

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR SARIÇAM+KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERESİNDE ÖRTÜ YANGININI
TAKİBEN TOPRAK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ:
ILGAZ HIZARDERE ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ**

Aziz Emre YILMAZ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2016**

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Aziz Emre YILMAZ tarafından hazırlanan "Bir Sarıçam+Karaçam Karışık Meşceresinde Örtü Yangını Takiben Toprak Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi: İlgaz Hızardere Orman İşletme Şefliği Örneği" adlı tez çalışması 18.03.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN
Eş Danışman : Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Jüri Üyeleri :

Başkan: Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN



Üye: Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN



Üye: Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK



Üye: Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK



Üye: Yrd. Doç. Dr. Meriç ÇAKIR



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR SARIÇAM+KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERESİNDE ÖRTÜ YANGININI TAKİBEN TOPRAK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ: ILGAZ HIZARDERE ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Aziz Emre YILMAZ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN
Eş Danışman: Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Orman yangınları küresel ölçekte öneme sahip doğal süreçlerdir. Yangınlar orman ekosisteminin önemli bir bileşenini oluşturan orman topraklarında birçok etkiyi meydana getirme potansiyeline sahiptir. Bu çalışma, örtü yangınlarının toprak özellikleri üzerinde oluşturduğu etkilerin belirlenmesi amacıyla Çankırı ili Ilgaz ilçesi sınırları içerisinde yer alan karışık bir sarıçam+karaçam meşceresinde 2012 yılının ekim ayında meydana gelen örtü yangınına takiben yapılmıştır. Yangından 10 ay sonra 0-10 cm derinlikten alınan 35 adet yangın etkisi altında kalmış ve 35 adet yangın etkisine maruz kalmamış alandan alınan toprak örnekleri analiz edilmiştir. Toprak örneklerinin laboratuvar ortamında iki tekerrürlü olarak fiziksel (%kil, %silt, %kum, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası, bitkiye yararlı su içeriği, agregat stabilitesi) ve kimyasal özellikleri (pH, elektriksel iletkenlik, organik madde içeriği, kireç) belirlenmiştir. Yanmış ve yanmamış olarak sınıflandırılan toprak özelliklerinde ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca toprak özelliklerinde örtü yangınının etkisini belirlemek amacıyla t-testi yapılmıştır. Hacim ağırlığı, elektriksel iletkenlik ve %kum değerlerinin yanmış örneklerde yanmamış örneklere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı oldukları hesaplanmıştır. Birkaç toprak özelliği dışında, kısa süreli oluşan örtü yangınının toprak özelliklerinde çok farklı değişiklikler meydana getirmediği belirlenmiştir. Elde edilen bulguların bölgede yapılacak benzer çalışmalara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

2016, 61 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Çankırı, karışık meşcere, örtü yangını, yangın ekolojisi toprak özellikleri, hacim ağırlığı

ABSTRACT

Master Thesis

THE DEFINITION OF CHANGE IN SOIL PROPERTIES IN A SCOTS PINE AND BLACK PINE MIXED STAND FOLLOWING SURFACE FIRE: ILGAZ HIZARDERE DEPARTMENT OF FORESTRY EXAMPLE

Aziz Emre YILMAZ

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Program of Forestry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sema CAMCI ÇETİN
Co-Supervisor: Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN

Forest fire is a natural phenomenon which has importance on a global scale. Fires have potential to compose many effects on forest soil which is important component of forest ecosystem. This study has been carried out to define surface fires effects on soil properties following the surface fire having occurred in scots pine and black pine stand which is in the borders of Ilgaz, Çankırı in October, 2012. Ten months after the fire, both taken from 0-10 cm depth, 35 samples of soil exposed to fire effect and 35 samples of soil none exposed to fire effect have been analyses. In laboratory investigation, soil samples, in terms of physical properties (%sand, %silt, %clay, bulk density, field capacity, wilting point, plant available water content, aggregation index) and chemical properties (pH, electrical conductivity, organic matter and CaCO_3 contents) have been analyzed with two parallels. Correlation analyze has been evaluated for the soil samples classified as both exposed to fire and not exposed to fire. t-test analyze for the samples has been made to define effect of ground fire on soil properties. It has been calculated that values of bulk density, electrical conductivity and sand in the samples exposed to fire are statistically more different than the samples not exposed to fire. It has been determined that apart from some soil properties, surface fire having occurred in short time hasn't caused any variable changes in soil properties. It is considered that the result supplied will contribute to the future studies in the area.

2016, 61 pages

Key Words: Çankırı, mix forest, surface fires, fire ecology, soil properties, bulk density

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmam sırasında yoğun g¼ndemine rağmen vakit ayıran bilgi, fikir ve literat¼r temini konusunda her t¼rl¼ desteği sağlayan, yol g¼steren, yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN'e, kıymetli fikirlerini ve yardımlarını esirgemeyen eş danışman hocam Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN'e tez çalıŐmamın her aŐamasında yardımları ve desteğinden ¼t¼r¼ ArŐ. G¼r. ¼lk¼ DİK MEN'e ve ArŐ. G¼r. Seval S¼NAL'a sonsuz teŐekk¼r ederim. Son olarak beni her daim b¼y¼k fedak¼rlıkla destekleyen aileme sonsuz teŐekk¼r ederim.

Aziz Emre YILMAZ

ankırı, Mart 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Orman Yangını.....	4
2.2 Orman Yangını Çeşitleri.....	5
2.2.1 Toprak yangını.....	5
2.2.2 Örtü yangını.....	6
2.2.3 Tepe yangını.....	6
2.3 Orman Yangını Çıkış Nedenleri.....	6
2.3.1 İhmal ve dikkatsizlik sonucunda çıkan orman yangınları.....	7
2.3.2 Kaza sonucu oluşan orman yangınları.....	7
2.3.3 Kasten çıkarılan orman yangınları.....	8
2.4 Dünyada Orman Yangını.....	8
2.5 Türkiye’de Orman Yangını.....	9
2.6 Orman Yangınlarının Ekolojik Etkileri.....	11
2.7 Orman Yangınının Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi.....	12
2.7.1 Orman yangınının toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi.....	12
2.7.1.1 Orman yangınının hacim ağırlığı üzerine etkisi.....	12
2.7.1.2 Orman yangınının tarla kapasitesi ve solma noktası üzerine etkisi.....	13
2.7.1.3 Orman yangınının tekstür üzerine etkisi.....	14
2.7.1.4 Orman yangınının agregat stabilitesi üzerine etkisi.....	15
2.7.2 Orman yangınının toprak kimyasal özellikleri üzerine etkisi.....	15
2.7.2.1 Orman yangınının organik madde üzerine etkileri.....	15
2.7.2.2 Orman yangınının kireç (CaCO ₃) içeriği üzerine etkileri.....	17
2.7.2.3 Orman yangınının pH üzerine etkileri.....	17
2.7.2.4 Orman yangınının elektriksel iletkenlik (EC) üzerine etkileri.....	19
2.7.2.5 Orman yangınının katyon değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkileri.....	19
2.7.2.6 Orman yangınının azot üzerine etkileri.....	21
2.7.2.7 Yararlanabilir fosfor ve değiştirilebilir potasyum.....	23
2.7.2.8 Değişebilir kalsiyum, değiştirilebilir magnezyum, değiştirilebilir sodyum.....	24
2.7.3 Orman yangınlarının toprağın biyolojik özellikler üzerine etkileri.....	25
2.7.3.1 Toprak enzimleri.....	26
2.7.3.2 Mikroorganizma aktiviteleri.....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1 Çalışma alanının tanıtımı.....	28
3.1.2 Çankırı iline ilişkin verilerin sunulması.....	29
3.1.2.1 İklim.....	29
3.1.2.2 Doğal bitki örtüsü.....	31
3.1.2.3 Su kaynakları.....	31
3.1.2.4 Orman durumu.....	31

3.1.2.5 Arazi yapısı	31
3.1.2.6 Topraklar	32
3.2 Yöntem	32
3.2.1 Örnekleme planı ve toprak örneklerinin alınması	32
3.2.2 Laboratuvar analizleri	33
3.2.2.1 Fiziksel analizler	33
3.2.2.2 Kimyasal analizler	34
3.2.3 Tanımsal istatistiksel analizler	35
3.2.4 Bağımsız t-testi uygulaması	35
4. BULGULAR	36
4.1 Tanımsal İstatistiksel Analizler	36
4.2 t-testi sonuçları	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	44
5.1 Tartışma	44
5.2 Sonuçlar	52
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ.....	61

SİMGELER DİZİNİ

ha	Hektar
Çs	Sarıçam
Çk	Karaçam
km	Kilometre
m	Metre
cm	Santimetre
°C	Santigrat Derece
sa	Saat
kg	Kilogram
%	Yüzde
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
CaCO ₃	Kireç
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
K	Potasyum
Na	Sodyum
'	Dakika
"	Saniye
m ³	Metreküp
cm ³	Santimetreküp
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
vd.	Ve diğerleri
HA	Hacim ağırlığı
g	Gram
EC	Elektriksel iletkenlik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının bulunduğu konum	28
Şekil 3.2 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri	29
Şekil 3.3 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama nispi nem değerleri	29
Şekil 3.4 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama rüzgar hızı değerleri	30
Şekil 3.5 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama basınç değerleri	30
Şekil 3.6 Çalışma alanı ait örtü yangını etkisine maruz kalmış orman toprağı.....	33



ÇİZEGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Türkiye’de orman yangınlarının çıkış nedenlerine göre dağılımı	7
Çizelge 2.2 Anakaralar itibariyle orman alanı ve değişimi.....	8
Çizelge 4.1 Yanmamış alandaki toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik analiz sonuçları	37
Çizelge 4.2 Yanmış alandaki toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik analiz sonuçları	37
Çizelge 4.3 Yanmamış ve yanmış alandaki toprak özellikleri değerlerinin aritmetik ortalamaları farkı.....	38
Çizelge 4.4 Yanmamış alandaki toprak özellikleri arasında korelasyon analiz sonuçları	40
Çizelge 4.5 Yanmış alandaki toprak özellikler arasında korelasyon analiz sonuçları	41
Çizelge 4.6 Yanmamış ve yanmış alandaki toprak özelliklerine ait t-testi sonuçları	43

1. GİRİŞ

Ormanlar, canlı varlıklar ile cansız çevre faktörlerinin karşılıklı etkileşimlerle doğada bir araya gelerek oluşturdukları ekosistemdir (Çepel 2003). Küresel iklim değişikliği etkilerinin azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması, odun ve odun dışı ürünlerin elde edilmesi gibi birçok konuda ormanlar önemli yer tutmaktadır (Zengin vd. 2005). Hayat için olmazsa olmaz nitelikteki ormanların devamlılığını tehdit eden en önemli sorun orman yangınlarıdır (Küçükosmanoğlu 1985). Orman yangınları geçmişten bu güne kadar dünya genelinde süregelen önemli bir sorundur (Ladrach 2009). Orman yangınları özellikle son yüzyılda küresel iklim değişikliğinin etkisi ile orman alanlarında oldukça fazla kayıpların yaşanmasına neden olmaktadır (Ertuğrul 2010). Dünyanın birçok yerinde meydana getirdiği zararlar ile gündemde olan orman yangınları, Türkiye’de de orman ekosistemlerinde ani ve büyük değişikliklere sebep olan önemli çevre felaketlerindedir (Küçükosmanoğlu 1993, Kavdır *et al.* 2005).

Türkiye’nin sahip olduğu toplam 21,7 milyon ha ormanlık alanın 12,58 milyon ha’lık kısmı, bir başka ifadeyle Türkiye ormanlarının %58.4’lük kısmı yangınlara karşı oldukça hassastır (Bilgili 2014). Türkiye de meydana gelen yangınlara bölgeler bazında bakıldığında en çok yangın %41 ile Ege Bölgesi’nde, ikinci olarak %24 ile Akdeniz Bölgesi’nde, üçüncü olarak %22 ile Marmara Bölgesi’nde ve son olarak %13’lük kısmı da diğer bölgelerde meydana gelmektedir (Doğanay ve Doğanay 2004, OGM 2013).

Türkiye, iklimi bitki örtüsü ve coğrafi konumu nedeniyle dünya genelinde orman yangınlarının en çok zarar verdiği ülkelerden biridir (Özkazanç ve Ertuğrul 2011). Bu durum Türkiye’de ormanların azalmasındaki en önemli etkenin orman yangınları olduğu gerçeğini gözler önüne sermektedir (Doğanay ve Doğanay 2004). Coğrafi olarak yangına duyarlılık derecelerine göre Türkiye ormanları ‘bağımlı’, ‘duyarlı’ ve ‘yangından bağımsız’ olarak sınıflandırılan her üç sınıfın da içerisinde yer almaktadır (Hardesty *et al.* 2005).

Yangınların meydana geldiği alan ve o alandaki mevcut yanıcı madde miktarının durumu yangınların seyrini önemli derecede etkilemektedir (Doğanay ve Doğanay 2004). Bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak değişebilen ve/veya kontrol altına alınabilen yanıcı madde, müdahale edilmesi söz konusu olmayan meteorolojik ve topoğrafik özelliklerden dolayı farklılık göstermektedir (Küçük vd. 2005). Yangınlar orman ekosisteminde önemli yer tutan toprak üzerinde birçok etki meydana getirmektedir (Ekinci vd. 2011).

Yangınlarla birlikte toprak yüzeyinde ve alt katmanlarında oluşmaya başlayan ısınma orman topraklarının yangınlardan doğrudan etkilenmesine sebep olmaktadır (Kaptan 2012). Orman toprakları üzerindeki ölü/diri örtünün yangınlarla tahrip olması sonucu vejetasyonun yok olması toprağın alanda tutulmasını azaltmaktadır (Chandler *et al.* 1983). Bu durum çıplak kalan arazi yüzeyinde bitki besin maddelerinin kaybolmasına ve ilk yağışlarla birlikte yüzeysel akış ile alandan uzaklaşmasına neden olmaktadır (Ekinci vd. 2011).

Yangınlardan kaynaklanan etkenler, toprağın biyolojik özelliklerini, kimyasal dinamikleri ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemekte ve doğal arazi örtüsünü yok ederek toprakları erozyona karşı savunmasız bırakmaktadır (DeBone *et al.* 1979, DeBone 1991). Yangının sebep olduğu yüksek sıcaklık, toprağın fiziksel özelliklerinde değişime sebep olmakta ve yangının yoğunluğuna bağlı olarak mineral toprağın ısınması hacim ağırlığı, porozite, tekstür, toprak rengi, toprak nem içeriği, infiltrasyon gibi temel fiziksel özellikleri değişime uğratmaktadır (Wells *et al.* 1979).

Orman yangınları sebebiyle toprakta meydana gelen aşırı ısınma organik madde, pH, Katyon değişim kapasitesi (KDK), kireç, Elektriksel iletkenlik (EC) gibi toprağın kimyasal özelliklerini de doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak etkilemektedir (Çepel 1975, Eron 1977, DeBano *et al.* 1979, Şengönül 1985).

Yangınların meydana geldiği mevsim, yangının süresi, hangi sıklıkla oluştuğu, şiddeti, hava halleri, yanıcı madde miktarı gibi durumlar yangınların etki derecesinde önemli rol

almaktadır (Bilgili 2014b). Seyrek şekilde veya bir kez oluşan yangın toprakta önemli bir değişiklik oluşturmamakta ve kısa süreli ve örtü yangını şeklinde oluşan yangın ile uzun süreli ve yanıcı maddenin çok bulunduğu bir alanda meydana gelen yangın etkileri arasında farklılıklar bulunmaktadır (Bilgili 2014b, Neyişçi 1989). Ölü örtü miktarı ve kalınlığı yangının toprağa etkisini önemli derecede etkilemektedir (Bilgili 2014b). Bununla birlikte orman yangınlarının meşcere ağaç türleri üzerindeki davranışları ve etkilerinin belirlenmesi üzerine tür bazında farklı ağaç türlerinde (ibrelî/yapraklı gibi) daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.(Bilgili 2014). Berber *et al.* (2015) örtü yangınlarının orman topraklarında sınırlı derecede fiziksel ve kimyasal özellikleri etkileyerek değişiklikler meydana getirdiği fakat bu değişimlerin yangından bir süre sonra eski değerlerine tekrar kavuştuğu belirlemiştir. Orman yangınlardan kaynaklanan etkiler fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin değişimlerinin yanı sıra toprak içinde ve üstünde yer alan flora ve faunanın da önemli derecede zarar görerek azalmasına neden olmaktadır (Certini 2005). Orman yangınlarında yangının meydana geldiği dönem (yangın sezonu içinde ya da dışında olması), süresi, yangın sıklığı, şiddeti, yangının çeşiti (örtü yangını ya da tepe yangını) yangından etkilenen ağaç türü gibi parametrelerin toprak özelliklerini üzerindeki etkilerinin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalar yeterli olmayıp daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Çankırı ili Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü, Hızardere Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 0,1 ha genişliğindeki karışık (sarıçam+karaçam) meşcerede (ÇsÇkcd/a) örtü yangını sonucunda toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişiminin belirlenmesidir. Çalışma yapılan düşük şiddetli örtü yangını, 15.10.2012 tarihinde meydana gelmiştir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, yangından sonra değişen toprak özellikleri belirlenerek elde edilen sonuçların bölgede yapılacak yangın sonrası ormancılık çalışmalarında kullanılma potansiyeli olmasıdır.

Yapılan bu çalışmanın orman topraklarında örtü yangınlarından kaynaklı meydana gelen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri değişiminin incelenmesi açısından, ormancılık alanında önemli bir çalışma özelliği taşıyacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Orman Yangını

Dünyanın oksijen kaynağını oluşturan ormanların azalmasında en büyük tehlike orman yangınlarıdır (Değerliyurt 2014). Nüfus artışı, hızlı kentleşme, iklim değişikliği ve en önemlisi orman yangınları ile toplam orman varlığında azalma meydana gelmekte, bu durum küresel bir sorun olarak önemini korumaktadır (Bento-Gonçalves *et al.* 2012). Orman yangınlardan kaynaklanan olumsuzluklar dünya genelinde katlanarak artmaktadır (Salgado *et al.* 2004).

Orman yangınları serbest şekilde yayılma imkânı bulan, ormanlık alandaki ibre, kuru dal, yaprak, fidan ve ağaçların kısmen ya da tamamen yanmasıyla oluşan, ekolojik ve biyolojik varlığı önemli ölçüde tehdit eden doğal felaket olarak tanımlanmaktadır (Çanakçıoğlu 1993, Türkeş ve Altan 2012, Bilgili 2014). Yangınlar ile ormanlar arasında tarihten bugüne kadar kuvvetli etkileşim bulunmaktadır (Atik ve Ertuğrul 2012). Ancak bu etkileşim ile ilgili Dünya genelinde orman yangınlarına karşı önlem alma, yangın sonrası alanları yenileme ve yangınlardan korunma konusunda 1940'lı yıllara kadar düzenli olarak tedbir alınmamıştır (Boerner *et al.* 2005).

Son yıllarda ciddi şekilde artan orman yangınlarıyla mücadele için yapılan harcamalarda, içinde bulunduğumuz yüzyıl içinde ekonomik pay oranı artırılmasına karşın ortalama sıcaklığın yükselmesi ve Dünya toplam nüfusunun hızla artması sonucu daha fazla orman yangını meydana gelmektedir (Ertuğrul 2005, Atik ve Ertuğrul 2012). Bu durum ekosistemde biyokütlenin de önemli miktarda azalmasına sebep olmaktadır (Neary *et al.* 1999). Tüm dünyada biyotik-abiyotik hayata ve biyolojik çeşitliliğe etki eden orman yangınlarının son dönemde küresel iklim değişikliği ile artan sıcaklıklar nedeniyle iyiden iyiye fazlaşması konunun literatürde oldukça popüler olmasına sebep olmaktadır (Töreyin ve Çetin 2009).

Orman yangınları, ayrıca meralara, tarım alanlarına, otlaklara, doğal yaşama ve yerleşim alanlarına sıçraması ile yangın etkisi lokal olmaktan çıkarak daha geniş ölçekli maddi ve manevi zarar oluşturmaktadır (Tekeli vd. 2007). Gelecek yıllarda insan faktörü yanı sıra küresel iklim değişikliğinden kaynaklı etkilerle birlikte orman yangını sayılarında artış meydana gelmesi öngörülmektedir (Türkeş ve Altan 2012).

2.2 Orman Yangını Çeşitleri

Ormanlarda oluşan yangınlar mevcut alandaki topraklar ile ağaç tepeleri arasında kalan kısımda yer alan canlı-cansız varlıkların etkilenme şekline ve derecelerine göre kategorize edilmektedir (Bilgili 2014).

Yanıcı maddelerin yeterli sıcaklık altında oksijen ile birleşmesiyle oluşan kimyasal reaksiyona yanma denir (Özkazanç ve Ertuğrul 2011). Yüksek sıcaklık derecelerinde oluşabilen yanma olayı tutuşma sıcaklığı, oksijen ve yanıcı maddenin yeterli miktarda bir araya gelmesiyle meydana gelir (Bilgili 2014). Bu üç unsur yangın üçgenini oluşturmaktadır.

Yangın üçgenindeki faktörlerden birisi olan oksijen ormanlık alanlarda %20-21 oranında bulunur ancak, yanma olayının oluşmaması için oksijen miktarının %15'in altında olması gerekmektedir (Bilgili 2014). Yanıcı maddeyi içerisinde bulunduran ormanlık alanlarda, orman bakımının düzenli olarak yapılması yangınlara yol açan faktörlerden üçüncüsü olan yanıcı maddeden kaynaklı yangınlara oluşmasına engel olmaktadır (Türkeş ve Altan 2008). Ormanlarda meydana gelen yangınlar örtü yangını ve tepe yangını olarak iki şekilde sınıflandırılır (Bilgili 2014).

2.2.1 Toprak yangını

Orman toprağı üstünde ve bitkilerin kök kısımlarında, sazlık, bataklık, turbalık gibi yerlerde meydana gelen ve mücadele etmesi hayli zor olan bu yangın türü Türkiye'de görülmemektedir (Bilgili 2014).

2.2.2 Örtü yangını

Ormanlık sahada bulunan ağaç ve fidanların yanmalarından ziyade meşcere tabanında yer alan ot, ibre/dal, dal, kesim artıkları ile diri örtüyü yakarak değişik şiddet ve hızla ilerleyen ve ormanlarda en çok görülen yangın tipidir. Orman yangınlarının hepsi örtü yangını olarak başlar ve gelişir (Bilgili 2014).

2.2.3 Tepe yangını

Örtü yangınının büyümesi ve meşceredeki ağaçların üst kısımlarına kadar çıkmasıyla birlikte ağaç gövdelerinde bulunan kuru dal, yosun, kabuk gibi kolay yanabilen maddeleri yakarak gelişen başta meşcere asli ağaç türleri ve özellikle ibreli ağaçlara zarar veren yangınlardır (Bilgili 2014).

2.3 Orman Yangını Çıkış Nedenleri

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de orman yangınlarının çıkmasının en önemli iki ana nedeni insanlar ve yıldırımlardır (Ertuğrul 2005). Yıldırımların yağışlarla birlikte oluşmamasından dolayı ABD ve Kanada'da oluşan orman yangınların 1/3'ünün başlamasına neden olduğu bilinmektedir (Küçükosmanoğlu 1985). Türkiye'de ise Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi yıldırımların yağışlarla birlikte oluşması yıldırımlardan kaynaklı orman yangınlarının düşük sayıda olmasına neden olmaktadır (Kurt 2014).

OGM tarafından oluşturulan verilere göre Türkiye'de (2004-2013) 10 yıllık dönem içerisinde orman yangınlarının %51'lik bölümünü ihmal, dikkatsizlik ve kaza, %11'lik bölümünü kasıt, %12'lik bölümünün yıldırım sonucu meydana geldiği, ayrıca %26'lık bölümünün çıkış nedeni ise belirlenemediği belirtilmiştir. Bu oranların dağılımına bakıldığında, daha önce yukarıda belirtildiği gibi ülkemizde meydana gelen yangınların büyük oranının insan kaynaklı faktörlerden meydana geldiği açıkça görülmektedir (Ertuğrul 2005).

Türkiye’de 2001-2010 yılları arasında meydana gelen orman yangınlarının sayısı, alan ve çıkış nedenleri kasıt, ihmal, doğal ve faili meçhul dört başlık altında Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Türkiye’de orman yangınlarının çıkış nedenlerine göre dağılımı (OGM 2012)

Yıl	Yanan alan miktarı (ha)	Yangın sayısı Adet	Yangın çıkış nedenleri							
			Kasıt		İhmal		Doğal		Faili meçhul	
			Adet	(ha)	Adet	(ha)	Adet	(ha)	Adet	(ha)
2001	7394	26,31	251	651	1629	4247	188	735	563	1761
2002	8514	1471	218	509	809	7287	181	261	263	457
2003	6644	2177	258	665	1317	4520	120	694	482	765
2004	4876,2	1762,0	242	748,4	1033	3093	128	232,5	359	802,3
2005	2821	1530	272	401,7	867	2084	140	47,5	251	287,8
2006	7762	2227	166	206,2	1315	5873	330	543	416	1139,4
2007	11664	2829	292	1705,1	1642	7994	407	243,2	488	1722,1
2008	29749	2135	377	797	1018	26283	330	699	410	1970
2009	4679	1793	231	792	884	3082	333	105	345	700
2010	3317	1871	146	526	861	1851	281	69	573	871
Toplam	87420,2	20426	2453	7001,4	11375	66314	2438	3629,2	4150	104758,6

2.3.1 İhmal ve dikkatsizlik sonucunda çıkan orman yangınları

Türkiye’de yasak olmasına rağmen anız yakma, tatil ya da piknik amaçlı orman içi veya bitişiğinde geçirilen zamanlarda gerekli önlemleri almadan yakılan ateşler, sönmeyen atılan sigara izmaritleri vb. sebeplerle oluşan yangınlar ihmal ve dikkatsizlik sonucu yangınların oluşmasına neden olmaktadır (Doğanay ve Doğanay 2004).

2.3.2 Kaza sonucu oluşan orman yangınları

Ormanlık sahada meydana gelen iş kazaları, ormanların içerisinde geçen enerji nakil hatlarının kopması, ormanlarda yol ve inşaat çalışmalarında yakılan ateşler sonucunda oluşan yangınlardır (Kurt 2014).

2.3.3 Kasten çıkarılan orman yangınları

Devlete zarar vermek amacıyla ormanları kundaklama, yerleşim yeri veya tarla açmak amacıyla ve bunların yanı sıra terör amaçlı bilerek ve isteyerek yangın çıkartma gibi nedenlerden meydana gelen yangınlardır (Kurt 2014).

2.4 Dünyada Orman Yangınları

Dünya genelinde bulunan orman alanlarının toplam miktarı yaklaşık olarak 4 milyar ha'dır (Salgado *et al.* 2004, Ertuğrul 2005). Dünyadaki mevcut toplam ormanların yarısından fazlası Rusya, ABD, Çin, Kanada ve Brezilya'da bulunmaktadır (FAO 2010). Dünya üzerinde 54 ülke ise toplam yüzölçümünün %10'u kadar ancak ormanlık alana sahipken 10 ülke de hiç ormanlık alan bulunmamaktadır (FAO 2010). Dünyada ormanlık alanların %95'i doğal ormanlardan %5'i ise yapay ormanlardan (plantasyon) oluşmaktadır (Anonim 2006).

Dünya toplam orman alanları üzerinde yapılan değerlendirmelerde ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile orman alanları arasında bir ilişki olduğu belirtilmiş ve gelişmiş ülkelerde orman alanlarının arttığı, Dünya toplam orman alanlarında olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerin ağırlıklı olduğu yerlerde ise orman alanlarında azalma olduğu belirtilmektedir (OGM 2013). FAO (2010)'ya göre Dünyada anakaralar itibariyle orman varlığına ilişkin durum Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Anakaralar itibariyle orman alanı ve değişimi (FAO 2010)

Kıta Adı	Toplam orman alanı (milyar ha)		
	1990 yılı	2000 yılı	2010 yılı
Afrika	0,749	0,709	0,674
Asya	0,576	0,570	0,593
Avrupa	0,989	0,998	0,100
K. Amerika	0,708	0,705	0,705
Okyanusya	0,199	0,198	0,191
G. Amerika	0,946	0,904	0,864
Dünya	4,168	4,085	4,033

Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi on yılda (2000-2010) sadece Asya ve Avrupa kıtalarında orman alanlarının artmış, diğer kıtalarda ve Dünya genelinde orman alanları toplamı ise azalmıştır. Küresel orman kaynaklarının değerlendirilmesi ana raporuna (2010) göre tüm Dünya ormanlarının ortalama olarak her yıl %1’lik kısmının orman yangınlarından önemli şekilde etkilendiği belirtilirken, bu durumun yanı sıra kayıt altına alınmayan çok sayıda yangının da meydana geldiği ifade edilmiştir (FAO 2010).

Özkazanç ve Ertuğrul (2011) yapmış oldukları çalışmada Dünyada şimdiye kadar meydana gelen en büyük orman yangınının 1825 yılında Kanada’nın New Brunswick eyaletinde 1,2 milyon ha alanın tamamen yanmasına neden olan Miramichi yangını olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmacıların son on yılda meydana gelen yangınlara ilgili verdiği bilgilerde 2007’de Yunanistan’da 271 bin ha, 2009’da Avustralya’da 450 bin ha, 2010’da Rusya’da 500 bin ha ve yine 2010’da Bolivya’da 25 bin ha alanda etkili olan yangınlar sonucunda toplam 1,5 milyon ha ormanın tamamen yandığı rapor edilmiştir.

Türkiye’nin de içerisinde bulunduğu Akdeniz ülkelerinde ise her yıl Akdeniz ormanlarının %1,3-1,7’sine denk gelen 50 binden fazla yangın meydana gelmekte, bu yangınlarda yaklaşık 600-800 bin ha arasında alan yanmaktadır (Vergnoux *et al.* 2009). Dünya ormanları üzerinde orman yangınlarının neden olduğu dolaylı etkiler neticesinde toprağın bozulmasına bağlı olarak çölleşme, erozyon ve kuraklık meydana gelmekte ve 110 ülkede yaşayan 1,2 milyar insanın hayatını olumsuz etkilemektedir (Anonim 2006).

2.5 Türkiye’de Orman Yangınları

Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık olarak %27,6’sına denk gelen toplam 21,7 milyon ha orman alanına sahiptir (OGM 2013). Türkiye de en çok orman yangınları yazları kurak geçen subtropikal Akdeniz ikliminin görüldüğü Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde meydana gelmekte ve bu durum yaz mevsiminde sıcaklık, yağış, bağıl nem ve rüzgâr gibi iklim elemanlarının yangınlar için uygun ortam oluşmasını kolaylaştırmasından kaynaklanmaktadır (Türkeş ve Altan 2012). Ülkemizde Kahramanmaraş’tan itibaren, Akdeniz ve Ege’den Marmara’ya kadar 1700 km’lik sahil kesimi boyunca ve bu

alanlara dik olarak 160 km iç kısımlara kadar uzanan bölümü, orman yangınları bakımından oldukça hassas alanlardır (Doğanay ve Doğanay 2004, Değerliyurt 2014). Ülkemizin Akdeniz iklim kuşağında yer alması ve yoğun yangın tehdidi altında bulunmasından dolayı oluşan orman yangınların %97'si haziran-eylül dönemlerinde meydana gelmektedir (Tekeli vd. 2007).

Türkiye'de günümüze kadar meydana gelmiş en büyük yangın, Antalya Serik-Taşağıl Karabük köyünde 2008 yılında, elektrik telinden çıkan kıvılcımın anızları yakmasıyla başlayan toplam 22.133 ha iz düşüm alanda oluşan, 13.018 ha verimli koru, 3.907 ha bozuk koru olmak üzere 16925 ha orman alanında etkili olan yangındır. Muğla-Marmaris'te 1979 yılında çıkan 13.260 ha'lık alanda etkili olan orman yangını ise ikinci en büyük orman yangınına oluşturmaktadır (Kantarıcı 2009, Bilgili 2014b).

Türkiye'de meydana gelen yangınların %88'i gündüz, %12'si ise gece saatlerinde meydana gelmektedir (OGM 2013). Bu veriler ışığında, insan aktivitelerinin en yoğun olduğu zaman dilimi olan gündüz saatlerinde orman yangınlarının daha fazla olması ülkemizde orman yangınlarının oluşmasında en büyük etkenin insan olduğunu somut olarak bir kez daha göstermektedir (Doğanay ve Doğanay 2004, Akkaş vd. 2008).

OGM tarafından yayınlanan ve yürürlükte olan 285 Sayılı Tebliğ'de belirtilen ölçütlere göre, bir yılda 10 taneden fazla yangın çıkan yaklaşık 7,67 milyon ha ormanlık alanlar 1. derecede hassas İşletmeler grubunu, yılda 6 ile 10 adet arasında yangın çıkan 4,91 milyon ha alanı kapsayan alanlar ise 2. derecede hassas İşletmeler grubunu oluşturmaktadır. Bu belirtilen verilerin toplamında elde edilen 12,58 milyon ha orman alanına karşılık gelen ormanlarımızın % 58,4'ünün yangınlara hassas bölgelerde bulunduğu belirtilmiştir (OGM 2012).

Türkiye'de 2004-2013 yılları arasında toplam 90.390 ha saha yanmış, yıllık ortalama kayıp miktarı 9.039 ha, yangın başına düşen saha ise yaklaşık 4 ha olmuştur. Bu dönem zarfında en yüksek kayıp; 29.945 ha ile 2008 yılında, en düşük kayıp ise 2.821 ha ile 2005 yılında verilmiştir (OGM 2013).

2.6 Orman Yangınlarının Ekolojik Etkileri

Yangın ekolojisi, yangının yetişme ortamı koşullarına etkileri ve o ortamda yaşayan canlılarla olan karşılıklı ilişkilerin belirlenmesinde yararlanılan bir bilim dalıdır (Oğurlu 1993). Orman yangınları meydana geldiği yer ve yanıcı madde miktarına bağlı olarak farklı türlerde oluşum gösterir (Küçük vd 2005). Yangının etkileri vejetasyon tipine, mevsime, hava hallerine, yangının büyüklüğüne, şiddetine, süresine, tekrar etme durumuna, meşcerenin büyüklüğüne, meşcere tipine ve toprak özelliklerine göre farklı davranışlar gösterir (Oğurlu 1993). Yanıcı madde miktarı orman yangınları için en önemli parametreyi oluşturmaktadır (Küçük vd 2005).

Ormanlar kendini yenileyebilme yetenekleri ile ekolojik dengenin en önemli öğelerinden birisini oluşturmakta ve aynı zamanda birçok canlı türüne ev sahipliği yapmaktadır (Ertekin vd. 2011). Yangınların sonrasında ormanlarda sadece orman ürünlerinin üretimi olumsuz etkilenmekle kalmayıp, aynı zamanda doğal dengenin bozulmasına neden olmakta ve ölü örtünün yanmasıyla daha da hızlanan erozyon, kütle kaybı, su kaynaklarının bozulması, hava kirliliği, çölleşme, sel, heyelan, çığ gibi felaketleri de beraberinde getirmektedir (Serez 1995, Ekinci vd. 2011).

Yangınların ormanlara etkileri iki grupta toplanabilir bunlar: doğrudan etkiler (toprak florasını tohumları, ölü örtüyü ve orman yaban hayatına zarara uğratması), dolaylı etkiler (biyotik, iklimik, ve edafik) olarak sınıflandırılabilir (Bilgili 2014b). Yangınlar orman ekosisteminin yönetiminde orman alanı mevcut koşulları dikkate alınarak uygulandığında, meşcere bazında yararlanılabilecek bir etken olarak düşünülmektedir (Tüfekçioğlu 2010). Ancak uygun koşulların sağlanmadığı durumlarda, kontrolsüz oluşturulan yakmaların etkileri, yanan meşçerede orman ağaçları ve orman toprağı üzerinde kalmayarak orman ekosistemi içinde barınan birçok kuş, sürüngen, memeli hayvan ile toprak içerisindeki canlıları da olumsuz etkilemektedir (Özkazanç ve Ertuğrul 2011).

2.7 Orman Yangınının Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

2.7.1 Orman yangınının toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Orman yangınları sırasında oluşan yüksek sıcaklık, orman topraklarının mevcut fiziksel özelliklerini etkilenmesine ve değişmesine neden olabilir (Wells *et al.* 1979). Yangının şiddeti süresi yanan materyalin özellikleri, ölü/diri örtü kalınlığı, yangına maruz kalan miktarı, yangının olduğu mevsim ve hava koşulları yangınların toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki değişiklik oluşturma potansiyelini etkilemektedir (Küçük vd. 2005). Tepe yangını ve örtü yangınlarının toprak özelliklerine etkisini belirlemek için yapılan çalışmalarda yangınlardan sonra toprağın fiziksel özelliklerinin yangının şiddetine bağlı olarak değişebileceği veya sınırlı bir etkiye maruz kalacağı bilgisi yer almaktadır (Litton and Santelices 2003).

2.7.1.1 Orman yangınının hacim ağırlığı üzerine etkisi

Orman yangınları sırasında alandaki bitki örtüsü yanarak mineral toprak tabakası ısınır (Wells *et al.* 1979). Yangınlarla birlikte ölü örtünün yanmasıyla oluşan ısınma toprağın gözenek yapısının bozulmasına, dağınık kil mineralleri ve oluşan küllerin toprakta boşlukları doldurması ile agregatların çökmesine neden olur (Certini 2005, Verma and Jayakamur 2012). Bu durum porozite ve geçirgenliğin azalmasına toprak hacim ağırlığının (HA) artmasına neden olur (Wells *et al.* 1979, DeByle 1981, Certini 2005).

Ekinci (2006)'nin Çanakkale'nin Lapseki ilçesinde 2002 yılında yangından etkilenmiş orman alanlarında yaptıkları çalışmada, toprak hacim ağırlığı yanmış örneklerde ortalama $1,31 \text{ g cm}^{-3}$ olduğunu yanmamış toprak örneklerinde ise $1,22 \text{ g cm}^{-3}$ değerinde olduğunu belirtmiştir. Bu raporu destekler nitelikte Dikici ve Yılmaz (2005)'in yaptıkları çalışmada, yanmış alanın hacim ağırlığı (HA) değerlerinin yanmamış alana oranla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Orman yangınlarından sonra toprakta hacim ağırlığının değişimini belirlemek için yapılan bazı çalışmalarda ısınma derecesi ve yangının şiddetine bağlı olarak yine yanmış alanlardaki HA yanmamış alanlara kıyasla daha fazla çıkmaktadır (Eldiabani *et al.* 2014, Xue *et al.* 2014).

Hacim ağırlığının yangından sonra artış göstermesinin sonuçlarının aksine, yapılan bazı çalışmalarda yangından sonra hacim ağırlığında kayda değer bir değişimin olmadığı belirtilmiştir. Litton and Santelices (2003) çalışmalarında yangından önce ölçülen hacim ağırlığı değerleri 0,72-0,82 g/cm³ arasında iken yangından sonra hesaplanan değerler 0,79-0,89 g/cm³ arasında hesaplanmıştır. Hacim ağırlığının artmasının beklendiği yanmış topraklarda, organik madde içeriğinin azalması sebebiyle hacim ağırlığı değerleri arasında yanmamış topraklara oranla önemli fark oluşmamıştır.

2.7.1.2 Orman yangınının tarla kapasitesi ve solma noktası üzerine etkisi

Toprağın nem içeriği ısı iletkenliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Kaptan 2011). Isının toprak içine ve dışına olan hareketi yüzey toprağı ile alt katmanlardaki sıcaklık değişimine bağlı olmakla birlikte bu hareket sıcak katmanlardan soğuk katmanlara doğru olmaktadır (Pala 1979). Bitki kök bölgesinde toprak sıcaklığının düşük olduğu yerlerde yüksek nem kapsamından bahsedilebilmektedir (Kaptan 2011).

Sims (1975) yangın sonrasındaki 30 günlük kurak dönem içerisinde orman topraklarında yaptığı çalışmasında 3,8 cm derinlikte 9. günde, 7,6 cm derinlikte ise 23. günde daimi solma noktasına ulaşıldığını hesaplamıştır. Toprak nem içeriği aynı derinlikte yanmamış alanlarda yanmış alanlara oranla daha yüksek çıkmış ve yangın sonrasındaki daimi solma noktası değerinin üstünde kalmıştır. Yapılan bu çalışmada orman yangınının perkolasyon (toprak içerisinde su hareketi) değerinde bir değişiklik meydana getirmediği belirtilmiştir.

Toprağın su tutma kapasitesinin ve dolaylı olarak da hidrolik özelliklerinin yangınlardan etkilenmekte fakat bu durumla ilgili net bir genelleme yapılamamaktadır (Çepel 1975). Çepel (1975), ilk olarak Striffer and Mogren (1971) atfen yanmış ormanlardaki toprakların su tutma kapasitesinde %10-15 oranında bir azalma meydana geldiği bilgisini vermiştir. Daubenmire (1974) atfen yangın geçirmiş bir orman toprağı ile yangın görmemiş bir toprağında yangının tarla kapasitesi için olumsuz etkisinin ancak 7,5 cm toprak derinliğine kadar olduğu bilgisini rapor etmiştir. Çepel (1975) ek

olarak yangınların, toprağın infiltrasyon hızını etkilenmekte, yangından sonra toprakların su alma hızında azalma meydana gelmektedir.

Orman yangınlarının neden olduğu yüksek sıcaklığın, organik bileşenlerin yapılarının değişmesine ve hidrofobik (su geçirimsiz) topraklar oluşmasına neden olmaktadır (Verma and Jayakamur 2012). Bütün bu durumlar sonucunda ise topraklarda hidrofobik bir yapı oluşarak hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon değerlerinde azalma meydana gelmektedir (Certini 2005, Ekinci vd. 2011).

2.7.1.3 Orman yangınının tekstür üzerine etkisi

Pantami *et al.* (2010), Aref *et al.* (2011), Berber vd. (2015) çalışmalarında istatistiksel olarak tekstürde anlamlı bir değişikliğin olmadığını belirlemiştir. Tekstürü oluşturan bileşenler arasında kum, kil ve silt miktarlarının birinde ve diğerlerinde meydana gelecek artmaya karşı diğerlerindeki azalmanın pratikte bir önemi yoktur. Çünkü tekstür üçgeninde kum, silt ve kil miktarının toplamı 1'e eşittir.

Berber *et al.* (2015) karışık meşçeredeki toprak özellikleri üzerinde yüzey yangınlarının etkilerini belirlemek için yaptığı çalışmada yangından sonra toprağın fiziksel bileşenlerinin % kum oranı arttığını, % silt ve % kil oranının azaldığını ancak bu durumun önemli düzeyde olmadığını rapor etmiştir. Bu değişimlerin yangın sonrasında kumlu silt toprakların kaba bünyeli yapılarında bir değişiklik meydana getirmediği rapor edilmiştir. Kaptan (2011)'in yaptığı çalışmada ise üç farklı toprak tekstürü ve üç farklı nem uygulaması kullanarak yangın öncesinde ve yangın sonrasında toprağın çeşitli derinliklerdeki nem değerleri ve tekstür tipine bağlı sıcaklık değişimini belirlediği çalışmasında, yanmayla birlikte yüzeydeki toprak sıcaklığının her toprak tekstüründe de ani bir şekilde arttığını, bu ani sıcaklık değişikliklerinin artan toprak derinliklerinde kademeli olarak azaldığını ve toprağın nem kapsamının yüzeydeki ani sıcaklık artışlarını önemli oranda önlediği bilgilerini elde etmiştir.

2.7.1.4 Orman yangınının agregat stabilitesi üzerine etkisi

Yangından etkilenmiş orman alanlarında toprak organik maddesindeki azalmaya bağlı olarak agregat stabilitesi değerleri düşmektedir (Kavdır *et al.* 2005, Ekinci vd. 2008). Ekinci vd. (2008)'nin Keşan bölgesinde 2000 yılındaki yaptıkları araştırmada yangının ardından agregat stabilitesi değerlerinin yanmış toprak örneklerinde yanmamış toprak örneklerine göre daha düşük olduğu hesaplamıştır.

Kavdır *et al.* (2005) yaptıkları araştırma da diğer çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde orman yangınlarının toprakta agregat stabilitesini azalttığını belirtmiştir. Yapılan çalışmada yangından sonra agregat stabilitesin %1–16 oranında düştüğünü, toprağın organik maddesinin karbonhidrat içeriği ile agregat stabilitesi arasında yüksek bir korelasyon bulunduğunu ($r^2=0.92$) ve karbonhidrat içeriğinin agregat stabilitesinde önemli rol oynamakta olduğu rapor edilmiştir.

2.7.2 Orman yangınının toprak kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Orman yangınlarıyla toprakta meydana gelen aşırı ısınma organik madde, pH, Katyon değişim kapasitesi (KDK), Kireç (CaCO_3), Elektriksel iletkenlik (EC) gibi toprağın kimyasal özelliklerini doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak etkilemektedir (Çepel 1975, Eron 1977, DeBano *et al.* 1979, Şengönül 1985).

2.7.2.1 Orman yangınının organik madde üzerine etkileri

Organik madde toprakta kil, silt ve kum taneciklerini bir arada tutunmasını sağlayarak toprak strüktürünün oluşmasında ve sürdürülebilirliğinde önemli rol almaktadır (Raison 1979). Toprakta yer alan ve organik maddeyi oluşturan örtünün ıslak veya kuru olması, birikme şekli gibi değişkenler yangınların toprakta oluşturabileceği zararın derecesini etkilemektedir (Çepel 1975). Bu faktörlerin etkili olduğu durumlarda orman ölü örtüsü yangının şiddetini devam ettirici ya da toprağı koruyucu etki yapabilir (Daubenmire 1974).

Yangınların sıcaklıkla birlikte organik madde miktarı üzerinde oluşturduğu etki, toprak sıcaklığının değişmesine, toprak üstünde su ve hava akışının etkilenmesine; toprağın yapısının ve stabilitesinin bozulmasına neden olur (URL-1 2014). Yangın sırasında toprak özelliklerinde ortaya çıkan değişimler büyük ölçüde organik maddenin ayrışma derecesi ile toprağın ısınma şiddetine bağlıdır (DeBano *et al.* 1979). Eron (1977) çalışmasında 100°C'de 2 saat süre ile ısıttığı toprakta %4,8 oranında organik madde kaybı yaşandığını, bu kaybın 200°C'de %16,9; 300°C'de %62,5 ve 400°C'de %89,8 olduğunu, 500°C'de ise organik maddenin tümünün ortamdaki uzaklaştığını rapor etmiştir. Şiddetli yangınlarda, ortamdaki organik maddenin tamamen kaybolması toprakta fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin aksamasına ya da durmasına neden olmaktadır (Driscoll *et al.* 1999).

Orman yangınlarında organik maddenin yanması bol miktarda bitki besin maddesinin açığa çıkmasına neden olmaktadır (Şengönül 1985). Bu durumun sonucunda azot, fosfor, potasyum ve kükürt elementleri açığa çıkarak bitkiler tarafından kullanılmadan büyük bir miktarı volatilizasyonla alandan uzaklaşmaktadır (Raison 1979, Verma and Jayakamur 2012). Orman yangınlarında topraktaki organik madde miktarı toprağın özellikle 7,5 cm derinlikten daha alt kısımlarının yangından çok az etkilendiği ve toprağın üst kısımlarına kıyasla alt kısımda daha az değişim meydana gelmektedir (Çepel 1975). Klute and Dirkson (1986) organik madde varlığının toprağın ısı iletkenliğini azalttığını ortaya koymuştur. Toprakta kısmen ayrılmış olan organik madde ağırlığının beş katı kadar su tutabilmekte ve orman toprağı üzerinde bir tampon oluşturarak toprak sıcaklığının düşmesinde yavaşlatıcı etki meydana getirmektedir (Cohen 2003). Bunun nedeninin, sebep olduğu agregatlaşma ile hacim ağırlığını düşürerek ısı iletkenliğini azaltmasından meydana geldiği belirtilmiştir (Cohen 2003). Orman yangınları sonrasında toprakta meydana gelen olumsuz etkilerden en dikkat çekenlerinden birisi de organik maddenin önemli ölçüde alandan uzaklaşmasıdır (Certini 2005). Toprak verimliliği üzerinde etki eden orman yangınlarının, yangın sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak toprak organik madde miktarında ve bitki besin elementlerinin yayılgılığında olumsuz değişikliklerin oluşmasına neden olduğu bilinmektedir (Chandler *et al.* 1983, Driscoll *et al.* 1999, Snyman 2003).

Organik madde ayrıca toprak parçacıklarını birleştirme özelliği ile toprağın agregatlaşmasını sağlayarak toprak porozitesini, toprağın geçirgenliğini ve havalanmasını arttırmaktadır (Şengönül 1985). Yangın nedeni ile organik maddenin zarar görmesi mineral toprağın üstünün açılmasına, toprakların sertleşmesine, gözenekliliğin azalmasına neden olur (Çepel 1975). Organik maddenin yangınlarla tahrip olmasının dolaylı olarak etkileri toprak strüktürünün de zamanla bozulmasına neden olmaktadır (Şengönül 1985).

2.7.2.2 Orman yangınının kireç (CaCO₃) içeriği üzerine etkileri

Orman topraklarının kimyasal özellikleri etkileyen parametrelerden birisi de (CaCO₃) kireçtir (Kutiel and Shaviv 1992, Dikici ve Yılmaz 2005). Gavur gölü tundralık alan topraklarında 1965 ve 2001 yıllarında meydana gelen yangınların etkisiyle toprak özelliklerindeki değişiklikleri belirlemek için Dikici ve Yılmaz (2005)'in yaptıkları bir çalışmada 1965 yılı değerleri, 2001 yılı değerleri ve yanmamış alanlardan ölçülen değerlerde, kireç ölçümlerinin yanmış alanlarda daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Kutiel and Shaviv (1992) yapay orman yangınlarının toprak özellikleri üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada Dikici ve Yılmaz (2005) gibi yanmış alanlarda yanmamış alanlara kıyasla kireç miktarının daha yüksek olduğunu belirtilmiştir.

2.7.2.3 Orman yangınının pH üzerine etkileri

Yangın ya da yakmaların özellikle yüzeye yakın toprak tabakalarında değişmeye neden olduğu önemli etkilerden biri de pH yani toprak reaksiyonudur (Certini 2005). Yangından sonra pH'nın artması sıcaklığın 400-500°C'ye çıkmasıyla bazların serbest hale geçerek organik asidin doğallığının bozulmasından kaynaklanmaktadır (Neyişçi 1989). Orman yangınlarından sonra pH genellikle artmakta ve pH'nın eski değerine dönmesi uzun zaman almaktadır (Berber *et al.* 2015). DeByle (1974) yanma sonucu toprakların hidrojen iyonu etkinliğinin azaldığını ve toprakta ilk 10 cm'lik kısımda anlamlı pH yükselmesine neden olabildiğini sonraki ilk yıl içinde de bu yükselmenin devam ettiğini belirtmiştir.

Orta dereceli ve/veya düşük şiddetli yangınlar, alanlarda yangına dayanıklı türlerin kalmasına ve bu alanlarda geçici olarak pH artışına neden olmaktadır (Certini 2005). Finlandiya ormanlarında uzun süreli çalışmalar yapan Viro (1974) elde ettiği bilgilere göre yakma sırasında serbest hale geçen oksit ve karbonatların, geri kalan humus tabakasının pH değerini 2-3 birim artırdığını ancak meydana gelen etkinin alkali bileşiklerin yıkanması ve ham humus oluşması nedeniyle uzun ömürlü olmadığını belirtmiştir. Araştırmacı bu artışı yakmadan sonraki 20 yılda yanan alanlarda ki pH'yı yanmayan alanlara kıyasla ortalama 0,4 birim daha fazla ölçmüş ve bu artışın 50 yıla kadar da 0,2 birimin altına inmediğini rapor etmiştir.

Yine benzer şekilde yapılan bir çalışmada Scotter (1963) pH değerlerinin yangınlarla değişimini hesaplamak için seçtiği yanmış alanda 2,5 ve 7,5 cm toprak derinliklerinde yakılmayan alanlara oranla, daha yüksek pH değerleri elde etmiştir. Araştırmacı pH'daki bu artışın sebebini asitliğin azalması, büyük bir olasılıkla organik maddenin ayrışması ve yanan materyallerden meydana gelen küllerin toprağa alkalileri eklemesinden kaynaklandığını belirtmiştir (Scotter 1963).

Austin and Baisinger (1955) yakmadan önce 4,5 olan pH'nın yakmadan sonra 7,6'ya yükseldiğini, iki yıl sonra ise bu değer 5,7 değerine gerilediğini belirtmiştir. Tarrant (1956) üretim artıklarının yakılmasından sonraki pH değişimi yanmadan önce 5,2 olarak ölçülen pH'nın yakmadan hemen sonra 6,8'e çıktığını, yangından sonraki ilk yıl 6,0 ikinci yıl 5,5 ve üçüncü yılın sonunda pH 5,0 olarak hesaplamıştır. Yangınlardan kaynaklı en fazla pH değişiminin 482°C'ye kadar sıcaklıkta ortaya çıktığını belirtilmiştir (Tarrant 1956).

Kötü drenajlı, aşırı asidik, kumlu topraklarda 20 yıl süren denetimli yakma çalışmaları sonunda Wells (1971), 0-5cm toprak derinliğinde pH'nın yakmadan önceki 4,2 olan değerinden 4,6 değerine çıktığını ve 5 cm'den daha derin toprak tabakalarında anlamlı bir pH değişiminin söz konusu olmadığını belirlemiştir. Yangınların pH değerindeki etkileri üzerine yapılan birçok çalışmada araştırmacılar yangının etki derecesine göre yangından sonra toprak pH'sının bir miktar yükseldiği, yani toprak asitliliğinin azaldığı

belirtmektedir. Ancak bazı örtü yangınlarından sonra yapılan çalışmalarda pH değerinde istatistiksel olarak önemli farklılık oluşmamıştır (Şengönül 1986).

2.7.2.4 Orman yangınının elektriksel iletkenlik (EC) üzerine etkileri

Orman yangınları toprak elektriksel iletkenliğini de farklı derecelerde etkilemekte ve genel olarak çalışmalarda yangından sonra EC'nin arttığı görülmektedir (Hernández *et al.* 1997, Neyişçi 1989, Berber *et al.* 2015). Bu konuda yapılan çalışmalarda elektriksel iletkenlik üzerindeki bu artışın nedeni yanan organik maddeden meydana gelen küllerin ve yangın artıklarının inorganik formda Ca^{+2} , Mg^{+2} ve K^{+1} içermesiyle pH ve EC değerlerinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır (Hernández *et al.* 1997). Yangınlardan etkilendiği belirlenen elektriksel iletkenlikte toprağın üst tabakalarında alt tabakalarına kıyasla yangından sonra daha çok artış olduğu belirlenmiştir (Berber *et al.* 2015).

Neyişçi (1989)'nin yaptığı çalışmada elektriksel iletkenlikteki artış nedeninin ölü örtü ya da diri örtü gibi yanan mevcut organik maddenin inorganik iyonlarının serbest kalmasından dolayı geçici bir artış olduğunu belirtmiştir. Şengönül (1986)'ün yangınların maki türleri ile kaplı alanlarda bazı toprak özellikleri üzerinde oluşturduğu değişimleri belirlemek için yaptığı çalışmada EC üzerindeki en belirgin değişikliğin toprağın 0-2,5 cm'lik tabakasında elde edildiğini rapor etmiştir. Doğal *erica* maki türü ile kaplı alanda yangın öncesinde 109,8 microhos/cm olan EC'nin yangın sonrasında 161,5 microhos/cm yükseldiği, *Albutrus* maki türünde ise yangın öncesinde 110,6 microhos/cm olan EC değerinin yangın sonrasında 142,6 microhos/cm yükseldiğini rapor etmiştir (Şengönül 1986).

2.7.2.5 Orman yangınının katyon değişim kapasitesi (KDK) üzerine etkileri

Organik madde ve pH gibi kimyasal toprak özelliklerinin yanında katyon değişim kapasitesi de orman yangınlarından etkilenmektedir (Verma and Jayakamur 2012). Katyon değişim kapasitesinin yangınlardan etkilenmesinde farklı araştırmacılar farklı

sonuçlar elde etmişlerdir. Bu durum yangın şiddetinin toprak derinliğine paralel olarak değişiklik göstermesinden kaynaklanabilir (Neyişçi 1989).

Kasyon değişim kapasitesinin arttığı sonucunu elde eden araştırmalara örnek vermek gerekirse Eron ve Gürbüzer (1985)'in 1979 yılında Marmaris'de meydana gelen yangının toprak özellikleri etkilerini inceledikleri çalışmalarında kasyon değişim kapasitesinin yanmamış ve hafif derecede yanmış alanlarda genellikle düşük düzeylerde kaldığını ya da değişmediğini belirtmiştir. Bu durumu Neyişçi (1989) tarafından oksitlenebilir organik karbonun değişmemesinden kaynaklanabileceğini belirtilmektedir. Aynı araştırmacı KDK'nin orta ve özellikle de ağır derecede yanmış alanlarda ise önemli lde arttığı sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar bu artışı yangın sonrasında mineral toprağın organik madde ve kil bakımından zenginleşmesinden meydana gelebileceğini düşünmektedir (Eron ve Gürbüzer 1985). Neyişçi (1989) yakma öncesinde 35,38 m/100 g toprak olan KDK değerinin, yakmadan sonra yükseldiği ve yakmadan sonraki üçüncü yılın sonunda bu yüksek değerin, 40,27 m/100 g düştüğünü ancak yakmadan önceki değere gerilemediğini hesaplamış ve artış oranının istatistiksel açıdan anlamlı bulunduğunu rapor etmiştir.

Bazı araştırmacılar orman yangınlarından sonra KDK'nin artmadığını belirtmektedir. DeBano and Conrad (1978) maki topraklarında denetimli yakmaların, KDK üzerinde bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir. Tarrant (1955)'in üretim artıklarının yakılmasının bazı toprak özellikleri üzerindeki etkileri ile ilgili yaptđı araştırmada DeBano and Conrad (1978) sonuçlarına benzer şekilde hafif şiddetteki yakmaların kasyon değişim kapasitesi üzerinde llebilir herhangi bir etki yapmadığını belirtmiştir.

Eron ve Gürbüzer (1985) ve Neyişçi (1989) tarafından belirtilen sonuçların tam aksine, şiddetli yangın ya da yakmaların, KDK'yi kısmen azalttığını belirtmiştir. Ekinci (2006)'nin 2002 yılında yanan Lapseki bölgesi topraklarında yaptđı çalışmasında yanmış örneklerde KDK'yi ortalama 20,13 cmol/kg yanmamış örneklerde ise ortalama 25,27 cmol/kg olarak rapor etmiştir. Eron (1977) da yaptđı çalışması sonunda KDK

değerinin azalmasını, şiddetli yangınlar sonrasında organik maddenin kısmen ya da tümüyle ortamdaki uzaklaşması ile mineral yapıda ince toprak parçacıklarının küçük strüktürel birim kristallitlerin dehidratasyonu ile latis strüktürünün yapısının bozulmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

2.7.2.6 Orman yangınının toprak azotu üzerine etkileri

Toprağın kimyasal özelliklerinden birisi olarak kabul edilen azot (N) orman yangını sırasında kolayca uçucu hale dönüşüp (volatilizasyon) önemli miktarda azalmaktadır (Şengönül 1985). Azot özellikle azot bağlayabilen mikroorganizmalar ve azot tutucu bitkiler yardımıyla yangın sonrasında alanda tekrar kazanılabilen tek bitki besin maddesidir (Dunn and Debono 1977). Şengönül (1985) White *et al.* (1973)'a atfen, azot kaybının 400°C ile 500°C arasında %75-100, 300°C-400°C arasında %50 ve 200°C'nin altında ise daha da düşük oranda gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Öte yandan örtü yangınlarında toprak azotunun önemli ölçüde etkilenmediği buna ek olarak toprak derinliğinin ve azot değerlerinin ölçüldüğü dönemlerin, yapılan çalışmalarda elde edilen azot değerleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Berber *et al.* 2015).

Tepe yangınları ve şiddetli yangınlar sonrasında kaybolan bitki örtüsüne bağlı olarak toprak organik madde miktarında, bitki besin elementlerinin yarıyışlılığı ve özellikle azot yarıyışlığında olumsuz değişiklikleri meydana gelmektedir (Driscoll *et al.* 1999, Snyman 2003). Neyişçi (1989) yaptığı çalışmada yakma koşullarında ölçülen maksimum toprak sıcaklıklarında toprak yüzeyinde %50 oranında toplam azot kaybı olduğunu belirtmiştir. Bitkilerin büyümesinde birinci derecede sorumlu olan azot besin maddesinin yangın sonrasında kullanılabilir duruma geçmesinin fidan tutma başarısını %62 oranda arttırdığı ve azotun bitki gelişmesinde çok önemli bir bitki besin maddesi olduğu bilinmektedir (Şengönül 1985, Neyişçi 1989).

Şengönül (1985) Knight (1966)'a atfen yangınlardan kaynaklı toplam azot kaybına karşılık, yanmış alanlarda yüksek azot miktarı görülmesinin bir zıtlık oluşturduğu algısının azotun ifade edilme şekline kaynaklandığını belirtmiştir. Araştırmacı yangın

sonrasında yanan materyal ve toprak üzerindeki kül miktarında azot miktarının arttığını fakat aslında toprak içerisindeki toplam azotun oldukça azaldığını belirterek bu yangından kurtulmak için azot miktarının birim alanda hacim veya ağırlık olarak verilmesinin doğru olacağını belirtmiştir.

Rubenacker *et al.* (2012) yangınların orman topraklarındaki kimyasal ve fiziko-kimyasal etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, yangının toprak azotu üzerindeki etkisinin yıllardır tartışılmalan bir paradoks olduğunu belirtmektedir. Bazı araştırmacılar organik azotun yangından sonra kısmen buharlaşabileceği ve mineralize olabileceğini, bazıları ise yangından sonra organik azotun artabileceğini belirtmiştir (Certine 2005). Rubenacker *et al.* (2012) ise amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) formlarında olabilen azotun, amonyum minerallerinin negatif yükleri veya organik yüzeyler tarafından adsorbe edilebilir olduğunu fakat zamanla nitrata dönüştürülmüş olacağını, nitratın bitkiler tarafından alınamayarak denitrifikasyon ve yıkanma ile ekosistemden kaybolacağını belirtmiştir.

Certine (2005) ve Rubenacker *et al.* (2012) yanan topraklardaki total azot içeriğinde istatistiki açıdan önemli olmayan hafif bir yükselme olduğunu ve bu durumun yanan alandaki ölü örtüde bulunan ya da yangın sonrası toprak üzerinde oluşan külde bulunan azottan kaynaklanmış olabileceği rapor edilmiştir. Kutiel and Shaviv (1992) ise araştırmalarında yangından sonra bütün alanlarda bitki besin elementlerinin arttığını, pH değerinin 8'in üzerinde ve organik azotun düşük yoğunluklarında toprak özelliklerinin nitrifikasyon sürecinde etkili bir faktör olduğunu belirtmiştir.

Yangın sonrasında rehabilitasyon çalışmalarında yukarıdaki sonuçlar göz önüne bulundurularak mutlaka azot takviyesi işlemiyle azot eksikliği giderilmeli, belirtildiği gibi azot tutucu bitkiler yardımıyla tekrar kazanılabilen tek bitki besin maddesi olan azotu arttırmak için bu özellikteki bitkilerden de ihtiyaç duyulan alanlarda yararlanılmalıdır (DeBone *et al.*1979).

2.7.2.7 Yararlanabilir fosfor ve değiştirilebilir potasyum

Bitki hücrelerinin önemli bir bileşenini oluşturan bir diğer gerekli bitki besin elementi fosfor (P), bitkilerin özellikle tohum ve bitki büyümesinde etkili kısımlarda bulunduğundan sağlıklı bitki gelişimi için mutlaka gereklidir (Neyişçi 1989). Toprakta hem inorganik hem de organik şekilde bulunabilen ve bitkiler tarafından alınabilen fosforun önemli bir bölümü organik maddeden oluşmaktadır, bu nedenle ölü örtü ayrışması fosfor bitki besin maddesi bakımından oldukça önemlidir (Lutz and Chandler 1961). Kumlu toprakların dışındaki tüm topraklarda bulunan potasyumun (K) ise, hücre turgor basıncı ve dolayısı ile bitki su bilançosu üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Çepel 1978). Potasyum eksikliği transpirasyon yoluyla bitkilerde su kaybı meydana gelmesine neden olmaktadır (Lutz and Chandler 1961).

Toprakta mutlaka gerekli bitki besin elementlerinden olan P ve K değişimleri ile ilgili olarak Ekinci (2006) yanmış topraklarda alınabilir P ve değiştirilebilir K'nin yanmamış topraklara göre yüksek olduğunu ve bu farkın istatistik olarak önemli olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı yanmış örneklerde alınabilir P içeriğini 51,74 mg kg⁻¹ yanmamış örneklerde 18,52 mg kg⁻¹ olarak ölçmüş, K içeriğini ise yanmış örneklerde 194,15 mg kg⁻¹, yanmamış örneklerde 167,05 mg kg⁻¹ olarak belirtmiştir. Ekinci (2006) bunlara ek olarak White and Gartner (1975)'a atfen toprak sıcaklığının 200°C'yi geçmediği yangınlarda alınabilir P ve değiştirilebilir K değerlerinde artış gerçekleşmekteğini belirtmiştir. DeBano and Conrad (1978) yaptıkları çalışmada yararlanılabilir fosfor miktarının önemli ölçüde değiştiğini ve ölü örtüde diri örtüye oranla bağlı bulunan fosfor miktarının iki kat daha fazla olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar organik madde ile yararlanılabilir fosfor miktarları arasında yakın ve olumlu bir ilişki olduğunu ve organik madde miktarı arttıkça yararlanılabilir fosfor miktarının da artmakta olduğunu belirtmiştir. Berber *et al.* (2015) yaptıkları çalışmada ise yanmadan sonra fosfor değerinin azaldığını ölçmüş fosfor değerlerindeki bu azalmanın düşük ve/veya orta şiddetli yüzey yangınlarının etkisiyle organik madde içerisinden gaz formunda uzaklaşmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu azalışın yangından 7 ay sonra bile yangın öncesi değerine dönmediği belirtilmiştir.

Rubenacker *et al.* (2012) orman yangınlarından sonra toprakta yıkanma yoluyla fosfor kaybının çok az olduğunu, bitki örtüsü ve ölü örtünün yanmasıyla biyokimyasal fosfor döngüsünde değişiklik meydana geldiğini, biota içerisindeki mevcut fosforun yanma ile ortofosfattan (inorganik fosfat) toprakta organik fosfora dönüştüğünü açıklamışlardır.

Araştırmacılar aynı çalışmada yangınların topraklarda fosforu zenginleştirdiği fakat bu zenginleşmenin mevcut mineral formların çökmesiyle yakın zamanda azaldığını belirtmişlerdir. Rubenacker *et al.* (2012) yanmış topraklarda fosfor artışının pH ile yakın ilişkili olduğunu ve fosforun bitkiler tarafından alınabileceği en ideal pH değerinin 6,5 olduğunu belirtmiştir.

2.7.2.8 Değiştirilebilir kalsiyum, değiştirilebilir magnezyum, değiştirilebilir sodyum

Kalsiyum (Ca), mineral toprak içindeki ölü örtüde oldukça yüksek miktarda bulunur (DeBano and Conrad 1978). Neyişçi (1989)'nin pek çok araştırmacıdan derleyerek verdiği bilgileri göre; kalsiyumun buharlaşma sıcaklığı oldukça yüksek (1240°C) olduğundan yangın sırasında herhangi bir kalsiyum kaybı olmadığını, yangın ya da yakmalardan sonra oluşan humus tabakası ya da kül tabakasında yüksek oranda kalsiyum bulunmasının doğal olduğunu belirtmiştir.

Karmaşık bir yapısı bulunan klorofil moleküllerinin yapı taşlarından birini oluşturan magnezyum (Mg), enzimlerin aktif rol oynaması için gerekli bir bitki besin maddesi olmakla birlikte fizyolojik bakımdan da oldukça önemlidir (Çepel 1978). Kimyasal bakımdan Ca'ya benzeyen Mg, bu nedenle bitkiler için hayati önemi olan bir besin maddesidir (Neyişçi 1989). Wells (1971), 0-5 cm toprak derinliklerinde yangından sonra değiştirilebilir Mg oranında önemli derecede bir artış olduğunu belirtmiştir.

Sodyum (Na) iyonik potansiyelinin düşük olması sebebiyle katyon değişim kapasitesinde en zayıf olarak tutulan iyonlardan birisidir (Neyişçi 1989). Bilgili (2014b) birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda yangın ya da yakmaların sonrasında

değiştirilebilir Na miktarında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar meydana gelmediği belirtilmiştir.

Rubenacker *et al.* (2012) yukarıda belirtilen durumların bazılarında benzer bazılardan farklı sonuçlar elde etmiştir. Araştırmacı orman yangınından sonra katyon yoğunluğu, K ve Na miktarının değişmediğini ifade etmiştir. Araştırmacı bu durumu muhtemelen ölü örtüde bulunan besinlerden serbest kalmasından dolayı Ca içeriğinin artması ve Mg oranının daha düşmüş olmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

2.7.3 Orman yangınlarının toprağın biyolojik özellikleri üzerine etkileri

Orman yangınları sadece biyokütleyi yok eden, toprak ve flora üzerinde etkili bir afet olarak kalmayıp buna ek olarak faunaya da önemli derecede zarar vermektedir (Özkazanç ve Ertuğrul 2011). Orman yangınlardan kaynaklanan olumsuz etkiler ormanlık alanlarda yaşayan omurgasızların ve özel bileşimli mikrobiyal yapıların azalmasına neden olmaktadır (Certini 2005).

Özkazanç ve Ertuğrul (2011)'un yaptıkları araştırmalarında Çanakçıoğlu (1993)'a atfen orman ekosisteminde bulunan tüm canlıların yangınlardan kısmen ya da tamamıyla etkilendiklerini, küçük memelilerin, sürüngenlerin ve kuşların büyük zarar gördüklerini, büyük memeli hayvanların ise diğer canlılara nazaran daha az zarar gördüklerini belirtmişlerdir. Orman yangınlardan sonra, *Buprestidae*, *Cerambycidae*, *Curculionidae* ve *Scolytidae* familyasına ait böcek türlerinin yangından zarar görmüş iğne yapraklı ormanlara önemli zararlar verdikleri de sıkça görülen bir yangın etkisi olduğunun altı çizilmiştir (Çanakçıoğlu 1993). Yangınlarla toprağın yüzey sıcaklığının hızlı bir şekilde artmasıyla organik madde, N, P ve S miktarlarının değişmesi bitki kökleri, tohumları ve toprak mikroorganizmalarında önemli derecede zarar meydana getirmektedir (Mickovsky 1967).

Özkazanç ve Ertuğrul (2011)'un orman yangınlarının fauna üzerine etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada Bros *et al.* (2011)'a atfen orman toprak faunası içinde önemli

yere sahip olan ve özel toprak koşullarına ihtiyaç duyan *gastropod* (salyangoz) türlerinin bol miktarda humus ve ölü yaprak tabakasına ihtiyaç duyduğu ve salyangozların yangının direkt etkisi ve yanma olayının toprağın kimyasal yapısı ile mikro ekolojik özelliklerini değiştirmesi sebebiyle orman yangınlarından olumsuz etkilendiklerini rapor etmiştir. Berber *et al.* (2015) çalışmasında ise toprağın biyolojik özelliklerinin örtü yangınlarından çok etkilenmediklerini ancak yangının olduğu sezonun enzim aktiviteleri üzerinde önemli etkileri olduğunu açıklamıştır.

2.7.3.1 Toprak enzimleri

Ekinci vd. (2011) çalışmasında Özdemir vd. (2000)'den edindikleri bilgilere göre, toprakların *üreez* enzim aktivitesinin organik madde, tekstür, pH, KDK gibi toprak özellikleri ile önemli ilişki içerisinde olduğunu, organik atıkların topraklara ilave olmasının *üreez* aktivitesini artırdığını belirtilmiştir. Bitki besin elementlerinin serbest hale geçmesine imkân sağlayan organik madde ile toprakta enzim aktiviteleri arasında 60°C sıcaklığa kadar olumlu bir ilişki bulunmakta fakat bu ilişki daha yüksek sıcaklıklarda bozularak enzimler protein yapılarından dolayı işlevini kaybetmektedir (Ekinci 2006).

Ekinci vd. (2011)'nin Ekinci (2006)'a atfen yangından iki hafta sonra yanmış topraklarda 26,95 mg kg⁻¹ 2h⁻¹ yanmamış topraklarda 171,97 mg kg⁻¹ 2h⁻¹ olarak tespit edilmiş olan *üreez* enzim aktivitesi değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtilmiştir. Ekinci vd. (2008)'nin Keşan ilçesinde 2000 yılında meydana gelen yangınla ilgili yaptıkları çalışmada *üreez* enzim aktivitesini yanmış örneklerinde 88,57 mg kg⁻¹ 2h⁻¹, yanmamış toprak örneklerinde ise ortalama 214,93 mg kg⁻¹ 2h⁻¹ olarak ölçmüş ve bu farkında istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir.

2.7.3.2 Mikroorganizma aktiviteleri

Daha çok toprağın üst kısımlarında meydana gelen mikroorganizma faaliyetlerinin orman yangınlarının etkisi ile toprak yüzeyine yakın yerdeki durumlarında azalma

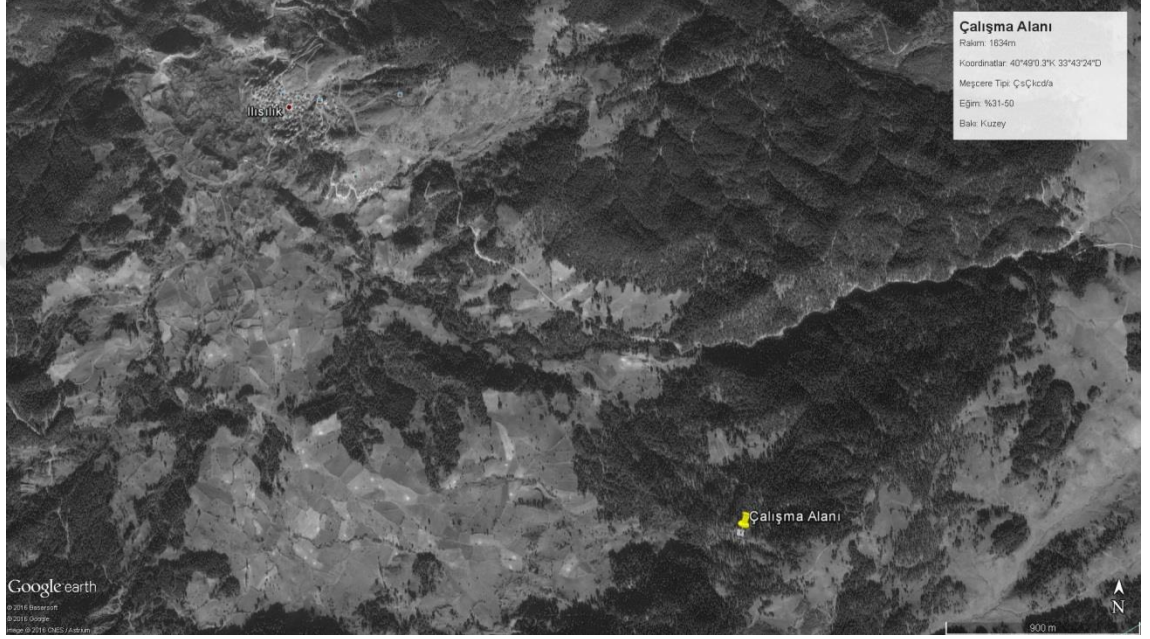
olmaktadır (Bilgili 2014). Christensen ve Müller (1975) yanmış ve yanmamış alanlarda mikroorganizma aktivitelerinde esas farklılığın kuru veya nemli toprak koşulları altında meydana geldiğini belirtmektedir. Yangınlardan sonra toprak ısınmasıyla birlikte mikroorganizmaların artmasının nedenini toprağın kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin, biyolojik faaliyetleri de etkilemesinden kaynaklandığını düşündürmektedir (Bilgili 2014b).

Bilgili (2014b)'nin, Heyward ve Tissot (1936)'a atfen toprağın yanmamış 'Ao' horizonundaki mikrofauna popülasyonunun yanmış alanlara kıyasla 5 kat fazla olduğunu ve ayrıca yanmış alanlarda 5 cm'lik üst topraktaki mikrofauna popülasyonunun yanmamış alanlardaki popülasyondan 11 kat daha az olduğu belirtmiştir. Şengönül (1989) DeBano and Dunn (1977)'a atfen toprak ısınması ve mikrobiyal aktivite arasında oldukça karmaşık ilişkilerin olduğunu, ısınma süresi, maksimum sıcaklık derecesi ve toprakta mevcut nem miktarındaki değişmelerin mikrobiyal aktiviteyi etkilendiğini belirtmiştir. Şengönül (1989) aynı araştırmacıların çalışmalarında bakterilerin kuru topraklara nemli topraklara göre daha toleranslı olduğunu, kuru toprak koşullarında bakteriler için ölümcül sıcaklık derecesinin 210°C, nemli toprak koşullarında ise 110°C olarak bulduklarını belirtmiştir. DeBano and Dunn (1977)'un elde ettiği bilgilerde, toprağın 200°C'ye kadar 25 dakikalık bir süre ile ısıtılması ile bakteri sayısında önemli bir azalma olduğu, mantarların ise 200°C'ye kadar dayanamadıkları, kuru topraklarda dayanabildikleri en yüksek sıcaklık değerinin 155°C olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanının tanıtımı



Şekil 3.1 Çalışma alanının bulunduğu konum

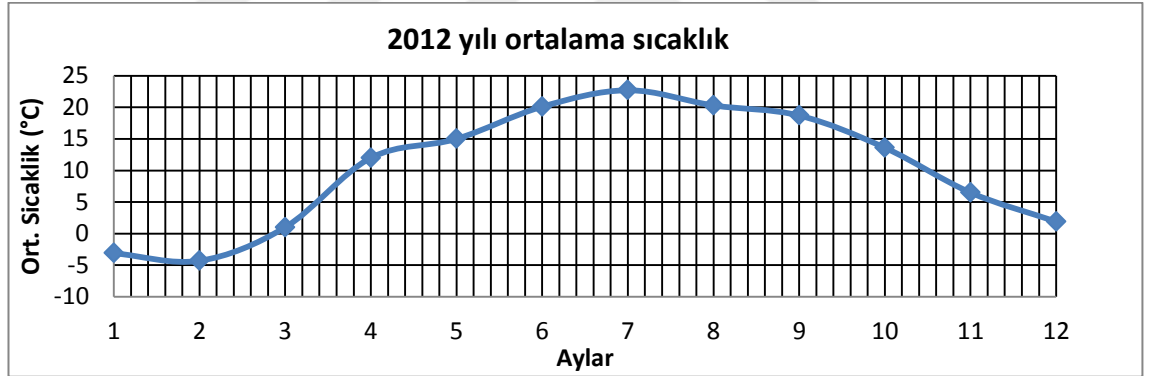
Bu çalışma, Çankırı-Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü Hızardere Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 0,1 ha genişliğindeki karışık (sarıçam+karaçam) meşcerede (ÇsÇkcd/a) 2012 yılında meydana gelen bir örtü yangını sonrasında toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiminin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Yangın 15.10.2012 tarihinde 40°49'03" Kuzey ve 33°43'24" Doğu koordinatları arasında yer alan bölgede saat 13.30'da başlamıştır. Aynı gün 14.30'da kontrol altına alınmış ve yangının tamamen söndürülmesi 19.30'da tamamlanmıştır. Örtü yangının meydana geldiği yer 1634m yükseklikte, %31-50 eğimde ve Kuzey bakı da yer almaktadır. Meşcere içerisinde çıkan yangının orman toprağında oluşturduğu etkiyi belirlemek amacıyla alanı en iyi temsil edecek şekilde 35 adet yanmış ve 35 adet yanmamış alandan olmak üzere 0-10 cm toprak derinliğinden toplam 70 adet toprak örneği alınmıştır. Topraklar analiz edilmiş, toprak özelliklerindeki farklılıklar istatistiksel yöntemlerle belirlenmiş ve yangın tarafından etkilenen toprak özellikleri belirlenmiştir.

3.1.2 Çankırı iline ilişkin verilerin sunulması

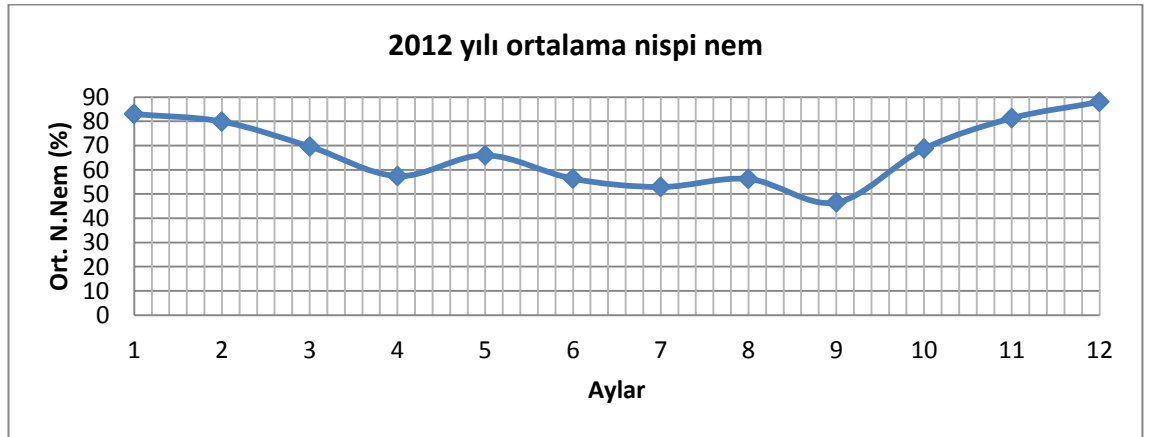
Çankırı 40° 30' ve 41° kuzey enlemleri, 32° 30' ve 34° doğu boylamları arasında Orta Anadolu'nun kuzeyinde, Kızılırmak ile Batı Karadeniz ana havzaları arasında yer almaktadır (TÜİK 2013).

3.1.2.1 İklim

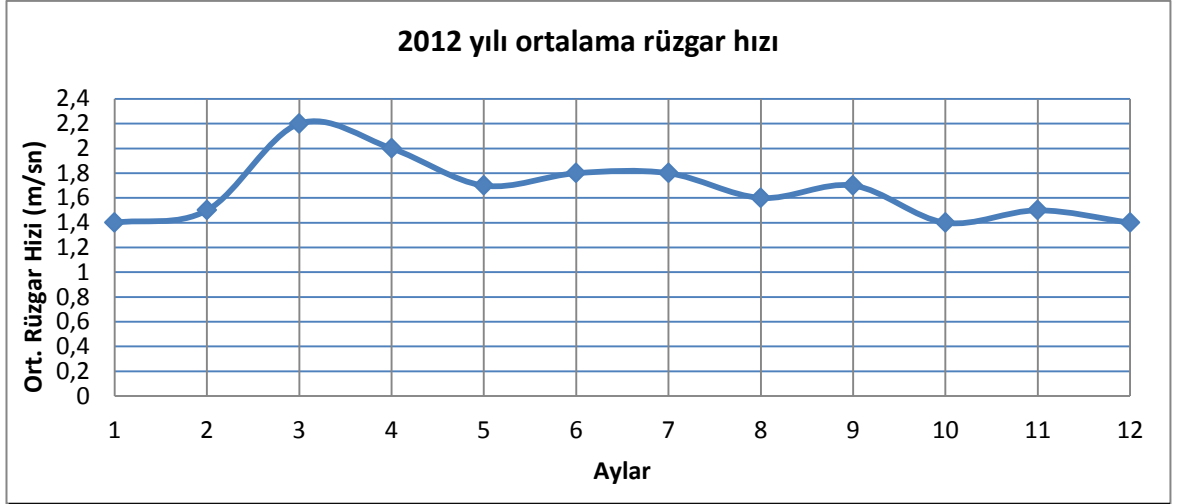
Çankırı kısmen Karadeniz iklim kuşağından İç Anadolu Bölgesi'ne özgü kara iklim kuşağına geçiş bölgesinde yer almasına rağmen bölgede ağırlıklı olarak karasal iklim görülmektedir (TÜİK 2013). Düzensiz yağış rejimine sahip olan şehirde, Karadeniz ikliminin görüldüğü kuzey kısımlara güney kısımlara oranla daha fazla yağış düşmekte bu nedenle en fazla yağış Yapraklı ilçesinde meydana gelmektedir (Anonim 2005).



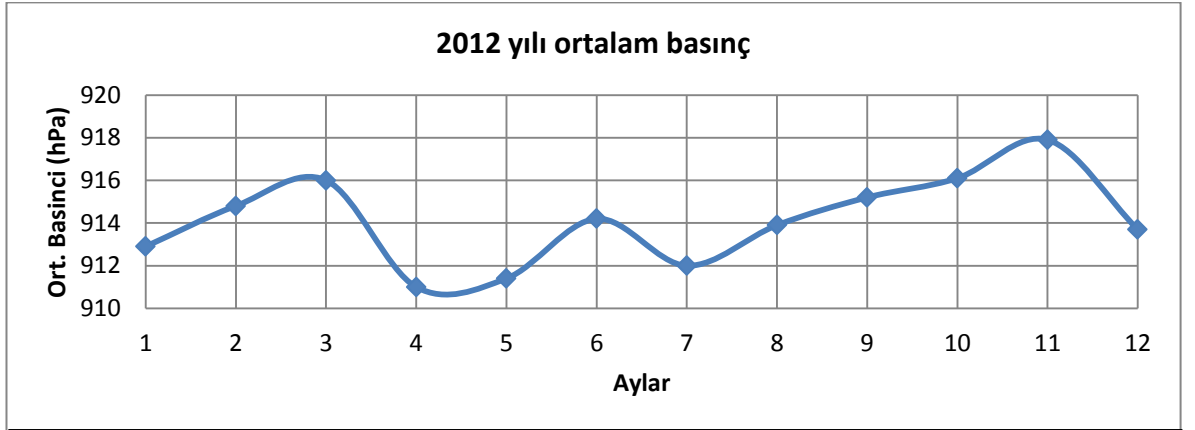
Şekil 3.2 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri (Anonim 2012)



Şekil 3.3 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama nispi nem değerleri (Anonim 2012)



Şekil 3.4 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama rüzgar hızı değerleri (Anonim 2012)



Şekil 3.5 Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama basınç değerleri (Anonim 2012)

Çalışma yaptığımız alanın iklim verileri ile ilgili bilgiler grafiklerle verilmiştir. Şekil 3.2’de Ilgaz ilçesinin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri görülmektedir. En düşük ortalama sıcaklık değerinin yaklaşık -3°C ile ocak ayında meydana geldiği en yüksek ortalama sıcaklığın ise temmuz ayında yaklaşık 23°C olarak ölçüldüğü görülmektedir. Şekil 3.3’te aylara göre ortalama nispi nem değerleri verilmiş ortalama olarak en düşük nispi nem eylül ayında en yüksek ise aralık ayında ölçülmüştür. Şekil 3.4’te aylara göre ortalama rüzgar hızı değerleri verilmiştir. Yıl içerisinde rüzgar hızlarında önemli bir değişiklik olmazken, en yüksek rüzgar hızının mart ayında olduğu belirlenmiştir. İklim verilerinden bir diğerini oluşturan basınç değerlerinin aylara göre ortalamalarına bakıldığında ise nisan ayında en düşük ortalama basınç oluşurken en yüksek ortalama basınç değerinin de kasım ayında olduğu görülmektedir (Şekil 3.5).

3.1.2.2 Doğal bitki örtüsü

Çankırı üst florasında doğal bitki örtüsü olarak karaçam, sarıçam, ardıç, ladin ve göknar gibi orman ağaçları bulunmakta ve bunun yanı sıra ahlat, kızılçık gibi meyve ağaçları yörede yer almaktadır (Anonim 2005).

3.1.2.3 Su kaynakları

Türkiye topraklarında doğarak yine Türkiye topraklarında denize dökülen en uzun nehir olma özelliğine sahip Kızılırmak'ın 30 km'lik bölümü Çankırı sınırları içerisinde yer almakta ve bu nehirden arazi sulamasında yararlanılmaktadır (TÜİK 2013). Devrez Çayı ise 8,9 m³/sn'lik debiye sahip önemli bir diğer su kaynağıdır (TÜİK 2013, URL-2 2016). Tatlıçay ise Acıçay'la birleşerek bir başka akarsuyu oluşturmaktadır. Şabanözü Çayı (Terme Çayı), Acıçay'la birleşirken, Uluçay ise Melan Çayı ile birleşerek Filyos Irmağına ulaşmaktadır (TÜİK 2013, URL-2 2016).

3.1.2.4 Orman durumu

Çankırı ili toplam yüzölçümünün %27'lik kısmına karşılık gelen toplam 204.145 ha ormanlık alana sahiptir (URL-3 2015). İldeki ormanların çoğu başta Ilgaz ilçesi olmak üzere Ovacık, Sarıkaya, Ilısılık, Yapraklı, Karakaya bölgelerinde ve Erikli Dağları çevresinde toplanmakta ve karaçam, sarıçam, sedir, göknar gibi iğne yapraklı ormanlar yoğun olarak bulunmaktadır (URL-2 2016).

3.1.2.5 Arazi yapısı

Çankırı yaklaşık 268.580 ha tarım, 149.520 ha çayır-mera, 204.145 ha orman ile 126.755 ha yerleşim alanı ve kullanılmayan alan olmak üzere toplam 749.000 ha alandan oluşmaktadır (URL-3 2015). Yani Çankırı'daki arazilerinin yaklaşık %36 tarım, %20 çayır-mera, %27 orman ve %17'si ise yerleşim alanları ve doğal alanlar olarak kullanılmaktadır.

3.1.2.6 Topraklar

İlin genel jeolojik yapısının Çankırı İli Çevre Durum Raporu'nda (2011) oldukça dağlık, engebeli olduğu ve farklı yüksekliklerde bulunan 14 dağın meydana getirdiği engebeliklerin Çankırı yüzölçümünün %61'ine denk geldiği belirtilmiştir. Bozkır Dağı 1117 m ile en alçak dağ, Ilgaz Dağı 2565 m ile ildeki en yüksek dağdır. Genellikle çıplak dağlar ve platolar ile kaplı olmasından dolayı toprak erozyonun etkili olduğu Çankırı'da; Merkez, Şabanözü, Orta ve Çerkeş ilçelerinde 100 bin ha civarında alan önemli derecede tehdit altındadır (URL-2 2016).

Çankırı'da dört farklı toprak ordosu bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla;(i) Kızılırmak havzası, Devrez Çayı çevresindeki ovalar, Tatlıçay'ın yatağı, Melan Çayı çevresi ve Çerkeş ovalarında bulunan entisol (ii) Orta ilçesi ve çevresinde doğal eğimin %2 yi aştığı ovalık alanlarda bulunan inceptisol (iii) Çerkeş'in kuzeyinde kestane renkli topraklardan sonra başlayan alanlar ile ilin kuzeyinde kahverengi topraklardan sonra başlayan alanlarda ve Çerkeş ve Ilgaz ilçelerinin güneyi ile Orta ilçesinin batısında bulunan alanlarda alfisol (iv) Çerkeş ilçesinin batısı ve doğusu ile Kurşunlu'nun güney kesimi dışındaki tüm yörelerde bulunan mollisol toprak ordoları bulunmaktadır (URL-2 2016).

3.2 Yöntem

3.2.1 Örnekleme planı ve toprak örneklerinin alınması

Bu çalışma Ilgaz Orman işletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 136 numaralı bölmede 0,1 ha genişlikteki bir alanda 15.10.2012 tarihinde meydana gelen orman yangınının toprak özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Alan sınırları içerisinde yangından yaklaşık on ay sonra, yanmış alanlar dikkate alınarak rastgele örnekleme ile belirlenen 35 adet yanmış ve yanan alanların bitişiğinde özellikle yanmamış olmasına dikkat edilerek 35 adet yanmamış olmak üzere 0-10 cm derinlikten toplam 70 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toplam 70 adet toprak örneği iki tekerrürlü olarak laboratuvarında analiz edilmiştir.



Şekil 3.6 Çalışma alanına ait yangın etkisine maruz kalmış orman toprağı

Toprakların hacim ağırlığını belirlemek amacıyla örneklerin alındığı noktalarda 0-10 cm derinlikte 100 cm³'lük silindirlerle bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Tarla kapasitesini belirlemek için yine arazideki örnekleme noktalarından bozulmamış toprak örneğı alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri gölgede kurutulmak üzere laboratuvara getirilerek kurutma kağıtlarının üzerine serilmiştir. On gün bu kağıtlar üzerinde kurutulan toprak örnekleri tahta çekiç yardımı ile dövüldükten sonra 2 mm'lik elekten ayrı ayrı elenerek tekrar plastik torbalara konulmuş ve elenen kısım etiketlenerek analizi yapılmak üzere laboratuvarında oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Daha sonra bu örneklerde tekstür, organik madde, kireç, pH, EC, tarla kapasitesi, solma noktası ve agregat stabilitesi analizleri yapılmıştır. Hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi için alınan örnekler ise laboratuvarında bozulmadan muhafaza edilmiş ve bu örneklerde tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.2 Laboratuvar analizleri

3.2.2.1 Fiziksel analizler

- **Toprak tekstürü:** Toprağın tekstür bileşenleri ((%) kum, silt, kil) hidrometre ile belirlenmiştir (Gee and Bauder 1982).

- **Toprak hacim ağırlığı:** Bozulmamış toprak örnekleri fırında 105 °C de 48 saat kurulduktan sonra tartılarak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiş, fırın kuru toprak ağırlığı silindirin hacmine bölünerek ilgili örneğin hacim ağırlığı hesaplanmıştır (Blake and Hartge 1986).
- **Tarla kapasitesi:** Basınç kaplarında seramik levhalar üzerine yerleştirilen suyla doymun bozulmamış toprak örnekleri üzerine 1/3 atmosfer basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986).
- **Daimi solma noktası:** Basınçlı kaplarda seramik levhalar üzerine yerleştirilen suyla doymun bozulmuş toprak örnekleri üzerine 15 bar basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986).
- **Yarayışlı su içeriği:** Tarla kapasitesi ve daimi solma noktası arasındaki farktan hesaplanmıştır.
- **Agregat stabilitesi:** Islak eleme yöntemiyle belirlenmiştir (Kemper and Rosenau 1986).

3.2.2.2 Kimyasal analizler

- **pH:** 1:2,5 toprak:su karışımında pH-metre ile ölçülmüştür (U.S.Salinity Laboratory 1954).
- **EC:** Toprak elektriksel iletkenliği 1:2,5 luk toprak su karışımında EC-metre kullanılarak ölçülmüştür (Model 3200 Conductivity Instrument) (U.S.Salinity Laboratory 1954).
- **Organik madde:** Walkley-Black yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982).
- **Kireç(CaCO₃):** Scheibler kalsimetresi ile Çağlar (1958) tarafından belirtildiği şekilde ölçülmüştür.

3.2.3 Tanımsal istatistiksel analizler

Toprak özelliklerinin dağılımlarının analiz edilmesi için tanımsal istatistikler (aritmetik ortalama, mod, medyan, en küçük, en büyük, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık) hesaplanmıştır. Bu bağlamda, toprakların fiziksel özellikleri kil, kum, silt, hacim ağırlığı (HA), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), bitkiye yarayışlı su içeriği (BYS), agregat stabilitesi (ASI) ve kimyasal özellikleri organik madde (OM), pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve kireç (CaCO_3) içeriği olmak üzere toplam 12 değişkenin tanımsal istatistik hesaplamaları Ms Office (Excel) programında yapılmıştır.

3.2.4 Bağımsız t-testi uygulaması

Bağımsız t-testi uygulaması SPSS programı kullanılarak aynı değişkenin yanmış ve yanmamış alandaki değerleri arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. SPSS paket programında parametrik testlerin uygulanabilmesi örnek grubunun dağılımının normal olması şartını gerektirmektedir. Normal dağılıma sahip örnek grupları için bağımsız t-testi uygulanırken, bu koşulu sağlayamayan örnek grupları için Mann Whitney U testi uygulanmaktadır. Örneklemelerin dağılımlarının normal olup olmadığı test etmek için yaygın olarak kullanılan Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışma da Kolmogorov-Smirnov yöntemine göre daha güçlü olan ve daha çok tercih edilen Shapiro-Wilk yöntemi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip bağımsız gruplar için t-testi, iki gruba ait olan ortalamaların birbirinden farklı olup olmadıklarını belirlemek amacıyla kullanılan istatistiksel analiz yöntemidir. Anlamlılık düzeyini ifade eden P değeri $P=0,05$ 'in üzerinde değer alması durumunda boş hipotez reddedilemeyerek değişkenin yanmış ve yanmamış alandaki değerlerinin farklı olmadığı, $P=0,05$ ya da küçük olması halinde ise sıfır hipotezi reddedilerek aynı değişkenler için elde edilen değerlerin birbirinden istatistiksel olarak 'farklı' olduğu belirlenmektedir.

4. BULGULAR

4.1 Tanımsal İstatistiksel Analizler

Çalışma yapılan alandan alınan örneklerde toprak özelliklerine ilişkin parametrelerde tanımsal istatistik analizleri ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Tanımsal istatistik analizlerine ait değerler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de, korelasyon analizine ait sonuçlar Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de verilmiştir. Farklı ölçü birimi (kg, cm, L, vb.) ve farklı değer büyüklüğüne sahip (100L, 400kg vb.) verilerin karşılaştırılmasında, aynı değer birimleri arasındaki ölçümlerde kullanılan standart sapmayı kullanmak hatalı sonuçlar verir. Farklı değişkenlerin karşılaştırılmasında, standart sapmanın aritmetik ortalamaya bölünmesi ile elde edilen varyasyon katsayısının (VK) kullanılması önerilmektedir.

Değişkenliğin bir ölçüsü olarak kabul edilen VK genellikle 100 ile çarpılarak sonuç yüzde olarak verilir. Şayet bir özellik (değişken), için hesaplanan yüzde $VK < 15$ ise özelliğin az değişken, 16 ile 35 arasında ise orta derecede değişken, 36’dan büyük ise yüksek derecede değişken olduğu kabul edilir (Mulla and McBratney 2001).

Çizelge 4.2’de yanmış toprak örneklerinde, en yüksek değişkenliğe bitkiye yararlı suyun (BYS) sahip olduğu bunu ise agragat stabilitesi indeksi (ASI), elektriksel iletkenlik (EC), tarla kapasitesi (TK) ve solma noktasının (SN) takip ettiği görülmektedir. Kil, silt hacim ağırlığı (HA) ve organik maddenin orta düzeyde değişken olduğu belirlenmiştir. Kum ve pH’nın ise düşük değişkenliğe sahip olduğu, ayrıca pH’nın en az değişken olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Webster (2001) çarpıklık değerinin (mutlak değer olarak) 0-0,5 arasında ise ilgili değişkenin hafif çarpık, 0,5-1,0 arasında orta düzeyde çarpık ve 1,0’dan büyük ise şiddetli çarpık olduğunu belirtmiştir. Bu kriterlere göre, kireç ($CaCO_3$), SN, BYS, EC ve TK şiddetli düzeyde çarpık dağılım göstermektedir (Çizelge 4.2). Yanmış alandan alınan örneklerde $CaCO_3$ ve SN değerlerinin bazı noktalarda aşırı derecede farklı değerler aldığı görülmektedir. ASI ve silt değerlerinin orta derecede çarpık olduğu ve kum, kil, hacim ağırlığı (HA), organik madde (OM) ve pH değerlerinin ise hafif bir çarpıklık gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.1 Yanmamış alandaki toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Örnek Sayısı	AO	SS	En Büyük	En Küçük	Çarpıklık	Basıklık	VK
Kil (%)	35	29,70	4,51	43,00	21,80	0,68	0,94	15,20
Kum (%)	35	51,56	6,32	65,70	40,00	0,07	-0,61	12,27
Silt (%)	35	18,75	3,11	25,00	12,50	-0,07	-0,28	16,60
HA (g/cm ³)	35	1,43	0,23	1,75	1,00	-0,39	-1,13	16,40
TK (%)	35	30,57	13,46	61,12	16,02	1,34	0,84	44,03
SN (%)	35	15,36	6,32	33,59	6,16	0,98	1,23	41,15
BYS (%)	35	15,21	12,19	47,95	0,16	1,21	0,78	80,14
OM (%)	35	7,40	2,79	12,71	2,06	-0,04	-1,00	37,72
CaCO ₃ (%)	35	2,28	1,18	7,27	0,35	2,10	8,37	52,00
pH	35	6,79	0,32	7,40	6,30	0,34	-0,93	4,68
EC	35	0,04	0,02	0,15	0,01	2,28	8,59	55,24
ASI	35	2,35	2,03	6,46	0,38	0,65	-1,08	86,35

AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik, BYS (%): Bitkiye yararlı su içeriği, ASI: Agregat stabilite indeksi.

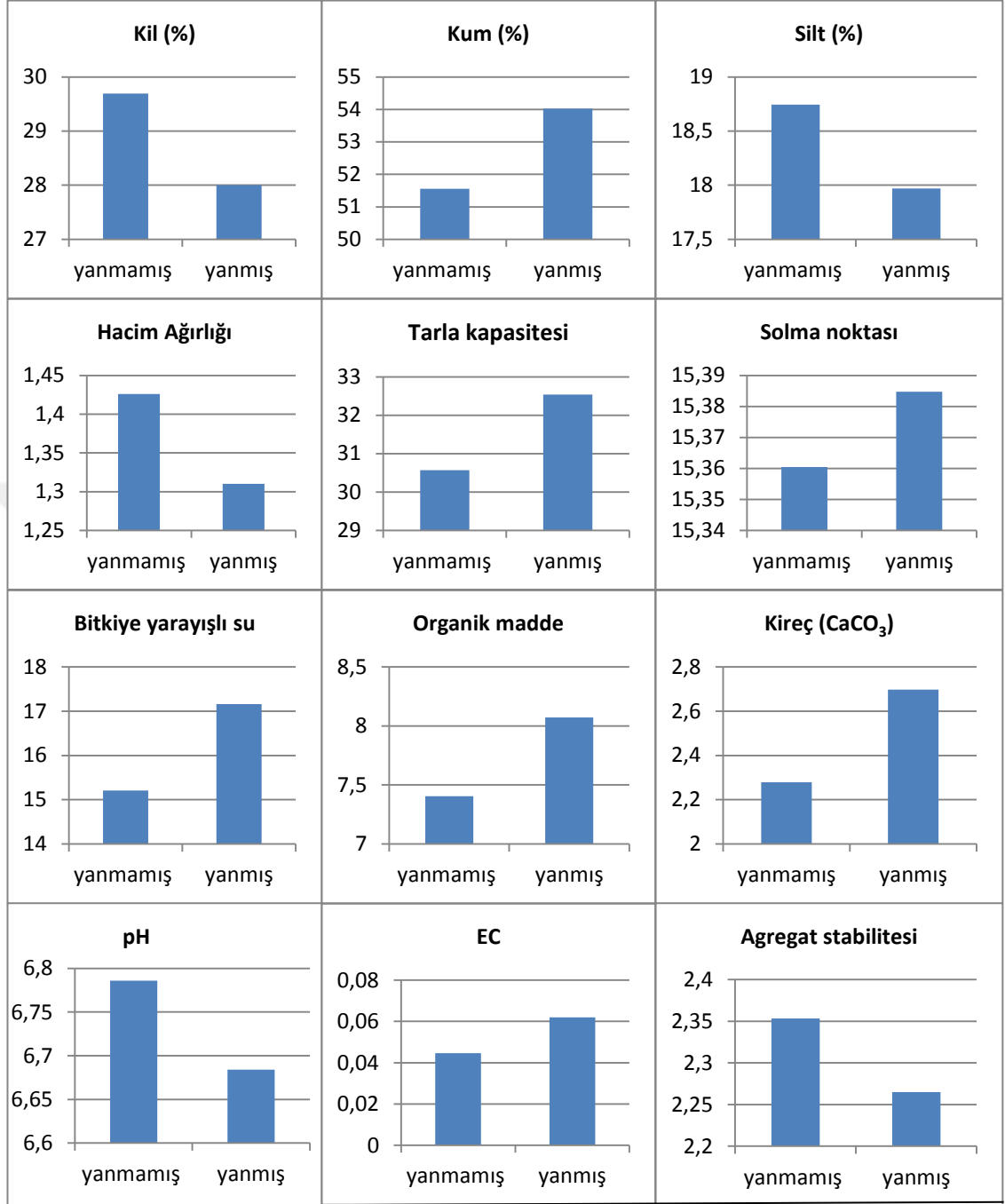
Çizelge 4.2 Yanmış alandaki toprak özelliklerine ait tanımsal istatistik analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Örnek Sayısı	AO	SS	En Büyük	En Küçük	Çarpıklık	Basıklık	VK
Kil (%)	35	28,00	4,83	37,70	18,95	0,40	-0,46	17,26
Kum (%)	35	54,03	6,52	68,20	42,30	0,14	-0,67	12,06
Silt (%)	35	17,97	2,87	22,50	11,25	-0,64	-0,20	15,98
HA (g/cm ³)	35	1,31	0,21	1,70	1,00	0,20	-1,07	16,06
TK (%)	35	32,54	17,65	90,49	12,19	1,59	2,73	54,25
SN (%)	35	15,38	7,93	43,87	3,82	2,27	2,27	51,57
BYS (%)	35	17,16	16,60	79,59	0,75	2,11	5,53	96,76
OM (%)	35	8,07	2,24	11,61	3,59	-0,43	-1,00	27,74
CaCO ₃ (%)	35	2,70	2,00	13,46	0,87	4,78	26,31	74,07
pH	35	6,68	0,45	7,70	5,80	0,16	0,21	6,68
EC	35	0,06	0,04	0,17	0,01	1,33	1,89	58,21
ASI	35	2,26	1,88	7,15	0,29	0,69	-0,45	83,13

AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik, BYS (%): Bitkiye yararlı su içeriği, ASI: Agregat stabilite indeksi.

Yanmamış örneklerden elde edilen tanımsal istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yanmış örneklerde olduğu gibi yanmamış örneklerde de pH en düşük değişkenliğe sahiptir (Çizelge 4.1). Ancak yanmış örneklerdeki en yüksek değişken olan BYS yerine yanmamış örneklerde ASI en yüksek değişkenliğe sahiptir. Çizelge 4.1’de verilen EC, CaCO₃, TK ve BYS değerleri şiddetli düzeyde çarpıklık gösterirken; SN, silt ve ASI değerleri orta düzeyde çarpıklık göstermektedir. Bu bulguların yanı sıra kum, silt, HA, OM, pH değerlerinde ise hafif çarpık bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.3 Yanmamış ve yanmış alandaki toprak özellikleri değerlerinin aritmetik ortalamaları farkı



Yanmamış alan toprak örneklerinden elde edilen aritmetik ortalamalar ve yanmış alan toprak örneklerinden elde edilen aritmetik ortalama değerleri her bir toprak özelliği için ayrı ayrı olarak grafik biçiminde çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çalışma alanından aldığımız örneklerde yangın etkisi ile meydana gelen değişimlerin toprak özellikleri arasındaki ilişkiler nasıl etkilendiğini göstermek amacıyla korelasyon analizi yapıldı. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini belirleyebilmek için korelasyon katsayılarına bakılmaktadır. Değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı $r = 1$ ise, bu değişkenler arasında pozitif tam bir ilişki olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısı $r = -1$ ise negatif tam bir ilişki olduğunu ve $r = 0$ olması halinde ise değişkenler arasında ilişkinin olmadığını ifade etmektedir (Turanlı ve Güriş 2000).



Çizelge 4.4 Yanmamış alandaki toprak özellikleri arasında korelasyon analiz sonuçları

	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	HA (g/cm ³)	TK (%)	SN (%)	BYS (%)	OM (%)	CaCO ₃ (%)	pH	EC (ds/cm)	ASI (%)
Kil (%)	1											
Kum %)	0,65	1										
Silt (%)	0,82	0,60	1									
HA (g/cm ³)	-0,05	-0,14	0,12	1								
TK (%)	0,49	0,29	0,61	0,21	1							
SN (%)	0,44	0,07	0,62	0,52	0,62	1						
BYS	0,06	-0,01	0,25	0,63	0,78	0,48	1					
OM (%)	0,15	-0,05	0,41	0,84	0,47	0,76	0,67	1				
CaCO ₃ (%)	-0,22	-0,38	-0,04	0,93	0,14	0,52	0,59	0,79	1			
pH	0,85	0,87	0,80	0,07	0,41	0,34	0,09	0,18	-0,18	1		
EC (ds/cm)	-0,30	-0,44	-0,11	0,93	0,09	0,43	0,58	0,76	0,98	-0,24	1	
ASI (%)	-0,15	-0,31	0,19	0,96	0,21	0,50	0,66	0,83	0,96	-0,08	0,96	1

HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi Su Miktarı, SN: Solma Noktası Su Miktarı, BYS: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği,

ASI: Agregat stabilite indeksi, OM: Organik Madde, EC: Elektriksel İletkenlik.

(P< 0.05 güven düzeyinde)

Çizelge 4.5 Yanmış alandaki toprak özellikler arasında korelasyon analiz sonuçları

	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	HA (g/cm ³)	TK (%)	SN (%)	BYS (%)	OM (%)	CaCO ₃ (%)	pH	EC (ds/cm)	ASI (%)
Kil (%)	1											
Kum %)	0,60	1										
Silt (%)	0,83	0,62	1									
HA (g/cm ³)	0,006	-0,20	0,12	1								
TK (%)	0,28	0,32	0,41	0,21	1							
SN (%)	0,31	-0,01	0,46	0,55	0,57	1						
BYS	0,01	0,053	0,13	0,56	0,84	0,47	1					
OM (%)	0,32	0,17	0,39	0,77	0,51	0,70	0,60	1				
CaCO ₃ (%)	-0,27	-0,47	-0,14	0,86	0,15	0,50	0,55	0,56	1			
pH	0,84	0,78	0,83	0,21	0,32	0,27	0,16	0,48	-0,13	1		
EC (ds/cm)	-0,18	-0,38	-0,04	0,87	0,16	0,52	0,54	0,70	0,93	0,12	1	
ASI (%)	-0,09	-0,33	0,025	0,97	0,20	0,56	0,56	0,73	0,91	0,08	0,98	1

HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi Su Miktarı, SN: Solma Noktası Su Miktarı, BYS: Bitkiye Yararışlı Su İçeriği,

ASI Agregat stabilite indeksi, OM: Organik Madde, EC: Elektriksel İletkenlik.

(P< 0.05 güven düzeyinde)

Yanmış ve yanmamış örneklerin toprak örneklerine ait korelasyon analizlerinde her iki çizelgede de kum, kil ve silt ile pH değerleri arasında kuvvetli pozitif bir ilişki görülmektedir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5). Yanmış alanların ait korelasyon çizelgesinde kil ve hacim ağırlığı arasında zayıf bir ilişkinin olduğu söylenebilir (Çizelge 4.5). Her iki çizelgede hem kil hem de kum değerleri ile CaCO₃, EC, ASI değerleri arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Yanmamış örneklere ait korelasyon çizelgesinde pH ile EC arasında negatif bir ilişki olduğu görülürken bu durum yanmış örneklere ait korelasyon çizelgesinde, pozitif yönde bir ilişki olduğu görülmektedir. Yine yanmış örneklere ait çizelgede HA değeri ile kireç, OM, EC arasında kuvvetli derecede pozitif bir ilişki olduğu hatta HA ile ASI arasında yanmış değerlere ait çizelgede en yüksek derecedeki ilişkiyi oluşturan, mükemmel yakın kuvvetli pozitif bir ilişki görülmektedir. Bu durum Çizelge 4.4'te benzer şekildedir.

BYS ile TK arasında her iki çizelgede pozitif bir ilişki görülmektedir. İki çizelgede BYS ile SN arasındaki ilişkinin TK ile olan ilişkiden daha az olduğu görülmektedir. Yanmamış alandaki toprak özelliklerine ait çizelgede OM ile CaCO₃ arasındaki pozitif ilişkinin yanmış alandaki değerlere ait çizelgede azaldığı dikkat çekmektedir. İki çizelgede de OM ile EC ve ASI değerleri arasında pozitif yüksek ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu duruma benzer şekilde CaCO₃ ile EC ve ASI arasında yüksek ve mükemmel yakın pozitif ilişki iki çizelgede de izlenmektedir. CaCO₃ ile ASI arasındaki, pozitif kuvvetli ilişki kirecin agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine olumlu etkisinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Yanmamış örneklere ait değerlerin verildiği Çizelge 4.4'te en fazla benzerliği EC ve CaCO₃ arasında neredeyse mükemmel derecede denebilecek pozitif ilişki oluşturmaktadır. Yanmamış örneklere ait değerlerin verildiği korelasyon çizelgesinde ise bu değerlerin yerini en yüksek benzerliğe sahip EC ve ASI değerleri arasındaki pozitif ve mükemmel yakın derecede ki ilişki oluşturmaktadır (Çizelge 4.5).

4.2 t-testi sonuçları

SPSS programı kullanılarak aynı değişkenin yanmış ve yanmamış noktadaki değerlerinin istatistiksel önem derecesinin belirlenmesi için çift yönlü paired t-testi

yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir. Yapılan paired t-testi sonucuna göre EC HA ve kum değişkenlerine ilişkin değerler arasındaki farkın $P < 0.05$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Yanmamış ve yanmış alandaki toprak özelliklerine ait t-testi sonuçları

Toprak özellikleri	A. Ort. Yanmamış	A. Ort. Yanmış	t	P
Kil (%)	29,70	28,00	-1,85	0,072
Kum (%)	51,56	54,03	2,29	0,028*
Silt (%)	18,75	17,97	-1,5	0,142
HA (g/cm ³)	1,43	1,31	-2,9	0,005**
TK (%)	30,57	32,54	0,547	0,588
SN (%)	15,36	15,38	0,017	0,987
BYS	15,21	17,16	0,541	0,592
OM (%)	7,40	8,07	1,202	0,238
CaCO ₃ (%)	2,28	2,70	0,980	0,334
pH	6,79	6,68	-1,27	0,212
EC (ds/cm)	0,04	0,06	2,4	0,022*
ASI (%)	2,35	2,26	-0,174	0,853

p: Anlamlılık düzeyi, A.Ort: Aritmetik ortalama, HA: Hacim ağırlığı, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik, BYS (%): Bitkiye yararlı su içeriği, ASI: Agregat stabilite indeksi.

*, ** : $P=0.05$ ve 0.01 seviyesinde önemli

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1 Tartışma

Orman yangınlarının toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine doğrudan veya dolaylı etkileri yangın yoğunluğu, şiddeti ve yangın frekansına bağlı olarak değişebilmektedir (Şengönül 1985, Pantami *et al.* 2010). Çoğu zaman yangınlar, özellikle de örtü yangınları toprağın fiziksel özelliklerini değiştirecek kadar bir ısınmaya neden olmamaktadır (Ladrach 2009). Yapılan bu çalışma da toprağın fiziksel özelliklerinden kum, kil ve silt oranlarında yangın etkisi incelendiği analizlerde %kum miktarının ortalama olarak kısmen yükseldiği %silt, %kil miktarlarında ise hafif bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Bu durum olağandır çünkü tekstür üçgeninde kum, silt ve kil miktarının toplamı 1'e eşittir. Üç değerden birindeki artma doğal olarak bir diğerinde ya da diğer ikisinde azalmaya neden olacaktır. Kum değerinin yangın sonrasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen kum, silt, kil oranlarında değişimin olması literatürdeki bazı sonuçlarla farklılık göstermektedir. Kum, silt kil değerlerinde Pantami *et al.* (2010), Aref *et al.* (2011), Berber *et al.* (2015) çalışmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığını belirlemiştir. Aref *et al.* (2011) yangından bir yıl sonra yaptığı ölçümlerde yine kum silt kil değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sayılacak bir değer olmadığını belirtmiştir.

Yangın sonrası erozyon ve oluşan su geçirimsiz tabaka nedeniyle toprağın ince taneli yapılarında azalma meydana gelebilmektedir (Certini 2005). Yanmış alanlarda yüzey akışı artacağından, zamanla oluşan yüzey akışı ince toprak parçacıklarını uzaklaştıracak ve geriye daha kaba parçacıklar, yani kum kalacağından, kil miktarına zamanla hafif bir azalma buna karşın kum miktarında bir artış olabilir. Ancak bu yüzey akışı lokal düzeyde ve yeterince şiddetli olmadığından sadece kil ve silt büyüklüğündeki parçacıkları taşıyabilecektir. Nitekim tablo 4.5'ten kil ve siltin her ikisinin de azaldığı görülmektedir. Verma and Jayakumar (2002) şiddetli tepe yangınlarında sıcaklığının 400°C üzerine çıkması durumunda ise en hassas tekstür bileşenini oluşturan kilin, hidrasyon ve kil kafes yapısının çökmesiyle değişime uğradığını belirtilmiştir.

Toprakta kum, kil ve silt partiküllerinin bir arada tutunmasını sağlayan organik madde strüktürün oluşmasında oldukça etkilidir (DeByle 1981). Yangınların etkisi ile organik maddenin yanması ve kil minerallerin zarar görmesi toprak strüktürünü etkileyebilmektedir (Neary *et. al* 1999). Organik maddenin toprak parçacıklarını bir arada tutucu etkisini yangınlar sebebiyle yitirmesi, strüktürün bozulmasına ve beraberinde hacim ağırlığının değişmesine neden olabilir (Şengönül 1985).

Organik madde miktarının yangınlar sonucunda değişmesi (yanması) toprağın hacim ağırlığı değerlerini de etkilemektedir (Pontini *et al.* 2010). Yapılan bir araştırma da organik maddenin değişmesine rağmen hacim ağırlığı değerinin anlamlı şekilde değişmemesi şaşırtıcı olarak ifade edilmiştir (Litton and Santalices 2003). Yaptığımız çalışmada literatürde çoğu sonuçların aksine hacim ağırlığı değerlerinde azalma görülmüştür. Bu durum DeBone *et al.* (1979) çalışmasında Burgy and Scott (1953)'a atfen yangın öncesi $1,4 \text{ g/cm}^3$ olan hacim ağırlığı değerinin yangın sonrasında $1,0 \text{ g/cm}^3$ 'e düştüğü sonucu ile örtüşmektedir. Düşük-orta şiddetli bir yangından sonra yapılan bir çalışma da ise hacim ağırlığı değerlerinde kısmen bir artma görülmüş ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı vurgulanmıştır (Ekinci 2006). Yangın sonrası hacim ağırlığının arttığı gözlemlendiği çalışmalarda, artışın nedeni yangın sonrası oluşan kül ve dağınık haldeki kil minerallerinin toprak içerisinde çökmesi ve boşlukları doldurmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Wells *et al.* 1979, Lavee *et al.* 1995, Certini 2005). Bu durumun ise toprakta gözenekliliği ve hava geçirgenliğinde düşmeye neden olduğu bildirilmektedir (Lavee *et al.* 1995, Verma and Jayakumar 2012). Hacim ağırlığı değişiminin yıllar bazında yangın etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada ise yangından sonraki birinci yılda hacim ağırlığı değerlerinde %30 artış meydana geldiği, dördüncü yılda ise bu artışın biraz gerileyerek %20 oranında olduğu ve yangından ancak 7 yıl sonra hacim ağırlığı değerinin yanmamış değer seviyesine gerilediği hesaplanmıştır (Xue *et al.* 2014).

Orman yangınlarının toprak özellikleri üzerine etkisi yangının şiddetine bağlı olarak organik maddenin tahrip edilmesi ile ilişkilidir (DeBone *et al.* 1977). Organik madde orman toprakları için önemli bir faktör olup, aynı zamanda toprağın tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde doğrudan ya da dolaylı bir etkisi vardır

(Neary *et al.* 1999). Bu sebeple yangınların toprak üzerinde oluşturduğu etki (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) doğrudan organik madde miktarı üzerine etkisiyle önemli derecede ilişkilidir (DeBone *et al.* 1979). Kavdır vd. (2005) Fisher and Binkley (2000)'den atfen, organik maddenin orman topraklarının yalnızca %1-12 kısmını oluşturmasına rağmen ormanların kalite değişkenliğinin toprak organik madde içeriğiyle kuvvetli bir ilişki içindedir.

Orman alanında meydana gelen yangının yoğunluğu toprağın nem içeriği, yüzeyde bulunan ölü örtü tabakasının kalınlığı ve yüzeye yakın toplam organik madde miktarına göre değişebilir (DeBone *et al.* 1977). Yangınlarla tüketime uğrayan organik madde az etkilenmişse beyaz kül, çok etkilenmiş ise de siyah kül birikintisi oluşmasından etki derecesi anlaşılmaktadır (Neary *et al.* 1999). Toprak yüzeyinde sıcaklığın derecesi yükseldikçe alandan buharlaşma (volatilizasyon) ile uzaklaşan organik madde miktarı artmaktadır (Neyişçi 1989). Ölü/diri örtünün yanmasıyla organik maddenin 180-200°C sıcaklıklarda zarar görmeye başladığı, 300°C'nin üzerinde, toprak yüzeyinde yer alan organik tabakanın tamamen yandığı ve 450-500°C ise toprakta bulunan tüm organik maddenin yanarak tükendiği belirtilmektedir (Neary *et al.* 1999, Certini 2005).

Organik maddenin yangınlardan etkilenme derecesinin toprak derinliği ile ilişkili olduğu, derinlik arttıkça etkinin azaldığı belirtilmekte ve bazı araştırmacılar toprağın 7,5 cm derinliğe kadar etkilendiğini (Çepel 1975, Neyişçi 1989) bazıları ise bu etkinin yangının şiddetine bağlı olarak 10 cm derine kadar indiğini ifade etmektedir (Boydak ve Şengönül 1977, Aref *et al.* 2011). Organik madde ile yangınlar arasında zıt bir ilişki olduğu literatürde birçok çalışma da rapor edilmiş, yangının şiddeti, derecesi ve süresine bağlı olarak organik madde miktarında yangından sonra bir azalma gözlemlendiği belirtilmiştir (Çepel 1975, Sims 1975, Litton and Santalices 2003, Landrach 2009, Pantoni *et al.* 2010, Ekinci 2011). Örneğin Aref *et al.* 2011 yaptığı çalışmada yangın öncesi %9,5 olan organik maddenin yangından sonra %3,71'e gerilediğini ve bu durumun istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmiştir. Yangın sonrası organik madde azalmasının sebebi toprak yüzeyinde oluşan sıcaklıkla beraber besin elementlerinde oluşan buharlaşmadan (volatilizasyon) kaynaklanmaktadır (Şengönül 1986, Ekinci 2011). Yapılan bazı çalışmalarda yüzeyde oluşan yüksek sıcaklık etkisiyle

organik madde kaybının yangından birkaç yıl sonra eski değerlerine tekrar geldiği ve toprağın daha alt tabaklarında organik madde miktarının arttığı kaydedilmiştir. Neyişçi (1989) çalışmasında yangından 3 yıl sonra genel ortalama değerler olarak organik madde miktarının yangın öncesi (%5) değerine tekrar yükseldiği hatta geçtiğini (%5,7) belirtmiştir. Şengönül (1986) organik maddenin kademeli olarak yangın sonrasında arttığını, 0-5 cm de ilk yıl %9,8 artış, üçüncü yılda %18,6 artış, yine üçüncü yılda 10-20 cm de %22,5 artış ve 20-30 cm de ise %37 artış olduğunu belirtmektedir. Bu durumun toprağın üst kısımlarında meydana gelen ısınmanın etkisiyle organik maddenin bir kısmının buharlaşma (volatilizasyon) ve yıkanma vb. süreçlerle kaybolmasına, bir kısmının ise toprak içinde daha derinlere hareket ederek daha serin olan alt kısımlarda birikmesinden kaynaklandığı şeklinde açıklanmaktadır (Şengönül 1986).

Orta şiddetli yangınlar ve örtü yangınlarının etkilerinin belirlendiği çalışmalarda ise organik madde miktarında yangın sonrası istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı literatürde yer almaktadır (Tüfekçioğlu *et al.* 2010, Nabette and Nyombi 2013, Berber vd. 2015). Bu sonuçlar yaptığımız çalışma sonuçları ile tutarlı olup örneklerimiz arasında önemli bir değişimin olmaması çalışma alanımızda yangının şiddetinin az ve örtü yangını şeklinde olmasına dayandırılabilir.

Organik madde değerlerimizde istatistiksel açıdan önemli olmayan kısmi artışın, yangın sonrasında aldığımız örneklerde, örnek alımına kadar geçen on aylık sürede yüzeyde oluşan külün bir kısmının 0-10 cm derinliğe doğru yer değiştirmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu düşünce, Alexis *et al.* (2012) yangın sonrasında organik madde miktarında artış olduğunu belirttiği çalışmasında ifade ettiği kül içeriğinin ve çözünmüş kolloidal organik maddenin yüzeyde oluşan yanmanın etkisiyle kolayca toprağın alt kısımlarına doğru hareketiyle organik madde artması meydana gelir şeklindeki açıklamayla uyumludur. Bütün bu sonuçların yanı sıra Lavee *et al.* (1995) yaptığı araştırmada yüzeye yakın yerlerde (0-4 cm), kuzey ve güney olarak ayırdıkları bölgelerden aldıkları örneklerde güneyde %6,3 olan OM değerinin yangından hemen sonra %7'ye çıktığı, iki hafta sonra %7 değerini koruduğu ve bir yıl sonra ise % 7,2 olarak arttığını rapor etmiştir.

Organik maddenin yanması ile oluşan kül içeriğinin kimyasal yapısının değişmesi toprak pH'da etkilemektedir (Xue *et al.* 2014). Literatürde verilmiş birçok sonuçta yangınlardan sonra pH'da artış meydana geldiği bildirilmiştir (Çepel 1975, Şengönül 1986, Verma and Jayakumar 2012, Berber *et al.* 2015). Bu durumun sebebi organik maddenin yanması sonucu kül içerisinden alkalın katyonların (Ca, Mg, K, Na) açığa çıkmasıyla toprak asitliğini düşürmesi, yani pH'nın artmasına neden olmasından kaynaklanmaktadır (Çepel 1975, Certini 2005). Orman alanında bulunan ölü örtü ve yanıcı madde miktarının oluşacak kül miktarını etkilemesi yangın sonrası oluşacak pH değişiminde oldukça önemlidir (Nabetta and Nyombi 2013). Yangınlar sonrasında bazı katyonların toprağın asitliği düşürmesi asit topraklarda pH değişiminin daha fazla olmasına neden olmaktadır (Çepel 1975, Neyişçi 1989). Verma and Jayakumar (2012), Önemli derecede pH değişiminin olabilmesi için 450-500°C sıcaklığın olması gerektiği belirtirken en fazla pH değişiminin 482°C' ye kadar olan sıcaklıklarda oluştuğunu belirtmişlerdir. Çepel (1975) orman yangınları sonucu pH değişiminin 0,5 ile 2,5 birim arasında olduğunu elde ettikleri literatür bilgilerinden rapor etmiştir. Bazı çalışma sonuçlarına göre yangınlar sonrasında pH'daki artmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmektedir (Ekinci 2006). Şengönül (1986) ise bu durumun aksine pH da artma değil yangın sonrasında kısmı bir azalma olduğunu belirtmiş ancak bunun da istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmiştir.

Bir önceki paragrafta pH ile ilgili belirtilen sonuçlar çalışmamızla uyum göstermektedir. Şengönül (1986) çalışması sonucunda olduğu yanmış alan topraklarında pH'da kısmi bir azalma meydana geldiği fakat örtü yangını sonrası istatistik olarak önemli bir değişim olmadığı görülmüştür. Örtü yangınlarının toprak özellikleri üzerine etkisinin belirlendiği benzer bir çalışmada ise yangın sonrasında pH'nın önemli derece arttığı bu artışın yangından yedi ay sonra bile değerini koruduğu (Berber *et al.* 2015). Bu durum yangın yangının şiddeti, süresi ve yangın sonrası alanda oluşan yağış miktarlarından farklılık gösterebileceğini daha önce de belirtildiği gibi alandaki organik madde miktarının pH değişiminde etkili olması gibi sonuçlardan kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanabilir. Yangından hemen sonra alınan toprak örneklerinde pH'nın yangından belli bir süre sonra alınan örneklerdeki pH değerlerinden daha yüksek olacağı bilgisi önemlidir (Neyişçi 1989). Bu bilgi ışığında çalışmamızın hafif bir örtü yangınından

yaklaşık on ay sonra alınan toprak örneklerinde yapıldığı göz önüne alınırsa, Litton and Santalices (2003) çalışmasında Kutiel *et al.* (1990) kaynağından verdiği yangından 7 ay sonra pH değişiminin yanmamış değere döndüğü bilgisiyle örtüşmektedir. Geçen süre ile yangın yoğunluğu arasındaki ilişki sonucu pH eski değerine geri döndüğü bilgisini, Xue *et al.* (2014) çalışmasında verdiği değerlerle ortaya koymuş, yangın öncesi 4,6 olan pH değeri yangından hemen sonra 5,6'ya çıktığını ancak yangından sonra dördüncü ve yedinci yılda bu değerlerin 4,4 - 4,6 arasında değerler aldığını rapor etmiştir. Yangın üzerinden belli bir süre geçmesinden sonra pH değerinin tekrar yangın öncesi değerine gerileyebilmesinin sebebi ise bazik yapılı katyonların rüzgar, yağmur ve kül tabakasının neden olduğu yüzeysel akış yanı sıra erozyon gibi sebeplerle taşınmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Xue *et al.* 2014).

Orman yangınlarından etkilenen en önemli toprak özelliklerinden bir diğeri ise toprak için önemli bir düzenleyici olan toprak suyudur (Litton and Santalices 2003). Toprak su içeriği düşük ve orta şiddetli yangınların oluşumunu ve davranışlarını da etkilemektedir (Ketch and Byram 1968). Ölü örtü ve organik maddenin bol bulunduğu orman topraklarında sıcaklık değişimi, yangının şiddeti, ölü örtü miktarının yanma süresi ve toprak nemine bağlıdır (Neary *et al.* 1999).

Birçok araştırmacı yangınların ardından toprak neminin azaldığını belirtmiştir (Çepel 1975, Neary *et al.* 1999, Litton and Santalices 2003, Ekinci vd. 2011, Xue *et al.* 2014). Çepel (1975), Daubenmire (1974)'a atfen tarla kapasitesinin azaldığını ancak bu azalmanın 7,5 cm toprak derinliğine kadar etkilendiğini belirtmiştir. Buna karşılık DeBone *et al.* (1979) ise yangınlarla oluşan yüksek sıcaklıkların toprağın ilk 2 cm derinliğine kadar toprak nemini etkilediğini hatta sonraki derinlik kademelerinde topraktaki suyun sıcaklığın da etkisiyle aşağı yönlü hareket etmesinden toprak neminin arttığını belirtmiştir. Buna benzer bir durumu Şengönül (1985) yangınların ilk 2 cm toprakta buharlaşma ile toprak neminin azalmasına neden olduğunu buna karşılık 3-4 cm toprak derinliğinde yangın etkisiyle toprak içinde meydana gelen yoğunlaşma ve toprak suyunun aşağı yönlü daha serin yerlere hareketinin toprak neminde artışa neden olduğunu belirtmiştir.

Toprak neminin istatistiksel anlamda önemli olarak değiştiğini ifade eden bazı araştırmacılar bu durumun toprak yüzeyine yatay şekilde oluşan hidrofobik (su geçirimsiz) tabakanın oluşmasından kaynaklandığını bildirmiştir (DeBone *et al.* 1979). Yangınlardan sonra oluşan bu tabakanın, toprağın ıslanmasını ve infiltrasyonu (toprak içine su sızması) azaltarak toprak su içeriğinin düşmesine, toprak neminin azalmasına neden olduğu kaydedilmiştir (Ekinci vd. 2011, Verma and Jayakumar 2012). Hidrofobik tabaka, toprakta yüzeyde bulunan ayrışması diğerlerine göre kısmen zor bitki artıklarının toprağın üst kısmında ince, su geçirimini zorlaştıran bir tabaka oluşturmasından meydana gelmektedir (DeBone *et al.* 1979). Yangınlarla birlikte bu tabakada bir miktar daha ayrışma oluşmakta ve bu tabakanın aralarında bulunan boşluklar yangın sonucu yine geçirimsiz maddelerden oluşan küller ve toprak partikülleri ile daha da tıkanarak toprağın yüzeyinden hemen altında geçirimsiz ince bir tabakanın oluşmasına neden olmaktadır (DeBone *et al.* 1979, Neary *et al.* 1999). Hidrofobik tabaka toprak yüzeyinden suyun toprağın alt horizonlarına doğru ilerlemesini bir tampon vazifesi görerek, infiltrasyona engel olmakta ve toprak içerisinde nemin azalmasına neden olmaktadır (DeBone *et al.* 1979, Neary *et al.* 1999). Yaptığımız çalışmada toprağın tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim görülmemiştir.

Toprak özelliklerinden bir diğerini oluşturan elektriksel iletkenliğin (EC) yaptığımız çalışmada yangın sonrasında istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı görülmüştür. Bu artış literatürdeki birçok çalışma ile uyumludur (Şengönül 1986, Lavee *et al.* 1995, Ekinci vd. 2011, Kaptan 2012). Ekinci vd. (2011)'ye göre yangınlarla birlikte organik maddenin yanmasıyla oluşan külde inorganik formda Ca^{+2} Mg^{+2} K^{+2} içermesi EC'nin yükselmesine sebep olmaktadır. Şengönül (1986) yaptığı çalışmasında üç farklı derinlikte yangın sonrası EC artışını incelemiş ve en fazla artışın 0-2,5 cm derinlikte meydana geldiğini belirtmiştir. Lavee *et al.* (1995) yangından hemen sonra ve iki hafta sonra yaptığı EC ölçümlerinde artış olduğunu, yangından bir yıl sonra yaptığı ölçümlerde ise EC'nin yangın öncesi değerinin de altına gerilediğini rapor etmiştir. Bunun yanı sıra Ekinci (2006) Lapseki bölgesinde yangından iki hafta sonra aldığı örneklerde EC'nin yükseldiğini, Keşan bölgesinde yangından iki yıl sonra aldığı örneklerde ise EC'nin yangın öncesi değerinden daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Araştırmacı burada oluşan tezatlığın yangının üstünden geçen süre ile ilişkili olduğunu, yangının hemen ardından EC'nin yükselmesine sebep olan kül tabakasının yüzeysel akış, erozyon, rüzgar gibi sebeplerle alandan uzaklaşmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Aref *et al.* (2011) ise üç farklı ormanlık alanda yaptığı çalışmada yangından bir yıl sonra yaptığı EC ölçümlerinde üç alan için de EC'nin istatistiksel olarak önemli derecede azaldığını paylaşmıştır. Araştırmacının elde ettiği sonuçlarda yangının birinci ve ikinci yılından sonra EC'deki azalma yukarıda Ekinci (2006) de açıklanan sonuca benzemektedir.

Toprak kimyasal özelliklerinden bir diğeri olan CaCO₃ (kireç) ile ilgili Lavee *et al.* (1995) yaptığı çalışmada, yangından bir yıl sonra aldığı toprak örneklerinde istatistiksel anlamda önemli derece artış olduğunu belirlemiştir. Yine benzer şekilde Dikici ve Yılmaz (2005) yangınların etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada yangından sonra örnek alınan farklı iki yılda da CaCO₃ miktarının yanmış alanlarda yanmamış alanlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Neyişçi (1989) ise 0-5 ve 5-10 cm derinlikte yangın sonrasında CaCO₃ miktarını artmış olarak hesaplamış, ek olarak yangından bir yıl sonra da 0-10 cm derinlikte CaCO₃ yine yangın öncesine göre fazla olduğunu belirtmiştir. Bu verilerin aksine Kutiel and Shaviv (1992) ise üç farklı toprak tipinde yaptığı araştırmada yangından sonra üç farklı toprakta da CaCO₃ miktarının azaldığı rapor etmiştir. Yaptığımız çalışma da CaCO₃ miktarında yangın sonucunda her ne kadar hafif bir düşme olsa da bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Örtü yangını geçirmiş alandan alınan yanmış ve yanmamış örneklerde yaptığımız çalışmada agregat stabilitesi değerleri arasında yangın sonrası istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Yangınların toprak üzerinde yaptığı etkiyle, organik maddenin azalmasına bağlı olarak toprak parçacıklarının bir arada tutucu özelliğini yitirmesine ve agregatlaşmanın azalmasına neden olmaktadır (Şengönül 1986). Ekinci vd. (2011) Keşan bölgesinde yaptığı çalışmada, agregat stabilitesinde organik maddenin azalmasına bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşün meydana geldiğini belirtmiştir. Kavdır vd. (2005) yaptıkları çalışmada agregat stabilitesinin %1-16 oranında azaldığını ve azalmanın istatistiksel olarak önemli

olduğunu rapor etmiş, bu azalmanın organik maddenin karbonhidrat içeriğinde yer alan C-fonksiyonel grubundan kaynaklandığı ve bu durumu toplam organik madde miktarına bakarak yorumlamanın yanlış olacağını belirtmiştir.

5. 2 Sonuçlar

Bu çalışmada karışık bir meşçerede meydana gelen örtü yangınının yaklaşık on ay sonrasında, meşçere içerisinden alınan yanmış ve yanmamış örneklere toprak özellikleri üzerindeki değişim incelenmiştir. Yangının düşük şiddetli ve örtü yangını şeklinde, uzun sayılmayacak kadar sürede kontrol altına alınmış olmasına rağmen toprak özelliklerinden kum, hacim ağırlığı ve EC değerlerinde yanmış ve yanmamış örneklere arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yangın sonrasında toprak özelliklerden bazılarının, örtü yangınından sonra bile etkilenebildiği sonucunu ortaya koymuştur.

Orman yangınları ile orman toprakları önemli bir etkileşim içindedir. Yangın geçirmiş orman alanlarında yapılacak işlemler yalnız yangın sonrası ağaçlandırma çalışması olarak düşünülmemelidir. Bu işlemlerle birlikte yangın sonrası alanda toprak özellikleri üzerinde yangınların etkileriyle oluşacak olası değişimler, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmelidir. Elde edilen sonuçlara göre yangınların toprağa ne denli etki ettiği dışardan herhangi bir müdahalenin gerekip gerekmediği ya da alanın yangının etkilerini tolere edebilecek düzeyde olup olmadığı rapor edilmelidir. Yangın sonrası orman alanında yangın etkisinin şiddetli olduğu yerlerde toprak özelliklerinin yangın öncesi seviyesine gelmesinin çok kolay olmayacağı ağaçlandırma alanlarında göz ardı edilmemeli ve yeni yapılacak uygulamalarda bu hususlara dikkat edilmelidir. Yangınlardan sonra toprak özellikleri değerleri dikkate alınarak, fidan türü seçiminde toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlere ve yöreye adaptasyonu daha kolay olan ve olası yangınlara daha dirençli tür seçimlerinin yapılabileceği değerlendirilmelidir.

Literatürde bazı çalışmalarda uygun koşullar altında kontrollü yapılacak yakmaların toprakta önemli bir etki yapmayacağı hatta yanan alan toprakları üzerinde olumlu etki yapacağı ve devamında yeni gelecek gençlik için faydalı olacağı, bitki besin elementlerinin alımını kolaylaştıracağı bilgisi yer almaktadır. Kontrollü yakma çalışmalarının yangın sezonu dışında kalan dönemde uygulanması gerekmektedir. Bu tür çalışmalar yapılmadan önce kısa ve uzun vadede doğuracağı etkiler detaylıca irdelenmelidir. Çünkü yapılan bu çalışmada farklı kaynaklardan elde edilen ve çalışma ile ulaştığımız bilgiler birlikte düşünüldüğünde yangın sonrasında meydana gelen ve belli zaman diliminde bazı toprak özelliklerinde olumlu gibi görünen değişimlerin aslında uzun vadeli olmadığı unutulmamalıdır. Yangınlar sonrası toprak yüzeyinde oluşan yüzeysel akış, yıkanma, rüzgar erozyon gibi sebeplerle bu olumlu gibi görünen değişimlerinin etkisinin çok uzun sürmediği aksine uzun vadede ise toprak sistemi içerisinde olumsuzluklar meydana getirebileceği bilinmektedir.

Karışık bir meşçerede örtü yangınının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada; analiz değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması ile elde edilen sonuçların, daha sonra yapılacak araştırmalarda faydalanılabilecek ve veri olarak altlık oluşturabilecek nitelikte olduğu öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkaş, M. E., Bucak, C., Boza, C., Eronat, H., Bekereci, A., Erkan, A. ve Cebeci, C. 2008. Büyük orman yangınlarının meteorolojik veriler ışığında incelenmesi. Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Bakanlık Yayın No: 333 Müdürlük Yayın No: 48 İzmir.
- Alexis, M.A., Rasse, D.P., Knicker, H., Anquetil, C. and Rumpel, C. 2012. Evolution of soil organic matter after prescribed fire: a 20-year chronosequence. bioemco laboratory, 4 Place Jussieu, 75252 PARIS Cedex 05, France.
- Anonim. 2005. Çankırı İli Arazi Varlığı T. C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Anonim. 2006. Orman varlığımız kitabı. OGM yayını, 160 s., Ankara.
- Anonim. 2012. Çankırı-İlgaz meteoroloji bültenleri, T.C.Orman ve Su Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü kayıtları, Ankara.
- Anonim. 2015. Çankırı ili tarımsal yatırım rehberi. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara. Şubat 2015.
- Aref, İ. M., Elatta, H. A. and Ghamde, A. M. 2011. Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. department of plant production, King Saud University, Riyadh P.O. Box 2460, Saudi Arabia.
- Atik, H. ve Ertuğrul, M. 2012. Kepsut orman yangınının organizasyon açısından değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2012, Cilt:14, ÖzelSayı,106-111. Bartın.
- Austin, R.C. and Baisinger, D. H. 1955. Same effects of burning on forest soils of Western Oregon and Washington. Journal of Forestry vol: 53/12.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Úbeda, X. and Martin, D. 2012 Fire and soils: key concepts and recent advances. a CEGOT (Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território), University of Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal..
- Berber, A. S., Tavşanoğlu, Ç. and Turgay, O.C. 2015. Türkiye’de karışık bir kestane+kayın+anadolu karaçamı ormanındaki toprak özellikleri üzerinde yüzey yangınlarının etkileri. Flamma, vol:6(2), 78-80, Issn 2171-665x.
- Bilgili, E. 2014. Orman koruma dersi geçici ders notları. KTÜ Orman Fakültesi Orman koruma ders notları. (online erişim:http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_c2f03.pdf) 02.06.2015.
- Bilgili, E. 2014b. Orman yangınların orman ekosistemleri üzerindeki etkileri. KTÜ Orman fakültesi Orman koruma ders notları.(online erişim:http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_ab8fa.pdf) 21.03.2015.
- Blake, G.R., and Hartge, K.H.1986. Particle density methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 377-382, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Bros, V., Rueda, G. M. and Santos, X. 2011 Does postfire management affect the recovery of mediterranean communities? The case study of terrestrial gastropods forest ecology and management 261 (2011) 611–619.
- Cassel, D. K. And Nielsen, D. R. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods-agronomy monograph no:9. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, USA.
- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia (2005) 143: 1–10 DOI 10.1007/s00442-004-1788-8

- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. And Williams, D. 1983. Forest fire behavior and effects, Fire in Forestry vol. I, Wiley, New York
- Christensen, N.L., and Muller, C. H. 1975. Effects of fire on factors controlling plant growth in adenostoma chaparral ecology monogr. 45-1
- Cohen, J. 2003. The impacts of fire on ecosystems. Available online at <http://www.micro.utexas.edu/courses/mcmurry/spring98/10/jerry.html>.
- Creighton, M.L. and Santelices, R. 2003. Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a nothofagus glauca forest, Chile. Rev. chil. Hist. nat. vol..76 no. 4 Santiago , p. 16
- Çağlar, K.Ö., 1958. Toprak İlmi A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları No:10. Ankara.
- Çanakçıoğlu, H. 1993. Orman Koruma. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3624, O.F. Yayın No:411, İstanbul.
- Çepel, N. 1975. Orman yangınlarının mîkroklima ve toprak özellikleri üzerine yaptığı etkiler İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi Seri B Cilt:24 Sayı:1. İstanbul.
- Çepel, N. 2003. Orman erozyon ilişkisi Erozyonla Mücadele Kitabı, Tema Vakfı Yayınları 3. Baskı. İstanbul.
- Daubenmire, R., F. 1974. Plant and environment. a Texbook of Plant Autecology. J. Wiley and Sons, Newyork.
- DeBano, L. F. And Wells, C. G., 1979. Campbell, Ralph E., Lewis, E.The effect of fire on soil properties department of Agriculture, Forest Service University of Arizona, USA.
- DeBano, L.F., . Neary, D. G.and Folliott, P. F. 1998. Fire's effects on ecosystems. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- DeBano, L.F., Rice R. M.and Conrad C. E. 1979. Soil heating in chaparral fires: Effects on soil properties. plant nutrients. erosion. and runoff. pacific southwest forest and range experiment station P.O. Box 245 Berkeley. California W70. Forest Service U.S Department of Agriculture. USA.
- Debone, L. F. 1991. The effect of fire on soil properties. USA.
- DeBone, L. F. And Dunn, P. H.1977. Fire's effects on the biological and chemical properties of chaparral soils usda forest service gen. Tech. Rep. W:3.
- DeByle, D. C. 1981. Clear cutting and fire in the larch Douglas-fir forests of western Montana- a multifaceted research summary. General Technical Report, INT-99. U.S.D.A. Forest Service Intermountain Forest and Range Experimental Station.
- Değerliyurt, M. 2014. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangınlarının erozyona etkisinin belirlenmesi, Amanos Dağları örneği. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı:195-219. İstanbul.
- Dikici, H. ve Yılmaz, C., H. 2005. Peat fire effects on some properties of an artificially drained peatland journal of environmental quality vol:35 no:3 p:866-870.
- Doğanay, H. ve Doğanay, S. 2004. Türkiye'de orman yangınları ve alınması gereken önlemler, Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt:9, Sayı: 11, 31-48.
- Driscoll, K.G., Arocena, J.M .and Massicotte, H.B. 2009. Post-fire soil nitrogen content and vegetation composition in sub-boreal spruce forests of British Columbia's central interior, Canada. Forest Ecology and Management, Vol: 121 3:227-237.
- Ekinci, H. 2006. Effect of forest fire on some soil physical, chemical and biological properties in Çanakkale, Turkey. International Journal of Agriculture and Biology, Vol.8, No. 1, 102-106.

- Ekinci, H., Kavdır, Y., Yüksel, O., İlay, R., Yiğini, Y. ve Sungur, A. 2011. Çanakkale ve çevresinde meydana gelen orman yangınlarının toprak özelliklerine etkisi. Çanakkale Tarımı Sempozyumu. Çanakkale.
- Ekinci, H., Kavdır, Y., Yüksel, O., Yiğini Y., Çetin, S.C., Altay, H. 2008. fire induced changes in soil characteristics in keşan, Turkey, International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, p:73-82
- Eldiabani, G. S., Hale, W. H. G. and Heron, C. P. 2014. The effect of forest fires on physical properties and magnetic susceptibility of semi-arid soils in north-eastern, Libya.
- Eron, Z. ve Gürbüz, E. 1985. Marmaris 1979 yılı orman yangınları ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler. Doğa Bilim Dergisi. Seri: Dz, Cilt: 9, Sayı: 1.
- Ertekin, M., Özel H. B. ve Baygın, G. 2011. Yangın sonrası bozulan alanların yeniden bitkilendirilmesi “kütahya, emet, kovalı yangını örneği. Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, 74100-Bartın.
- Ertuğrul, M. 2005. Orman yangınlarının dünyadaki ve türkiye’deki durumu. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 7,7. Bartın.
- Ertuğrul, M. 2010. Orman yangınlarının yerleşim alanlarına etkisi ve koruma yöntemleri. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 7,7. Bartın.
- FAO. 2010. Global forest resources assessment. Food And Agriculture Organization Of The United Nations Roma, 2010.
- Gee G.W. and Bauder, J.W. 1982. Particle-size analysis.. In: Klute A. (ed.): Methods of soil analysis. Part I: Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Am. Soc. Agron., Madison, WI: 383–412.
- Gupta, S.R. and Singh, J.,S. 1981. Soil respiration in a tropical grassland. Soil Biol Biochemistry 13, 261–268.
- Hardesty, J., Myers R. L. and Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. The George Wright Forum 22:78-87.
- Hernández, T., García C. and Reinhardt, I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest Soils. Biol. and Fertil. of Soils, 25: 109–16.
- Heyward, F. and Tissot, A. N. 1936. Some changes in the soil fauna associated with forest fire in the longleaf pine region ecology 17:659-666.
- Hungerford, R.D., Harrington, M.G., Frandsen, W.H., Ryan, K.C, Niehoff, G.J. 1991. Influence of fire on factors that affect site productivity. In proceedings of the management and at affect site productivity of western-Montane forest soils. Harvwy, A.E. and Informountain Research Station General Technical Report INT-280.
- İlay, R., Sungur, A., Yiğini, Y., Ekinci, H. and Kavdır, Y., 2010. Temporal changes in soil nitrogen carbon and carbon/nitrogen ratio after forest wildfire in çanakkale-ntepe, international soil science congress on “management of natural resources to sustain soil health and quality” Samsun-Turkey May 26 – 28, 2010
- Jordán, A., Zavala, L. M., Mataix-Solera, J., Nava, A, L. and Alanís, N. 2012. Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on mexican volcanic soils. MED_soil research group, Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química, Universidad de Sevilla, C/Profesor García González, 1,41012, Sevilla, Spain.

- Kantarıcı, M.D. 2009. Taşağıl-Serik (Antalya) Orman yangını (31.7.2008 – 4.8.2008) ve yangın sonrası öngörülen işlemler üzerine ekolojik değerlendirmeler.
- Kaptan, H. 2012. Orman yangınlarının topraktaki ısı iletimi ve nem miktarına etkisi. ulusal akdeniz orman ve çevre sempozyumu. 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.
- Kavdır, Y., Ekinci, H., Yüksel, O. and Mermut, A.R. 2005. Soil aggregate stability and 13c cp/mas-nmr assessment of organic matter in soils influenced by forest wildfires in Çanakkale, Turkey. *Geoderma*. 129, 219-29.
- Keetch, J., J. and Byram, G., M. 1968. A Drought index for forest fire control. U.S.D.A. Forest Service Research Paper S E-38 November 1968.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R., C. 1986. Aggregate stability and size distribution. pp. 425-442. In: Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. No. 9, Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI.
- Kertsen, M.S. 1949. Thermal properties of soils. *Bulletin* 28. Universty of Minnesota Agricultural Experimental Station, p.1-227.
- Knight, H. 1966. Loss Of Nitrogen From the Floor by Burning Forest. *Chron*. V.42-2.
- Koç, S.N. 2010. Orman yangınları sonrası yenileme çalışmalarının peyzaj mimarlığı açısından değerlendirilmesi: Antalya Serik-Taşağıl bölgesi örneği. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi. 146 s., Ankara.
- Kurt, B. 2014. Türkiye’de orman yangınlarının coğrafi dağılışı. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Kutiel, P., Naveh, Z. and Kutiel, H. 1990. The effect of a wildfire on soil nutrients and vegetation in an aleppo pine forest on mount carmel, Israel. In: Goldammer Jg & Mj Jenkins (Eds) *Fire In Ecosystem Dynamics: Mediterranean And Northern Perspectives*: 85-94. Spb Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Kutiel, P. and Shaviv, A. 1992. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *for. ecol. manage.*, 53:329-343. A Department of Geography, Bar Ilan University, Ramat Gan , Israel bLowdermilk Faculty of Agricultural Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa 32000, Israel
- Küçük, Ö., Bilgili,E. ve Durmaz, B. D. 2005. Yangın potansiyelinin belirlenmesinde yanıcı madde haritalarının önemi’ Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2005,Issn 1302-7085,S.104-116
- Küçükosmanoğlu, A. 1985. Orman yangınları, İstanbul Üniv. Orman Fak. Der., Cilt:35, Sayı:1, s.111-123. İstanbul
- Ladrach, W. 2009. The effects of fire in agriculture and forest ecosystems. special report, 5400 Grosvenor Lane Bethesda, Maryland 20814, USA.
- Lavee H., Kutiel, P., Segev, M. and Benyamini, Y. 1995. Effect of surface roughness on runoff and erosion in a mediterranean ecosystem: The role of fire. *geomorphology* 11 (1995) 227-234. Israel.
- Litton, C. M. and Santelices, R. 2003. Effect of wildfire on soil physical and chemical properties in a nothofagus glauca forest, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 529-542 Department of Botany, University of Wyoming, P.O. Box 3165, Laramie, Wyoming 82071-3165 USA.
- Lutz, H.J. and Chandler, R.F. 1961. *Forest soils*. john wiley and sons inc. london.
- mickovsky, m. 1967. effect of burnt straw on the microflora of soil. *Skopje*.
- Mol, T. 1993. Orman yangınları İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Orman Fakültesi Der.,Cilt:34, Sayı:3-4. İstanbul.

- Mulla, D. J. and McBratney, A. B. 2001. Soil spatial variability. Handbook of Soil Science CRS Pres, 321-352.
- Nabatte, P. and Nyombi, K. 2013. Effect of pine plantation surface fires on soil chemical properties in uganda. research journal of agriculture and forestry sciences. Dept. of Forestry, Biodiversity and Tourism, Makerere University, College of Agricultural and Environmental Sciences, Kampala, UGANDA.
- Naery, D. Y., Klopatek, C., DeBano, L. F. and Ffolliott, F. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest Ecology and Management 122 (1999) 51-71. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Flagstaff AZ 86001, USA
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI, pp. 539-579.
- Neyişçi, T. 1989. Kızılçam orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkileri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten Serisi No : 205 Ankara.
- OGM. (Orman Genel Müdürlüğü) 2015. <http://www.ogm.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 05.03.2015)
- OGM. 2012. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı. Orman yangınları ile mücadele faaliyetleri 2012 yılı değerlendirme raporu.
- OGM. 2013. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı. Orman yangınları ile mücadele faaliyetleri 2013 yılı değerlendirme raporu.
- Oğurlu, İ. 1993. Orman koruma ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Özdemir, N., Kızılkaya, R. ve Sürücü, A. 2000. Farklı organik atıkların toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi, ÇevKor, Cilt: 10 Sayı: 37, 23-2
- Özkazanç, N.K. ve Ertuğrul, M. 2011. Orman yangınlarının fauna üzerine etkileri. BÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi Cilt: 13, Sayı: 19, 128-135. Bartın.
- Pala, M. 1979. Toprak sıcaklığı ve neminin toprak havasının özelliklerine etkisi. Orta Ana. Böl. Ziraî Araş. Enst. Ankara.
- Pantami, S. A., Novcir, N. and Babaji G. A. 2010. Effect of burning on soil physical properties in the dry sub-humid savanna zone of nıgeria. Department of Soil Science, Bayero University, Kano, Nigeria.
- Raison, R.J., 1979. Modifications of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. Pl. Soil, 51: 73–108
- Rubenacker, A., Campitelli, P., Velasco M. and Ceppi, S. 2012. Fire impact on several chemical and physicochemical parameters in a forest soil departamento de recursos naturales, facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Salgado, J., Mato, M.M., Vazquez-Galinones, A., Paz-Andrade, M.I. and Carballas, T. 2004. Comparison of two calorimetric methods to determine the loss of organic matter in galician soils (NWSpain) due to forest wildfires. Thermochemica Acta. 410:141-148.
- Sampson, A.W. 1944. Plant succession on burned chaparral lands in northern California. Univ. Calif. Coll. Agric. Exp. Sta. Bull., 685.
- Scotter, G.W. 1963. Effects of Forest fires on soil properties in northern saskatchewan. Forestry Chronicle vol:39 No:4.

- Serez, M. 1995. Status of forest fires and fire management in Turkey, International Forest Fire News, Country Notes,IFFN No: 12, 13-16.
- Sims, H., P. 1975. The effect of prescribed burning on some physical soil properties of jack pine sites in southeastern Manitoba.Northern Forest Research Centre, Canadian Forestry Service, Environment
- Snyman, H.A. 2003. Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid climate of South Africa. J. Arid Environ. 55 (1), 160–180.
- Striffer, W. D. and Mogren, E. W. 1971. Erosion, soil properties and revegetation following a Severe burn in the Colorado Rockies. p. 25-36, Slaughter, Fire in the Northern Environment. Portland, Oregon.
- Şengönül, K 1985. Orman yangınları ile toprak ısınması arasındaki ilişkiler ve yangınların toprak özellikleri üzerine etkileri. İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Sayı:2 Cilt:35. İstanbul.
- Şengönül, K.1986. Maki ile kaplı alanlarda bazı toprak özellikleri ve yangınların bu toprak özellikleri üzerine etkileri. İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi .
- Tarrant, R.F. 1955. Effects of slash burning on some soils of the douglas fir region. Soil Science Society Proceedings vol:20.
- Tekeli, A. E., Sönmez, İ., Erdem, E., Arslan, M., Çukurçayır M. L. ve Demir, F. 2007. Orman yangınlarının uzaktan algılama teknikleri ile tespit çalışmaları. TMMOB Afet Sempozyumu.
- Töreyin, B. U. ve Çetin A. E. 2009. Bilgisayarlı görü ile orman yangını tespiti. Bilkent Üniversitesi. Ankara.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E. and Altun, L. 2010. Soil properties and root biomass responses to prescribed burning in young corsican pine (pinus nigra arn.) stands. Journal of Environmental Biology 31 369-373 (May 2010) ©Triveni Enterprises, Lucknow India
- Turanlı, M. ve Güriş, S. 2000. Ortalamalar değişkenlik ve asimetric ölçüleri. Temel İstatistik, 56-195. İstanbul.
- TÜİK 2014. Türkiye İstatistik Kurumu. Yıllara göre il durumları <https://www.google.com.tr/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=tuik%20il%20nufuslar%C4%B1>. Erişim tarihi:25.08.2015
- TÜİK.2013. Türkiye İstatistik Kurumu. Seçilmiş göstergelerle Çankırı 2013. Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara 2013.
- Türkeş, M. ve Altan, G. 2012. Çanakkale'nin 2008 yılı büyük orman yangınlarının meteorolojik ve hidroklimatolojik analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi 10(2), 195-218. Çanakkale.
- U.S.Salinity Laboratory Staff.1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils(moistureretention curve).Dept.of Agri.Handbook 60.USA.
- URL-1 2014. <http://www.northernrockiesfire.org/> 21.12.2014 .
- URL-2 2016. http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Cankiri_icdr2013.pdf.Çankırı İli Çevre Durum Raporu 2013. Erişim tarihi:30.02.2016.
- URL-3 2015 <http://cankiri.tarim.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/2014yılıçalışmakitabı.pdf>. Çankırı İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2014 Yılı Çalışma Raporu. Erişim tarihi: 16.09.2015.

- Verghoux, A., Dupuy, N., Guiliano, M., Vennetier, M., Theraulaz, F. and Doumenq, P. 2009. Fire impact on forest soils evaluated using near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Talanta*. 80: 39-47.
- Verma, S. and Jayakumar, S. 2012. Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: a review Department of Ecology and Environmental Sciences, Pondicherry University, Puducherry-605 014, India.
- Viro, P., J. 1974. Effect of forest fire on soil. In T.T. Kozlowski and C.E. Ahlgren (ed.). *Fire and Ecosystems* Academic Press. Inc. New York.
- Webster, R. 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 52:331-340.
- Webster, R. and Oliver, M.,A. 2001. *Statistical in soil and land resource survey*. Oxford University Press, New York, NY.
- Wells, C.G., Campbell, R.E., DeBano, L.F., Lewis, C.E., Fredriksen, R.L., Franklin, E.C., Froelich, R.C. and Dunn, P.H. 1979. Effects of fire on soil: a state of knowledge review, USDA Forest Service General Technical Report WO-7, U.S. Government Print.Off. Washington, DC.
- White, E., M. 1973. Heat effect on nutrient release from soils under ponderoso pine. *Journal Of Range. Manage.* V. 26, N:1.
- Xue, L., Li, Q. and Hongyue, C. 2014. Effects of a wildfire on selected physical, chemical and biochemical soil properties in a pinus massoniana forest in South China.
- Yılmaz, Ü. ve Alagöz, Z.1999. Bitki örtüsü ve su erozyonu ilişkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12, 143-156 s.
- Zengin, H., Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, U.Y. 2005. Küresel ısınmanın önlenmesinde ormanların rolü ve önemi, Uluslar arası Süreçte Acilen Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu. Antalya, Türkiye. 22-25 Aralık 2005, ss.231-242.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aziz Emre YILMAZ
Doğum Yeri : MERSİN
Doğum Tarihi : 08.02.1988
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
Adres : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi
Tel : 0506 678 04 40
E-posta : azizemreyilmaz@hotmail.com.tr
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Yabancı Dil Ağırlıklı Mersin Toroslar Lisesi (2002-2006)
Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi (2008-2012)
Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı (2012-2016)