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

# SAF VE KARIŞIK MEŞCERELERİN TOPRAK ORGANİK KARBON VE TOPLAM AZOT MİKTARI İLE DEPOLAMA KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Mansur W.A. ADAM**

| | |
|---|---|
| **Danışman** | **Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ** |
| **Jüri Üyesi** | **Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR** |
| **Jüri Üyesi** | **Dr. Öğr. Üyesi Gamze SAVACI** |

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

**KASTAMONU-2018**

## TEZ ONAYI

**Mansur W.A. ADAM** tarafından hazırlanan **"Saf ve Karışık Meşcerelerin Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerine Etkisi"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oybirliği ile Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'**nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| Danışman | Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ<br>Bursa Teknik Üniversitesi | ..... |
| Jüri Üyesi | Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR<br>Çankırı Karatekin Üniversitesi | ..... |
| Jüri Üyesi | Dr. Öğr. Üyesi Gamze SAVACI<br>Kastamonu Üniversitesi | ..... |

10/05/2018

Enstitü Müdür V. Doç. Dr. Mehmet ALTAN KURNAZ .....

## TAAHHÜTNAME

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

İmza
Mansur W.A. ADAM

# TEŞEKKÜR

İlk olarak, çalışmanın başlangıcından sonuna kadar sağladığı danışmanlık için Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ'a teşekkür ederim. Ayrıca, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri, özellikle Dr. Öğr. Üyesi Gamze SAVACI'ya, Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR ve Araştırma Görevlilerine bu çalışma ile ilgili ihtiyaç duyulan konulardaki yardımları için teşekkürü borç bilirim. Kastamonu Üniversitesi'ndeki Yüksek lisans çalışma arkadaşlarıma ve Kastamonu'daki Libya topluluğuna destekleri için ayrıca teşekkür ediyorum.

Son olarak; çalışmamı devam ettirmem ve bu tezi bitirebilmemde bende güven duygusu uyandıran, her zaman manevi destek gördüğüm ebeveynlerime teşekkürlerimi sunuyorum. Umarım, bu çalışmanın sonuçları toprağın doğasına ilgi duyan insanlara ve gelecekteki çalışmalarda yeni araştırmalara katkıda bulunmak açısından yardımcı olur.

Mansur W.A. ADAM
Kastamonu, Mayıs, 2018

# ÖZET


Yüksek Lisans Tezi

SAF VE KARIŞIK ORMANLARIN BESİN ELEMENTLERİ, TOPRAK ORGANİK KARBON, TOPLAM AZOT VE DEPOLAMA KAPASİTELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Mansur W.A. ADAM

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Bu çalışmada, sarıçam ve göknar ağaç türlerinin saf ve karışık meşcerelerinin bazı toprak özellikleri (hacim ağırlığı, toprak pH, toprak kum, toz ve kil içerikleri), toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasiteleri, 6 farklı toprak derinliği kullanılarak (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 25-30 cm) incelenmiştir. Ortalama toprak hacim ağırlığı, göknar saf meşcerelerinde 0.60, sarıçam saf meşcerelerinde 0.57 ve sarıçam ve göknar karışık meşcerelerinde 0.54 olarak bulunmuştur. Ortalama toprak pH değeri, sarıçam saf meşcerelerinde 7.31, sarıçam ve göknar karışık meşcerelerinde 7.29 ve göknar saf meşcerelerinde 6.99'dur. Sarıçam saf meşcereleri en yüksek kum (%50) ve toz (%43) miktarına sahip iken, bunu %46 ve %37 ile saf göknar meşcereleri ve %43 ve %20 ile karışık sarıçam ve göknar meşcereleri izlemiştir. Bununla birlikte, yüzde kil miktarı sarıçam ve göknar meşcerelerinde %37 miktarıyla, aynı miktara sahip (%33) hem saf Sarıçam hem de göknar meşcerelerine kıyasla daha yüksekti. Saf sarıçam meşcereleri en yüksek toprak organik karbon ve toplam azot miktarına sahip iken (sırasıyla, %6.19 ve %0.30), bunu sırasıyla %4.42 ve %0.25 oranlarıyla karışık sarıçam ve göknar meşcereleri ve %3.44 ve %0.20 oranlarıyla saf göknar meşcereleri takip etmiştir. TOK ve TA depolama kapasiteleri için ise, ortalama toprak organik karbon depolama kapasitesi (95.8 Mg C $ha^{-1}$) miktarı ile saf sarıçam meşcerelerinde en yüksek olarak belirlenirken, bunu (70.0 Mg C $ha^{-1}$) ile sarıçam ve göknar karışık meşcereleri ve (57.7 Mg C $ha^{-1}$) ile saf göknar meşcereleri takip etmiştir. Benzer bir şekilde, saf sarıçam meşcereleri en yüksek ortalama azot depolama kapasitesine (4.55 Mg N $ha^{-1}$) sahip iken, bunu sarıçam ve göknar karışık meşcereleri (3.98 Mg N $ha^{-1}$) ve saf göknar meşcereleri (3.38 Mg N $ha^{-1}$) takip etmiştir.



**Anahtar Kelimeler:** Toprak organik karbon, Toplam azot, Karbon ve azot depolama kapasiteleri, Toprak derinliği, Kastamonu.

**2018, 50 Sayfa**
**Bilim Kodu: 1205**

## ABSTRACT

MSC. THESİS

EFFECTS OF PURE MIXED SPECIES ON SOIL NUTRIENTS, SOIL ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN STOCK CAPACITIES

Mansur W.A. ADAM

Kastamonu University
Institute of Science
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

In this study, some soil properties (bulk density, soil pH, soil sand, silt and clay contents), soil organic carbon and total nitrogen stock capacities of pure and mixture stands of Scots pine and fir tree species were studied using 6 different soil depths (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm and 25-30 cm). Mean bulk density was 0.60 for fir pure stands, 0.57 for Scots pine pure stands and 0.54 for Scots pine and fir mixture stands. Mean soil pH was 7.31 for Scots pine pure stands, 7.29 for Scots pine and fir mixture stands and 6.99 for fir pure stands. Pure Scots pine stands had the highest sand (50%) and silt (43%) followed by fir pure stands (46%) and (37%), and Scots pine and fir mixture stands (43%) and (20%). Percent clay was however higher for Scots pine and fir mixture stands (37%) than both pure Scots pine and fir stands which had similar clay (33%). Pure Scots pine stands had the highest soil organic carbon and total nitrogen (6.19% and 0.30 % respectively) followed by mixture stands of Scots pine and fir (4.42% and 0.25% respectively) and pure fir stands (3.44% and 0.20 % respectively). As for the SOC and TN stock capacities, mean soil organic carbon stock capacity was also highest for pure Scots pine stands (95.8 Mg C $ha^{-1}$) followed by mixture stands of Scots pine and fir (70.0 Mg C $ha^{-1}$) and pure fir stands (57.7 Mg C $ha^{-1}$). Similarly, pure Scots pine stands had the highest mean total nitrogen stock capacity (4.55 Mg N $ha^{-1}$) followed by mixture stands of Scots pine and fir (3.98 Mg N $ha^{-1}$) and pure fir stands (3.38 Mg N $ha^{-1}$).



**Key Words:** Soil organic carbon, Total nitrogen, C and N stock capacity, Soil depths Kastamonu.

**2018, 50 Pages**
**Science Code: 1205**

# İÇİNDEKİLER


| | Sayfa |
|---|---|
| ÖZET | v |
| ABSTRACT | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR | ix |
| RESİMLER DİZİNİ | x |
| HARİTALAR DİZİNİ | xi |
| FOTOĞRAFLAR DİZİNİ | xii |
| TABLOLAR DİZİNİ | xiii |
| GRAFİKLER DİZİNİ | xiv |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Karbon ve Karbon Döngüsü | 1 |
| 1.2. Azot ve Azot Döngüsü | 3 |
| 1.3. Toprak Organik Maddesindeki Karbon-Azot İlişkileri | 8 |
| 1.4. Sarıçamın Genel Özellikleri | 10 |
| 1.5. Göknarın Genel Özellikleri | 13 |
| 1.6. Çalışmanın Amacı | 16 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ | 18 |
| 3. MATERYALLER VE YÖNTEMLER | 20 |
| 3.1. Numune Alanlarının Tanımı | 20 |
| 3.2. Çalışma Alanının İklimi | 21 |
| 3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi | 23 |
| 3.4. Alanda Toprak Numunesi alımı | 24 |
| 3.5. Toprak Örneklerinin Hazırlanması ve Analizi | 26 |
| 3.6. Toprak Numunelerinin Analizi | 28 |
| 3.6.1. Toprak pH değeri | 28 |
| 3.6.2. Toprak T bcvbekstürü | 29 |
| 3.6.3. Hacim Ağırlığının Belirlenmesi | 31 |
| 3.6.4. Toprak Organik Karbon ve Azot Belirlemesi | 32 |

3.6.5. Toprak kütlesi ve toprak organik karbonu ve toplam azot depolama kapasitesinin hesaplanması ..... 33
3.7. Bilgisayar Yöntemleri ..... 33
4. SONUÇLAR ..... 34
4.1. Toprak Özellikleri ..... 34
4.2. Toprak C ve N Içeriği ve Depolama Kapasitesi ..... 36
5. TARTIŞMA ..... 38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 42
KAYNAKLAR ..... 44
ÖZGEÇMİŞ ..... 50

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| C | Karbon |
| N | Azot |
| Mg | Magnezyum |
| CO | Karbon monoksit |
| $CO_2$ | Karbondioksit |
| $NH_3$ | Amonyak |
| $NO_3$ | Nitrat |
| $H_2O$ | Su |
| TA | Toplam Azot |
| TOK | Toprak Organik Karbon |
| STN | Toprak Toplam Azot |
| HSD | Dürüstçe Anlamlı Farklılık |
| HDL | Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein |
| USDA | Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı |

## RESİMLER DİZİNİ


| | Sayfa |
|---|---|
| Resim 1.1. Karbon Döngüsü ..... | 3 |
| Resim 1.2. Azot Döngüsü ..... | 8 |
| Resim 3.1. USDA tekstür üçgeni ..... | 30 |

# HARİTALAR DİZİNİ


**Sayfa**

Harita 1.1. Türkiye'deki Sarıçam dağılımı ..... 12
Harita 1.2. Dünyadaki Sarıçam dağılımı..... 12
Harita 1.3. Türkiye'de Göknar ağacının dağılımı ..... 14
Harita 1.4. Avrupa ve Asya'da Göknar ağacının dağılımı..... 15
Harita 3.1. Kastamonu İlinin Konumu..... 20
Harita 3.2. Çalışma alanının Google haritası üzerindeki konum haritası ..... 21
Harita 3.3. Çalışma alanının jeomorfolojisi ..... 23

# FOTOĞRAFLAR DİZİNİ


| | | Sayfa |
|---|---|---|
| Fotoğraf 3.1. | Toprak numuneleri almak için toprak çukurlarının kazılması .... | 24 |
| Fotoğraf 3.2. | Toprak silindirleri kullanılarak farklı derinliklerden toprak örneklerinin alınması ..... | 25 |
| Fotoğraf 3.3. | Plastik torbaların kapatılması ve işaretlenmesi ..... | 25 |
| Fotoğraf 3.4. | Örnekler toprak laboratuvarına taşınmış ve laboratuvar şartlarında kurutulmuştur..... | 26 |
| Fotoğraf 3.5. | Toprak numuneleri laboratuvara götürülmüştür..... | 27 |
| Fotoğraf 3.6. | Havayla kurutulan toprak numuneleri ..... | 27 |
| Fotoğraf 3.7. | Havayla kurutulan toprak numuneleri plastik torbalara koyulmuştur ..... | 27 |
| Fotoğraf 3.8. | pH analizi için toprak numunelerinin hazırlanması ..... | 28 |
| Fotoğraf 3.9. | Toprak numunelerinin pH analizi..... | 29 |
| Fotoğraf 3.10. | Laboratuardaki toprak tekstürü ..... | 31 |
| Fotoğraf 3.11. | Toprak hacim ağırlığı için toprak silindirleri ..... | 32 |
| Fotoğraf 3.12. | Eurovector EA3000Tekli CNH-S element analiz makinesi..... | 32 |

# TABLOLAR DİZİNİ


**Sayfa**

Tablo 1.1. 1975-2010 yıllarına ait meteorolojik veriler ..... 22

Tablo 4.1. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerinin bazı toprak özellikleri ..... 34

Tablo 4.2. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki Toprak C ve N depolama kapasitesi ..... 36

# GRAFİKLER DİZİNİ

**Sayfa**

Grafik 4.1. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki toprak özellikleri ..... 35
Grafik 4.2. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki Toprak C ve N depolama kapasitesi ..... 37

# 1. GİRİŞ

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan mevcut çalışmanın temel amacı, saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçereleri arasındaki bazı toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasitelerini incelemek olduğundan, aşağıda öncelikle karbon ve azot döngüsü konusunda bilgi verilecek, akabinde Ülkemizin asli ağaç türleri arasında yer alan sarıçam ve göknar ağaç türlerinin genel özellikleri hakkında bilgiler sunulacaktır.

## 1.1. Karbon ve Karbon Döngüsü

Karbon döngüsü, karbonun yerkürenin biyosfer, pedosfer, jeosfer, hidrosfer ve atmosferi arasında alınıp verildiği biyokimyasal bir döngüdür (Tolunay ve Çömez, 2008). Karbon kireçtaşı gibi pek çok mineralin temel bir bileşeni olmasının yanı sıra biyolojik bileşiklerde de yer alan bir bileşendir. Azot ve su döngüsü ile birlikte, karbon döngüsü, toprakta yaşamın sürdürülebilmesini sağlamanın bir anahtarı olarak bir dizi olaydan oluşmaktadır (Asan, 2011). Uzun süreli karbon ayrılım süreçleri ile karbon yutaklarından salınım, biyosfer içerisinde geri dönüştürüldüğü ve yeniden kullanıldığından karbon döngüsünü tanımlamaktadır (Asan, 1995).

Rezervler arasındaki karbon alışverişleri, çeşitli kimyasal, fiziksel, jeolojik ve biyolojik süreçlerin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Okyanuslar, Dünya yüzeyine yakın en geniş aktif havuzu içermektedir (Sarıyıldız v.d., 2015). Atmosfer, okyanus, karasal ekosistem ve sedimentler arasındaki doğal karbon akışları dengelidir, bu şekilde karbon seviyeleri insan etkisi olmadan genel hatlarıyla kalıcı olacaktır.

Dünyanın atmosferindeki karbon iki temel şekilde meydana gelmektedir: karbondioksit ($O_2$) metan. ($CH_4$) gaz, atmosferdeki ısıyı çeker ve kendi içinde tutar ve her iki gaz da sera etkisinden kısmen sorumludur. Metan gazı, karbondioksit gazına kıyasla, her hacim için daha büyük bir sera etkisi meydana getirir fakat karbondioksite kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda meydana gelir ve daha kısa ömürlüdür ve bu da bu iki gaz açsından karbondioksiti daha önemli bir sera gazı haline getirir. (Sarıyıldız v.d., 2015).

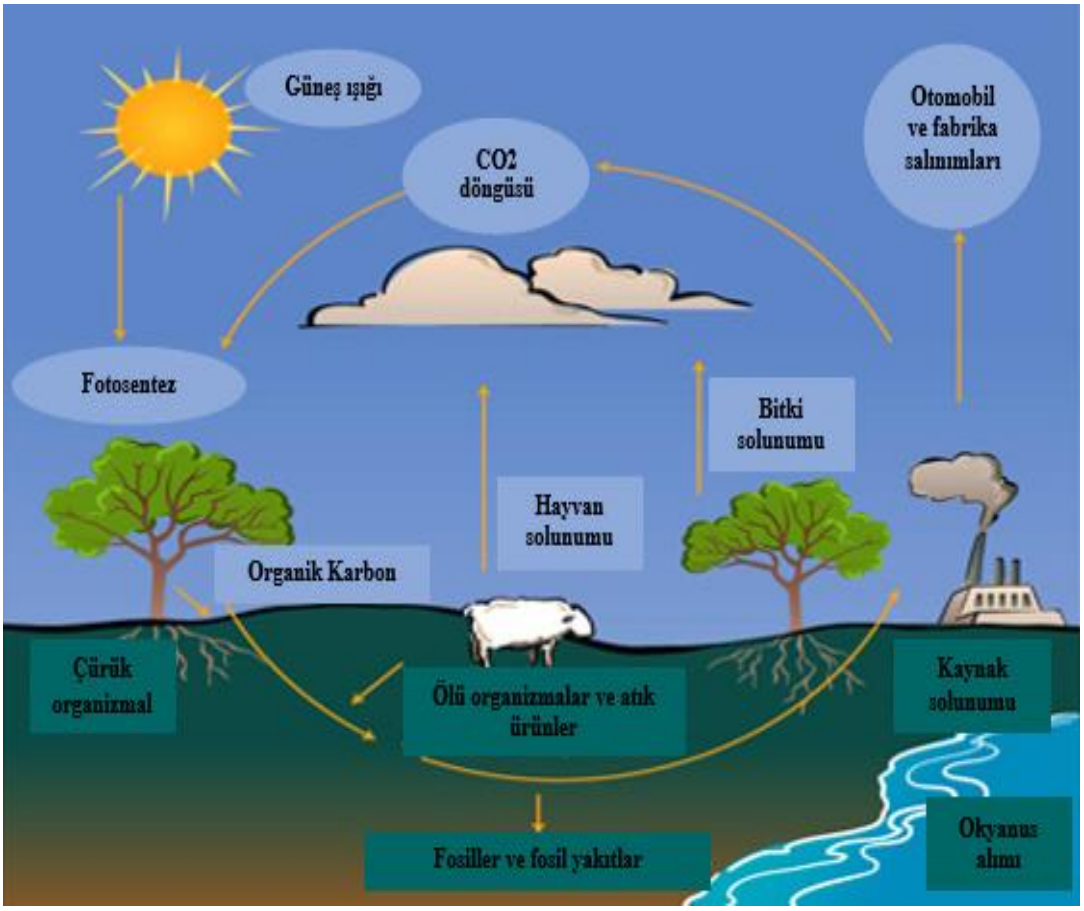
Karbondioksit öncelikle fotosentez yoluyla atmosferden çıkarılır ve karasal ve okyanus ekosistemlerine girer. Karbondioksit aynı zamanda, yağmur damlaları atmosfere düştükçe yağış içerisinde çözülmesinin yanı sıra, su kütleleri (okyanuslar, göller, vb.) içerisinde atmosferden başlayarak doğrudan çözünür (Berry v.d., 2007). Suda çözündüğü zaman, karbondioksit su molekülleri ile tepkimeye girer ve okyanus asit derecesine katkıda bulunan karbonik asidi meydana getirir. Daha sonra ayrışmayla kayalar tarafından tutulabilir. Aynı zamanda, dokunduğu başka yüzeyleri asitleştirebilir veya okyanus içerisine yıkanabilir. (Resim 1.1.)

Son iki yüzyıldır insan faaliyetleri, hem ekosistemlerin atmosferden karbondioksiti bağlama yeteneğini değiştirerek hem de karbondioksiti doğrudan atmosfere yayarak, örneğin, fosil yakıtları yakarak veya beton üreterek, atmosferdeki karbon miktarını, çoğunlukla karbondioksit formunda, önemli derecede arttırmıştır (Bouriaud ve Popa, 2007).

Karasal ekosistemdeki karbon tutulumu yaşamsal faktörlere bağlı olduğu için, günlük ve mevsimsel bir döngüyü takip eder. $CO_2$ ölçümlerinde, bu özellik Keeling eğrisinde belirgindir. Kuzey yarımkürede en güçlüdür, çünkü bu yarımkürede güney yarımküreden daha çok kara kütlesi ve dolayısıyla ekosistemler için karbonu içine çekecek ve yayacak daha fazla alan bulunur (Cox v.d., 2000).

Karbon çeşitli yollarla ve farklı zaman birimlerinde karasal ekosistemden ayrılır. Organik karbonun yanması veya solunumu onu hızla atmosferin içine serbest bırakır. Aynı zamanda ırmaklar yoluyla okyanuslara da aktarılabilir veya etkisiz karbon biçiminde toprakların içerisinde tutulmuş şekilde kalabilir. Toprakta depolanan karbon erozyon sebebiyle ırmakların içerisinde yıkanmadan veya toprak solunumu yoluyla atmosferde serbest bırakılmadan önce binlerce yıla kadar orada kalabilir. 1989 ve 2008 yılları arasında, toprak solunumu her yıl için yaklaşık %0.1 artış göstermiştir. 2008 yılında, topraktan salınan küresel toplam $CO_2$ kabaca 98 milyon tona ulaşmıştır. Fosil yakıtlar yakılarak her yıl insanlardan nerdeyse 10 kat daha fazla karbon atmosfere girmektedir. Bu konu açısından birkaç olası açıklama vardır fakat en muhtemel açıklama, artan sıcaklıkların toprak organik maddesinin ayrışma hızını arttırdığı ki bunun da $CO_2$ akışını arttırdığı yönündedir. Topraktaki karbonun ayrılma uzunluğu

yerel iklimsel koşullara bağlıdır ve bu sebeple de iklim değişimi süresince farklılık göstermektedir. Sanayi öncesi devirden 2010 yılına kadar, karasal biyosfer 1940 yılından önce belirgin bir atmosferik $CO_2$ kaynağı sunmuştur, daha sonra ise belirgin bir net depoya dönüşmüştür (Cox vd., 2000).




Resim 1.1. Schlesinger ve Andrews,(2000)'den uyarlanan Karbon Döngüsü

## 1.2. Azot ve Azot Döngüsü

Azot döngüsü, azotun atmosferde, karasal ve deniz ekosistemlerinde hareketi esnasında birden çok kimyasal forma dönüştürüldüğü biyokimyasal bir döngüdür. Azot dönüşümü hem biyolojik hem de fiziksel süreçler yoluyla gerçekleştirilebilir (Sarıyıldız vd., 2015). Azot döngüsündeki önemli süreçler, bağlanma, amonifikasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyondur. Dünyanın atmosferinin çoğunluğu (%78) azottur ve bu sebeple atmosfer en büyük azot kaynağıdır. Bununla birlikte atmosferik azot, pek çok ekosistem türünde kullanılabilir bir azot yetersizliğine yol açarak, biyolojik kullanım açısından sınırlı biçimde bulunmaktadır. Azot döngüsü, çevre bilimcileri

yakından ilgilendirmektedir çünkü azotun miktarı, birincil üretim ve ayrışma dahil olmak üzere ana ekosistem süreçlerinin oranını etkileyebilir. Fosil yakıtların yanması, suni azot gübrelerinin kullanımı ve atık sulardaki azot salınımı gibi insan faaliyetleri, küresel azot döngüsünü önemli ölçüde değiştirmektedir (Dubowski v.d., 2001).

Azot, organik azot, amonyum ($NH_{+4}$), nitrit ($NH_{-2}$), nitrat ($NO_{-3}$), azot oksit ($N_2O$), nitrik oksit (NO) veya inorganik azot gazı ($N_2$) dahil olmak üzere geniş çeşitlilikte kimyasal form halinde çevrede mevcuttur (Jones v.d., 2004). Organik azot, canlı bir organizmada, humus biçiminde veya organik madde ayrışmasının ara ürünleri halinde olabilir. Azot döngüsünün süreçleri, azotu bir türden diğerine dönüştürür. Bu süreçlerin pek çoğunu bakteriler, ya enerjiyi toplayıp depolamak için ya da azotu büyümeleri için gereken bir formda biriktirmek için, kendi çabalarıyla gerçekleştirir. Örneğin, hayvan idrarındaki azotlu atıklar, yeniden kullanılmak üzere topraktaki bakterilerin nitrat haline getirmesi ile parçalanır. Bunun yanı sıra, farklı diyagramlar bu süreçlerin azot döngüsünü oluşturmak için nasıl birbirleriyle ilişki içinde olduğunu göstermektedir (Gülsunar, 2011).

Atmosferik, endüstriyel ve biyolojik süreçler yoluyla azotun nitrata ve nitrite dönüşümüne azot bağlanması denir. Atmosferik azot, bitkiler tarafından kullanılabilir halde işlenmelidir veya bağlanmalıdır. Her yıl azot $5x10^{12}$ - $10x10^{12}$ g, yıldırım çarpmaları ile bağlanır fakat çoğu saptama diazotroph olarak bilinen serbest yaşayan veya simbiyotik bakteriler ile gerçekleştirilir. Bu bakteriler, tarafından farklı organik bileşiklere dönüştürülen, amonyak üretmek için hidrojen ile azot gazını birleştiren enzimlere sahiptir (Gülsunar, 2011). Çoğu biyolojik azot bağlanması, pek çok bakteri çeşidinde ve bazı Arkelerde bulunan Mo-nitrojenaz aktivitesi ile gerçekleşir. Mo-nitrojenaz, pek çok metal içeren prostetik kümeye sahip karmaşık iki bileşikli bir enzimdir. Azot bakterisi, serbest yaşayan bakterilerin bir örneğidir. Rizobium gibi simbiyotik azot bağlayan bakteriler genellikle baklagillerin kök düğümlerinde yaşar (bezelye, adi yonca ve akasyalar gibi). Burada, karbonhidratlar karşılığında amonyak üreterek, bitki ile karşılıklı bağımlı bir ilişki meydana getirirler. Bu ilişkiden dolayı, baklagiller çoğunlukla azotu zayıf toprakların azot içeriğini arttıracaktır. Baklagillerden olmayan birkaç tür de bu gibi bir ortak yaşarlık meydana getirebilir. Bugün, toplam bağlanan azotun yaklaşık %30'u, azot gazını ve bir hidrojen kaynağını

amonyağa dönüştürmek için yüksek sıcaklıklar ve basınçlar kullanan Haber-Bosch'un prosesi kullanılarak endüstriyel olarak üretilir (Mosier vd., 1998).

Bir bitki veya bir hayvan öldüğü zaman veya bir hayvan atık bıraktığı zaman, ilk azot biçimi organik olur. Bakteriler veya mantarlar, organik azotu kalan kalıntılar içerisinde amonyuma dönüştürür ($NH^{+}_{4}$), bu da amonyaklaşma veya mineralizasyon adı verilen bir süreç. İlişkili enzimler:

- GS: Gln Sentetaz (Sitosolik & Plastik).
- GOGAT: Glu 2-oxoglutarate amino transferaz (Feredoksin & NADH-bağımlı).
- GDH: Glu Dehidrojenaz:
- Amonyum özümlemesinde ikincil rol.
- Amino asit katabolizmasında önemli.

Amonyumun nitrata dönüşümü ilk olarak toprakta yaşayan bakteriler ve diğer azotlayıcı bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Nitratlaşmanın son aşamasında, amonyumun oksitlenmesi ($NH_4$), amonyağı nitrite dönüştüren ($NO^{-}_{2}$) Nitrosomonas türü gibi bakteriler tarafından gerçekleştirilir (Santa, 2000). Nitrobakter gibi diğer bakteriyel türler, nitratlar içerisinde ($NO_3$) nitritlerin ($NO_2$) oksitlenmesinden sorumludur. Amonyak ($NH_3$) için nitrata veya nitrite dönüştürülmek önemlidir çünkü amonyak gazı bitkiler için zehirlidir. Çok yüksek çözünürlüğünden dolayı ve topraklar anyonları pek tutamadığı için, nitratlar yeraltı suyuna girebilir. Yeraltı suyunda yükselen nitrat, bir içme suyu sorunudur çünkü nitrat bebeklerde kan-oksijen düzeyleri ile çatışabilir ve methemoglobinemi veya mavi bebek sendromuna yol açar. Yeraltı suyu akarsu akışını yeniden doldurduğu zaman, nitratla zenginleştirilmiş yeraltı suyu, yüksek alg popülasyonu ve büyümesine, özellikle mavi-yeşil alg popülasyonuna neden olan bir süreç olan ötrofikasyona katkıda bulunabilir. Balık yaşamına doğrudan zehirli olmadığı halde, eğer balık bu ötrofikasyona katkıda bulunursa, nitratın balıklar üzerinde dolaylı etkileri bulunur (Yesil-Celiktas vd., 2007). Azot bazı su kütlelerinde ciddi ötrofikasyon sorunlarına katkıda bulunmaktadır. 2006'dan bu yana, azot gübresinin uygulanması İngiltere ve Birleşik Devletlerde giderek artan bir şekilde

kontrol edilmektedir. Bu kontrol, genellikle iyi beslenmiş su kütlelerinin kurtarılması için gerekli görülen kısıtlama olarak, fosforlu gübrenin kontrolü ile aynı şekilde gerçekleşmektedir.

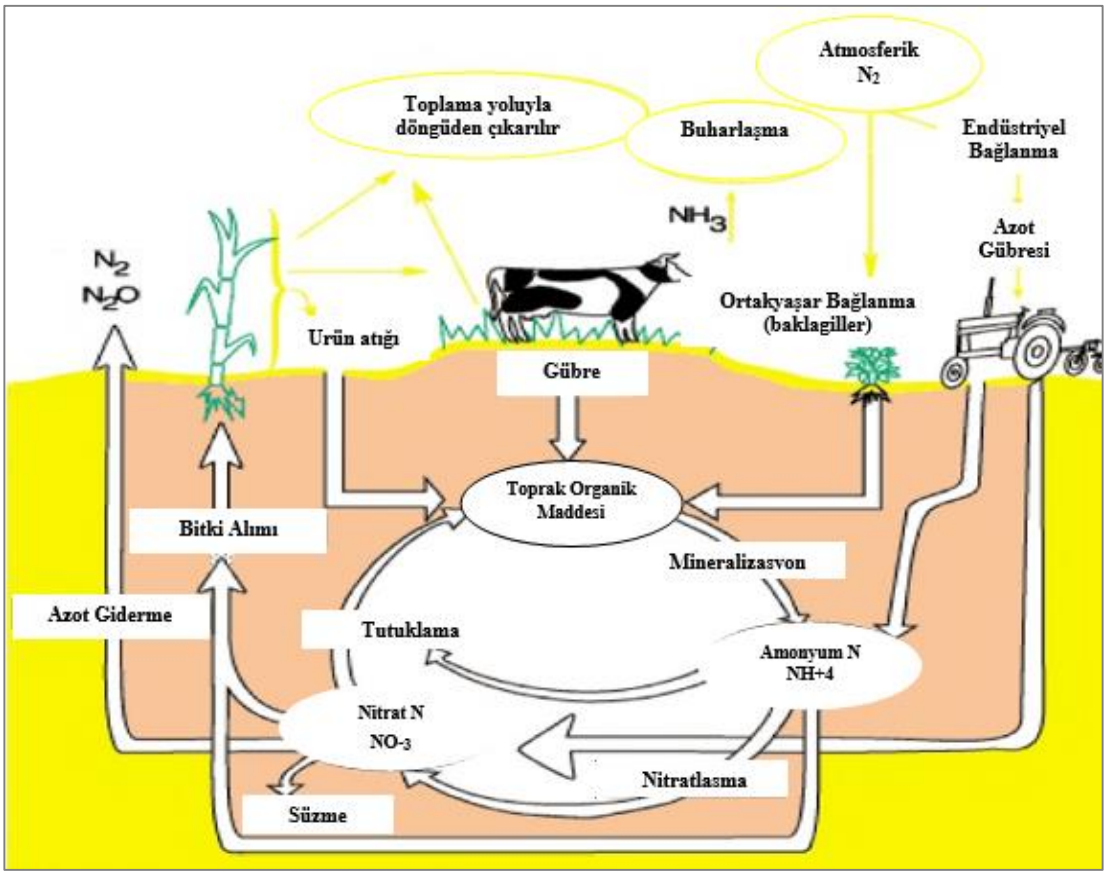
Azot döngüsü okyanus açısından da önemli bir süreçtir. Genel döngü benzer olduğu halde, okyanustaki azot için farklı oyuncular ve aktarım şekilleri vardır. Azot, yağış, yüzeysel akış veya atmosferden $N_2$ olarak suya girer. Azot bitki planktonu tarafından $N_2$ olarak kullanılamaz bu yüzden büyük bir çoğunlukla siyanobakteriler tarafından gerçekleştirilen azot bağlanmasına uğraması gerekir. Bağlı azot kaynakları deniz döngüsüne girmeden, bağlı azot yaklaşık 2000 yıla kadar kullanılacaktır. Bitki planktonu, organik maddenin ilk sentezi için biyolojik olarak mevcut olan formlarda azota ihtiyaç duyar. Amonyak ve üre, planktondan atılım ile suyun içerisine bırakılır. Azot kaynakları, organik maddenin aşağı doğru hareketi ile öfotik bölgeden uzaklaştırılır. Bu da bitki planktonunun çökmesi, dikey karıştırma veya dikey göçlerin atıklarının çökmesiyle meydana gelir. Çöküntü, amonyağın öfotik bölgenin altında daha alt derinliklere getirilmesine yol açar. Bakteriler, amonyağı nitrite ve nitrata dönüştürebilir fakat ışık bunları engelleyebilir bu sebeple bu da öfotik bölgenin altında meydana gelmelidir. Amonyaklaşma veya Mineralizasyon, organik azotu amonyağa dönüştürmek için bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Nitratlaşma daha sonra amonyumu nitrit ve nitrata dönüştürmek için gerçekleşebilir. Nitrat, döngüyü devam ettirmek için bitki planktonu tarafından tutulabileceği öfotik bölgeye, dikey karıştırma ve sürüklenme ile geri getirilir. $N_2$, azot giderme yoluyla atmosfere geri getirilebilir.(Resim 1.2.)

Amonyum, bitki planktonu için tercih edilen bağlı azot kaynağı olarak düşünülür çünkü özümlenmesi bir redoks reaksiyonu içermez ve dolayısıyla da daha az enerjiye ihtiyaç duyar. Nitrat, özümlenme için bir redoks reaksiyonu gerektirir fakat daha fazladır bu yüzden de çoğu bitki planktonu, bu azaltmayı (nitrat redüktazı) yüklenmek için gerekli olan enzimlere sahip olacak şekilde uyarlanmıştır. Prochlorococcus ve Synchronous bakterilerini kapsayan birkaç dikkate değer ve iyi bilenen istisna mevcuttur. Bu türler sadece azotu amonyum olarak tutabilir (Yesil-Celiktas vd., 2007).

Okyanustaki besin maddeleri eşit oranda dağıtılmaz. Sürüklenme alanları, öfotik bölgenin altından itibaren azot kaynakları sağlar. Kıyı bölgeleri, yüzeysel akıştan dolayı azot sağlar ve sürüklenme kıyı boyunca kolaylıkla devam eder. Bununla birlikte, azotun bitki planktonları tarafından tutulabildiği oran, daha düşük ana üretime neden olarak, tüm yıl boyunca oligotrofik sularda ve yaz mevsiminde ılıman sularda düşürülür. Farklı azot formlarının dağılımı, okyanuslar genelinde de değişiklik gösterir.

Nitrat, sürüklenme bölgeleri haricinde yüzeye yakın sularda tükenmiştir. Kıyısal sürüklenme bölgeleri genellikle, artan üretimden dolayı yüksek nitrat ve klorofil düzeylerine sahiptir. Buna rağmen, HNLC (yüksek azot düşük klorofil) bölgeleri olarak adlandırılan yüksek yüzey nitratına fakat düşük klorofile sahip alanlar mevcuttur. HNLC bölgelerinin en iyi açıklaması, okyanus dinamiklerinde ve besin döngülerinde önemli bir rol oynayabilen, okyanustaki demir azlığı ile ilişkilidir (Weintraub ve Schimel, 2003). Demir girdisi bölgeye göre değişiklik gösterir ve toz (toz fırtınaları) ile okyanusa taşınır ve kayalardan süzülerek çıkarılır. Demir, okyanustaki ekosistem verimliliği için gerçek bir sınırlayıcı unsur olarak görülür.

Amonyum ve nitrit, bu derinliğin altına düşen konsantrasyon ile 20-80 metrede (öfotik bölgenin alt ucu) maksimum bir konsantrasyon sergiler. Nitrit ve amonyum ara türler olduğundan bu dağıtım açıklanabilir. Su sütunu yoluyla hem hızlıca üretilir hem de tüketilirler. Okyanustaki amonyum miktarı, nitrattan neredeyse 3 kat daha azdır. Amonyum, nitrit ve nitrat arasında, nitrit en hızlı devir hızına sahiptir. Nitrat özümlenmesi, nitratlaşma ve azot giderme esnasında üretilebilir; bununla birlikte, yeniden hızla tüketilir (Madigan vd., 2017).




Resim 1.2. (Madigan vd., 2017) den uyarlanan Azot Döngüsü

### 1.3. Toprak Organik Maddesindeki Karbon-Azot İlişkileri

Karbon döngüsü, dünya üzerindeki yaşamın temel bir parçasıdır. "Toprak organik karbonu" (TOK) – toprakta depolanan karbon miktarı, toprak organik maddesinin bir bileşenidir – topraktaki çeşitli çürüme aşamalarında mevcut olan bitki ve hayvan materyalleridir (Telfer, 1997). Toprak organik karbonu, toprak verimliliğinin temelidir. Bitki gelişimi için besin maddeleri salgılar, toprağın yapısını, biyolojik ve fiziksel sağlığını destekler ve de zararlı maddelere karşı bir tampon oluşturur. Toprak organik karbonu, doğal karbon döngüsünün bir parçasıdır ve yeryüzündeki topraklar atmosferde ve bitki örtüsünde bulunan karbon miktarının yaklaşık iki katını tutmaktadır. Hava ve sudan karbondioksit kullanılarak bitkiler tarafından organik madde üretilir. Bitkiler (ve besin zincirinin bir parçası olarak hayvanlar) ölür ve bileşenlerine ayrıldıkları ve geri dönüştürüldükleri toprağa geri dönerler. Mineraller toprağın içerisine bırakılır ve karbondioksit atmosfer içerisine bırakılır. Toprak organik karbonu, üst toprak katmanları kütlesinin ortalamasına göre %5'ten daha azına

tekabül eder ve derinliğe göre azalır. CSIRO'YA göre, daha zayıf veya ciddi ölçüde kullanılmış topraklarda düzeyler muhtemelen %1'den daha az olduğu halde, toprak organik karbonu yağmur ormanlarında veya iyi topraklarda %10'dan daha fazla olabilir (Tipping vd., 2008).

Toprakta mevcut olan toprak organik karbonunun miktarı, toprak ve arazi türlerine, iklime ve ziraat yöntemlerine bağlı olarak zaman içerisinde aynı otlaktaki iklim değişimine göre fazlasıyla değişiklik gösterebilir. Sıcaklık, yağış miktarı, arazi yönetimi, toprak beslenmesi ve toprak türü, toprak organik karbon düzeylerini etkiler. Avustralya'da, toprak karbon düzeyleri nadas, toprağı işleme, anız yakma veya yok etme ve aşırı otlatma gibi faaliyetler yüzünden pek çok alanda tarım öncesi düzeylerin yarısına kadar düşmektedir. Artan toprak organik karbonunun iklim değişimini hafifletmeye yardımcı olmasının yanı sıra iki faydası daha vardır, toprak sağlığını ve verimliliğini iyileştirir. Toprak organik karbonunu arttıran pek çok yönetim uygulaması da ekin ve otlak miktarını geliştirir (Asan, 2006).

NSW Birincil Sanayi Departmanına göre, topraklarda depolanabilecek organik karbon miktarında bir sınır olduğu halde, geçmişteki büyük kayıplar Avustralya'nın tarımsal topraklarının çoğunun toprak organik karbonunda büyük bir artış potansiyeline sahip olduğu anlamına gelmektedir. Toprakta organik karbon olarak daha fazla karbon depolanırsa, atmosferde mevcut olan miktarı azaltacak ve küresel ısınmanın indirgenmesine yardımcı olacaktır. Toprakta karbon depolama sürecine "toprak karbon tutulumu" denir. Toprak organik karbonunu arttıran uygulamalardan bazıları, koruma tarımını (işlenmiş toprağın azaltılmasını veya ortadan kaldırılmasını ve önceki mahsullerden anızın yerinde tutulması), ekin yönetiminin geliştirilmesini (örn. daha iyi rotasyon yoluyla), ağaç/orman yönetiminin devam ettirilmesi ve geliştirilmesini, otlatma yönetiminin geliştirilmesi ve organik gübre ve hayvan gübresi gibi organik materyallerin eklenmesini içermektedir (Kuchma, 2010).

Azot, bütün amino asitlerin temel bir unsurudur. Amino asitler proteinlerin temel yapı taşlarıdır. Azot aynı zamanda, tüm canlı varlıkların DNA'sını oluşturan ve genetik koda sahip olan nükleik asitlerin bir bileşenidir. Azot, karbonhidrat oluşumu

(fotosentez) kümesi olan klorofilin bir bileşenidir. Klorofil aynı zamanda, bitkilere yeşil rengi veren maddedir (Turna, 2003).

- Fotosentez, yeterli azot bulunduğu zaman yüksek oranlarda meydana gelir.
- Yeterli azotu alan bir bitki genellikle etkin bitki gelişimi sergileyecektir. Yapraklar da koyu yeşil bir renk geliştirecektir.

Biyolojik ve Atmosferik Bağlanma: atmosferik azottan, bitki alımı için sonradan mevcut olan amonyuma dönüşümdür. Ticari ve organik gübrelerin doğrudan ilaveleri. Mineralizasyon: organik azottan amonyuma dönüşüm. Nitratlaşma: Amonyumdan nitrata dönüşüm.

**Topraktan Azot Kayıpları**

- Denitrifikasyon: Nitrattan atmosferik azot formlarına dönüşüm.
- Buharlaşma: Amonyak gazının atmosfere zararı.
- Yüzeysel akış.
- Toprak yıkanması.
- Bitkiler ve diğer organizmalar aracılığıyla tüketim.

Azot çok dinamik bir elementtir. Sadece pek çok biçimde Dünyada var olmaz aynı zamanda toprağın içinde ve dışında pek çok dönüşüme uğrar. Bu dönüşümlerin toplamı azot döngüsü olarak bilinir.

### 1.4. Sarıçamın Genel Özellikleri

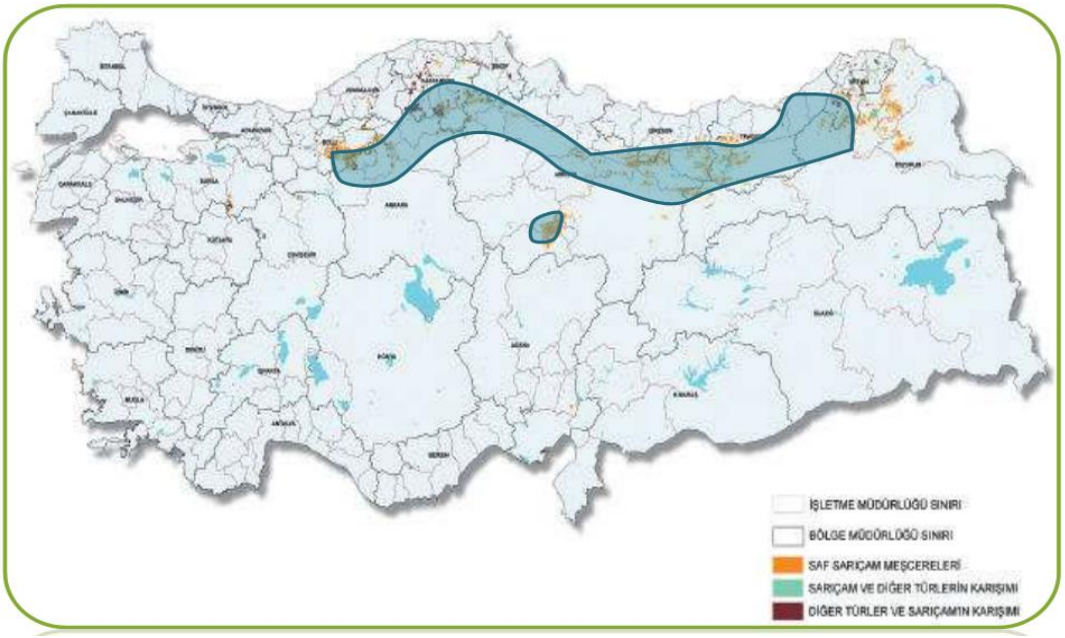
Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Batı Avrupa ile Doğu Sibirya, güney ile Kafkas Dağları ve Anadolu ve kuzey ile İskandinavya'da Kuzey kutup dairesinin iç kısımları arasında dağılım gösteren, Avrasya'ya özgü bir çam türüdür. Bu çeşitliliğin kuzeyinde, deniz seviyesinden 1000m yukarıda bulunur, bu çeşitliliğin güneyinde ise, 1200 m-2600 m rakımda büyüyen, yüksek rakımlı bir dağ ağacıdır. Oldukça kısa, mavi-yeşil yaprakların ve turuncu-kırmızı kabukların bir birleşimi ile kolaylıkla belirlenebilmektedir (Mencuccini vd., 1997; Knight vd., 1994). (Harita 1.1.)

Bu tür çoğunlukla daha zayıf, kumlu topraklarda, taşlı mostralarda, turba bataklıklarında veya orman sınırına yakın bulunur. Verimli alanlarda diğer, genellikle ladin veya geniş yapraklı ağaç türleri Sarıçamdan daha fazladır (Finer v.d., (2007). İskoçya'nın milli ağacıdır.

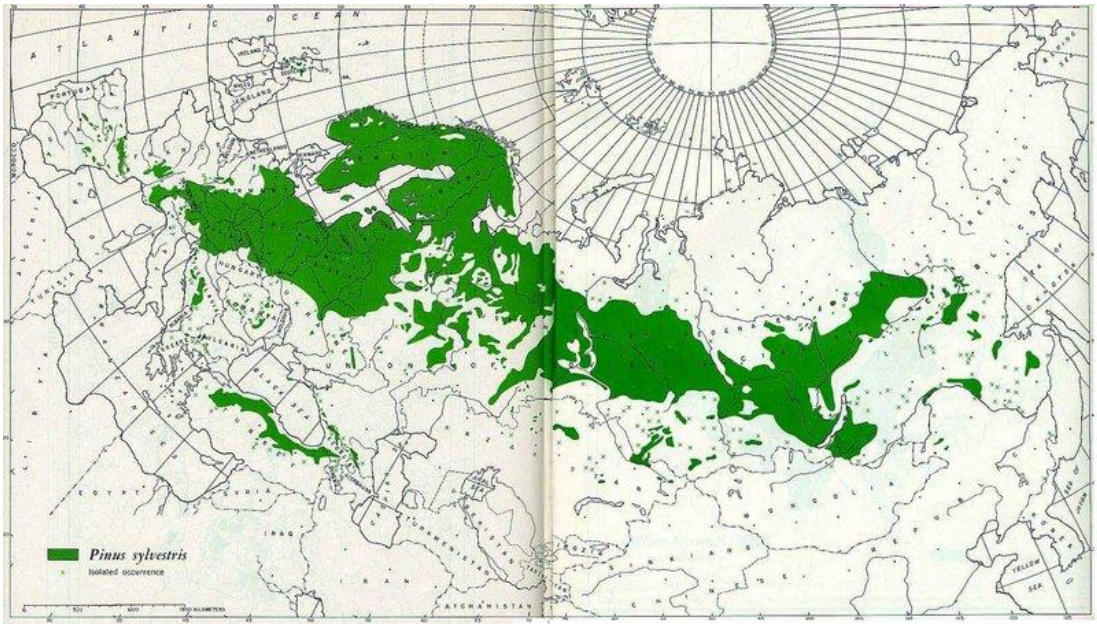
*Pinus sylvestris,* olgunlaştığı zaman boy olarak 35 m ve gövde çapı olarak 1 m'ye kadar büyüyen herdem yeşil iğne yapraklı bir ağaçtır; istisnai olarak, çok verimli alanlarda boyu 45 metreden ve gövde çapı 1.7 metreden fazla olabilir (Tolunay ve Çomez, 2008); kaydedilen en uzun Sarıçam ise, 46.6 m olan, Estonya'da büyüyen en az 210 yıllık bir ağaçtır (Estonian, 2016).

Kabuğu kalındır, alt gövdesi pullu koyu gri-kahverengidir. Üst gövdesi ve dalları ince, yapraksı ve turuncudur. Olgun ağacın tabiatı, yuvarlak veya düz çıkıntılı yapraklar kümesiyle kaplı uzun, örtüsüz ve düz gövdesi yüzünden farklıdır. Yaşam süresi genellikle 150-300 yıldır; Kuzey Finlandiya, Laponya'da kaydedilmiş en yaşlı örnek 760 yılı aşmıştır (Kuchma, 2010; Tipping vd., 2008; Palahi ve Pukkala, 2003).

Filizler, spiral şeklinde sıralı pullu bir yapıya sahip, açık kahverengidir. Olgun ağaçlarda, ibreler mat mavi-yeşildir, kışın çoğunlukla daha koyu yeşilden koyu sarı yeşildir, 2.5-5 cm uzunluğunda ve 1-2 mm genişliğindedir, her zaman gri olan 5-10 mm taban kılıflı iki demet olarak meydana getirilir. Dinç genç ağaçlarda, yapraklar iki kat daha uzun olabilir ve zaman zaman güçlü filizlerin uçlarında üç veya dört demet halinde görülür. Yaprak dayanıklılığı daha ılık iklimlerde 2-4 yıl arasında değişir ve yarı arktik bölgelerde 9 yıla kadar çıkar. Fideler bir yaşına kadar genç yapraklar taşır; bunlar tektir (çift olarak değil), çıkıntılı bir kenara sahip, 2-3 cm uzunluğunda, düzdür (Steven ve Carlisle, 1959).




Harita 1.1. Türkiye'deki Sarıçam yayılışı




Harita 1.2. Dünyadaki Sarıçam yayılışı

## Türkiye'de Sarıçamın önemi

(Turna, (2003)'e göre, Sarıçam Türkiye'de geniş alan kaplayan türlerden birisidir. Toplam Türkiye'de ormanlık arazilerinin %5'ini oluşturan bir milyondan fazlasını kapsayarak, Türkiye'de üretilen orman ürünleri açısından önemli bir ağaç türüdür (Korkut vd.,2008). Ağaçlar, Türkiye'deki toplam ormanlık alanın yaklaşık %4'ü olan,

yaklaşık 475 000 ha alanın verimli ormanlar olarak kaldığı, yaklaşık 757 000 ha alanı kaplamaktadır. Bu tür Türkiye'nin daha çok kuzey kısmını kaplamaktadır. (Harita 1.2.) Bu türün uygun dikim alanının Türkiye'de yaklaşık 500 000 ha olduğu da bildirilmiştir. Tür aynı zamanda, Avrupa ve Asya Ormanlarında önemli bir kereste türüdür. Ayrıca, köken ve bitki yetiştirme çalışmalarının yapıldığı Kore, Çin, Meksika ve Yeni Zelanda'daki egzotik bir tür olması ilginçtir (Gulcu ve Bilir, 2015). Aynı zamanda sarıçamın, "Ulusal Ağaç Islahı ve Tohum Üretimi Programındaki" ana türlerden biri olduğunu da açıklamışlardır. Köken varyasyonu tahmini, gelecek ekimin ekonomik ve biyolojik başarısındaki değerli katkısından dolayı, ağaç ıslahı programındaki önemli bir aşamadır (Oleksyn vd., 2001).

### 1.5. Göknarın Genel Özellikleri

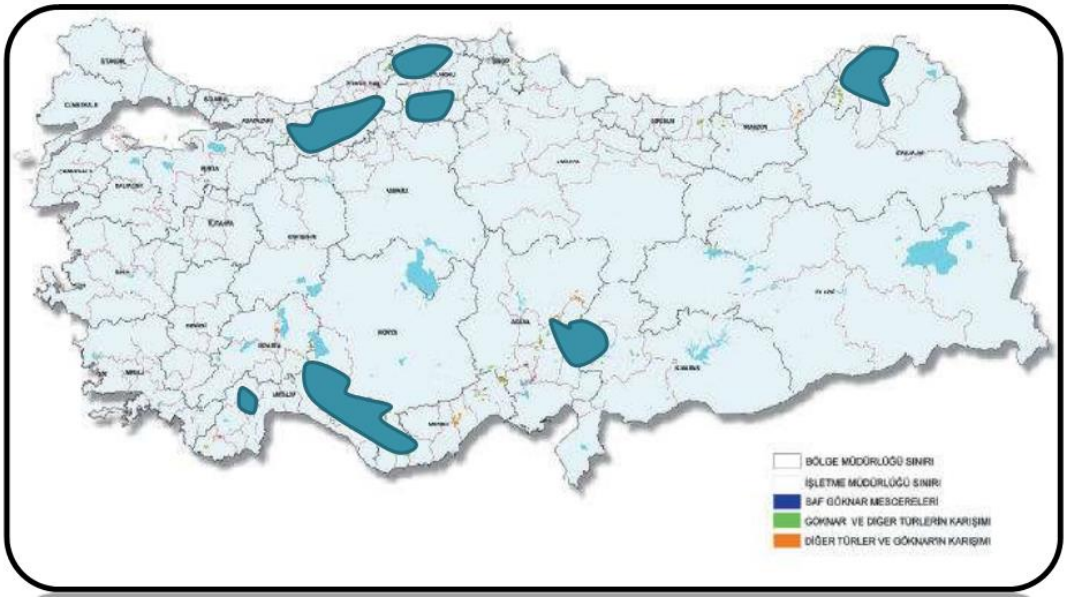
Göknarlar *(Abies),* Çamgiller ailesindeki herdem yeşil iğne yapraklı 48-56 ağaç türünün bir cinsidir. Dağlarda nerdeyse alanın çoğunda bulunan, Kuzey ve Orta Amerika, Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'nın çoğu yerinde bulunur. Göknarlar *Sedir* (cedar) türü ile çok yakından ilişkilidir. Duglas Göknarları gerçek Göknarlar değildir; *Pseudotsuga* türündendir. Olgunlaştıkları zaman 10-80 m uzunluğunda yüksekliklere ve 0.5-4 m gövde çaplarına ulaşan büyük ağaçlardır. Göknarlar iğne yapraklı ağaçlarının benzersiz bağı ile ve farklı kozalakları ile çam familyasının diğer üyelerinden ayrılabilir.

Farklı türlerin belirlenmesi, yaprakların boyutuna ve dizilişine, kozalakların boyutuna ve şekline ve kozalakların çiçek yaprağı ölçülerinin uzun ve dışarı uzamış olup olmamasına veya çiçek yaprağının kozalakların içerisinde kısa ve saklı olup olmamasına bağlıdır (Benson ve Green 1987).

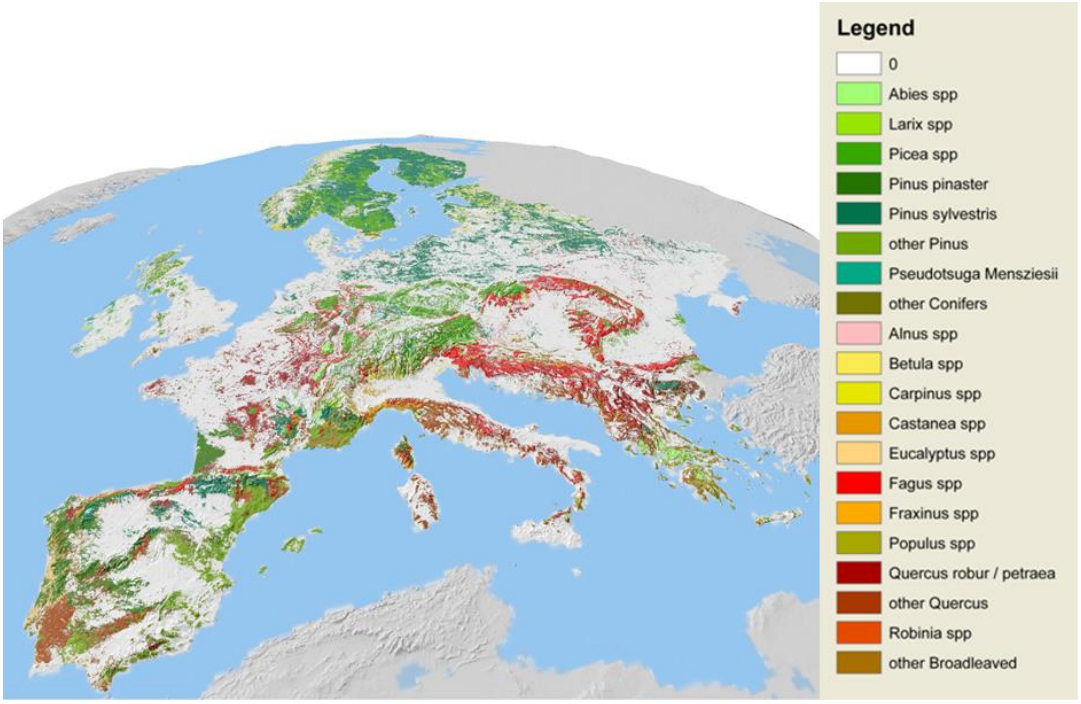
**Göknar ağaçlarının çoğu ortak özellikleri**

- Diğer ağaçlara kıyasla büyük bir ağaç.
- 10-80 m uzunluğunda yükseklik.
- 0.5-4 m gövde çapı

- İğne benzeri yapraklarının eklenme şekli ve farklı kozalakları ile Çam familyasının diğer üyelerinden ayrılabilir.
- Göknar ağaçları simetriktir, her zaman yeşildir.
- Uçucu bir yağ olarak aromaterapi kullanımında, göknar iğne öksürükler, soğuk algınlıkları, grip, kireçlenme, kas ağrıları ve romatizma için faydalıdır.
- Bir ağrı kesicidir, antiseptiktir, koku gidericidir, dezenfektandır ve balgam söktürücüdür. Canlandırıcı özellikleri vardır ve zihnin uyanmasını sağlayan veya genel yorgunlukla savaşan bir uyarıcı olarak kabul edilir.
- Çam, Alaçam ve Sedir ağacı gibi diğer yaprak dökmeyen yağlar ile aynı zamanda Mavi Papatya, Lavanta, Limon veya Biberiye ile iyi şekilde karışır. Tahriş etmediği, hassaslaştırmadığı ve zehirli olmadığı düşünülür ama her zaman, özellikle hamile olduğunda, kullanmadan önce bir hekime danışın.
- Hamur odunu sanayisinde veya yastıkların doldurulması için kullanılmadıkları zaman, göknar ağaçlarının tercih edilen kullanımı kesilmiş yılbaşı ağaçlarıdır.




Harita 1.3. Türkiye'de göknar ağacının yayılışı




Harita 1.4. Avrupa ve Asya'da göknar ağacının yayılışı

Türk göknarı (*Abies bornmuelleriana-Doğu karadeniz göknarı*), Akdeniz göknarı grubunda yer alan nadir, iğne yapraklı, herdem yeşil bir ağaçtır ve yüksek ihtimalle Kafkasya göknarı (*Abies nordmanniana*) ve Yunan göknarı (*Abies cephalonica*) arasındaki doğal bir melez bitkidir. Doğal aralığı, Karadeniz kıyısına yakın, kuzey Türkiye ile sınırlıdır (Lal, 2005). (Harita 1.3.) Türk göknarının yapraklarının arkasında, iğnelerinin yukarı doğru büyüme alışkanlığından ortaya çıkan gümüşi bir rengi vardır. Hoş yaprakları ile birlikte, bu özellik ağacı popüler bir süs bitkisi haline getirmektedir. Türk göknarı asidik, iyi drene edilmiş ve zengin toprakları tercih eder. Pek çok diğer Akdeniz göknarlarına kıyasla, bu ağaç ortalama yıllık sıcaklıklardan daha fazlasını tolerans göstermektedir.

**Karışık meşcerelerin önemi: Ladin-Göknar karışımı örneği**

Ladin-göknar ormanları, su temini, rekreasyon ve ağaç ürünlerine katkılarından dolayı oldukça değerlidir. Göknar ve ladin ormanları, iklimdeki hafif dalgalanmalardan büyük ölçüde etkilenir. Sıcaklık, göknar ve ladinin mekansal örnekleri için temel belirleyicidir. *Picea engelmannii* (Engelmann ladini) ve *Abies lasiocarpa* (Alpin göknarı), bu tür ormanlardaki iki baskın ağaçtır. *Amerikan kızılçamı* gibi kalın kabuklu ağaçlar çoğunlukla yangından kurtulabildiği halde, ladinlerin ince kabuğu onları daha

zayıf bir hale getirmektedir. Duglas göknarı gibi ağaçlar, sahip oldukları daha kalın kabuktan dolayı çoğu yangına karşı dayanıklıdır. Türlerin niş gereklilikleri ve değişkenliği ile ilgili olarak, bir yangın esnasındaki yanmış mozaik boyutunun, flora ve fauna dinamikleri üzerinde büyük etkileri olabilir.

Bitkiler sabit olduğu için, doğal seleksiyon yoluyla bozukluklara karşı direnç geliştirmelidir. Bireysel bitki türleri yangın hasarlarına karşı dirençlerini öngörülebilir şekillerde değiştirmektedir. Bu dirençler, bir yangının ardından yeniden kolonileşme esnasında geniş ölçüde artış gösterecek biyolojik çeşitlilik için buna olanak sağlar. Bir yangından on bir sene sonra ladin ve göknar ormanında, bir yangının olmadığı bir çevreye kıyasla daha geniş bir çeşitlilik bulunur. Ağaççıkların yeniden canlanması uzun zaman alır fakat yakın zamanda ağaççık popülasyonunda daha geniş bir çeşitlilik bulunacaktır. Ladin ve göknar ormanlarının, tepe tacının çoklu katmanları ve sıkı alt bitki örtülerden dolayı farklı çoğu ormana kıyasla daha büyük bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Bu da, genellikle yanmamış ağaç parçaları bırakan çeşitli yangın türlerine yol açan, çok türlü, farklı bir meşçere yapısı meydana getirir. Toprak yangından dolayı oksitlendiği için, tohum çimlenmesi desteklenir. Aynı zamanda, yangından etkilenmemiş olan alanlarda değil, yanmış alanlarda pek çok bitki türü mevcut olur. Göknar ve ladin ağaçları rüzgarla dağılır bu sebeple iyileştirilmiş ağaçların sayısı, yanmamış meşçereler ile numunenin yeri arasındaki mesafeye bağlıdır.

### 1.6. Çalışmanın Amacı

Orman topraklarının karbon ve azot depolaması, bozuk orman alanlarının ve karışık orman topluluklarını iyileştirerek, orman ağaçlarının kesilmesinin ve traşlanmasının önüne geçerek ve çam ağaçları, göknar ağaçları veya her ikisi gibi karışık ağaçlara ormancılık müdahalelerini, toprak erozyonu için toprak koruma ve önleyici tedbirleri ve ormansız veya açık alanların ağaçlandırılmasını planlayarak sağlanabilir.

Bu mevcut çalışmanın temel amacı, bazı toprak özellikleri (hacim ağırlığı, toprak pH, toprak kum, toz ve kil içerikleri), toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasiteleri üzerinde saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerinin etkilerini incelemektir. Bu amaçla, saf ve karışık sarıçam ve göknar meşcerelerinden

toprak örnekleri toplanmıştır.  0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 25-30 cm toprak derinliklerinden toprak örnekleri alınmış ve toprak pH değeri, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, toprak organik karbonu (TOK) ve toplam azot (TA) açısından analiz edilmiştir. TOK ve TA depolama kapasitesi, toprak hacmi, toprak hacim ağırlığı ve TOK veya TA içeriği çarpılarak hesaplanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Kantarcı (1979) "Kuzey Aklanın'daki Uludağ Göknar Ormanlarındaki Yükseklik-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Aladağ Kitlesi (Bolu) Analitik İncelemesi" adlı araştırmada, ölü örtüde depolanan karbon miktarı açısından Uludağ göknarının (*Abies nordmanni* subsp. *Bornmuelleriana* Mattf.) 10,47-13,00 ton/ha olduğu ve toprakta depolanan karbonun 89.85-139.31 ton / ha arasında değiştiği sonucuna ulaşmıştır.

Asan (1995) "Türk Ormanlarındaki Küresel İklim Değişimi ve Karbon Birikimi" adlı çalışmasında, Türkiye'nin ormanlarından alınan karbondioksit miktarının 1960 yılında 70 milyon tondan 1995 yılında 79.5 milyon tona kadar arttığını bildirmiştir.

Telfer (1997) "Maddelerin Sirkülasyonunun Bolu-Aladağ'da dizi halindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinin korunması üzerindeki etkileri " adlı çalışmasında, Sarıçam ormanlarının topraklarındaki karbon miktarının 40.7-129.0 t/ha arasında olduğunun bildirmiştir.

Asan (1999), Türkiye ormanlarındaki karbon depolarının 875 milyon ton olduğunu, bunun 554 milyon tonunun dikili, 321 tonunun depolanmış olduğunu bildirmiştir.

Lal (2005), araştırmasında, orman arazilerinin küresel ölçekte yıllık ortalama 0.4 ton/ha karbon biriktirdiğini bildirmiştir.

Asan (2006) "Bir karbon havuzu olarak bitki ekosistemleri ve ormanlar" adlı çalışmasında, Türkiye ormanlarının 1990-2004 yılları arasında on beş yıllık bir dönem boyunca sürekli olarak $CO_2$ aldığını ve bunun artış gösterdiğini açıklamıştır. Çalışmasında, 1990 yılında atmosferden alınan karbondioksit miktarının yıllık 67.078.000 ton iken, 2004 yılında yıllık 74.430.000 ton olduğu ve 1990 yılında salınan karbondioksit miktarının yıllık 23.541.000 iken 2004 yılında yıllık 53.104.000 ton olduğu bildirmiştir.

Tolunay ve Çömez (2008) “Türk Ormanlarındaki Toprakta ve Ölü Örtüde Depolanan Organik Karbon Miktarları ” adlı çalışmalarında, ülkemizdeki topraklardaki karbon miktarını belirlemeye çalışmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; ülkemizin orman arazisinde 1 hektarlık arazi için 83.8 Mg (ton) organik karbonun depolandığı hesaplanmıştır.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Çalışma Alan Tanıtımı

Bu çalışma, Kastamonu İlinin kuzeyinde, Yaralıgöz Dağı yakınlarında, Kastamonu ilinde gerçekleştirilmiştir. (Harita 3.1) Coğrafi koordinatları 41° 71' 78" Kuzey ve 33° 99' 90" Doğudur (Harita 3.2). Kastamonu, Karadeniz bölgesi kıyısında, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alır. Doğuya doğru Sinop, batıya doğru Bartın, Karabük, güneye doğru Çankırı, güneydoğuya doğru Çorum ve kuzeye doğru Karadeniz ile etrafı çevrilidir. Bölgenin 13,108 km² bir alanı vardır ve nüfusu 360.000'den fazladır. İl merkezi 111.000 (2016) nüfusa sahiptir. Çalışma alanının konumu Haritada 3.2'de gösterilmiştir. Şehir merkezine uzaklık yaklaşık 42 km'dir. (Harita 3.2)

Kastamonu Orman İşletmesi Müdürlüğünden elde edilen verilere göre, Kastamonu ilinin toplam orman alanı 54275,0 hektardır. Kastamonu Orman İşletmesi Müdürlüğünün toplam orman alanı 15771 hektardır. Burada, verimli orman alanı 10431,0 hektardır ve 5340,0 hektar ise verimsiz orman alanıdır (URL-1).




Harita 3.1. Kastamonu İlinin Konumu




Harita 3.2. Çalışma alanının Google Earth üzerindeki konumu

## 3.2. Çalışma Alanın İklim

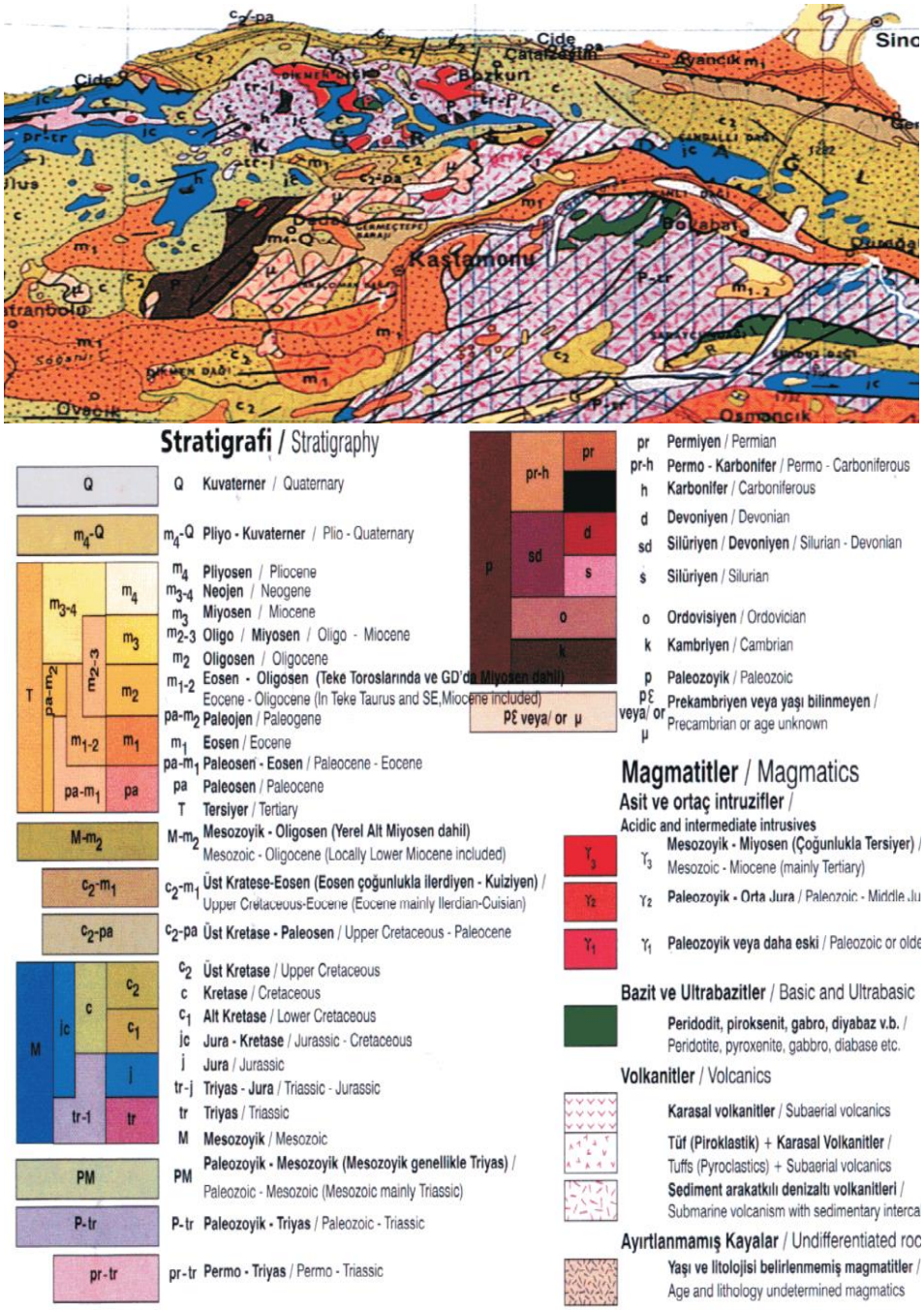
Çalışma Alanı, yazlar kısa ve ılık iken, kışlar uzun, dondurucu ve soğuktur. Az rastlanan ve günlük sıcaklıklar, yaygın aşırı nitelikleri gösterir ve yağış miktarı çoğu kısım için düşüktür. 1975-2010 dönemi iklim verileri incelendiğinde (Kastamonu Meteoroloji İstasyonu, 800 m deniz seviyesinin üzerinde), en yüksek yağışların Mayıs ayında (71.1mm), en düşük yağışların Şubat ayında (25.8 mm) olduğu, yıllık yağış miktarı ortalamasının ise 489 mm olduğu görülmektedir. Sıcaklık Temmuz ayında ortalama 20.2 ºC'ye yükselmekte, Şubat ayında 0.8 ºC sıcaklığa kadar düşmektedir. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. *1975-2010 Çalışma alana ait*

| **Meteorolojik veriler** | **Aylar** | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **Yıllık** |
| 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 Yapış Miktarı | 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. Yapış Miktarı | 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 |
| Soğuk gün sayısı | 25,3 | 22,0 | 16,8 | 4,2 | 1,7 | | | | | 3,4 | 13,2 | 21,8 | 109,0 |
| Sisli gün 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 Rüzgâr Yönü ve Hızı | SW W 4,3 | SW 4,8 | SW W 5,4 | SW W 5,4 | SW W 4,6 | SW W 4,5 | NW W 4,3 | N 4,0 | SW W 4,1 | SW W 3,9 | SW 4,0 | SW 4,3 | SWW 5,4 |
| Ortalama Rüzgâr 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 alanına ait jeolojik bilgiler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanan Türkiye jeolojik haritası kullanılarak belirlenmiştir (Harita 3.3). Jeoloji haritasını incelediğimiz zaman, Triyas-Alt Jura Çaltepe oluşumun metamorfik şistlerini içerdiği anlaşılmaktadır.




Harita 3.3. Çalışma alanının jeomorfolojisi.

### 3.4. Alanda Toprak Numunesi alımı

Çalışma alanının kuzeye bakan kısmında, 1189 m rakımda saf sarıçam ve göknar meşçerelerinden ve karışık meşcerelerinden toprak örnekleri alınmıştır. Her alanda, birkaç olgun ve boylu ağacın yaşı, boyu, çapı (göğüs yüzeyi çapı, 1.30 cm) ölçülmüş ve ağaç yapısı not edilmiştir. Her alandaki örtünün miktarı görsel olarak tahmin edilerek alandaki tepe tacı kapalılığı belirlenmiştir. Toprak numuneleri, her örnekleme alanında üç toprak çukuru kazarak 0-5cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 20-30 cm toprak derinliklerinden alınmıştır (Fotoğraf 3.1, Fotoğraf 3.2, Fotoğraf 3.8 ve Fotoğraf 3.9). Her bir toprak çukurundan iki silindir numunesi de alınmış ve temsili hacim ağırlığı elde etmek için bunların ortalaması alınmıştır.



Fotoğraf 3.1. Toprak numuneleri almak için toprak çukurlarının kazılması



Fotoğraf 3.2. Toprak silindirleri kullanılarak farklı derinliklerden toprak örneklerinin alınması



Fotoğraf 3.3. Plastik torbaların kapatılması ve işaretlenmesi

### 3.5. Toprak Örneklerinin Hazırlanması ve Analizi

Numuneler toprak laboratuvarına götürülmüş ve laboratuvar şartları altında yere serilen gazeteler üzerinde kurutulmuş ve daha sonra 2 mm gözenek boyutu olan elekten geçirilmiştir. Damgalı plastik torbalara koyulmuş ve analize kadar daha serin bir yerde muhafaza edilmiştir. Toprak örnekleri toprak pH'sı, tekstür, kütle miktarı, toprak organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) içeriği açısından incelenmiştir. TOK ve TA depolama kapasitesi daha sonra toprak hacmi, toprak kütle ağırlığı ve TOC veya TA içeriği çarpılarak hesaplanmıştır.



Fotoğraf 3.4. Örnekler toprak laboratuvarına taşınmış ve burada kurutulmuştur



Fotoğraf 3.5. Toprak numuneleri laboratuvara götürülmüştür.



Fotoğraf 3.6. Laboratuvarda kurutulan toprak numuneleri.



Fotoğraf 3.7. Havayla kurutulan toprak numuneleri plastik torbalara koyulmuştur.

### 3.6. Toprak Numunelerinin Analizi

#### 3.6.1. Toprak pH değeri

Toprak pH değeri, 50 ml beher kaplarında 25 ml saf su ile 10 g arazi nemli toprağı karıştırılarak ölçülmüştür. Toprak örneğinin pH değeri, Origen 420 dijital pH ölçere uygun bir birleşik cam kalomel elektrotu kullanılarak 30 dakika sonra ölçülmüştür. pH ölçer, pH 4 ve 7 tampon çözeltiler kullanılarak kalibre edilmiştir (Fotoğraf 3.8 ve 3.9).



Fotoğraf 3.8. pH analizi için toprak numunelerinin hazırlanması.



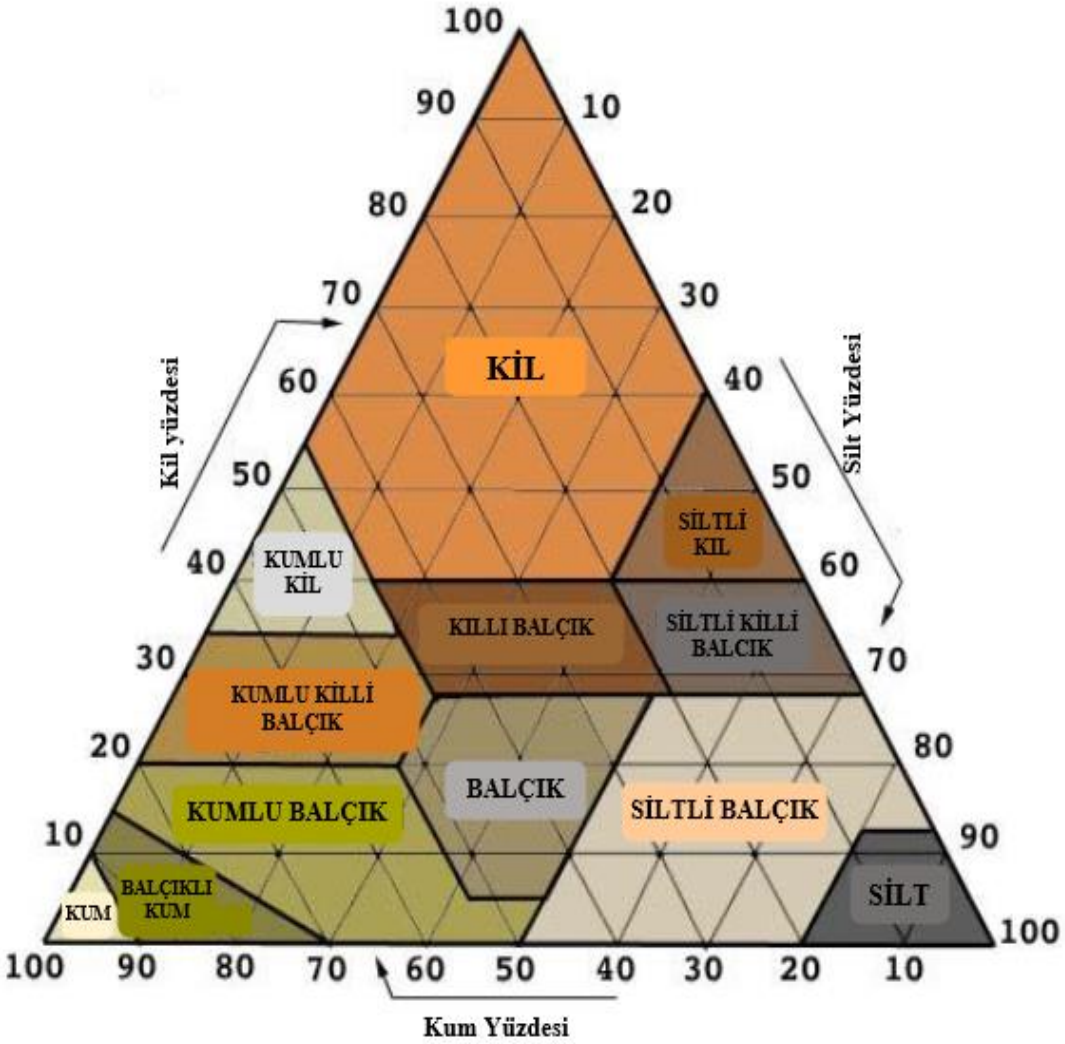
Fotoğraf 3.9. Toprak numunelerinin pH analizi

### 3.6.2. Toprak tekstürü

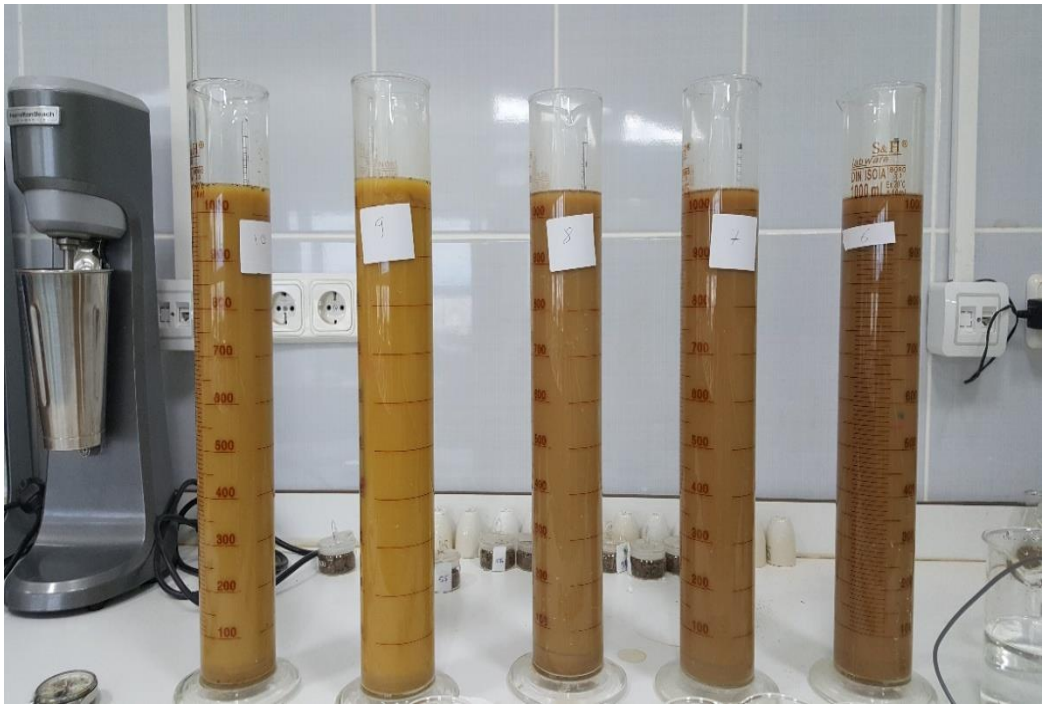
Toprağın tekstür sınıfları, topraktaki ortak kum, kil ve toz parçaları ile toprağın tektür sınıflandırmasını belirler. Yaklaşık 2.0-0.5 mm parçacıkları olan kum boyutuna ulaşır, toz olarak ise 0.05-0.002 mm arasındadır, her iki boyutta kil parçacıkları 0.002 mm'den daha küçüktür;. Tekstür belirlenirken, çapı 2 mm'den daha büyük olan taşlar ve çakıllar hesaplanmamıştır. Toprak tekstürü için kumun, tozun ve kilin yüzdelerini bilinmelidir ve aşağıdaki Resim 3.1'de gösterildiği üzere tekstür üçgeninde yerine konularak okunmalıdır (Berry vd., 2007).

Hidrometre yöntemi, sudaki asılı parçacıkların tortulaşma oranını düzenleyen hareketin düşüklüğüne bağlıdır. Burada kum, kil ve toz oranı inorganik toprakta ölçülür. 50 gr ağırlığında kum beher kabın içinde kurur ve 200 ml saf su ile 12 ml dağıtıcı solüsyon karışımı (25 ml sodyum hidroksit+ 1000 ml saf su $H_2O$) eklenir, beher kabı örtülür ve bir sonraki güne kadar bırakılır; burada dağıtıcı kaba aktarılır ve daha sonra kap miksere bağlanır ve numune 3-5 dakika boyunca karıştırılır (Fotoğraf

3.14), karıştırıldıktan sonra, kabın içindekiler 1000 ml silindire aktarılır, 1000 ml işaretine kadar doldurulur; biz pistonu yerleştirdik ve tek biçimli bir süspansiyon elde edinceye kadar yaklaşık 20 dakika boyunca dikkatli bir şekilde karıştırdık (Fotoğraf 3.15), daha sonra bir termometre yerleştirdik ve okumayı kaydettik ve daha sonra nazik bir şekilde bir hidrometre yerleştirdik, kronometremizi başlattık ve okumayı 14 dakika, 48 saniye boyunca kaydettik ve 120 dakika sonra yeniden okumayı not ettik ve sıcaklığı da kaydettik (Fotoğraf 3.16).




Resim 3.1. USDA dokusal üçgeni



Fotoğraf 3.10. Laboratuardaki toprak dokusu

### 3.6.3. Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

Toprak hacim ağırlığı, bozulmamış toprak ile belirlenir. Toprak hacmini biz bozulmamış yöntem ile hesapladık. 4 cm yüksekliğinde ve 5.6 cm çapında olan silindirler, çekiçle dikey olarak toprağa monte edilmiştir. Silindirler bir bıçak kullanılarak dikkatli bir şekilde çıkarılmış ve her iki ucundaki fazla toprak alınmıştır. Laboratuarda, 105 $^{0}$C sıcaklıkta 24 saat süresince çekirdekler fırının koyulmuştur (Fotoğraf 3.11). Silindirleri fırının içerisinde tutmadan önce, ilk ağırlık not edilmiştir ve fırında kurutulduktan sonra yeniden tartılmıştır. Hacim ağırlığı için hesaplamalar: Silindir hacmi: $\Pi * r^2 * h$.

Burada 3.14= çemberin sabit değeri; r= silindirin yarıçapı, h=silindirin yüksekliği.

Hacim ağırlığı (g $cm^3$) = fırında kuruyan toprak kütlesi (g)/ toplam toprak hacmi ($cm^3$).



Fotoğraf 3.11. Toprak hacim için toprak silindirleri.

### 3.6.4. Toprak Organik Karbon ve Azot Belirlemesi

Toprak organik karbon ve azot içerikleri, Eurovector EA3000Tekli CNH-S element analizörü kullanılarak Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında analiz edilmiştir. (Fotoğraf 3.12).




Fotoğraf 3.12. Eurovector EA3000Tekli CNH-S element analizörü

### 3.6.5. Toprak kütlesi ve toprak organik karbonu ve toplam azot depolama kapasitesinin hesaplanması

Toprak kütlesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$Mi=BDi \cdot Ti \cdot 10^4$

Burada Mi kuru toprak kütlesidir (Mg ha-1), BDi kütle yoğunluğudur (Mg m-3), Ti i-th toğrak katmanının kalınlığıdır (m) ve $10^4$ dönüşüm faktörüdür ($m^2$ ha-1). C alansal veya (N) deposunun sabit derinliğinin (FD) belirlenmesi aşağıdaki gibi hesaplanır:

Ci−sabiti veya Ni−sabiti= ([Ci] veya [Ni]) ·Mi

Burada Ci-sabiti, sabit bir derinliğe göre (kg C veya N ha-1) C (veya N ise Ni-sabitidir) kütlesidir ve [Ci] veya [Ni] C veya N konsantrasyonudur (kg C veya N Mg-1).

## 3.7. Bilgisayar Yöntemleri

SPSS (Windows için Version 9.0) programı kullanılarak mesafelerin ve toprak derinliklerinin bazı toprak özellikleri ve toprak elementleri üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi için çift yönlü bir ANOVA (varyans analizi) uygulanmıştır. ANOVA sonuçlarının ardından, toprak özelliklerinin ve toprak elementlerinin çoklu kıyaslamaları için Türkey'in HSD testi ($\alpha$= 0.05) kullanılmıştır.

# 4. BULGULAR

## 4.1. Toprak Özellikleri

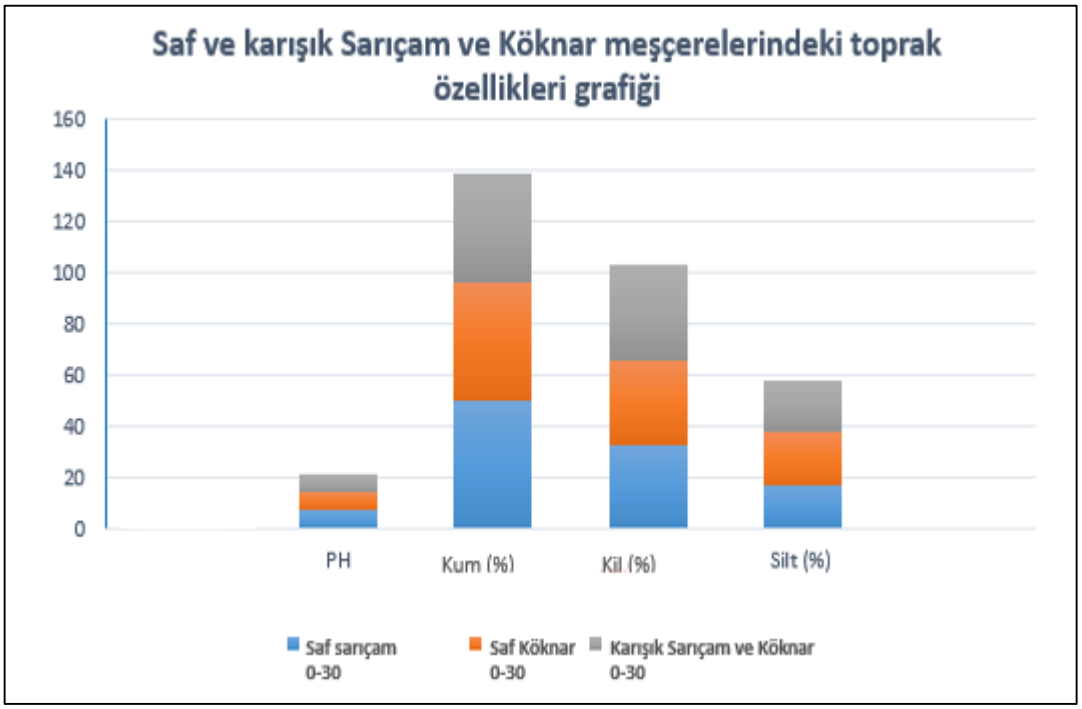
Saf ve karışık sarıçam, göknar meşçerelerinin bazı toprak özellikleri Tablo 4.1. de verilmiştir. Ortalama toprak hacim ağırlığı ve toprak pH değeri ağaç türleri saf ve karışık türler arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Ortalama hacim ağırlığı, saf göknar meşcereleri için 0.60, sarıçam meşçereleri için 0.57 ve sarıçam ve göknar karışık meşçereleri için 0.54'tü. Ortalama toprak pH değeri, sarıçam saf meşçereleri için 7.31, sarıçam ve göknar karışık meşçereleri için 7.29 ve göknar saf meşçereleri için 6.99'du. Saf sarıçam meşçereleri en yüksek kum (%50) ve toza (%43) sahipti, bunu (%46) ve (%37) ile göknar saf meşçereleri ve (%43) ve (%20) ile sarıçam ve göknar karışık meşçereleri takip etmiştir. Bununla birlikte benzer kil miktarına sahip (%33) saf sarıçam ve göknar meşçerelerine kıyasla, sarıçam ve göknar karışık meşçereleri için kil yüzdesi daha yüksekti (%37).

Tablo 4.1. *Saf ve karışık Sarıçam ve Köknar meşçerelerinin bazı toprak özellikleri*

| Ağaç türleri | Toprak derinliği (cm) | Hacim ağırlığı ($g/cm^3$) | pH | Kum (%) | Kil (%) | Toz (%) | Toprak Türü |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Saf Sarıçam | 0-5 | 0,53 | 7,09 | 50 | 33 | 17 | Hafif killi Balçıklı |
| | 5-10 | 0,50 | 7,24 | | | | |
| | 10-15 | 0,51 | 7,38 | | | | |
| | 15-20 | 0,62 | 7,34 | | | | |
| | 20-25 | 0,64 | 7,33 | | | | |
| | 25-30 | 0,58 | 7,48 | | | | |
| Ortalama | **0-30** | **0,57** | **7,31** | | | | |

Tablo 4.1 *'nin devamı*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Saf göknar | 0-5 | 0,47 | 6,68 | 46 | 33 | 21 | Hafif killi Balçıklı |
| | 5-10 | 0,50 | 6,83 | | | | |
| | 10-15 | 0,59 | 7,01 | | | | |
| | 15-20 | 0,72 | 7,11 | | | | |
| | 20-25 | 0,64 | 7,09 | | | | |
| | 25-30 | 0,70 | 7,23 | | | | |
| Ortalama | **0-30** | **0,60** | **6,99** | | | | |
| Karışık Sarıçam ve göknar | 0-5 | 0,35 | 7,31 | 43 | 37 | 20 | Hafif killi Balçıklı |
| | 5-10 | 0,57 | 7,41 | | | | |
| | 10-15 | 0,64 | 7,44 | | | | |
| | 15-20 | 0,62 | 7,48 | | | | |
| | 20-25 | 0,56 | 7,50 | | | | |
| | 25-30 | 0,52 | 6,64 | | | | |
| Ortalama | **0-30** | **0,54** | **7,29** | | | | |




Grafik 4.1. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki toprak özellikleri

## 4.2. Toprak C ve N içeriği ve depolama kapasitesi

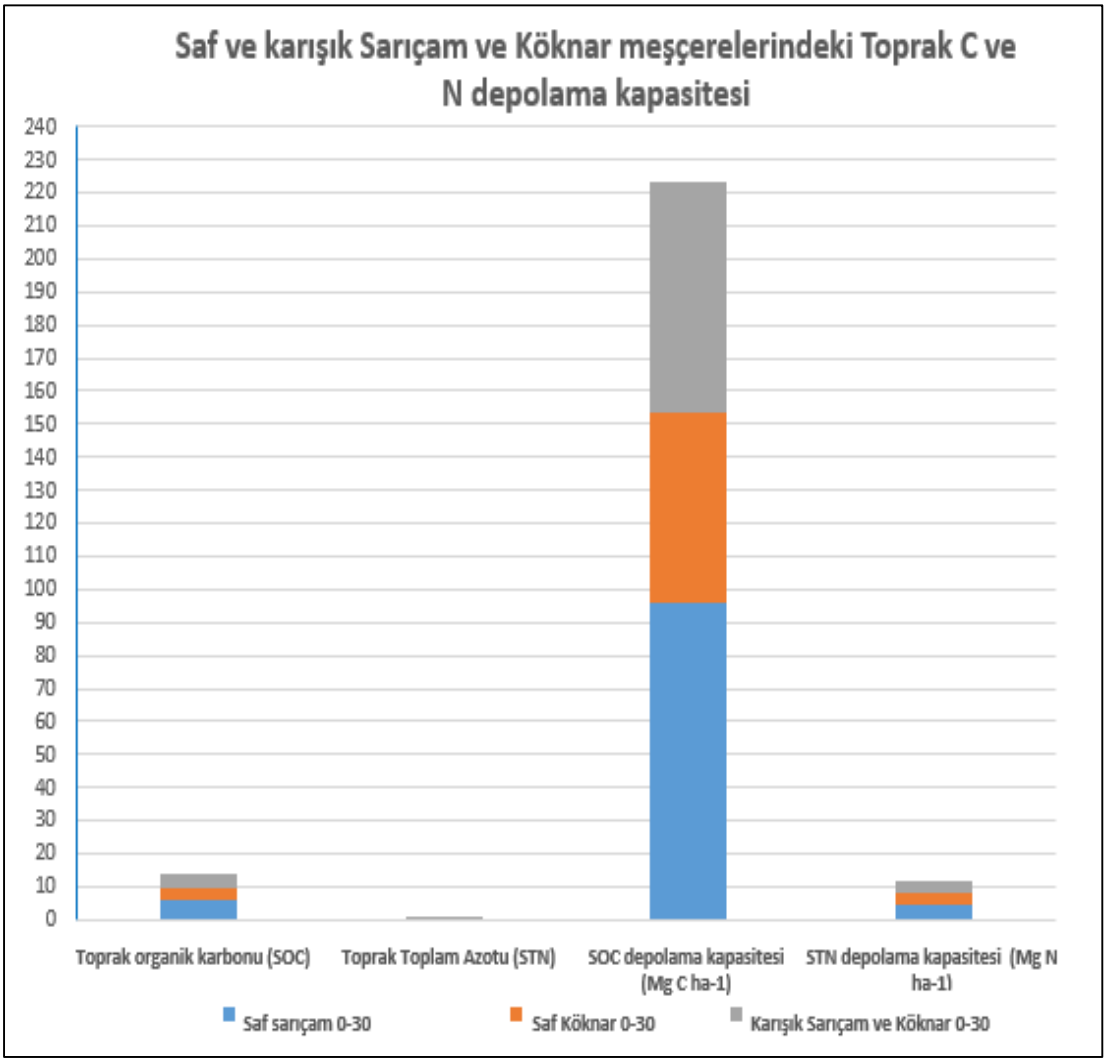
Sarıçam, göknar saf ve karışık meşçerelerinin toprak organik karbonu, toplam azot ve C ve N kapasiteleri Tablo 4.2. de verilmiştir. Saf sarıçam meşçereleri en yüksek toprak organik karbon ve toplam azota (sırasıyla, %6.19 ve %0.30) sahiptir, buna karışık sarıçam ve göknar meşçereleri (sırasıyla,%4.42 ve %0.25) ve saf göknar meşçereleri (sırasıyla, %3.44ve %0.20) takip etmiştir. TOK ve TA depolama kapasiteleri ise, aşağıdaki Grafik 4.2. de gösterildiği üzere, ortalama toprak karbon depolama kapasitesi de saf sarıçam meşçerelerinde en yüksek düzeydeydi (95.8 Mg C $ha^{-1}$), bunu karışık sarıçam ve göknar (70.0 Mg C $ha^{-1}$) ve saf göknar meşçereleri (57.7 Mg C $ha^{-1}$) takip etmiştir. Benzer şekilde, saf sarıçam meşçereleri en yüksek ortalama toplam azot depolama kapasitesine (4.55 Mg N $ha^{-1}$) sahipti, bunu sarıçam ve göknar karışık meşçereleri (3.98 Mg N $ha^{-1}$) ve saf göknar meşçereleri (3.38 Mg N $ha^{-1}$) takip etmiştir.

Tablo 4.2. *Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki Toprak C ve N depolama kapasitesi*

| Ağaç türleri | Toprak derinliği (cm) | Toprak organik karbonu (TOK) | Toprak toplam Azotu (STN) | TOK depolama kapasitesi (Mg C ha-1) | TN depolama kapasitesi (Mg N ha-1) |
|---|---|---|---|---|---|
| Saf sarıçam | 0-5 | 8.40 | 0.40 | 23.1 | 1.12 |
| | 5-10 | 6.48 | 0.34 | 13.9 | 0.73 |
| | 10-15 | 6.74 | 0.25 | 14.3 | 0.48 |
| | 15-20 | 5.33 | 0.29 | 15.5 | 0.86 |
| | 20-25 | 4.33 | 0.20 | 14.1 | 0.59 |
| | 25-30 | 5.58 | 0.29 | 14.9 | 0.77 |
| Ortalama | **0-30** | **6.19** | **0.30** | **95.8** | **4.55** |
| Saf göknar | 0-5 | 6.22 | 0.30 | 14.6 | 0.72 |
| | 5-10 | 4.55 | 0.23 | 11.4 | 0.58 |
| | 10-15 | 3.35 | 0.16 | 9.8 | 0.46 |
| | 15-20 | 2.48 | 0.16 | 8.6 | 0.58 |
| | 20-25 | 2.00 | 0.17 | 6.3 | 0.52 |
| | 25-30 | 2.04 | 0.15 | 7.1 | 0.53 |
| Ortalama | **0-30** | **3.44** | **0.20** | **57.7** | **3.38** |

Tablo 4.2*'nin devamı*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Karışık sarıçam ve göknar | 0-5 | 8.37 | 0.39 | 15.9 | 0.70 |
| | 5-10 | 4.42 | 0.23 | 12.6 | 0.63 |
| | 10-15 | 2.94 | 0.18 | 9.5 | 0.58 |
| | 15-20 | 2.92 | 0.20 | 9.3 | 0.63 |
| | 20-25 | 4.32 | 0.27 | 13.3 | 0.80 |
| Ortalama | 25-30 | 3.56 | 0.24 | 9.4 | 0.64 |
| | **0-30** | **4.42** | **0.25** | **70.0** | **3.98** |




Grafik 4.2. Saf ve karışık sarıçam ve göknar meşçerelerindeki Toprak C ve N depolama kapasitesi

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, sarıçam ve göknar ağaç türlerinin saf ve karışık meşcerelerinin bazı toprak özellikleri (hacim ağırlığı, toprak pH, toprak kum, toz ve kil içerikleri), toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasiteleri, 6 farklı toprak derinliği kullanılarak (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm ve 25-30 cm) incelenmiştir.

Toprak özelliklerine ait sonuçlar özet olarak değerlendirildiğinde, çalışmada, toprak hacim ağırlığının, saf göknar meşcerelerinde 0.60, saf sarıçam meşcerelerinde 0.57 ve sarıçam ve göknar karışık meşcerelerinde 0.54 olduğu tespit edilmiştir. Ortalama toprak pH değeri, Sarıçam saf meşcerelerinde 7.31, Sarıçam ve Göknar karışık meşcerelerinde 7.29 ve Göknar saf meşcerelerinde 6.99'dur. Sarıçam saf meşcereleri en yüksek kum (%50) ve silt (%43) miktarına sahip iken, bunu (%46) ve (%37) ile saf Göknar meşcereleri ve (%43) ve (%20) ile karışık Sarıçam ve Göknar meşcereleri izlemiştir. Bununla birlikte, kil yüzdesi Sarıçam ve Köknar meşcerelerinde (%37) miktarıyla, aynı miktara sahip (%33) hem saf Sarıçam hem de Köknar meşcerelerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar, toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasitesi bakımından incelendiğinde, saf sarıçam meşcerelerinin en yüksek toprak organik karbon ve toplam azot miktarına sahip olduğu (sırasıyla, %6.19 ve %0.30), bunu sırasıyla %4.42 ve %0.25 oranlarıyla karışık sarıçam ve göknar meşcereleri ile %3.44 ve %0.20 oranlarıyla saf göknar meşcerelerinin takip ettiği belirlenmiştir. TOK ve TN depolama kapasitelerinde ise, 95.8 Mg C ha-1) ortalama toprak organik karbon depolama kapasitesi ile saf sarıçam meşcereleri en yüksek miktara sahip olurken, bunu 70.0 Mg C ha-1 ile sarıçam ve göknar karışık meşcereleri ve 57.7 Mg C ha-1 ile saf göknar meşcereleri takip etmiştir. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, göknar ve sarıçam karışık meşcerelerinin saf göknar meşcerelerine göre önemli oranda toprak organik karbon ve toplam azot miktarlarını arttırdığı ve depolama kapasitelerini yükselttiği sonucuna varılmıştır.

Güner ve Makineci (2017) Türkiye'nin Batı Orta Anadolu Bölgesinde bulunan Türkmen Dağındaki Sarıçam ormanlarının toprağındaki ve orman zeminindeki organik karbon tutulumunun, topraktaki karbon depolarının 1 yıl için 2.88 Mg C ha-1 ve orman zeminindeki ise 1 yıl için 0.02 Mg ha-1 olduğunu bildirilmiştir. Orman zemininin ortalama karbon deposunun 2003 yılında 14.5 Mg C ha-1, 2013 yılında 14.7 Mg C ha-1 ve ortalama organik karbon (SOC) 6.19 iken, orman zeminindeki yıllık karbon birikimi 0.02 Mg C ha-1 olarak belirlenmişti.

Sarıyıldız vd., (2015), 0-10 cm toprak derinliğinde toprak karbon ve azot depolarını, karaçam meşcerelerinin en yüksek toprak organik karbon deposuna sahip olduğunu (48.3 Mg C $ha^{-1}$), bunu Sarıçam meşçerelerinin (44.5 Mg C $ha^{-1}$) ve kayın ağacı meşçerelerinin (41.1 Mg C $ha^{-1}$) takip ettiğini bildirmişlerdir. Toprak organik karbon deposunun da artan toprak derinliği ile düşüş gösterdiğini belirtmişlerdir. 10-20 cm derinlikte ise, karaçam meşçereleri hala en büyük organik karbon depolarına (30.6 Mg C $ha^{-1}$) sahip iken, kayın ağacı meşçeresi ikinci en yüksek organik karbon depolarına (25.9 Mg C $ha^{-1}$) sahip olmuştur. 0-20 cm toplam toprak derinliği ele alındığı zaman, karaçam meşçereleri en yüksek (78.8 Mg C $ha^{-1}$) ve kayın ağacı meşçereleri en düşük (67.0 Mg C $ha^{-1}$) organik karbon depolama göstermiştir.

Zengin (2010) yüksek lisans tez çalışmasında Giresun ili Alucra yöresinde saf (Çs) ile karışık (Çs+G) ve (Çs+L) sarıçam meşceleri topraklarında toprağın bazı fiziksel, kimyasal özellikleri üzerine çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; derinlik arttıkça organik madde miktarının azaldığını, en yüksek organik madde miktarı Çs+G türleri altındaki topraklarda ve gölgeli bakılarda toprak organik madde birikiminin fazla olduğunu belirtmiştir.

Sevgi vd. (2011) Türkiye'nin İstanbul Belgrad Ormanında 6 farklı ağaç türü sapsız meşe (*Quercus petra* L.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Toros sediri (*Cedrus libani* L.) altında ölü örtü ve karbon değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; türler arasında ölü örtü karbon depolamasında istatiksel açıdan farklılık gözlemlenmemiştir. Mineral topraktan 3 derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-30 cm) alınan silindir örneklerde en yüksek karbon depolaması

Toros sediri iken; en düşük karbon depolaması Sapsız meşede görülmüştür. Yapılan hesaplamalarda ağaç türlerinde karbon depolaması küçükten büyüğe doğru sıralandığında sapsız meşe, Uludağ göknarı, doğu ladini, sarıçam, karaçam ve Toros sediri olduğunu belirtmişlerdir.

Leuschner vd. (2013) Almanya'nın kuzeybatısında yer alan Prignitz Bölgesinde yetişen 50 ile 189 yaşları arasındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) ormanlarında karbon, azot, toprak hacim ağırlığı (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm) katyon değişim kapasitesi, pH, baz doygunluğu ve diğer besin elementlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; 0-50 cm derinlik arasında en yüksek C konsantrasyonundan dolayı ilk 100 cm derinlikteki mineral toprakta toplam karbon stoğu kayın ormanlarında %25 daha fazla iken, ilk 5 cm derinlikteki sarıçam meşceresi altındaki organik topraklardaki karbon depolama oranı kayın meşceresi altındaki topraklara nazaran %75 daha fazladır. Meşcerede katyon değişim kapasitesi ilk 10 cm derinlikte en yüksek değerler kayın meşceresinde bulmuşlardır. Baz doygunluğu sarıçam meşceresi altındaki topraklarda en az görülürken, kayın meşceresi altındaki topraklarda ise en fazla değere sahip olduğunu bulmuşlardır. Sonuç olarak ağaç türlerinin ve ormanın sürdürülebilirliğinin toprakta besin ve karbon depolamasını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Sariyildiz, Tahmaz, Kravkaz ve Savaci (2013) Türkiye'nin kuzeybatısında yetişen karaçam *(Pinus nigra* Arnold.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* Spach.) 4 doğal tür altındaki topraklar ile bitişiğindeki mera topraklarından alınan 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerindeki toprak örneklerinin C depolamasını hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; 0-20 cm derinlikteki ortalama toprakta karbon depolama oranı en fazla karaçamda görülürken; bunu sırasıyla sarıçam, göknar, kayın ve mera izlemiştir. Böylece ağaç türlerinin; topraktaki C depolamada etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Sariyildiz vd. (2016) Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Kastamonu ormanlarında yetişen 4 yaygın türlerden karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.*),* Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Uludağ göknarında (*Abies nordmanniana ssp. bornmuelleriana*) ağaç türünün, meşcere yaşının ve arazi kullanım

değişimine bağlı olarak toprak karbon ve azot miktarına olan etkisini araştırmışlardır. 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen analizlerde toprağın 0-20 cm derinlik kademesine göre kıyaslandığında en yüksek karbon depolaması karaçam altında olduğunu ve bunu sırasıyla sarıçam, kayın takip etmektedir. Genç ve yaşlı göknar meşcereleri ile yakında bulunan açık alanda ise en yüksek karbon değerleri yaşlı göknar meşcerelerinde bulunmuştur. Azot depolama bakımından en yüksek değer değerinin kayında ve bunu sırasıyla genç göknar, yaşlı göknar, açık alan, sarıçam ve karaçam'dır. Sonuçlara göre; ağaç türü, meşcere yaşı ve arazi kullanım değişiminin toprak karbon-azot içeriği ve depolamasında önemli derecede etki ettiğini belirtmişlerdir.

Tahmaz (2016) yüksek lisans tez çalışmasında Kastamonu'da doğal olarak yetişen ağaç türlerinden karaçam, kayın, sarıçam ve göknarın, meşcere yaşına (genç ve yaşlı göknar meşceresi) ve arazi kullanım şekline (ormanlık alan, açıklık alan) göre toprak organik karbon ve toplam azot depolanma miktarının önemli oranda etkilediğini ortaya koymuştur. Yapraklı türler altındaki toprakların (kayın); ibreli türler altındaki topraklara (karaçam, sarıçam ve göknar) kıyasla daha az karbon depoladığını, bununla beraber ibreli türlerin ise yapraklı türlere göre daha az azot depoladığını belirlenmiştir. Yaşlı meşcerelerin daha fazla toprak karbonu depoladığını belirtmiştir. Bunun sebebi; yaşlı ormanlara müdahalenin daha az olmasıyla toprak karbonunun zaman içerisinde birikmesi ve bunun da toprak kimyasını değiştirmesi olarak ifade etmiştir.

Karaöz (1991) yaptığı çalışma sonucunda; Belgrad ormanı sarıçam meşceresi altındaki toprakta toplam azot miktarının, diğer ağaç türlerine (kayın, meşe) göre daha yüksek olmasının sebebini; sarıçam altındaki ölü örtünün ayrışmasıyla toprağa karışan organik madde miktarının fazla olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca bir ağaç türünde (meşe gibi) potasyum değeri yüksek çıkmışsa; bu durumda ise yaprak ve ölü örtüdeki potasyum konsantrasyonun yüksek olması ile ölü örtünün hızlı ayrışmasına bağlı olduğunu belirtmiştir.

# 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Saf ve karışık orman ekosistemlerinde (bu çalışmada göknar ve sarıçam türleri için) toprak özellikleri, toprak organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) miktarı ile depolama kapasitelerini araştıran tez sonuçlarına göre;

- ✓ Saf ve karışık meşcereler ile toprak derinlik kademeleri arasında çalışılan toprak özellikleri pH, hacim ağırlığı, tekstür) bakımından önemli derecede farklılıklar tespit edilememiştir. Ortalama toprak hacim ağırlığı, göknar saf meşcerelerinde 0.60, sarıçam saf meşcerelerinde 0.57 ve sarıçam ve göknar karışık meşcerelerinde 0.54 olarak bulunmuştur. Ortalama toprak pH değeri, sarıçam saf meşcerelerinde 7.31, sarıçam ve göknar karışık meşcerelerinde 7.29 ve göknar saf meşcerelerinde 6.99'dur. Sarıçam saf meşcereleri en yüksek kum (%50) ve toz (%43) miktarına sahip iken, bunu %46 ve %37 ile saf göknar meşcereleri ve %43 ve %20 ile karışık sarıçam ve göknar meşcereleri izlemiştir. Bununla birlikte, yüzde kil miktarı sarıçam ve göknar meşcerelerinde %37 miktarıyla, aynı miktara sahip (%33) hem saf Sarıçam hem de göknar meşcerelerine kıyasla daha yüksekti.

- ✓ TOC ve TN miktarları ile depolama kapasiteleri bakımndan ise saf ve karışık meşcereler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Saf sarıçam meşcereleri en yüksek toprak organik karbon ve toplam azot miktarına sahip iken (sırasıyla, %6.19 ve %0.30), bunu sırasıyla %4.42 ve %0.25 oranlarıyla karışık sarıçam ve göknar meşcereleri ve %3.44 ve %0.20 oranlarıyla saf göknar meşcereleri takip etmiştir. TOK ve TN depolama kapasiteleri için ise, ortalama toprak organik karbon depolama kapasitesi (95.8 Mg C ha-1) miktarı ile saf sarıçam meşcerelerinde en yüksek olarak belirlenirken, bunu (70.0 Mg C ha-1) ile sarıçam ve göknar karışık meşcereleri ve (57.7 Mg C ha-1) ile saf göknar meşcereleri takip etmiştir. Benzer bir şekilde, saf sarıçam meşcereleri en yüksek ortalama azot depolama kapasitesine (4.55 Mg N ha-1) sahip iken, bunu sarıçam ve göknar karışık meşcereleri (3.98 Mg N ha-1) ve saf göknar meşcereleri (3.38 Mg N ha-1) takip etmiştir.

- ✓ Toprak hacim ağırlığı ve toprak kütlesini dikkate alarak belirlenen hem ormanlık alan hemde tarım-mera alanlarındaki TOC ve TN değerler, genel olarak bu konuda yapılan çalışmalardaki değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda, organik karbon ve toplam azot miktarları KÜ Merkez Laboratuvarında bulunan Eurovector cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, herhangi bir alandaki TOC ve TN miktarı ile depolama kapasitelerini belirlemede uygulanan metot ve kullanılan analiz cihazının değişiklikleri ortaya koymada ve yorumlamada göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

- ✓ Son dönemde imzalanan Paris Anlaşmasına göre ülkemizde ormanların toprak altı ve toprak üstünde tutmuş olduğu karbon değerlerinin daha rasyonel değerlendirilmesi, ekonomik boyutta tahmin edilmesinde gerekli formül ve denklemlerin ortaya konulması, karbon piyasalarından yararlanma imkanlarının ortaya konulması için bu konudaki çalışmalara öncelik verilmelidir.

- ✓ Bu amaçla, ülkemiz orman ekosistemlerinde meydana gelebilecek değişimlerin (küresel iklim değişikliği, ormansızlaşma, erozyon, sediment, hasat vb.), meşcere karışımının topraktaki C ve N miktarına etkisi, besin döngüsüne etkisi daha detaylı araştırılmalıdır.

- ✓ Ormanların sürdürülebilirliği ve korunması için gereken uygulamalar topraktaki organik C ve toplam N havuzunu etkilemektedir. Bunun için alanda varsa erozyonun azaltılması, toprak verimliliğinin artırılmasına yönelik faaliyetlerin uygulanması, arazi kullanım değişikliğinin en aza indirilmesi, silvikültürel müdahaleler ve hasat sonrası üretim atıklarının, organik maddenin bırakılması, korunması gibi önlemler alınmalıdır.

## KAYNAKLAR


Asan, A. (2011). Checklist of Fusarium species reported from Turkey. Mycotaxon, 116(1), 479.

Aşan, M. (2006). The Food Law No 5179, Dated, 27.05. 2004, on Law on Adoption of the Amended Decree Having the Force of Law Concerning the Production, Consumption and Inspection of Food.

Asan, Ü. (1995). Climate change and carbon sequestration in forests in Turkey. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. İstanbul, 45(1-2), 23-37.

Asan, U. (1999). Climate change, carbon sinks and the forests of Turkey. In International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC'98), Makati City (Philippines), 19-22 Oct 1998. UPLB-CFNR.

Berry, W., Ketterings, Q., Antes, S., Page, S., Russell-Anelli, J., Rao, R., & DeGloria, S. (2007). Soil texture. Cornell University Cooperative Extension Agronomy Fact Sheet, 29, 1-2.

Bulbul, A. (2013). The Biogeochemical Cycle of Cadmium in Subantarctic Water: Studies of Carbonic Anhydrase Enzyme Activity (Doctoral dissertation, University of Otago).

Broadbent, F. E. (1953). The soil organic fraction. In Advances in agronomy (Vol. 5, pp. 153-183). Academic Press.

Bouriaud, O. L. I. V. I. E. R., & Popa, I. O. N. E. L. (2007). Site and species influence on tree growth response to climate in Vrancea Mountains. In Proc Rom Acad (Vol. 1, pp. 63-72).



Bouriaud, O. L. I. V. I. E. R., & Popa, I. O. N. E. L. (2007). Site and species influence on tree growth response to climate in Vrancea Mountains. In Proc Rom Acad (Vol. 1, pp. 63-72).



Çömez, A. (2010). Determination of carbon sequestration in Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands at Sündiken Mountain(Doctoral dissertation, Dissertation, Istanbul University, Science Institute (in Turkish with English summary)).

Cox, P. M., Betts, R. A., Jones, C. D., Spall, S. A., & Totterdell, I. J. (2000). Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. Nature, 408(6809), 184.

Don, A., Schumacher, J., & Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks–a meta-analysis. Global Change Biology, 17(4), 1658-1670.

Dubowski, Y., Colussi, A. J., & Hoffmann, M. R. (2001). Nitrogen dioxide release in the 302 nm band photolysis of spray-frozen aqueous nitrate solutions. Atmospheric implications. The Journal of Physical Chemistry A, 105(20), 4928-4932.

Dural, M. U., Cavas, L., Papageorgiou, S. K., & Katsaros, F. K. (2011). Methylene blue adsorption on activated carbon prepared from Posidonia oceanica (L.) dead leaves: Kinetics and equilibrium studies. Chemical Engineering Journal, 168(1), 77-85.

Feller, C., & Beare, M. H. (1997). Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma, 79(1-4), 69-116.

Finér, L., Helmisaari, H. S., Lõhmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Børja, I., ... & Grogan, P., & Matthews, R. (2001). Review of the potential for soil carbon sequestration under bioenergy crops in the UK Scientific Report. MAFF report on contract NF0418, Institute of Water and Environment, Cranfield University, Silsoe.

Gruber, N., & Galloway, J. N. (2008). An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. Nature, 451(7176), 293.

Gorham, E. (1991). Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecological applications, 1(2), 182-195.

Gülsunar, M. (2011). Determination of Carbon Storage Capacity of Forests by Remote Sensing Method: Düzdağ Forest Management Conduct Example. Unpublished Master Thesis, Karadeniz Technical University. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Trabzon.

Güner, Ş. T. (2006). Determination of growth-nutrition relationships of Scots pine (Pinus sylvestris ssp. hamata) forests at Turkmen Mountains (Eskişehir, Kütahya) (Doctoral dissertation, Dissertation. Science Institute, Anadolu University. 298 p.(In Turkish with English Summary)).

Gulcu, S., & Bilir, N. (2015). Provenance variations of scots pine (Pinus sylvestris L.) in the Southern part of Turkey.Pakistan Journal of Botany, 47(5), 1883-1893.

Güner, Ş. T., & Makineci, E. (2017). Determination of annual organic carbon sequestration in soil and forest floor in Scots pine forests in Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 67(2).

Houghton, R. A. (2003). Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000. Tellus B, 55(2), 378-390.

Janzen, H. H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems & Environment, 104(3), 399-417.

Jones, D. L., Shannon, D., Murphy, D. V., & Farrar, J. (2004). Role of dissolved organic nitrogen (DON) in soil N cycling in grassland soils. Soil Biology and Biochemistry, 36(5), 749-756.

Johnson, E. A. (2003). Phaffia rhodozyma: colorful odyssey.International Microbiology, 6(3), 169-174.

Karaöz, M. Ö. (1991). Belgrad ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerine ait toprak özelliklerinin bir metreküp hacimdeki değerlere göre karşılaştırılması. *İstanbul Ün. Orman Fak. Der.,* A(1/41), 60-66, İstanbul.

Karatepe, Y. (2004). Amount of nitrogen and organic carbon in soil and nitrogen and organic matter in forest floor of black pine (Pinus nigra arn. supsp. pallasiana (lamb.) holmboe) stands developed in Golcuk (Isparta). Turkish Journal of Forestry, 2, 1-16.

Karatepe, (1979). Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak İncelenmesi.

Korkut, S., Akgül, M., & Dündar, T. (2008). The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (Pinus sylvestris L.) wood. Bioresource Technology, 99(6), 1861-1868.

Knight, D. H., Vose, J. M., Baldwin, V. C., Ewel, K. C., Grodzinska, K., & Grodzinska, K. (1994). Contrasting patterns in pine forest ecosystems. Ecological Bulletins, 9-19.

Kuchma, O. (2010). Genetic processes in Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the Chernobyl exclusion zone (Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen).

Kraigher, H. (2007). Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (Fagus sylvatica L.), Norway spruce (Picea abies L. Karst.), and Scots pine (Pinus sylvestris L.). Plant Biosystems, 141(3), 394-405.

Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. Forest ecology and management, 220(1-3), 242-258.

Levin, I., Hammer, S., Kromer, B., & Meinhardt, F. (2008). Radiocarbon observations in atmospheric CO2: determining fossil fuel CO2 over Europe using Jungfraujoch observations as background. Science of the Total Environment, 391(2-3), 211-216.

Leuschner, C., Wulf, M., Bauchler, P., & Hertel, D. (2013). Soil C and nutrient stores under Scots pine afforestations compared to ancient beech forests in the German Pleistocene: The role of tree species and forest history. Forest Ecology and Management, 310, 405-415, http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.043

Makineci, E. (2004). Meşe (Quercııs frainetto Ten.) baltalık ormanında bakım kesimlerinin ölü örtü ve üst toprakların bazı özelliklerine etkileri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 54(1), 55-78.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2017). Brock biology of microorganisms (Vol. 13). Pearson.

Mencuccini, M., Grace, J., & Fioravanti, M. (1997). Biomechanical and hydraulic determinants of tree structure in Scots pine: anatomical characteristics. Tree physiology, 17(2), 105-113.

Mosier, A., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger, S., & Van Cleemput, O. (1998). Closing the global N 2 O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle.Nutrient cycling in Agroecosystems, 52(2-3), 225-248.

Natelhoffer, K. J., & Fry, B. (1988). Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. Soil Science Society of America Journal, 52(6), 1633-1640.

Oleksyn, J., Reich, P. B., Tjoelker, M. G., & Chalupka, W. (2001). Biogeographic differences in shoot elongation pattern among European Scots pine populations. Forest Ecology and Management, 148(1-3), 207-220.

Palahí, M., & Pukkala, T. (2003). Optimising the management of Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands in Spain based on individual-tree models. Annals of Forest Science, 60(2), 105-114.

Perret, S., & Dorel, M. (1999). Relationships between land use, fertility and Andisol behaviour: examples from volcanic islands.Soil Use and Management, 15(3), 144-149.

Robertson, G. P., & Grace, P. R. (2004). Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials. In Tropical Agriculture in Transition—Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions? (pp. 51-63). Springer, Dordrecht.

Sariyildiz, T., Tahmaz, C., Kravkaz, I.S., & Savaci, G. (2013). Effect of tree species on forest soil carbon stocks in mineral soil. *International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October*, pp:1017, Artvin.

Sariyildiz, T., Savaci, G., & Kravkaz, I. S. (2016). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, *9*(1), 165. doi:10.3832/ifor1567-008 [online 2015.06.18].

Santa Regina, I. (2000). Biomass estimation and nutrient pools in four Quercus pyrenaica in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. Forest Ecology and management, 132(2-3), 127-141.

Sevgi, O. (2003). Altitudinal nutrition growth relations of black pine (Pinus nigra Arnold) at Bayramiç Forest Enterprise (Kaz Mountains). Turkish with English Summary). Unpublished Dissertation Study, Istanbul University, Institute of Science, XII.

Sevgi, O., Makineci, E., & Karaoz, O. (2011). The forest and mineral soil carbon pools of six different forest tree species. *Ekoloji*, *20*(81),8-14. doi:10.5053/ ekoloji.2011.812

Steven, H. M., & Carlisle, A. (1959). The native pinewoods of Scotland. The native pinewoods of Scotland.

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. Plant and soil, 241(2), 155-176.

Schlesinger, W. H., & Andrews, J. A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry, 48(1), 7-20.

Sariyildiz, T., Savaci, G., & Kravkaz, I. S. (2015). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, *9*(1), 165.

Sivacioglu, A., & Ayan, S. (2008). Evaluation of seed production of Scots pine (Pinus sylvestris L.) clonal seed orchard with cone analysis method. African Journal of Biotechnology, 7(24).

Sundquist, E. T., & Broecker, W. S. (1985). Carbon cycle and atmospheric CO/sub 2: natural variations archean to present; proceedings of the Chapman Conference on Natural Variations in Carbon Dioxide and the Carbon Cycle, Tarpon Springs, FL, January 9-13, 1984 (No. CONF-840181-). American Geophysical Union, Washington, DC.

Tahmaz, C. (2016). Mineral toprak ve orman yüzeyindeki (ölü örtü) depolanan karbona ağaç türlerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Turna, I. (2003). Variation of some morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots pine in Turkey. Israel journal of plant sciences, 51(3), 223-230.

Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(3), 265-279.

Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(3), 265-279.

Tipping, R., Ashmore, P., Davies, A. L., Haggart, B. A., Moir, A., Newton, A., ... & Tisdall, E. (2008). Prehistoric Pinus woodland dynamics in an upland landscape in northern Scotland: the roles of climate change and human impact. Vegetation history and archaeobotany, 17(3), 251-267.

Tolunay, D. (2004). Aladağ'da (Bolu) genç sarıçam meşcerelerinde bakım kesimlerinin ölü örtü ve toprak özelliklerine etkisinin belirlenmesi üzerine araştırmalar (10. yıl sonuçları). İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenen Proje, (1606/30042001).

Tolunay, D., & ÇÖMEZ, A.(2008). Türkiye ormanlarinda toprak ve ölü örtüde depolanmiş organik karbon miktarlari.

Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(3), 265-279.

Tolunay, D., & Karabıyık, S. B. (2013). Turkey national inventory of greenhouse gases in the evaluation of the carbon calculations for the forestry sector. International Participation V. Air Pollution and Control Symposium, 18-20.

Telfer, G. (1997). Ecophysiological studies on invertebrate diapause (Doctoral dissertation, Durham University).

Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., ... & Tilman, D. G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. Ecological applications, 7(3), 737-750.

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Science of the total environment, 380(1-3), 48-65.

Weintraub, M. N., & Schimel, J. P. (2003). Interactions between carbon and nitrogen mineralization and soil organic matter chemistry in arctic tundra soils. Ecosystems, 6(2), 0129-0143.

Yesil-Celiktas, O., Nartop, P., Gurel, A., Bedir, E., & Vardar-Sukan, F. (2007). Determination of phenolic content and antioxidant activity of extracts obtained from Rosmarinus officinalis' calli. Journal of plant physiology, 164(11), 1536-1542.

Zengin, N. (2010). Giresun ili Alusra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Artvin.

# ÖZGEÇMİŞ



| | |
|---|---|
| Adı, Soyadı | : Mansur W.A. ADAM |
| Doğum Yeri ve Tarihi | : 28.7.1985 Tripoli-Libya |
| Medeni Hali | : Bekâr |
| Yabancı dil | : İngilizce |
| E-posta | : mansur183.am@gmail.com |

**Eğitim ve Öğretim**

| | |
|---|---|
| Lise | : Biyoloji Ortaokulu. |
| Lisans | : Zawai Üniversitesi, Tarım ve Toprak Bilimi Anabilim Dalı. |