



## Yarı Kurak Ağaçlandırma Alanlarında Çölleşme Eğiliminin Değerlendirilmesi: ÇAKÜ Orman Fakültesi, Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Araştırma ve Uygulama Ormanı Örneği

Ebru GÜL<sup>1\*</sup>, Melda DÖLARSLAN<sup>2</sup>, Kübra ULUĞ<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18100, ÇANKIRI

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 18100, ÇANKIRI

<sup>3</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18100, ÇANKIRI

### Öz

Son yıllarda, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda iklim değişikliği ve insan etkisi sonucunda meydana gelen arazi bozulmaları ve bitki örtüsündeki azalmalar, küresel ölçekte önemli bir çevre sorunu haline gelen çölleşme ile mücadeleyi zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışma, Çankırı il merkezine yaklaşık 5 km uzaklıkta, yarı-kurak özelliğe sahip Çankırı Karatekin Üniversitesi (ÇAKÜ) Orman Fakültesi Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın da yapılan ağaçlandırma çalışmaları ve alanın çölleşme eğiliminin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çölleşme riski (ÇR) ve çevresel duyarlı alan (ÇDA) hassaslık indeksinin hesaplanmasında Akdeniz ülkeleri için geliştirilmiş olan Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) kullanılmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 9,4 ha olup, alanda yapılan ağaçlandırma çalışmalarının yılı (1998-2004; 2009-2015 yılları arasında yapılan ağaçlandırma) dikkate alınarak belirlenmiş olan 30 noktada toprak örnekleme yapılmış ve her bir örnekleme noktasında çölleşme etüt formu doldurulmuştur. DIS4ME sistemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda; ÇR en düşük 1,69 ile düşük risk ve en yüksek 5,25 ile orta risk sınıfında değerler alırken, ÇDA tipi değerleri 1,35-1,52 arasında değişen değerler almıştır. Çalışma alanı genelinde ÇR düşük ve orta özellik göstermiş olsa da ÇDA tipi ile birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanı kritik ve kırılgan hassaslık sınıfındadır. Bu nedenle özellikle orta risk sınıfı ve kritik hassaslık seviyesinde olan sürdürülebilir arazi kullanımının sağlanması ve çölleşme ile mücadelede büyük önem taşıyan ağaçlandırma çalışmalarının başarısının artırılması için gerekli koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çankırı, çölleşme, DIS4ME, ağaçlandırma, yarı kurak.

## Evaluation of Desertification Tendency in Semi-Arid Afforestation Areas: A sample ÇAKÜ Faculty of Forestry, Prof. Dr. Abdülreşit BROHİ Research and Application Forest

### Abstract

In recent years, especially in arid and semi-arid areas, the degradation of land caused by climate change and human impact and the reduction of vegetation have made combating desertification, which has become an important environmental problem on a global scale. This study was carried out in order to determine the afforestation studies and the desertification tendency of Cankiri Karatekin University (ÇAKÜ) Faculty of Forestry. Dr. Abdülreşit BROHİ Research and Implementation Forest, is about 5 km from Cankiri city center and has semi-arid characteristics. Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) which is developed for Mediterranean countries, was used to calculate the desertification risk (DR) and environmental sensitive area (ESA) sensitivity index. The study area was approximately 9,4 ha. Soil sampling was carried out at 30 points determined by taking into account the year of the afforestation studies in the area (1998-2004; 2009 - 2015 afforestation studies) and desertification survey form was filled at each sampling point. As a result of the calculations made using the DIS4ME system; While ÇR had the lowest risk with the lowest 1,69 and the medium risk class with the highest 5,25, the ÇDA type values ranged from 1,35 to 1,52. Although the DR is low and medium in the study area, the study area is in the critical and fragile sensitivity class when evaluated together with the ESA type. Therefore, it is necessary to take necessary protection measures to ensure the sustainable land use, especially in the medium risk class and critical sensitivity level, and to increase the success of the afforestation works, which are of great importance in combating desertification.

**Keywords:** Cankiri, desertification, DIS4ME, afforestation, semi-arid.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ebru GÜL (Dr.); Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18100, Çankırı-Türkiye. Tel: +90 (376) 212 2757 , Fax: +90 (376) 213 6983, E-mail: [ebru@karatekin.edu.tr](mailto:ebru@karatekin.edu.tr), ORCID: 0000-0002-5254-8233

Geliş (Received) : 12.02.2019  
Kabul (Accepted) : 10.04.2019  
Basım (Published) : 15.08.2019

## 1. Giriş

Günümüzde insanoğlunun karşı karşıya olduğu ve mutlaka ciddiye alması gereken en önemli küresel ve bölgesel çevre sorunlarından biri çölleşmedir (Türkeş, 2012). Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Konferansında çölleşme; “kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlarda iklim değişiklikleri ve insan aktiviteleri nedeniyle meydana gelen arazi bozulması” olarak tanımlanmıştır (UNCCD, 1995). Bilimsel boyutuyla ise çölleşme; “kutup ve kutup altı bölgeler dışında kalan ve yıllık yağışın, potansiyel evapotranspirasyon oranının 0,05 ile 0,65 arasında değiştiği yöreleri kapsayan kurak, yarı kurak ve kuru alt nemli alanlarda iklim değişiklikleri ve anızın yakılması, arazilerin çoraklaştırılması, organik ve inorganik atıklarla toksin elementlerin birikimi, radyoaktif bulaşmalar, aşırı gübre kullanımı, yanlış sürüm ve işleme teknikleri ile toprakların kompaksiyonu, yüzeyde kabuk oluşumu, ormansızlaşma, mera yönetimi, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı gibi birçok eylemler ile insan aktivitelerinin de dâhil olduğu çeşitli etmenlerin sonucunda ortaya çıkan toprak/ arazi bozulumu”dur (Cangir ve Boyraz, 2008).

Dünyada 110 ülkede yaşayan 1,2 milyar insan ve 4 milyar hektardan fazla arazi çölleşme tehdidiyle karşı karşıyadır (ÇEM, 2005, 2015). Çölleşmenin olumsuz etkilerinin en fazla hissedildiği bölgeler Kuzey Afrika, Ortadoğu ülkeleri, Avustralya, Akdeniz, Güney Batı Çin ve Güney Amerika'nın batı kesimleridir (Seager ve ark., 2007; ÇEM, 2015; Dindaroğlu, 2015). Bu bölgeler önemli ölçekte çölleşme sorunlarıyla mücadele etmekte olup, çölleşme ülkelerin doğal kaynak sıkıntılarını artırmakta ve ülkelerde ciddi gıda güvenliği sorunlarına neden olmaktadır. Yurdumuzda ise, Akdeniz Bölgesi ile tropik ve subtropik bozkır (step) ekosistemleri, kıyı ve mera alanları daha düşük olmakla beraber dünyada önemli ölçüde çölleşme tehdidi altındadır (ÇEM, 2015).

Dünya üzerinde kurak alanlar (kuraklık indis değerleri 0,05-0,65 arasında kalan) olarak tanımlanan araziler dünya yüzeyinin % 34,7'sini kaplamaktadır. Buna ek olarak tam karasal iklim özelliklerinin hâkim olduğu çöller de eklendiğinde dünyadaki arazilerin % 41,3'ü kuraklık tehdidi altındadır (UNCCD, 2011). Türkiye'nin coğrafik konumu, jeolojisi ve bitki örtüsü birlikte değerlendirildiğinde özellikle ülkemiz kurak ve yarı kurak kesimlerinde çölleşmenin etkileri daha fazla hissedilmektedir. Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgeleri ise çoğunlukla İç Anadolu Bozkırının yayılış gösterdiği alanları kaplamaktadır. Tipik yarı kurak alan olarak değerlendirilemeyecek, ama kuraklık indisi değerlerinin 0,65-0,80 arasında olduğu ve çölleşme riski taşıyan (Türkeş, 2010), ileriki dönemlerde yarı kurak alanlar kapsamına girecek yöreler ise İç Anadolu bozkırlarına komşu olan Çankırı, Çorum, Sivas, Uşak, Afyon, Burdur, Denizli, Manisa gibi illerde bulunmaktadır (ÇEM, 2013).

Gerek Ülkemiz gerekse Dünya çapında önemli bir çevre sorunu haline gelen çölleşme ve çölleşme sonucunda özellikle bitki örtüsü ve toprak özelliklerinde meydana gelen bozulmalar çölleşmeyle mücadelenin önemini artırmıştır. Bu bağlamda, Dünya çapında son 30-40 yılda çölleşme üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş; Avrupa Birliği ve Avrupa Komisyonu çölleşmenin araştırılması ve modellenmesi kapsamında birçok projeyi desteklemiştir. Avrupa Birliği Araştırma ve Çerçeve Programları kapsamında yürütülen MEDALUS, MODULUS, DESERTLINKS, CAMELEO, MEDACTION, DEMON, ASMODE, LADAMER, ARCHAEOMEDES, RESMEDES, PESERA, MEDRAP ve AIDCCD bu projelere örnek olarak verilebilir. Bu çalışmalar içerisinde çölleşme riskinin belirlenmesinde en fazla kullanılanları Kosmas ve ark. (1999) tarafından hazırlanmış olan Mediterranean Land Use and Desertification (MEDALUS) ve Jane Brandth editörlüğünde DESERTLINK araştırma grubu tarafından hazırlanmış olan Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) projeleridir. MEDALUS projesi Akdeniz Bölgesi için çölleşme riskinin belirlenmesine yönelik bir modelleme çalışması olup, üç aşamalı olarak 1991-1999 yılları arasında hazırlanmıştır (DESIRE, 2010). Yine DIS4ME sistemi de Akdeniz ülkelerinde çölleşme riskinin belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır ve sistemin temelinde 148 çölleşme göstergesi hakkında bilgi sunmaktadır (Desertlinks, 2004). Bilim insanları, politikacılar ve çiftçilerinde dâhil olduğu bütün kullanıcılara 1) çölleşmenin nerelerde sorun olduğunu tespit edilmesi, 2) çölleşme sorununun kritiklik seviyesinin ne durumda olduğunu değerlendirmesi ve 3) çölleşme süreçlerini daha iyi anlamak ve bunların biyofiziksel ve sosyo-ekonomik değişimlere nasıl tepki vereceği hakkında geniş bir yelpaze de bilgi vermek amacıyla tasarlanmıştır (Vanmaercke ve ark., 2011; Gül ve Erşahin, 2017). Sistem kapsamında kullanılan göstergeler; 1) fiziksel ve ekolojik göstergeler: iklim, su, yüzey akışı, topraklar, vejetasyon ve yangın; 2) ekonomik ve sosyal göstergeler: tarım, arazi yönetimi, arazi kullanımı, işleme, çiftçilik, su kullanımı, turizm ve makro ekonomilerden oluşmakta olup, ölçülmesi ve ulaşılması basit olan göstergelerden oluşmaktadır. DIS4ME sisteminin temelini çoklu regresyon analizi oluşturmaktadır ve sistem çölleşme risk değerini bağımlı değişken, çölleşme göstergelerini ise bağımsız değişken olarak kabul etmektedir (Brandt ve Geeson, 2015). DISME ve MEDALUS sistemi, çevresel duyarlı alan (ÇDA) tipinin belirlenmesinde metodolojik olarak benzerlik göstermektedir. Ancak DISME sistemi online bir sistem olması ve özellikle ÇDA tipi belirlendikten sonra, alanda hassaslığa neden olan parametrelerin neler olduğu hakkında bilgi vermesi bakımından önemlilik arz etmektedir (Geeson ve ark., 2014).

Dünya çapında çölleşmeye hassas alanların belirlenmesinde MEDALUS yöntemi özellikle Akdeniz ülkelerinde olmak üzere diğer ülkelerde uygulanmış ve başarılı olmuştur (Kosmas ve ark., 1999; Basso ve ark., 2000; Geeson ve ark., 2003; Kosmas ve ark., 2006; Arar ve ark., 2009; Benabderrahmane ve Chenchouni, 2010; Rasmy ve ark., 2010; Kamel ve ark., 2015). Türkiye’de ise çölleşme ve çölleşmeye hassas alanların belirlenmesine ilişkin çalışmalar henüz başlangıç aşamasında olup, Türkiye genelinde çölleşme ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı oldukça düşüktür. Bu çalışmalar çölleşmeye hassas alanları belirlenmesine yönelik olup çalışmalarda DIS4ME ve MEDALUS yöntemleri kullanılarak hassas alanlar belirlenmiştir (Dindaroğlu, 2015; Gül ve Erşahin, 2017; Budak ve ark., 2018; Ozsahin ve Eroglu, 2018; Gül ve Erşahin, 2019). Dindaroğlu (2015), çölleşmeye hassas alanlarda MEDALUS yöntemini kullanmış ve kurak-yarı kurak alanlarda başarılı bir ıslah için hangi fide türlerinin kullanılabilirliğinin belirlenmesinde çevresel hassas alanların belirlenmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Türkiye’de çölleşme kriter ve göstergelerinin belirlenmesine yönelik yapılan en kapsamlı çalışma TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) danışmanlığında yürütülen “Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi Kurulumu Projesi ve Çölleşme Kriter ve Göstergelerinin Belirlenmesi” projesidir. Bu proje sonucunda Türkiye’nin çölleşme risk haritası oluşturulmuş olup; zayıf, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı seviyede gruplandırılan çölleşme risk haritasına göre Türkiye arazilerinin %12,7’si zayıf, %53,2’ü orta, %25,5’i ise yüksek çölleşme risk sınıfında yer almakta olup, %8,6’sı ise diğer alanlar sınıfındadır (TUBİTAK, 2015).

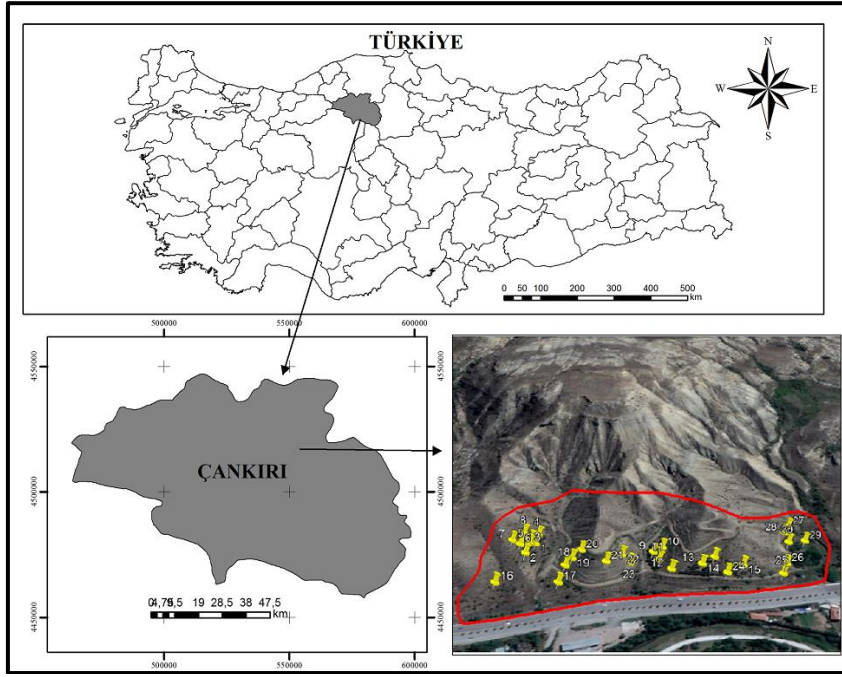
Büyük bir bölümü çölleşme tehdidi altında olan ülkemizde çölleşme ile mücadele kapsamında ağaçlandırma, erozyon kontrolü ve iyileştirme çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda TC. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından 2008-2012 yıllarını kapsayan “Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı” ve 2013-2017 yılları arasında kapsayan “Erozyonla Mücadele Eylem Planı” hazırlanarak ağaçlandırma çalışmaları başlatılmıştır (ÇEM, 2019). Ülke genelinde yapılan ağaçlandırma çalışmaları değerlendirildiğinde ise, son 42 yılda Türkiye’nin orman varlığının (1973-2015) arttığı 22.342,935 ha (Ülke genelinin %28,6’sı) olduğu tespit edilmiştir (OGM, 2015). Ormanlar ve ormanlarda bulunan otsu ve odunsu taksonlar çölleşme eğilimini tersine çevirmede önemli role sahiptir. Bununla birlikte çölleşme ile mücadele de özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda yapılan ormancılık uygulamaları arasında yer alan ağaçlandırma çalışmaları, doğal bitki yönetimi, silvopastoral sistemler ve tarımsal ormancılık önemli bir yere sahiptir. Kurak-yarı kurak bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmaları sadece ormancılık uygulaması değil, aynı zamanda arazi kullanımını ifade etmektedir (Berthe, 1997).

Bu kapsamda yarı kurak iklime sahip Çankırı ili Merkez ilçesinde bulunan 9,4 ha büyüklüğündeki ÇAKÜ Orman Fakültesi Prof. Dr. Abdülreşit Brohi Araştırma ve Uygulama Ormanı’nda çölleşme riski belirlenmiş ve yapılan ağaçlandırma çalışmalarının çölleşme risk değerine olan etkisi tespit edilmiştir. Çölleşme riski DIS4ME sistemi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, DIS4ME sisteminin çalışma alanının sahip olduğu ekolojik koşullarda çölleşme riskinin hesaplanmasında kullanılabilirliğini göstermiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Çalışma alanı 9,4 ha büyüklüğünde olup (Şekil 1), 1998 yılında Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü ile karşılıklı imzalanan protokol ile Ankara Üniversitesi Çankırı Orman Fakültesi’ne araştırma ve uygulamalar yapmak üzere tahsis edilmiştir. 2013 yılında Fakültemiz öğretim üyesi Prof. Dr. Abdülreşit Brohi’nin bu alanda yapmış olduğu başarılı çalışmalar neticesinde alanın ismi “Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Prof. Dr. Abdülreşit Brohi Araştırma ve Uygulama Ormanı” olarak değiştirilmiştir. Araştırma ve uygulama ormanına *Pinus nigra* Arnold., *Cedrus libani* L., *Amygdalus communis* L., *Juniperus sabina* L., ve *Robinia pseudoacacia* L. gibi çeşitli türde toplam 2000’e yakın fidan dikilmiştir, fakat günümüzde alandaki hakim bitki örtüsünü *P. nigra* oluşturmaktadır. Araştırma alanının iklimi; Çankırı ili meteoroloji verilerine göre (Anonim, 2007) çalışma alanında ortalama sıcaklık 11,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 393,9 mm olup, en fazla yağış 53,6 mm ile Mayıs ayında, en az yağış ise 16,4 mm ile Eylül ayındadır. Araştırma alanı, Thornthwaite yöntemine göre; D B’1 d b’3 simgeleri ile gösterilen “Kurak-Yarı-kurak, Mezotermal, Su fazlası yok veya pek az, Okyanus iklim etkisine yakın” bir iklim tipine sahiptir.



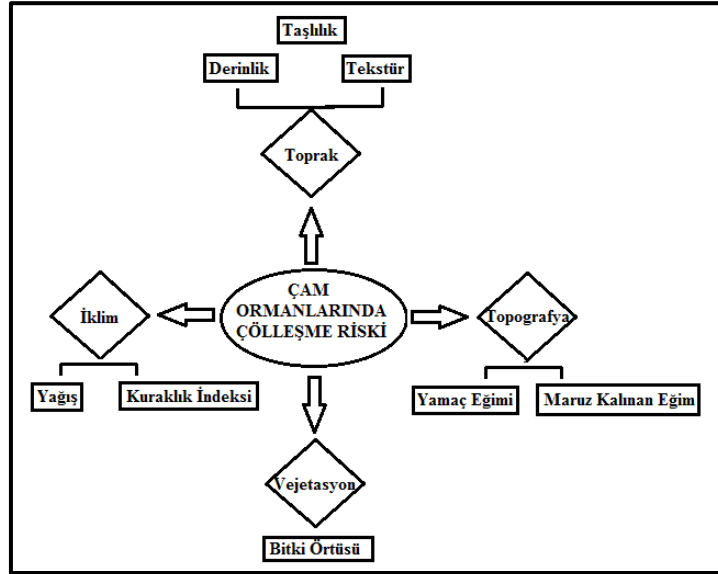
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

## 2.2. Toprak örnekleme ve analizler

Çalışma alanı içerisinde örnekleme noktaları seçilirken ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı yıllara dikkat edilmiştir. Alanda ağaçlandırma çalışmaları 1998-2004 yılları ile 2009-2015 yılları arasında yoğun şekilde yapılmıştır. Bu durum dikkate alınarak her bir dikim yılı aralığından 15 adet olmak üzere toplam 30 adet noktada 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme noktalarına ilişkin koordinatlar GPS ile belirlenmiş ve noktalara ilişkin, eğim, bakı ve yükseklik değerleri kaydedilmiştir. Her bir örnekleme noktası için bozulmuş toprak örneği ile hacim ağırlığının belirlenmesinde kullanılacak olan bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Bu amaçla alınan bozulmuş toprak örnekleri laboratuvarında kasalara serilerek hava kuru hale getirilmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır. Alınan toprak örneklerinde; kum, kil ve toz içeriği hidrometre yöntemiyle Bouyoucos Metoduna göre (Gee ve Bauder, 1986) hacim ağırlığı 100 cm<sup>3</sup>'lük silindirler kullanılarak silindir yöntemiyle (Blake ve Hartge, 1986) toprak reaksiyonu (McLean, 1982) ve elektriksel iletkenlik 1:5 oranında hazırlanmış olan toprak-su karışımında kondaktivimetre ile (Rhoades, 1982), kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği (Pansu ve Gautheyrou, 2007) tarafından belirtildiği şekilde Scheibler kalsimetresi kullanılarak ve toprakların organik madde içeriği Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye şekli ile belirlenmiştir (Jackson, 1969).

## 2.3. Çölleşme etüt formunun doldurulması ve çölleşme risk değerinin hesaplanması

DIS4ME sistemi çam ormanı, zeytinlik, tarım alanları, mera, meşe ormanı ve üzüm bağları olmak üzere altı farklı arazi kullanım türünde çölleşme riskinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Herbir arazi kullanım türünde çölleşme riskinin tanımlanmasında farklı göstergeler kullanılmakta olup, bu çalışma kapsamında Araştırma ve Uygulama Ormanı içerisinde *P. nigra* baskın türü oluşturduğu için çam ormanları için geliştirilmiş olan kriter ve göstergeler kullanılmıştır. Çam ormanları ÇR ve ÇDA hassaslık indeksi Şekil 2' de belirtilen akış diyagramı ve Tablo 1 de yer alan çölleşme kriter ve göstergeleri kullanılarak ÇR ve ÇDA hassaslık indeksi hesaplanmıştır.



Şekil 2. Çam ormanlarında çölleşme riskinin modellenmesine ilişkin kriter ve göstergeler (Desertlinks, 2004).

Etüt formu doldurulduktan ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra DIS4ME tarafından çölleşme riski hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır (Tablo 2). DIS4ME sistemi çölleşme riskinin hesaplanmasında çoklu regresyon modeli olan Eşitlik 1'i kullanır.

$$\text{ÇR} = (7,94) - (0,56 \times \text{Bitki Örtüsü}) - (0,62 \times \text{Toprak Derinliği}) + (0,38 \times \text{Eğim Derecesi}) - (0,32 \times \text{Tekstür}) - (0,53 \times \text{Taşlılık}) - (2,26 \times \text{Yağış}) + (1,13 \times \text{Kuraklık indeksi}) + (0,65 \times \text{Maruz Kalman Eğim}) \quad (1)$$

Tablo 1. Çam ormanlarında çölleşme riskinin hesaplanmasında kullanılan çölleşme kriter ve göstergelerine ilişkin arazi yöntemleri.

Kriter	Gösterge	Elde edilme şekli
Mülkiyet ve Arazi Durumu	Mülkiyet Tipi	G31-d1 Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
	Arazi Büyüklüğü (ha)	G31-d1, Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
	Şimdiki Arazi Kullanım Tipi	G31-d1, Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
	Mevcut Arazi Kullanım Türü	G31-d1, Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
	Süresi (yıl)	G31-d1, Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
Vejetasyon	Önceki Arazi Kullanım Tipi	G31-d1, Çankırı/Merkez 1/25000 lik Amenajman Haritası kullanılarak elde edilmiştir.
	Bitki Örtüsü (%)	Arazi gözlemleri, Bitki örtüsünün toprağı örtme derecesi belirlenmiştir.
Toprak	Toprak derinliği(cm)	Arazide toprak örnekleme aletlerinden burğu kullanılarak belirlenmiştir.
	Eğim (%)	Eğim ölçer kullanılarak belirlenmiştir
	Bakı	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi) (GPS) kullanarak belirlenmiştir.
	Drenaj	Toprak rengi ve yeraltı suyunun derinliği dikkate alınarak belirlenmiştir.
	Tekstür	Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin laboratuvarında analiz edilmesiyle hesaplanmıştır.
	Ana Materyal	Arazi çalışması esnasında, uzman kişi tarafından belirlenmiştir.
	Taşlılık (>6 mm)	Arazi yüzeyindeki kaya parçalarının birim alanda kapladığı alan dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. devam ediyor.

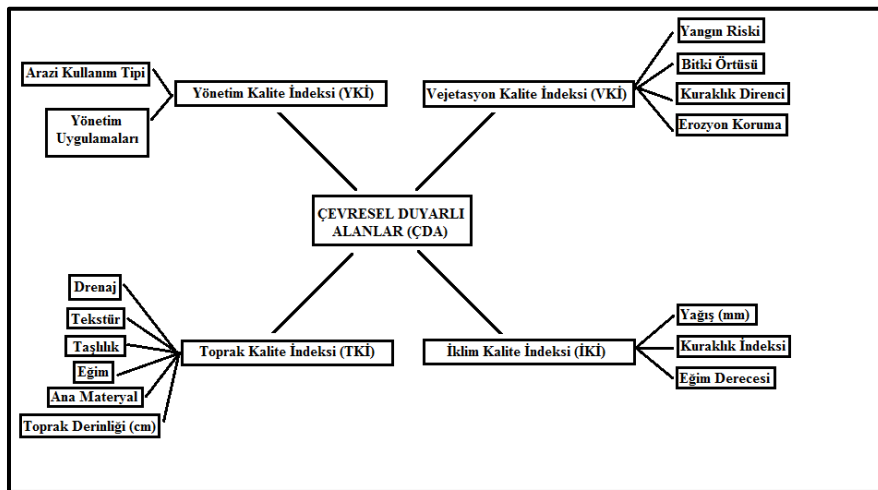
Kriter	Gösterge	Elde edilme şekli
İklim	Yağış	Meteoroloji istasyonundan alınan iklim bülteninden elde edilmiştir.
	Kuraklık indeksi	Bagnouls-Gaussen kuraklık indeksi (BGKİ) kullanılarak hesaplanmıştır. Formül; $BGKİ = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i)k_i$ Formülde; ti= (i) ayı için ortalama sıcaklık değeri °C Pi= (i) ayı için toplam yağış miktarı (mm) ki= (2ti-Pi>0) olduğu ayların tüm aylara oranıdır.

Tablo 2. Çölleşme risk (ÇR) sınıfı (Desertlinks, 2004).

Risk Sınıfı	Sınıf Değer Aralığı
Risk Yok	ÇR<1,49
Düşük Risk	1,50<ÇR<2,49
Orta Risk	2,50<ÇR<5,49
Yüksek Risk	ÇR>5,50

#### 2.4. Çevresel duyarlı alan (ÇDA) hassaslık indeksinin hesaplanması

İklim, toprak, bitki örtüsü ve arazi kullanımı bakımından çölleşme tehdidi altında bulunan hassas alanların belirlenmesi önemlilik arz etmektedir. DIS4ME sisteminde ÇDA hassaslık indeksi bir arazi biriminde çölleşme riskine neden olan faktörlerin anlaşılmasına yardımcı olan bileşik bir indekstir. Bu indeks; İklim Kalite İndeksi (İKİ), Toprak Kalite İndeksi (TKİ), Vejetasyon Kalite İndeksi (VKİ) ve Yönetim Kalite İndeksi (YKİ) olmak üzere 4 kalite indeksi kullanılarak hesaplanmaktadır (Şekil 3). İklim kalite indeksi (Yağış, Kuraklık indeksi, Eğim derecesi), Toprak kalite indeksi (Drenaj, Tekstür, Ana materyal, Taşlılık, Toprak Derinliği, Eğim), Vejetasyon kalite indeksi (Yangın riski, Bitki örtüsü, Kuraklık direnci, Erozyon koruma) ve Yönetim kalite indeksi (Arazi kullanım tipi, Yönetim uygulamaları) indis parametrelerinin temel fiziksel ve sosyo-ekonomik katmanları mutlak bir değere sahip değildir. Bu nedenle teorik olarak sistem içerisinde indis değerlerinin her bir parametresine 1-2 arasında değişen skor değerleri verilerek hesaplamalar yapılmaktadır (Tablo 2). Düşük skorlar düşük arazi bozulması duyarlılığını ifade ederken yüksek skorlar yüksek arazi bozulmasını ifade etmektedir (Giordano ve ark., 2002). DIS4ME sisteminde indeks değerlerinin hesaplanmasında Eşitlik 2,3,4,5 kullanılmaktadır. İndeks değerleri hesaplandıktan sonra Eşitlik 6 kullanılarak ÇDA hassaslık indeksi değeri belirlenmektedir (Brandt ve Geeson, 2015). Sistem dört kalite indeksinin geometrik ortalamasını alarak ÇDA hassaslık kalite indeksini hesaplamaktadır.



Şekil 3. Çevresel duyarlı alan (ÇDA) belirlenmesinde kullanılan indisler (Desertlinks, 2004).

$$T_{ki} = (\text{Ana materyal} \times \text{Tekstür} \times \text{Toprak derinliği} \times \text{Eğim})^{1/4} \quad (2)$$

$$I_{ki} = (\text{Yağış/Potansiyel evapotranspirasyon}) \quad (3)$$

$$V_{ki} = (\text{Yangın riski} \times \text{Erozyon koruma} \times \text{Kuraklık direnci} \times \text{Bitki örtüsü})^{1/4} \quad (4)$$

$$Y_{ki} = (\text{Arazi kullanım tipi} \times \text{Yönetim uygulamaları})^{1/2} \quad (5)$$

$$\text{ÇDA} = (T_{ki} * I_{ki} * V_{ki} * Y_{ki})^{1/4} \quad (6)$$

Çölleşmede arazi bozulmasının durumu ve ÇDA hassaslık indeksi değerleri birlikte dikkate alınarak genellikle 4 tip ÇDA hassaslık indeksi sınıfı (Tablo 3) kullanılmaktadır (Kosmas ve ark., 1999)

Tablo 3. İndeks aralığına göre ÇDA Hassaslık İndeksi Sınıfı (Desertlinks, 2004).

ÇDA TİPİ	ALT TİP	ÇDA ARALIĞI
<b>Kritik</b>	C3	>1,53
<b>Kritik</b>	C2	1,42-1,53
<b>Kritik</b>	C1	1,38-1,41
<b>Kırılğan</b>	F3	1,33-1,37
<b>Kırılğan</b>	F2	1,27-1,32
<b>Kırılğan</b>	F1	1,23-1,26
<b>Potansiyel</b>	N	1,17-1,22
<b>Tehdit Olmayan</b>	P	<1,17

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Çalışma Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çalışma alanının genel toprak özelliklerini belirlemek amacıyla seçilen 30 noktada 0-30 cm derinlikten toprak örnekleme yapılmıştır. Çalışma alanı toprakları genellikle kil içeriği yüksek olan Killi Balçık ve Kil sınıfına giren ağır bünyeli topraklardır. Toprak özelliklerindeki değişkenlik varyasyon katsayılarına (VK) göre düşük (% 15'den az), orta (% 15-35) ve yüksek (% 35'dan fazla) olmak üzere 3 sınıfta incelenmektedir (Başayığı ve Şenol, 2009). Bu kapsamda çalışma alanı toprakları değerlendirildiğinde (Tablo 4), 1998-2004 yılları arasında yapılan ağaçlandırma alanlarında toprak özellikleri düşük ve orta seviyede değişkenlik gösterirken sadece toprak organik madde (TOM) içeriği yüksek değişkenlik (VK=%36,60) göstermiştir. 2009-2015 yılları arasında ağaçlandırma yapılan alanlardan alınan toprak örneklerinde ise elektriksel iletkenlik (EC; VK= %118,43), tuz (VK= %109,45) ve toprak organik madde (TOM; VK= %77,48) içeriğinin değişkenliğinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında en düşük değişkenliğe sahip toprak özelliği toprak reaksiyonu (pH) olup, topraklar hafif alkalın (7,13-7,64) sınıfına girmektedir (Tüzüner, 1990). Çalışma alanı toprakları hacim ağırlığı (HA) bakımından değerlendirildiğinde ise her iki örnekleme alanında ortalama 1,37 ve 1,52 g/cm<sup>3</sup> ile bitki gelişimi için uygun topraklardır. Singh ve ark. (1992) bitki gelişimi için elverişli bir toprağın HA değerinin 1,3 g/cm<sup>3</sup> olduğunu, ancak HA değerinin 2,0 g/cm<sup>3</sup> olduğunda bitki kök gelişiminin durmasına neden olacağını belirtmiştir. İncelenen toprakların tamamı tuzsuz özellik göstermiş olsa da örnekleme alanları birlikte değerlendirildiğinde özellikle 2009-2015 yıllarına ait ağaçlandırma alanlarından alınan toprak örneklerinde toprakların tuz ve elektriksel iletkenlik değerleri yüksek değişkenlik göstermiştir. Bu duruma ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan fidanların sulanmasında kullanılan sulama suyunun neden olduğu düşünülmektedir. Dikilen fidanların tutma yüzdesini artırmak için fidanların dikim yılını takiben yaklaşık 1-1,5 yıl alanda sulama çalışmaları yapılmıştır.

Çalışma alanı toprakları kireç içeriği (CaCO<sub>3</sub>) bakımından değerlendirildiğinde ise örnekleme alanlarının her ikisinde de orta derece de değişkenlik göstermiştir. Bu değişkenliğin ana kaynağını ağaçlandırma çalışmaları öncesinde alanda uygulanan toprak işleme çalışmaları ve ana materyalden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanında tespit edilen ana materyaller jips ve kireç taşıdır. Ağaçlandırma alanlarında toprak işleme çalışmaları neticesinde ana materyalin parçalanması sonucunda toprak özellikleri değişim göstermektedir. Yüçetürk (2010)'un belirttiği üzere, karbonatlı ana materyallerden olan kireçtaşı ve kalkerler kimyasal bileşiminde yüksek oranda kalsiyum karbonat(CaCO<sub>3</sub>) içermektedir.

Toprakların OM içeriği her iki alanda da yüksek değişkenlik göstermiştir. TOM içeriği bakımından Tablo 4 değerlendirildiğinde her iki örnekleme alanında minimum, maksimum ve ortalama değerleri bakımından TOM içeriği birbirine benzer değerler almıştır. Ancak TOM içeriğinin değişkenliği değerlendirildiğinde 1998-2004

yılları arasında ağaçlandırma alanı topraklarında değişkenlik (VK) katsayısı %36,60 iken, 2009-2015 yılları arasında ağaçlandırma alanı topraklarında değişkenlik katsayısı %77,48 'ir. Bunun nedenleri arasında 1998-2004 yıllarında yapılan ağaçlandırma çalışmaları sonrasında alanda oluşan ölü örtü tabakasının kalınlığı ve yüksekliği, ölü örtünün ayrışma derecesi, örnekleme noktalarının bulunduğu topografik yapının etkili olduğu düşünülmektedir. Toprakların OM içeriği, toprak kalitesi ve sürdürülebilir ekojeomorfolojik sistemlerin en önemli göstergesidir (Sparling, 1991; Imeson, 1995). Pardini ve ark. (2002) ile Nunes ve ark. (2011) toprak TOM içeriğinin sınır değerinin %1,70 olmasını, çölleşmenin başlangıcı olarak nitelendirmişlerdir. Buna göre, 1998-2004 yılları arasında ağaçlandırma alanı topraklarında tespit edilen ortalama %1,82 ve 2009-2015 yılları arasında ağaçlandırma alanı topraklarında tespit edilen ortalama %1,25 TOM içeriği çalışma alanının çölleşme tehdidi ile karşı karşıya olduğunu doğrulamaktadır.

Tablo 4. Çalışma alanı topraklarının tanımsal istatistikleri (N=15).

Ağaçlandırma Yılı	Parametreler	En küçük	En büyük	AO	SS	VK (%)
1998-2004	Kum (%)	30,00	45,00	39,87	3,91	9,80
	Kil (%)	30,00	43,00	35,13	3,54	10,08
	Toz (%)	22,00	27,00	25,13	1,55	6,18
	HA (g.cm <sup>-3</sup> )	0,91	1,74	1,52	0,22	14,73
	pH	7,25	7,59	7,38	0,09	1,20
	EC (dS/m)	0,13	0,19	0,16	0,02	11,25
	Tuz (%)	0,06	0,09	0,07	0,01	12,25
	CaCO <sub>3</sub> (%)	21,86	37,57	26,25	3,97	15,11
	TOM (%)	0,81	3,57	1,82	0,67	36,60
2009-2015	Kum (%)	23,00	58,00	39,93	7,73	19,36
	Kil (%)	28,00	43,00	33,47	4,27	12,77
	Toz (%)	15,00	37,00	26,87	5,30	19,74
	HA (g.cm <sup>-3</sup> )	0,94	1,89	1,37	0,30	21,81
	pH	7,13	7,64	7,38	0,16	2,13
	EC (dS/m)	0,08	2,02	0,66	0,79	118,43
	Tuz (%)	0,04	1,04	0,37	0,40	109,45
	CaCO <sub>3</sub> (%)	20,25	34,19	26,92	5,05	18,76
	TOM (%)	0,14	3,72	1,25	0,97	77,48

HA: Hacim Ağırlığı, EC: Elektriksel İletkenlik, TOM: Toprak Organik Maddesi, CaCO<sub>3</sub>: Kireç İçeriği, N: Örnek sayısı, AO: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı

### 3.2. Çalışma Alanında Çölleşme Riski ve Çevresel Duyarlı Alanlar

Çalışma alanında DIS4ME sistemi kullanılarak hesaplanan çölleşme riski ve çevresel duyarlı alanlar hassaslık skorlarına ilişkin veriler Tablo 5 te yer almaktadır. Tablo 5 incelendiğinde, DIS4ME sistemi tarafından öngörülen çölleşme kriter ve göstergeleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda çalışma alanında çölleşme riski en düşük 1,69 ile düşük risk ve en yüksek 5,25 ile orta risk sınıfında değerler almıştır. Ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı yılları bakımından çalışma alanı değerlendirildiğinde, yaklaşık olarak 20 yaşında (1998-2004) *P. nigra* bireylerinin bulunduğu alanlarda 1,69 ile en düşük çölleşme riski değeri hesaplanmıştır. Çölleşme riskinin düşük hesaplandığı alanlar vejetasyon ve toprak özelliklerinin nispeten daha iyi olduğu alanlardır. Nitekim Gül ve Erşahin (2017), Çankırı ili Yapraklı ilçesi Sarıkaya Bölgesi'nde bulunan doğal çam ormanlarında yapmış oldukları çalışmada vejetasyon kalite indeksi özelliklerinden bitki kapalılığı, bitki örtüsü tipi ve erozyondan korumaya etki eden TOM, EC ve pH gibi toprak özelliklerinin iyi olduğu alanlarda çölleşme riskinin düşük değerler aldığı belirtilmiştir.

Tablo 5. Çalışma alanı ÇR ve ÇDA ilişkin tanımsal istatistikler (N=15).

Ağaçlandırma Yılı	Parametre	En küçük	En büyük	AO	SS	VK (%)
1998-2004	ÇR	1,69	4,87	3,15	0,79	25,05
	ÇDA	1,35	1,51	1,42	0,06	4,03
2009-2015	ÇR	2,07	5,25	3,72	0,90	24,12
	ÇDA	1,36	1,52	1,46	0,05	3,53

ÇR: Çölleşme Riski; ÇDA: Çevresel Duyarlı Alan Hassaslık İndeksi, AO: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı



Çalışma alanı için çölleşme riski hesaplandıktan sonra her bir örnekleme noktasının çevresel duyarlı alan (ÇDA) tipi belirlenmiştir. DIS4ME sistemi kullanılarak hesaplanan ÇDA tipi değerleri 1,35-1,52 arasında değişen değerler almıştır (Tablo 5). DIS4ME sistemi kullanılarak belirlenen ÇDA tipi ve alt tiplerinin arazi, iklim, vejetasyon ve yönetim özelliklerine göre dağılımı incelendiğinde örnekleme noktalarının kırılgan hassaslık sınıfında (1,33-1,37, hassaslık durumuna göre F1, F2, F3 alt sınıflarının bulunduğu) ve kritik (1,42-1,53; hassaslık durumuna göre F1, F2, F3 alt sınıflarının bulunduğu) alt sınıflarında yer aldığı görülmektedir (Tablo3-5). Çalışma alanında tespit edilen kırılgan hassaslık sınıfı (F3) çalışma alanı için çölleşme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Nitekim koruma tedbirleri alınmadığı takdirde bu alanlarda bozulma devam ederek çalışma alanının tamamında çölleşme riskinin artmasına ve hassaslık sınıfının kritik hassaslık seviyesine çıkmasına neden olacaktır. Nitekim Dindaroğlu (2015) kurak ve yarı kurak alanlarda çölleşmeyi önlemek ve ÇDA hassaslık seviyesini azaltmak için yeniden ağaçlandırma projelerinin uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Örnekleme noktalarında ana risk faktörlerinin tek tek ya da birlikte çevresel duyarlı alanların tip ve alt tiplerinin değişimine neden olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında belirlenen ana risk faktörleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Düşük yıllık yağışlı iklim ile ilişkili olarak güneye bakan bir eğimde yangın riski yüksek olan bitki örtüsü türü,
- Yangın riskinin çok yüksek olduğu düşük bitki örtüsüne sahip vejetasyon yapısı,
- Çok dik yamaçlarda taşlılığın az olduğu topraklar,
- Çok dik yamaçlarda sık toprak oluşumu oluşturmaktadır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu, insan etkisi sonucu meydana gelen arazi bozulmaları ve özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda meydana gelen bitki türlerindeki azalmalar küresel bir çevre sorunu haline gelen iklim değişikliği ve çölleşme gibi çalışmalara da dikkat çekmektedir. Özellikle kurak alanlarda yapılan ağaçlandırma çalışmaları ve çalışmaların başarısının belirlenmesi çölleşme gibi küresel ölçekte büyük çevre sorunu olan çölleşme ile mücadele önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda DIS4ME sistemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda; çalışma alanında 1998-2008 yılları arasında ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı kısımlarda çölleşme riski en düşük 1,69 (düşük risk) ve en yüksek 4,87 (orta risk) 2009-2015 yılları arasında ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı kısımlarda 2,07 (düşük risk) ve 5,25(orta risk) arasında değişen değerler almıştır. Çalışma alanında daha önceki yıllarda (1998-2008) ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı kısımlarda çölleşme riskinin daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle bu alanlarda hesaplanan en düşük 1,69 risk seviyesi dikkate alındığında ilerleyen dönemlerde bu alanlarda koruma tedbirleri ve ağaçlandırma alanlarında bakım çalışmaları devam ettirildiği takdirde risk sınıfının bir alt sınıfa yani risk yok ( $CR < 1,49$ ) sınıfına geçeceği düşünülmektedir. Alanda tespit edilen ana risk faktörleri içerisinde en fazla dikkat çeken vejetasyon kalite indeksi parametrelerinden olan bitki örtüsü özellikleridir. Bu nedenle alanda bulunan otsu ve odunsu bitki taksonlarının korunması ve artırılması ile çalışma alanı için belirlenen çölleşme risk değeri ve ÇDA tipi düşük seviyeye indirilebilecektir. Çalışma alanının tamamı birlikte değerlendirildiğinde özellikle çölleşmenin hassas bir dengede yer aldığı düşük ve orta risk sınıfında bulunan çalışma alanında önlemler alınmadığı takdirde doğal dengede meydana gelebilecek bir değişim çölleşme riskinin artmasına neden olacaktır. Çalışma alanı Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesine tahsis edilmiş alan olup, ayrıca çölleşme de en fazla zarara neden olan insan faktörünün devre dışı bırakıldığı bir konuma sahiptir. Korunan alanlar çölleşme sürecinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için en uygun alanlar olup, bu tip çalışmalar benzer alanlarda uygulanarak ülkemizde çölleşme kriter ve göstergelerinin belirlenmesi ve çölleşme ile mücadele kapsamında yapılacak çalışmalara destek sağlayacaktır.

#### Teşekkür

Merhum Prof. Dr. Abdülreşit Brohi'ye 2009-2014 yılları arasında Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yapmış olduğu değerli çalışmaları için teşekkürü borç biliriz. Bu çalışma, Kübra Uluğ'a ait Lisans Bitirme çalışmasının bir bölümünden faydalanılarak hazırlanmış olup, 10-12 Mayıs 2018 tarihleri arasında Konya'da düzenlenen 1st International Congress on Plant Biology kongresinde özet metin olarak basılmıştır.

#### Kaynaklar

1. **Anonim (2007)**. Çankırı-Yapraklı-Ilgaz-Tosya Meteoroloji Bültenleri. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara

2. **Arar A, Chenchouni H, Benabderrahmane M (2009).** Climate Change and Desertification Risks Assessment in Aurès Region (Eastern of Algeria) by Using of Geomatic Data. Int. Joint Assembly of IAMAS-IAPSOIACS “MOCA-2009”, Montreal, Canada.
3. **Basso F, Bove E, Dumontet S, Ferrara A, Pisante M, Quaranta G, Taberner M (2000).** Evaluating Environmental Sensitivity at the Basin Scale Through The Use of Geographic Information Systems and Remotely Sensed Data: An Example Covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena*, 40; 19-35.
4. **Başayığıt L, Şenol H (2009).** The production of fertility maps of potential land for orchards using geographical information systems. *Journal of Plant & Environmental Sciences*, 1; 36-45.
5. **Benabderrahmane M, Chenchouni H (2010).** Assessing Environmental Sensitivity Areas to Desertification in Eastern Algeria Using Mediterranean Desertification and Land Use “MEDALUS” Model. *Int J Sustain Water Environ Syst*, 1; 5-10.
6. **Berthe, Y. (1997).** The Role of Forestry in Combating Desertification: World Forestry Congress, Antalya, Turkey.
7. **Blake G, Hartge K (1986).** Bulk density. In, *Methods of Soil Analysis: Part I*. Editör: Klute, A. American Society of Agronomy Monograph 9: Madison, pp. 363-375.
8. **Brandt J, Geeson N (2015).** Desertification Indicator System for Mediterranean Europe: Science, Stakeholders and Public Dissemination of Research Results. *Monitoring and Modelling Dynamic Environments*; 121.
9. **Budak M, Günal H, Çelik İ, Yıldız H, Acir N, Acar M (2018).** Environmental Sensitivity to Desertification in Northern Mesopotamia; Application of Modified MEDALUS by Using Analytical Hierarchy Process. *Arabian Journal of Geosciences*, 11; 481.
10. **Cangir C, Boyraz D (2008).** Climate Change and Impact of Desertification or Soil/Land Degradation in Turkey, Combating Desertification. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 5; 169-186.
11. **ÇEM (2005).** Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı, 124 s., Ankara.
12. **ÇEM (2013).** Kurak ve Yarı Kurak Alanlarda Ağaçlandırma ve Rehabilitasyon Rehberi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Erozyon Kontrolü Daire Başkanlığı, Ankara.
13. **ÇEM (2015).** Çölleşme ile Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2015-2023. . Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. Ankara. ; 148 s.
14. **ÇEM (2019).** Türkiye Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Faaliyetleri, [http://www.cem.gov.tr/erozyon/files/yayinlarimiz/CEM\\_FAALİYET\\_TR.pdf](http://www.cem.gov.tr/erozyon/files/yayinlarimiz/CEM_FAALİYET_TR.pdf), Erişim Tarihi: 09.02.2019. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Erozyon Kontrolü Daire Başkanlığı, Ankara. .
15. **Desertlinks (2004).** Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME). [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public\\_path/shared\\_folder/projects/DIS4ME/introduction.htm](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/projects/DIS4ME/introduction.htm).
16. **DESIRE (2010).** MEDALUS I, II, III, <http://www.desire-his.eu/index.php/en/recent-european-research/410-medalus-i-ii-iii>. . Erişim Tarihi: 14.12.2017.
17. **Dindaroğlu T (2015).** Resistance to the Reclamation of Environmentally Sensitive Areas Through the Establishment of a New Forest Ecosystem. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24; 1195-1203.
18. **Gee GW, Bauder JW (1986).** Particle-size Analysis. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*; 383-411.
19. **Geeson N, Brandt J, Quaranta G, Salvia R (2014).** Designing a Public Web-Based Information System to Illustrate and Disseminate The Development and Results of the DESIRE Project to Combat Desertification. *Environmental Management*, 54; 1043-1055.
20. **Geeson NA, Brandt CJ, Thornes JB (2003).** Mediterranean Desertification: A Mosaic Of Processes and Responses. John Wiley & Sons:
21. **Giordano L, Giordano F, Grauso S, Iannetta M, Sciortino M, Rossi L, Bonati G (2002).** Identification of Areas Sensitive to Desertification in Sicily Region. ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese, 301; 00060.
22. **Gül E, Erşahin S. (2017).** Yarı-Kurak Doğal Çam Ormanlarında Çölleşme Riskinin Modellenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1); 39-49.
23. **Gül E, Erşahin S (2019).** Evaluating the Desertification Vulnerability of A Semiarid Landscape Under Different Land Uses With The Environmental Sensitivity Index. *Land Degrad Dev*, 30; 811-823.
24. **Imeson A (1995).** The Physical, Chemical and Biological Degradation of the Soil. *Fantechi, E. et al*; 153-168.
25. **Jackson ML (1969).** Soil Chemical Analysis-Advanced Course. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*.

26. **Kamel A, Ali H, Ghaleb F, Mario M, Tony G (2015).** GIS-Based Mapping of Areas Sensitive to Desertification in a Semi-Arid Region in Lebanon. *South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics*, 4; 91-103.
27. **Kosmas C, Ferrara A, Briasouli H, Imeson A (1999).** Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification. The MEDALUS Project Mediterranean Desertification And Land Use. Manual on Key Indicators Of Desertification And Mapping Environmentally Sensitive Areas To Desertification. Edited By: C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union, 18882; 31-47.
28. **Kosmas C, Tsara M, Moustakas N, Kosma D, Yassoglou N (2006).** Environmentally Sensitive Areas and Indicators of Desertification. In, *Desertification In The Mediterranean Region. A Security Issue.* Springer Pp. 525-547.
29. **McLean E (1982).** Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*; 199-224.
30. **Nunes AN, De Almeida AC, Coelho CO (2011).** Impacts of Land Use and Cover Type on Runoff and Soil Erosion in A Marginal Area of Portugal. *Applied Geography*, 31; 687-699.
31. **OGM (2015).** Türkiye Orman Varlığı 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
32. **Ozsohain E, Eroglu I (2018).** Environmental Degradation Analysis Using Gis In Tekirdag Province, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27; 9650-9661.
33. **Pansu M, Gautheyrou, J. (2007).** Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer Science & Business Media:
34. **Pardini G, Dunjó G, Barrena R, Gispert M, Vigna Guidi G (2002).** Land Use Effects on Soil Response to Runoff Generation and Sediment Yield in The Serra De Rodes Catchment, Alt Emporà, NE Spain. *Man And Soil at the Third Millenium.* Logrono: Geofoma Ediciones; 1323-1339.
35. **Rasmy M, Gad A, Abdelsalam H, Siwailam M (2010).** A Dynamic Simulation Model of Desertification in Egypt. *The Egyptian Journal of remote sensing and space science*, 13; 101-111.
36. **Rhoades J (1982).** Soluble Salts. *Methods of soil analysis. Part, 2*; 167-178.
37. **Seager R, Ting M, Held I, Kushnir Y, Lu J, Vecchi G, Huang HP, Harnik N, Leetmaa A, Lau NC (2007).** Model Projections of an Imminent Transition to a more Arid Climate in Southwestern North America. *Science*, 316; 1181-1184.
38. **Singh KK, Colvin T, Erbach D, Mughal A (1992).** Tilth Index: an Approach to Quantifying Soil Tilth. *Transactions of the ASAE*, 35; 1777-1785.
39. **Sparling G (1991).** of Conference. Organic-matter and Soil Microbial Biomass C as Indicators of Sustainable Land Use. In, *Evaluation for sustainable land management in the developing world: proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai, Thailand, 15-21 September 1991.* [Bangkok, Thailand: International Board for Soil Research and Management, 1991].
40. **TUBITAK (2015).** Desertification report of Turkey. Ankara.
41. **Türkeş M (2010).** BM Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin İklim, İklim Değişikliği ve kuraklık açısından çözümlenmesi ve Türkiye'deki uygulamalar (Analysis of the UN Convention to Combat Desertification with respect to the Climate, Climate Change and Drought, and Applications in Turkey)'. *Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu Tebliğler Kitabı*; 17-18.
42. **Türkeş M (2012).** Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20; 7-55.
43. **Tüzüner A (1990).** Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
44. **UNCCD (1995).** United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly Africa.
45. **UNCCD (2011).** Desertification: A Visual Synthesis. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Geneva: Zoi Environment Network.
46. **Vanmaercke M, Poesen J, Maetens W, de Vente J, Verstraeten G (2011).** Sediment Yield as a Desertification Risk Indicator. *Science of the Total Environment*, 409; 1715-1725.
47. **Yüçetürk G (2010).** Yapay Mermerde Kullanılan Kuvars ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Meknik Özellikleri. *SDU International Journal of Technological Science*, 2; 72-80.