş ve bir desikatörde gerekli olana kadar saklanmıştır. Beş gram nemli toprak önceden tartılmış bir fırında kurutulmuş silika kurozeler içine tartılmış ve 105 ° C'de bir gece boyunca bir fırın içine yerleştirilmiştir. Daha sonra bir desikatörde soğuttuktan sonra potalar tekrar tartılmıştır.

Fırın-kuru toprağı ihtiva eden kurozeler daha sonra 850 ° C'de bir fırına 30 dakika süreyle aktarılmıştır. Potalar ve içindekilerin bir desikatörde soğumasına izin verilmiş ve Ateşte Kayıbı belirlemek için yeniden tartılmıştır. Ateşte Kayıp daha sonra fırında kurutulan toprağın ağırlığına göre bir yüzde olarak ifade edilmiştir. Nem içeriğı (MC), nemli topraklara ve Ateşte Kayıba göre kuru ağırlığın% 'si olarak ifade edilmiştir. Her iki hesaplama da denklemlerle aşağıda gösterilmektedir.

$$\% \text{MC} = \frac{\text{Nemli toprak kütlesi} - \text{Kurutulduktan sonra toprağın kütlesi} \times 100}{\text{Nemli toprağın kütlesi}} \quad (3.3)$$

$$\% \text{LOI} = \frac{\text{Fırın kuru toprağın kütlesi} - \text{kurutulduktan sonra toprağın kütlesi} \times 100}{\text{Fırında kurutulan toprağın kütlesi}} \quad (3.4)$$

Yüzde organik karbon içeriğı, LOI'den yola çıkarak tahmin edilmiştir. Ball (1964), 30 dakika süresince 850 °C sıcaklıkta tutuşturulduktan sonra bir organik karbon için % organik karbon içeriğinin, aşağıdaki regresyon denkleminde yola çıkarak hesaplanabileceğini ifade etmiştir:

$$\% \text{Organik karbon} = (0.476 \times \text{LOI}) - 1.87 \quad (3.5)$$

### 3.6.5. Toprak Organik Karbonun ve Azotun Belirlenmesi

Toprak organik karbon ve nitrojen içerikleri, Eurovector EA3000-Single CNH-S element analiz cihazı kullanılarak Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında analiz edilmiştir.

### 3.6.6. Toprak Makro ve Mikro Besinlerinin Belirlenmesi

Toprak makro (P, K, Ca, Mg, S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Al ve Co) besinleri, Spectro-Xepos II model XRF (X-Işını Flüoresans Spektrometresi) kullanılarak Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında belirlenmiştir.

### 3.6.7. Toprak Kütlesi ve Toprak Organik Karbonunun ve Toplam Azot Depolama Kapasitesinin Hesaplanması

Toprak kütlesi, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$M_i = BDi \cdot T_i \cdot 10^4 \quad (3.6)$$

Burada,  $M_i$  kuru toprak kütlesi ( $Mg \text{ ha}^{-1}$ ),  $BDi$  kitle yoğunluğu ( $Mg \text{ m}^{-3}$ ),  $T_i$  ise  $i$ -th toprak katmanının kalınlığı (m) ve  $10^4$  ise birim dönüşüm faktörüdür ( $m^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Alansal C veya (N) stokunun sabit derinlik (FD) belirlenmesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$C_i\text{-sabit veya } N_i\text{-sabit} = ([C_i] \text{ or } [N_i]) \cdot M_i \quad (3.7)$$

Burada, sabit bir derinliğe ( $kg \text{ C}$  veya  $N \text{ ha}^{-1}$ ) göre  $C_i$ -sabit C (veya  $N_i$ -sabit, N) kütlesidir ve  $[C_i]$  veya  $[N_i]$  ise, C veya N konsantrasyondur ( $kg \text{ C}$  veya  $N \text{ Mg}^{-1}$ ).

### 3.6.8. İstatistiksel Analizler

Yükselteler arasındaki toprak özellikleri ve toprak karbon ve azot depolama kapasiteleri arasındaki farklılıklar, ANOVA kullanılarak anlam bakımından test edilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre karşılaştırılan gruplar arasında farklılıklar



olduğunda gruplar arasındaki farklılıklar Tukey's testi ile analiz edilmiştir. İstatistik işlemler en güncel SPSS programı kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Toprak Özellikleri

Kuzey bakının iki farklı yükseklikten yetişen Karaçam meşcerelerinin bazı toprak özellikleri Tablo 2'de verilmektedir. Toprak pH, hacim ağırlığı, gözeneklilik, kum, kil, toz ve nem için yükselti ve toprak derinliklerinin tek başlarına etkileri ve etkileşimleri, sırasıyla Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da gösterilmiştir. Toprak pH değeri, hacim ağırlığı, gözeneklilik, kum, kil, toz ve nem rakımlar arasında veya toprak derinlikleri arasında farklılık göstermemiştir.

Tablo 2. Güney bakının iki farklı yükseltisindeki Karaçamın bazı toprak özellikleri

Rakım (m)	Toprak derinliği (cm)	Hacim ağırlığı	pH ortalaması	gözeneklilik (%)	Higroskopik nem (%)	Toz (%)	Kil (%)	Kum (%)
871	0-5	1,29	7,34	51	2,78	39	18	43
	5-10	1,10	7,62	58	2,34	37	19	44
	10-15	1,13	7,58	57	2,57	29	22	49
	15-20	1,28	7,64	52	2,67	34	21	44
	20-25	1,26	7,91	52	2,83	37	21	42
	25-30	1,36	7,93	49	3,00	19	39	42
<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>1,24</b>	<b>7,67</b>	<b>53</b>	<b>2,70</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>44</b>
1029	0-5	1,32	6,71	50	2,39	15	20	66
	5-10	1,17	6,99	56	2,00	7	33	60
	10-15	1,19	7,05	55	1,51	11	22	67
	15-20	1,29	7,13	51	1,40	16	30	54
	20-25	1,21	7,15	54	1,27	10	20	70
	25-30	1,25	7,26	53	1,19	8	24	68
<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>1,24</b>	<b>7,05</b>	<b>53</b>	<b>1,63</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>64</b>

Tablo 3. Toprak pH değeri için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: pH						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	3,769 <sup>a</sup>	11	,343	,874	,579	,348
Bölme	1559,437	1	1559,437	3978,428	,000	,995
Toprak derinliği (SD)	,958	5	,192	,489	,780	,120
Rakım (Alt.)	2,750	1	2,750	7,017	,016	,280
SD x Alt.	,052	5	,010	,026	1,000	,007
Hata	7,056	18	,392			
Toplam	1608,065	30				
Düzeltilen toplam	10,824	29				

a. R Kare = ,348 (Ayarlanan R Kare = -,050)

Tablo 4. Toprak kitle yoğunluğu için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Hacim ağırlığı						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	,157 <sup>a</sup>	11	,014	,156	,998	,087
Bölme	44,152	1	44,152	482,940	,000	,964
Toprak derinliği (SD)	,138	5	,028	,302	,905	,078
Rakım (Alt.)	2,184E-005	1	2,184E-005	,000	,988	,000
SD x Alt.	,029	5	,006	,062	,997	,017
Hata	1,646	18	,091			
Toplam	47,782	30				
Düzeltilen toplam	1,803	29				

a. R Kare = ,348 (Ayarlanan R Kare = -,050)

Tablo 5. Toprak gözenekliliği için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Gözeneklilik						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	,069 <sup>a</sup>	11	,006	,040	1,000	,024
Bölme	1,952	1	1,952	12,498	,002	,410
Toprak derinliği (SD)	,009	5	,002	,011	1,000	,003
Rakım (Alt.)	,057	1	,057	,363	,555	,020
SD x Alt.	,004	5	,001	,005	1,000	,001
Hata	2,811	18	,156			
Toplam	4,777	30				
Düzeltilen toplam	2,880	29				
a. R Kare = ,024 (Ayarlanan R Kare = -,573)						

Tablo 6. Toprak kumu için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Kum						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	804,645 <sup>a</sup>	11	73,150	,125	,999	,071
Bölme	127164,036	1	127164,036	216,465	,000	,923
Toprak derinliği (SD)	228,311	5	45,662	,078	,995	,021
Rakım (Alt.)	142,756	1	142,756	,243	,628	,013
SD x Alt.	358,311	5	71,662	,122	,986	,033
Hata	10574,245	18	587,458			
Toplam	142072,090	30				
Düzeltilen toplam	11378,890	29				
a. R Kare = ,071 (Ayarlanan R Kare = -,497)						

Tablo 7. Toprak kili için ANOVA sonuçları

<b>Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler</b>						
Bağımlı değişken: Kil						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	618,033 <sup>a</sup>	11	56,185	,194	,996	,106
Bölme	15345,800	1	15345,800	52,923	,000	,746
Toprak derinliği (SD)	217,267	5	43,453	,150	,977	,040
Rakım (Alt.)	88,200	1	88,200	,304	,588	,017
SD x Alt.	242,867	5	48,573	,168	,971	,044
Hata	5219,333	18	289,963			
Toplam	22311,000	30				
Düzeltilen toplam	5837,367	29				

a. R Kare = ,106 (Ayarlanan R Kare = -,441)

Tablo 8. Alüvyon için ANOVA sonuçları

<b>Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler</b>						
Bağımlı değişken: Toz						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	277,121 <sup>a</sup>	11	25,193	,296	,978	,153
Bölme	3186,129	1	3186,129	37,374	,000	,675
Toprak derinliği (SD)	76,082	5	15,216	,178	,967	,047
Rakım (Alt.)	5,236	1	5,236	,061	,807	,003
SD x Alt.	159,136	5	31,827	,373	,860	,094
Hata	1534,508	18	85,250			
Toplam	5184,550	30				
Düzeltilen toplam	1811,630	29				

a. R Kare = ,153 (Ayarlanan R Kare = -,365)

Tablo 9. Toprak nemi için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: NEM						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	12,081 <sup>a</sup>	11	1,098	,444	,914	,214
Bölme	134,521	1	134,521	54,408	,000	,751
Toprak derinliği (SD)	1,084	5	,217	,088	,993	,024
Rakım (Alt.)	8,247	1	8,247	3,335	,084	,156
SD x Alt.	2,191	5	,438	,177	,968	,047
Hata	44,504	18	2,472			
Toplam	183,177	30				
Düzeltilen toplam	56,586	29				
a. R Kare = ,214 (Ayarlanan R Kare = -,267)						

#### 4.2. Toprak C ve N İçeriği ve Depolama Kapasitesi

Kuzey bakının iki farklı yüksekliğindeki Karaçam meşcerelerinin organik karbon ve toplam azot miktarları Tablo 10'da verilmiştir. Organik C ve N içeriğinin rakım ve toprak derinliklerine göre değişim etkisi sırasıyla Tablo 11 ve Tablo 12 içerisinde gösterilmiştir. Daha düşük rakımlarda (129.4 Mg C ha<sup>-1</sup>) toprak organik karbonunun daha yüksek rakımlarda (99.6 Mg C ha<sup>-1</sup>) olduğundan daha yüksek olduğuna dair göstergeler olduğu halde, istatistiksel olarak toprak karbon ve toplam nitrojen içerikleri rakımlar arasında veya toprak derinlikleri arasında çokanlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Tablo 10. İki rakımdaki Güney açıdan elde edilen, Karaçam meşçerelerinin toprak C ve N stokkapasitesi

Rakım (m)	Toprak derinliği (cm)	Toprak organik karbonu (SOC)	Toprak Toplam Azot (TN)	STN depolama kapasitesi	STN depolama kapasitesi	C/N oranı
871	0-5	2,51	0,161	16,22	1,04	16
	5-10	2,82	0,156	15,56	0,86	18
	10-15	3,04	0,114	17,14	0,64	27
	15-20	5,96	0,268	38,27	1,72	22
	20-25	3,39	0,134	21,40	0,85	25
	25-30	3,06	0,153	20,82	1,04	20
<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>3,46</b>	<b>0,164</b>	<b>129,41</b>	<b>6,15</b>	<b>21</b>
1029	0-5	3,90	0,172	25,74	1,14	23
	5-10	2,67	0,152	15,57	0,89	18
	10-15	2,54	0,160	15,06	0,95	16
	15-20	2,00	0,165	12,93	1,06	12
	20-25	2,09	0,186	12,68	1,13	11
	25-30	2,80	0,198	17,48	1,23	14
	<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>2,67</b>	<b>0,172</b>	<b>99,56</b>	<b>6,40</b>

Tablo 11. Organik karbon stok kapasitesi için ANOVA sonuçları

Öznelere arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: C depolama						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	27,353 <sup>a</sup>	11	2,487	,694	,729	,298
Bölme	270,543	1	270,543	75,456	,000	,807
Toprak derinliği (SD)	5,567	5	1,113	,311	,900	,079
Rakım (Alt,)	4,545	1	4,545	1,268	,275	,066
SD x Alt,	19,003	5	3,801	1,060	,414	,227
Hata	64,538	18	3,585			
Toplam	359,285	30				
Düzeltilen toplam	91,891	29				

a, R Kare = ,298 (Ayarlanan R Kare = -,132)

Tablo 12. Toplam nitrojen stok kapasitesi için ANOVA sonuçlar

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: N depolama						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	,033 <sup>a</sup>	11	,003	,284	,981	,148
Bölme	,814	1	,814	76,402	,000	,809
Toprak derinliği (SD)	,017	5	,003	,322	,893	,082
Rakım (Alt.)	,000	1	,000	,043	,838	,002
SD x Alt.	,021	5	,004	,386	,852	,097
Hata	,192	18	,011			
Toplam	1,082	30				
Düzeltilen toplam	,225	29				
a. R Kare = .148 (Ayarlanan R Kare = -.373)						

### 4.3. Toprak Makro ve Mikro Besinleri

Kuzey bakının iki farklı yükseltisinde yetişen Karaçam meşcerelerinin toprak makro ve mikro besin konsantrasyonları sırasıyla Tablo 13 ve Tablo 14 dahilinde verilmiştir. Rakım ve toprak derinliklerinin makro besin maddeleri ve mikro besin maddelerinin etkileri ve etkileşimleri sırasıyla Tablo 15 ve Tablo 16 içerisinde gösterilmiştir.

Toprak makro besinleri (P ve K) sadece rakımlar arasında anlamlı farklılıklar ( $P < 0.05$ ) göstermiştir. Makro besin. Ca. Mg ve S. rakımlar arasında ve ayrıca toprak derinlikleri arasında herhangi bir anlamlı değişiklik göstermemiştir. Toprak makro besinleri (Mn. Na. Cu. Zn. Al ve Co) rakımlar arasında anlamlı bir farklılık göstermiştir. Fe ve Cl konsantrasyonları. rakımlar arasında ve toprak derinlikleri arasında farklılık göstermemiştir.

Ortalama toprak makro besinleri; P ve K konsantrasyonları daha yüksek rakımlarda. daha düşük rakımlarda olduğundan anlamlı bir biçimde daha yüksektir (Tablo 13). Toprak mikro besinleri. Mn. Na. Cu. Zn. Al ve Co konsantrasyonları da daha yüksek



rakımlarda, daha düşük rakımlarda olduğundan anlamlı bir biçimde daha yüksektir (Tablo 14).

Tablo 13. İki rakımdaki Güney bakıdan toplanan Karaçam meşçerelerinin toprak makro besinleri

Rakım (m)	Toprak derinliği (cm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	S (ppm)
<b>871</b>	0-5	1981	115	61	703	104
	5-10	3211	109	91	1319	117
	10-15	3989	101	82	1114	93
	15-20	3333	114	95	710	225
	20-25	4992	120	84	706	146
	25-30	7231	122	79	679	116
<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>4123</b>	<b>114</b>	<b>82</b>	<b>872</b>	<b>134</b>
<b>1029</b>	0-5	1140	106	114	2011	151
	5-10	2728	110	116	2184	120
	10-15	2425	115	111	2264	97
	15-20	2261	112	94	2196	71
	20-25	2876	111	102	2261	66
	25-30	2978	113	108	2222	86
<b>Ortalama</b>	<b>0-30</b>	<b>2401</b>	<b>111</b>	<b>107</b>	<b>2190</b>	<b>98</b>

Tablo 14. İki rakımdaki Güney bakıdan toplanan Karaçam meşçerelerinin toprak mikro besinleri

Rakım	Toprak derinliği (cm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Na (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cl (ppm)	Al (ppm)	Co (ppm)
871 Ortalama	0-5	18341	489	19,7	49,1	86,8	35,6	3164	2,49
	5-10	18280	1049	21,3	72,4	110,1	47,9	4402	2,79
	10-15	14842	818	20,6	63,4	89,0	34,3	3979	2,32
	15-20	17043	551	20,0	48,9	92,1	60,8	3067	2,26
	20-25	16702	663	21,4	48,6	87,7	30,5	3157	2,08
	25-30	15490	570	21,7	46,5	81,5	27,7	3166	1,72
	<b>0-30</b>	<b>16783</b>	<b>690</b>	<b>19,7</b>	<b>54,8</b>	<b>91,2</b>	<b>39,5</b>	<b>3489</b>	<b>2,28</b>
1029 Ortalama	0-5	21594	1831	31,0	74,9	153,7	78,8	5992	3,36
	5-10	18824	1676	29,3	95,7	140,3	65,1	6264	3,20
	10-15	20381	1366	34,4	86,7	145,4	43,5	6816	2,84
	15-20	19700	1306	31,5	78,6	137,0	40,4	6602	2,80
	20-25	20265	1225	33,4	77,3	135,8	35,4	6769	2,98
	25-30	20231	1317	33,4	76,9	140,7	35,9	6613	3,09
	<b>0-30</b>	<b>20166</b>	<b>1454</b>	<b>32,2</b>	<b>81,7</b>	<b>142,2</b>	<b>49,9</b>	<b>6509</b>	<b>3,04</b>

Tablo 15. Ca için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Ca						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	61118419,667 <sup>a</sup>	11	5556219,970	,624	,786	,276
Bölme	306476643,756	1	306476643,756	34,445	,000	,657
Toprak derinliği (SD)	33821853,111	5	6764370,622	,760	,590	,174
Rakım (Alt.)	21334893,889	1	21334893,889	2,398	,139	,118
SD x Alt.	11188190,178	5	2237638,036	,251	,934	,065
Hata	160158058,333	18	8897669,907			
Toplam	507719478,000	30				
Düzeltilen toplam	221276478,000	29				
a. R Kare = .276 (Ayarlanan R Kare = -.166)						

Tablo 16. Mg için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Mg						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	799,467 <sup>a</sup>	11	72,679	,127	,999	,072
Bölme	364320,022	1	364320,022	637,708	,000	,973
Toprak derinliği (SD)	332,244	5	66,449	,116	,987	,031
Rakım (Alt.)	53,356	1	53,356	,093	,763	,005
SD x Alt.	508,511	5	101,702	,178	,967	,047
Hata	10283,333	18	571,296			
Toplam	388748,000	30				
Düzeltilen toplam	11082,800	29				
a. R Kare = .078 (Ayarlanan R Kare = -.495)						

Tablo 17. K için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: K						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	13388452,967 <sup>a</sup>	11	1217132,088	12,203	,000	,882
Bölme	67493829,356	1	67493829,356	676,722	,000	,974
Toprak derinliği (SD)	568427,044	5	113685,409	1,140	,376	,240
Rakım (Alt.)	12502021,356	1	12502021,356	125,351	,000	,874
SD x Alt.	442819,044	5	88563,809	,888	,509	,198
Hata	1795256,000	18	99736,444			
Toplam	98114197,000	30				
Düzeltilen toplam	15183708,967	29				
a. R Kare = .882 (Ayarlanan R Kare = -.810)						

Tablo 18. P için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: P						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	6930,500 <sup>a</sup>	11	630,045	,828	,616	,336
Bölme	257947,756	1	257947,756	339,017	,000	,950
Toprak derinliği (SD)	626,578	5	125,316	,165	,972	,044
Rakım (Alt.)	4600,556	1	4600,556	6,046	,024	,251
SD x Alt.	1763,378	5	352,676	,464	,798	,114
Hata	13695,667	18	760,870			
Toplam	303867,000	30				
Düzeltilen toplam	20626,167	29				
a. R Kare = .336 (Ayarlanan R Kare = -.070)						

Tablo 19. S için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: S						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	47741,033 <sup>a</sup>	11	4340,094	,931	,534	,363
Bölme	387068,939	1	387068,939	83,002	,000	,822
Toprak derinliği (SD)	9124,094	5	1824,819	,391	,848	,098
Rakım (Alt.)	8974,672	1	8974,672	1,925	,182	,097
SD x Alt.	31160,761	5	6232,152	1,336	,294	,271
Hata	83940,167	18	4663,343			
Toplam	510694,000	30				
Düzeltilen toplam	131681,200	29				

a. R Kare = .363 (Ayarlanan R Kare = -.027)

Tablo 20. Fe için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Fe						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	115110839,467 <sup>a</sup>	11	10464621,770	,519	,866	,241
Bölme	9829542470,272	1	9829542470,272	487,645	,000	,964
Toprak derinliği (SD)	16162446,094	5	3232489,219	,160	,974	,043
Rakım (Alt.)	82400407,606	1	82400407,606	4,088	,058	,185
SD x Alt.	18148656,761	5	3629731,352	,180	,967	,048
Hata	362829094,833	18	20157171,935			
Toplam	11095470373,000	30				
Düzeltilen toplam	477939934,300	29				

a. R Kare = .241 (Ayarlanan R Kare = -.223)

Tablo 21. Mn için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Mn						
Kaynak	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Düzeltilen Model	5517330,633 <sup>a</sup>	11	501575,512	1,722	,148	,513
Bölme	33081921,606	1	33081921,606	113,604	,000	,863
Toprak derinliği (SD)	701838,361	5	140367,672	,482	,785	,118
Rakım (Alt.)	4199250,272	1	4199250,272	14,420	,001	,445
SD x Alt.	529015,294	5	105803,059	,363	,867	,092
Hata	5241682,833	18	291204,602			
Toplam	50305318,000	30				
Düzeltilen toplam	10759013,467	29				
a. R Kare = .513 (Ayarlanan R Kare = -.215)						

Tablo 22. Na için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Na						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	998,228 <sup>a</sup>	11	90,748	3,512	,009	,682
Bölme	20167,601	1	20167,601	780,410	,000	,977
Toprak derinliği (SD)	29,590	5	5,918	,229	,945	,060
Rakım (Alt.)	937,080	1	937,080	36,261	,000	,668
SD x Alt.	21,982	5	4,396	,170	,970	,045
Hata	465,162	18	25,842			
Toplam	24321,710	30				
Düzeltilen toplam	1463,390	29				
a. R Kare = .682 (Ayarlanan R Kare = -.488)						

Tablo 23. Cu için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Cu						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	7254,143 <sup>a</sup>	11	659,468	1,641	,169	,501
Bölme	134163,120	1	134163,120	333,911	,000	,949
Toprak derinliği (SD)	2039,865	5	407,973	1,015	,437	,220
Rakım (Alt.)	5186,347	1	5186,347	12,908	,002	,418
SD x Alt.	59,878	5	11,976	,030	,999	,008
Hata	7232,267	18	401,793			
Toplam	165446,730	30				
Düzeltilen toplam	14486,410	29				
a. R Kare = .501 (Ayarlanan R Kare = -.196)						

Tablo 24. Zn için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Dependent Variable: Zn						
Source	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	20347,852 <sup>a</sup>	11	1849,805	5,229	,001	,762
Bölme	391962,668	1	391962,668	1107,966	,000	,984
Toprak derinliği (SD)	700,796	5	140,159	,396	,845	,099
Rakım (Alt.)	18719,041	1	18719,041	52,913	,000	,746
SD x Alt.	992,575	5	198,515	,561	,728	,135
Hata	6367,820	18	353,768			
Toplam	471480,600	30				
Düzeltilen toplam	26715,672	29				
a. R Kare = .762 (Ayarlanan R Kare = -.616)						

Tablo 25. C1 için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: C1						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	7171,933 <sup>a</sup>	11	651,994	1,229	,337	,429
Bölme	57444,908	1	57444,908	108,301	,000	,857
Toprak derinliği (SD)	3211,690	5	642,338	1,211	,344	,252
Rakım (Alt.)	777,089	1	777,089	1,465	,242	,075
SD x Alt.	2532,140	5	506,428	,955	,471	,210
Hata	9547,567	18	530,420			
Toplam	79374,200	30				
Düzeltilen toplam	16719,500	29				
a. R Kare = .429 (Ayarlanan R Kare = -.080)						

Tablo 26. A1 için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: A1						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	70343200,367 <sup>a</sup>	11	6394836,397	12,431	,000	,884
Bölme	719776017,422	1	719776017,422	1399,232	,000	,987
Toprak derinliği (SD)	2342258,378	5	468451,676	,911	,496	,202
Rakım (Alt.)	65671712,089	1	65671712,089	127,665	,000	,876
SD x Alt.	2653466,111	5	530693,222	1,032	,429	,223
Hata	9259341,000	18	514407,833			
Toplam	922694787,000	30				
Düzeltilen toplam	79602541,367	29				
a. R Kare = .884 (Ayarlanan R Kare = -.813)						



Tablo 27. Co için ANOVA sonuçları

Öznelerin arasındaki Etkilere ilişkin Testler						
Bağımlı değişken: Co						
Kaynak	Tür III Kareler Toplamı	df	Kareli ortalama	F	Anl.	Kısmi Kareli Eta
Düzeltilen Model	6,242 <sup>a</sup>	11	,567	3,955	,005	,707
Bölme	203,926	1	203,926	1421,282	,000	,987
Toprak derinliği (SD)	1,370	5	,274	1,909	,143	,347
Rakım (Alt.)	4,235	1	4,235	29,517	,000	,621
SD x Alt.	,766	5	,153	1,068	,411	,229
Hata	2,583	18	,143			
Toplam	233,669	30				
Düzeltilen toplam	8,824	29				

a. R Kare = .707 (Ayarlanan R Kare = -.528)

## 5.TARTIŞMA

Rakımın, karaçamın gelişimi ve büyümesi ile büyük bir ilişkisi bulunmaktadır. Rakımlar, toprak gelişimini ve toprak profilini, toprak fiziksel ve toprak kimyasal özelliklerini, ayrıca karaçam ormanlarının toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerini etkilemektedir. Toprak organik karbonu (TOC), toprak derinliği ile azalmaktadır. En üst katmandaki daha yüksek organik karbon içeriği, uygun bir ortamdaki orman ölü örtüsünün hızlı ayrışımından kaynaklanabilir. TOC, biyosfer dahilindeki anlamlı bir karbon havuzunu temsil etmektedir. Sıcaklık ve yağıştaki iklim değişikliklerinin, ekosistemde depolanan ve atmosferde serbest bırakılan TOC'unun ayrışması ve miktarı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Önceki çalışmalar, en yüksek toprak organik karbon ve azot depolamanın soğuk yazları olan bölgelerde bulunduğunu, daha düşük karbonun ise kurak çöl/stepler veya ılıman nemli bölgelerde bulunduğunu ifade etmiştir. Himalaya ormanındaki çalışma, karbon deposunun artan rakımlar ile düşüş eğilimi gösterdiğini göstermiştir. Nepal'in Kathmandu vadisindeki, 1,200 ile 2,200 arasında değişen bir yükseltideki rakımsal eğim boyunca var olan Karaçam ormanındaki bir toprak karbon incelemesi, daha yüksek rakımlarda toprakların daha yüksek TOC ve azot depolama kapasiteleri olduğunu bildirmiştir.

Mevcut çalışmadaki, güney bakıdaki iki rakımdan alınan toprak örneklerine dair yapılan tüm analizlerden sonra, bütün toprak fiziksel özellikleri ve toprak kimyasal özellikleri açısından değişimin minimum olduğu keşfedilmiştir. Toprak hacim ağırlığı, iki rakım arasında belli belirsiz bir şekilde farklıydı. Toprak pH değeri, toprak gözenekliliği ve toprak nem içeriği, toprak derinliğinde bir değişim göstermiş, toprak tekstür sınıfı ise sırasıyla iki rakım, 871 m ve 1029 m, boyunca ve de toprak derinliği boyunca farklı bulunmuştur. Kum, toz ve kil yüzdeleri de, toprak derinliği ve rakım ile değişmiştir.

Bazı farklı unsurlar, toprak fiziksel gelişimi ve toprak kimyasal özellikleri ile ilişkili olduğu halde, toprak tekstüründeki küçük değişiklikler diğer ilgili unsurları etkilemektedir. Toprak tekstürü, toprağın en önemli özelliklerinden biridir. Rakım ile değişmektedir ve organik madde, katyonlar ve toprak drenajı arasındaki ardışık

ilişkileri doğrudan ve dolaylı olarak etkileyerek, diğer unsurları doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir (Fearnside ve Leal Filho, 2001; Silver vd., 2000; Zarin vd., (2001). Bununla birlikte, genel olarak, rakım ve toprak karbon depolama ve toplam azot miktarı arasında güçlü bir ilişki vardır. Bu da, toprak türü (Chauvel vd.,1987), üst bitki örtüsü açıklığı (Robert, 2003) ve toprak su potansiyeli (Becker vd., 1988, Daws vd., 2002) gibi unsurları etkileyen, alanın topografyasındaki farklılıklara bağlanabilir. Daha düşük rakımlarda (20,82 Mg C ha<sup>-1</sup>) toprak organik karbonunun daha yüksek rakımlarda (16,58 7 Mg C ha<sup>-1</sup>) olduğundan daha yüksek olduğuna dair göstergeler olduğu halde, istatistiksel olarak toprak karbon ve toplam azot içerikleri rakımlar arasında veya toprak derinlikleri arasında çok anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Toprak organik karbonu ve toplam azot, orman toprağında bulunan organik karbon ve azot havuzuna bağlıdır. C ve N birlikte bağlantılıdır çünkü kaynak, ayrışan organik maddeninkiyle aynıdır. Düşük rakımlardaki ölü örtünün ayrışma oranı, topraktaki karbon ve azot miktarına bağlıdır. Güney bakı, ayrışma oranında (Natlhoffer vd., 1988) ve ayrıca gün ışığı yoğunluğu, yağış miktarı ve güney bakı ile olan rüzgar değişikliklerinde önemli bir rol oynamaktadır (Binkley, 2000).Mudrick vd.(1994), çok iyi bilinen alan verimliliğine göre orman zemini bileşiklerinin önemini incelemiştir. Orman ölü örtüsünün ayrışması, organik ve inorganik bileşiklerin ve besin döngüsü süreçleri için elementlerin birikmesi için tek büyük kaynaktır. İklim değişiklikleri (Florence ve Lamb,1975; Kozlowski vd., 1990; Hart vd., 1992), bakı, tür, yamaç konumu (Bale ve Charley, 1994; Mudrick vd., 1994), ölü örtü stoku (Fritze, 1988; Nakane, 1995), diri örtü, bitki örtüsünün miktarı (Prescott vd., 1989), asit derecesi (Berger ve Glatzel,1994), toprak verimliliği (Klemmedson, 1987), ölü örtü kalitesi (Berg ve Staaf, 1980; Berg, 1984; Lisanework ve Michelsen, 1994) ve biyolojik etkinlik (Edwards vd., 1973), orman ölü örtüsünün ayrışmasına katkıda bulunan unsurlardır.

Rakım ve toprak derinliği, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve besin döngüsünü etkilemektedir (Luizao vd., 2004). Rakımın, makro ve mikro besinlerinin yüzdesini etkilediğine dair güçlü bir kanıt vardır (Bellingham ve Tanner, 2000).

## 6. SONUÇ

Farklı rakımlar ve bakılar üzerindeki gün ışığının etki açısı ve konumu, bölgenin herhangi bir parçası dahilinde farklı bir alt bölge oluşturmaktadır. Yamaçlar, daha fazla yağış ve sıcaklık alır ve bu sebeple de bu bölgeler karaçam ağaçları için çok verimli alanlardır. Toprak organik karbonu ve toplam azot depolama kapasiteleri için orman zemini bileşiklerinin önemi iyi bilinmektedir. Pek çok araştırmacı, çok iyi bilinmekte olan arazi verimliliği açısından orman zemini bileşiklerinin önemini incelemiştir. Orman alt örtüsünün ayrışması, organik ve inorganik bileşiklerin ve besin döngüsü süreçleri için elementlerin birikmesi için tek büyük kaynaktır. İklim değişiklikleri, bakı, tür, yamaç konumu, ölü örtü deposu, diri örtü bitki örtüsünün miktarı, asit derecesi, toprak verimliliği, ölü örtü kalitesi ve biyolojik etkinlik orman ölü örtüsünün ayrışmasına, daha sonra orman ekosisteminde karbon ve azotdepolarının meydana getirilmesine katkıda bulunan unsurlardır. İki farklı rakımdaki, 871 m ve 1029 m, toprak organik karbonu ve toplam azot başlıklı çalışmada, karaçam meşçereleri bazı toprak özellikleri açısından bazı farklılıklar göstermektedir fakat bu değişiklikler istatistiksel olarak güçlü değildir. Rakımın, orman ekosisteminde önemli bir rol oynadığı ve ayrıca meşçere türünün, bakının, tüm dünyadaki pek çok araştırmada gösterildiği üzere orman topraklarındaki karbon ve azot miktarının yanı sıra toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini, topraktaki makro besinlerin ve mikro besinlerin yüzdesini etkileyen iklimsel unsurları, sıcaklığı, yağış miktarını, kar miktarını değiştirdiği açıktır. Dolayısıyla, topografik unsurların toprak özellikleri ve ayrıca toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerini, farklı iğne yapraklı ve yaprak dökken ağaç türleri kullanılarak incelemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Allen, S.M. (2007). SOC and total nitrogen. *Arboricultural Journal*, 216-222.
- Anderson, G., Pidgeon. J. D., Spencer. H.B., & Parks. R. (1980) new hand-held recording penetrometer for soil studies. *Journal of Soil Science*, 31, 279.296.
- Andrew. (1990). Tree growth on different soil types. *Bioscience*,15. 199-206.
- Baker, R. M. (1990). Investigation into selected properties of open-cast spoil related to tree growth. *Arboricultural Journal*, 14, 129.137.
- Bengough, A. G., & Mullins, C. E. (1990). Mechanical impedance to root growth a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science*, 41,341.358.
- Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., & Muys, B. (2007). The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. *Trees*, 21 (4), 385-402.
- Blagojevic, V. D. (2016) case study. *Bioscience*. 68, 355-362.
- Ken Smithson, C. (2002). Soil Carbon. nitrogen dynamics. *Journal of Ecology*, 334-340.
- Coomes, D. A., & Allen, R. B. (2007). Effects of size. competition and altitude on tree growth. *Journal of Ecology*. 95, 1084-1097.
- Sinne, D., Morg, G., Williams, M., & Hut Chingsm, T. R. (2009). Soil compaction is cropping systems: a review of the nature. Causes and possible solurion *Hut chings*.
- Baets, S. D., Poesen, J., Knapen, A., & Galindo, P. (2007). Impact of root architecture on the erosion-reducing potential of roots during concentrated flow. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32 (9), 1323-1345.
- Di Iorio, A., Lasserre, B., Scippa, G. S., & Chiatante, D. (2005). Root system architecture of *Quercus pubescens* trees growing on different sloping conditions. *Annals of Botany*, 95 (2), 351-361.
- Yimer, F., Ledin, S., & Abdelkadir, A. (2006). Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 232 (1), 90-99.
- Gilliam S. F., & Yurish M.B. (1993). Community composition of an old growth long leaf pine forest: Relationship to Soil texture. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 120 (3), pp- 287-294.

- Goldhaber, M., & Banwart, S. A. (2015). CAB International. Soil Carbon: Science. *Management and policy for multiple benefits.*
- Greacen, E. L., & Sands, R. (1980). Compaction of forest soils A review .Australian *Journal of soil Science.* 18.163-189.
- Hamza, M. A., & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solution. *Soil and Tillage Research.* 82.121-145.
- Khan, F., Hayat, Z., Ahmad, W., Ramzan, M., Shah, Z., Sharif, M., Main, I. A., & Hanif, M. (2013). Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil. *Soil Environ*, 32 (1), 22-28.
- Måren, I. E., Karki, S., Prajapati, C., Yadav, R. K., & Shrestha, B. B. (2015). Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley. *Journal of Arid Environments*, 121, 112-123.
- Papionnou, A.G. (2015). Ecological and soil conditions of black pine stands in Russia. *Journal of Ecology*, 46. pp 438- 443.
- Randy Brooks UI Extension Forestry Information series. Forest Management. Woodland Notes. vol. 16 No. 1. *University of Idaho.*
- Vogt, K. A., Grier, C. C., & Vogt, D. J. (1986). Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forests. *Advances in ecological research*, 15, 303-377.
- Xi Hu. (2011). SOC and Total Nitrogen Effect on vegetation. 311- 322.
- Zeng, F. (1998). Different tree species. *growth and soil properties.* 244- 252.

## ÖZGEÇMİŞ

İsim. Soy isim : Raja Khalefa A. GONIFEDA  
Doğum Yeri Ve Tarihi : 8.4.1987 Yefren.Libya  
Medeni Durum :Evli  
Yabancı Dil : İngilizce  
E-Posta : sfyan.slil@yahoo.com



### Eğitim ve Öğretim

Lise : Al Amal Al Akdar  
Lisans : Orman Mühendisliği Lisans Mezunu

### İş Deneyimi (İşveren ve yıl)

İşverenin Adı ve Adresi : Riyaanh Ziraat Mühendisliği Bölümü  
Meslek veya pozisyon : Araştırmacı