

Konya Karapınar Kumul Ağaçlandırmaları Alanında Ağaç Türü ve Arazi Kullanım Değişikliklerinin Toprak Özelliklerine Etkilerinin Tespiti

Bayram Hopur^{1,*}, Ömer Kara²

^{1,*} Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 08.11.2024

Kabul: 04.07.2025

Yayın: 30.08.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada farklı kullanım ve bitkilendirme altındaki arazilerin toprak özelliklerinin değişikliğine yönelik etkileri açısından incelemeler gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı Konya ili Karapınar ilçesi sınırlarında yer alan Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi arazisini kapsamaktadır. Araştırma alanı ülkemizde çölleşme riskinin en yüksek olduğu alanlar arasındadır. Araştırma alanında farklı arazi kullanımları ibrel ağaçlandırma (*Pinus nigra* Arnold. ve *Cedrus libani* A. Rich), yapraklı ağaçlandırma (*Robinia pseudoacacia* L. ve *Eleagnus* sp. L.), mera, tarım ve kumul alanları ile temsil edilmiştir. Araştırmada farklı arazi kullanım şekilleri altındaki 60 toprak profilden toplam 220 adet toprak örneği alınmış ve örneklerle ilişkin tekstür (kum, toz, kil), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç oranı (CaCO₃), değişebilir kanyonlar (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺), organik madde, toplam azot ve yarıyışlı fosfor analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprakların genel olarak balçıklı kil, killi balçık tekstüründe olduğu ancak kumul alanında kil oranının ortalama %3,76 ile çok düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Tüm alanlar çok yüksek kireçli sınıfta, alkali toprak reaksiyonu özelliğinde ve çok düşük elektriksel iletkenlik düzeyinde topraklara sahiptir. Kumul alanlarındaki organik madde düzeyi diğer alanlara göre daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. İstatistiksel analizlere göre arazi kullanım faktörünün % kum, % toz, % kil, pH, CaCO₃, elektriksel iletkenlik, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ ve Na⁺ miktarları üzerinde istatistiksel olarak p<0.001 önem düzeyi ile anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında bitkilendirme faaliyetlerinin organik madde miktarını önemli ölçüde iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Bu alanlardaki organik madde miktarındaki artış toprakların su tutma kapasitesini ve besin içeriklerini de olumlu yönde etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler – Çölleşme ile mücadele, ekolojik değerlendirme, Karapınar, kumul ağaçlandırmaları, toprak özellikleri

Determination of the Effects of Land Use Changes and Tree Species on Soil Properties in the Area of Konya Karapınar Sand Dune Afforestations

^{1,*} General Directorate of Combating Desertification and Erosion, Ankara, Türkiye

² Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Trabzon, Türkiye

Article History

Received: 08.11.2024


Accepted: 04.07.2025


Published: 30.08.2025

Research Article

Abstract – In this research, investigations on soil properties under different land uses and plantations were carried out. The research was carried out in the Karapınar Desertification and Erosion Research Center area located Karapınar district of Konya province. The research area is among the areas under highest desertification risk in Türkiye. Different land uses in the research area are represented by coniferous afforestations (*Pinus nigra* Arnold. and *Cedrus libani* A. Rich), broad-leaved afforestations (*Robinia pseudoacacia* L. and *Eleagnus* sp. L.), pasture, agriculture and sand dune fields. In the research, a total of 220 soil samples were taken from 60 soil profiles under different land use forms. The texture (sand, dust, clay), soil reaction (pH), electrical conductivity (EC), calcium carbonate (CaCO₃), exchangeable cations (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺), organic matter, total nitrogen and available phosphorus analyzes were carried out in the soil samples. Soils in the research area are generally determined as clay loam texture with high level clay rates, but very low level clay rates are determined in the dune field with an average of 3.76%. In all land use types, soil properties were determined as very high in calcium carbonate level, as alkaline in soil reaction, and as very low in electrical conductivity level. Organic matter level in sand dune fields was determined lower than other land use types. It was determined that the land use factor was statistically significant with p<0.001 significance level on % sand, % dust, % clay, pH, CaCO₃, electrical conductivity, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ and Na⁺ levels. When the study results were In this study, compared with similar studies, it was concluded that planting activities significantly improved the amount of organic matter level. Organic matter level increase in these areas is positively affect the water holding capacity and nutrient content of the research area soils.

Keywords – Combating desertification, ecological assessment, Karapınar, sand dune afforestations, soil properties

¹  bayramhopur1@gmail.com

²  okara@ktu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Birçok insan kuraklık terimini, seyrek bitki örtüsü, kum tepeleri, az miktarda su, çok az veya hiç bulunmayan yüzey suları, yetersiz yağış ve yüksek sıcaklıklar dâhil olmak üzere çeşitli görüntü türlerini çağrıştıran kurak alanlarla ilişkilendirir. Bu sadece kısmen doğrudur, çünkü kuraklık, aslında, esas olarak su kıtlığı ile karakterize edilen bir iklim olgusudur ve bu nedenle, kuraklık, yağışın esas olarak kar olarak düştüğü soğuk iklimlerde de meydana gelir, her yıl çok az net yağış alan Kuzey Kutbu ve Antarktika'da yer alan "kutup çölleri" bunlara örnektir (Cherlet, M. vd., 2018).

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine ilave olarak nüfusun hızlı artışı ve sanayileşme nedeniyle doğal kaynaklarımız üzerindeki artan baskılar, yanlış arazi kullanımı ve sürdürülebilir doğal kaynak kullanımına uygun olmayan yönetim uygulamaları gibi insan kaynaklı faktörler çölleşme veya arazi bozulumu sürecini hızlandırmaktadır (ÇEM, 2017a).

Son yüzyılda meydana gelen küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en çok etkilenen ülkeler arasında Türkiye'de yer almaktadır. Bu nedenle çölleşme, arazi tahribatı, kuraklık riski ve zararlarının etkilerinin azaltılması için önemli çalışmalar yürütülmektedir (ÇEM, 2017a).

Türkiye Çölleşme Modeli (TÇM) kapsamında hazırlanan "Türkiye Çölleşme Risk Haritası"na göre, çölleşme açısından Türkiye arazilerinin %12,7'si zayıf, %53,2'si orta ve %25,5'i yüksek risk grubunda bulunmaktadır. Karapınar ilçesi arazileri de çölleşme riskinin yüksek olduğu yerler arasında yer almaktadır.

Erinç (2001), çalışmasında ülkemizin kıyı ve kara kumullarının haritasını ortaya koymuştur. Bu çalışmada ülkemizde belirlenen 75 kıyı kumulu ve 4 kara kumulu yer almıştır. Konya (Karapınar) tespit edilen 4 kara kumulu arasında yer almaktadır.

Kuzucuoğlu vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada Konya Ovası'nın kuzey kısımlarındaki kumul alanları alt bölümlere/kumul sistemlerine ayrılarak incelenmiştir. "Güney-Karapınar kumul sistemi" Konya Ovası'nda tespit edilen alt kumul sistemlerinden biridir. "Güney-Karapınar kumul sistemi" araştırma alanımız olan Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi sahasını da kapsamaktadır.

Rüzgâr "Karapınar Rüzgâr Erozyonu Kamp Alanı (Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi Sahası'nın daha geniş olan önceki sınırları)" üzerinde estiğinde, hem toz hem de kum parçacıklarından oluşan partikül içerikli bir toz bulutu oluşturmaktadır. Çöllerde parçacıkların rüzgârla hareketlerinin doğası Bagnold (1954) tarafından yakından incelenmiştir. Araştırma'da parçacıkların süspansiyon, sıçrama ve yüzey kayması şeklinde hareket ettikleri vurgulanmıştır. Sadece çapları 0,2 mm'den daha küçük olan ve arazi yüzeyinde bulunan parçacıklar rüzgârlar tarafından askıda (süspansiyon halde) taşınırlar.

TOPRAKSU (2007) kayıtları 1960 lı yıllardan önceki dönemlerde araştırma alanının otlamaya açık doğal mera niteliğinde olduğunu belirtmektedir. Bu kayıtlara göre; 1960 lı yıllara gelindiğinde aşırı otlama ve odunsu türlerin yakacak amacıyla sökülmesi ve sonucunda erozyonun artması/kumul hareketlerinin başlaması sonucunda bitki örtüsünün zayıfladığı belirtilmektedir. TOPRAKSU (2007) kayıtlarına göre 1960 lı yıllarda arazide sadece, kurak şartlara dayanıklı, hayvanların yemeyi sevmediği yöreye has bitkiler olan bitkiler olan *Marrubium parviflorum* subsp. (tapir), *Astragalus* ssp. (geven), *Alhagi maurorum* spp. (yandak) ve *Artemisia* sp. (yavşan) türleri kalmıştır.

Groneman (1968)'nin çalışmasında araştırma alanında 31 bitki türü tespit edilmiştir. Araştırma alanının 1962 yılında tel çit ihata ile çevrilmek suretiyle otlamaya kapatılarak korumaya alındığı dikkate alındığında Groneman'ın çalışmasına kadar geçen birkaç yıl içinde mera bitkilerinde 4 bitki türünden 31 bitki türüne ulaşılacak düzeyde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bağcı (1993)'nin Konya Karapınar bölgesinde bitki türlerinin tespitine yönelik yaptığı çalışmada toplam 227 bitki türü tespit edilmiştir. Akça'nın (2001) çalışmasında alanda 120 bitki türü tespit edilmiştir. Ayrıca 1968 yılında Groneman tarafından tespit edilen 31 bitki türünden çöl bitkisi nitelikli olan 7'sinin alandan kaybolduğu vurgulanmıştır. Araştırma alanında seçilen 23 deneme alanında, Hopur (2022) tarafından 9'u endemik olmak üzere toplam 104 adet otsu (yıllık/çok yıllık) bitki türü tespit edilmiştir.

Araştırma alanında gözlem yoluyla tespit edilen odunsu türler olarak; Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), iğde (*Eleagnus* sp. L.), karaağaç (*Ulmus* sp. L.), akçaağaç (*Acer* sp. L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), sedir (*Cedrus libani*), ilgin (*Tamarix germanica*) ve badem türlerinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Akasya ve iğde genelde ağaçlandırma alanları oluştururken saf karaçam ağaçlandırmaları dikkat çekmektedir. Sedir çok az miktarda bulunmaktadır. Ilgın (*Tamarix germanica*) çok yaygın olmamakla birlikte tek veya 50-100 m²

lik gruplar halinde mevcuttur. Araştırma alanında ayrıca çeşitli meyve ağaçları mevcuttur. Araştırma alanının ketir tepesi mevkindeki bazaltik sahada yer yer 1-2,5 m. arasında boylara sahip diken ardıcı (*Juniperus oxycedrus*) mevcuttur. Bu araştırma kapsamında toprak örneklerinin alındığı deneme alanları, meşcere/grup oluşturabilmiş karaçam (*Pinus nigra Arnold.*), sedir (*Cedrus libani*), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia L.*), ve iğde (*Eleagnus sp. L.*) ağaçlandırma alanları arasından seçilmiştir.

1960'larda Karapınar ilçesi göç tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Bu duruma araştırma alanının da içinde yer aldığı ilçenin güney-güneybatısında 4.000 hektar alanı kaplayan kara kumulunun rüzgâr erozyonu ile yayılması neden olmuştur. Çölleşme ve erozyonla birlikte topraklar verim gücünü kaybetmiş, kumul tepeleri yükselmiştir. Çölleşme ile mücadele çalışmaları kapsamında bu alanda, 1960'lardan günümüze kadar bitkilendirme ve koruma çalışmaları yürütülmüştür.

Arazi kullanım şekilleri ve fizyografik faktörler toprak özelliklerinin değişiminde etkili olan etmenlerin başında gelmektedir. Arazi üzerindeki bitki örtüsünün yapısı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde farklı yönde değişime neden olmaktadır.

Okur (2010)'un "Tarihsel Orta Anadolu Arazi Kullanım Dokusundaki Mera Bitkilerinin Toprak Kalitesine Etkileri" başlıklı çalışmada, Karapınar rüzgâr erozyonu koruma sahasında (Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi Sahası) yer alan geleneksel mera bitkilerinin (*Acanthalimon spp. Scobiosa spp. Astragalus micracophalus*) kök rizosfer bölgelerinde toprak agregat yapısı oluşumuna ve toprak kalitesine etkisini belirlemiştir. Çalışmada, Karapınar'daki kumul alanlarında gerçekleştirilen bitkilendirme faaliyetlerinin 50 yıllık süreçte önemli düzeyde ölü örtü oluşturduğu ortaya konulmuş ve toprak olarak tanımlanmayan bu kumulların artık toprak olarak kabul edilmesi gerektiğini belirtilmiştir. Okur (2010), ayrıca organik madde miktarının bu süreçte % 0'dan % 1,12 - 1,18 düzeyine çıktığını tespit etmiştir.

Akça (2001) 1965-2000 yılları arasındaki değişimi ortaya koymak amacıyla yaptığı "Karapınar Araştırma İstasyonu Sahasında Toprak Serilerinin Rehabilitasyon Sonrasında Değişimi" başlıklı çalışmada Karapınar Araştırma İstasyonu sahasındaki bazı toprak serilerinin alan olarak daraldığını bazı toprak serilerinin ise genişlediğini ortaya koymuştur. Bu daralma ve genişlemede en önemli etkenin rüzgârla oluşan kumul hareketleri olduğu belirlenmiştir. Toprağın genel fizyografik özelliklerinin de ortaya konulduğu araştırmada Karapınar Araştırma İstasyonu Sahasının Toprak Serilerini yansıtan haritalar oluşturulmuştur.

Araştırma alanında Groneman (1968) ve Akça (2001) belirlenen toprak birliklerinde toprak özelliklerine ilişkin incelemeler gerçekleştirmiş ve çalışmalarında bazı toprak analizlerine yer vermişlerdir.

Groneman (1968), araştırmasında 13.860 ha. alanı incelemiştir. Bu alan bugünkü araştırmamıza konu olan 8.190 ha. alanı da kapsamaktadır. Groneman (1968), çalışmada dört toprak birliğinde açılan toprak profillerinde incelemeler gerçekleştirmiş ancak "Rüzgâr kum sahası toprak birliği (Rüzgâr KSTB)"nde 1 adet ve "Göl sahası toprak birliği (GSTB)"nde ise 1 adet toprak profiline alınan toprak örneklerindeki fiziksel ve kimyasal analizlerin detaylı sonuçlarına yer vermiştir.

Akça (2001) Karapınar Araştırma İstasyonu Sahasında Toprak Serilerinin 1965-2000 yılları arasındaki değişimleri kendi çalışması ve Groneman'ın (1968) yaptığı çalışmaları karşılaştırmak suretiyle ortaya koymuştur. Çalışmada bazı toprak serilerinin alan olarak daraldığını bazı toprak serilerinin ise genişlediğini ortaya koymuştur. Bu daralma ve genişlemede en önemli etkenin rüzgârla oluşan kumul hareketleri olduğu belirtmiştir. Toprağın genel fizyografik özelliklerinin de ortaya konulduğu araştırmada Karapınar Araştırma İstasyonu Sahasının Toprak Serilerini yansıtan haritalar oluşturulmuştur.

Akça (2001), kendi araştırması ile Groneman'ın (1968) araştırması arasında toprak özellikleri açısından önemli bir fark bulunmadığını bildirmiştir. Ancak Groneman'ın araştırmasında toprak olarak kabul edilmeyen kumul sahalarının stabilizasyon ve bitkilendirme çalışmaları sonucunda geçen zamanla birlikte kendi çalışmasında toprak olarak kabul edildiğini ve bu alanda toprak özellikleri açısından bir gelişim olduğunu vurgulamıştır.

Akça (2001), "Rüzgâr KSTB"de 1 adet, "GSTB"de 2 adet, "Volkanik dağ toprak birliği"nde 1 adet ve "Kireçtaşı arazileri toprak birliği"nde ise 2 adet olmak üzere toplam 6 adet toprak profilinde alınan örneklerde fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmanın amacı; çölleşme riski altında bulunan ve uzun yıllardır koruma ve bitkilendirme çalışmaları sürdürülen bir alanda farklı arazi kullanım biçimi altındaki (ağaçlandırma, mera, tarım ve kumul) toprak özelliklerinin tespit edilmesi ve aynı alanda daha önceki çalışmalarda tespit edilen bazı toprak özellikleri ile

karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak, daha fazla alanda ve toprak özelliğinde incelemeler gerçekleştirilerek daha ayrıntılı sonuçlar ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri

Araştırma alanı $33^{\circ} 27'$ - $33^{\circ} 35'$ doğu boylamları ile $37^{\circ} 37'$ - $37^{\circ} 43'$ kuzey enlemleri arasında yer almakta olup idari yönden Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi sahasıdır (Şekil 1). Araştırma alanı içinde yerleşim bulunmamaktadır. Araştırma alanı toplamı 8.190 ha.'dır. Araştırma alanının batısında tarım arazileri, doğusunda Meke Gölü, mera arazileri ve bazı köy yerleşim yerleri, kuzeyinde Karapınar ilçe merkezi, güneyinde ise Karapınar Atış Poligonu Grup Komutanlığı'nın arazisi yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma alanı konumu

Araştırma alanının iklim özelliklerinin belirlenmesinde, alanın kuzey sınır noktasında yer alan 17.902 nolu Karapınar Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. Karapınar Meteoroloji İstasyonu rakımı 996 m. olup $33^{\circ} 31'$ doğu boylamı, $37^{\circ} 42'$ kuzey enlemi koordinatında yer almaktadır.

17.902 nolu Karapınar Meteoroloji İstasyonu ile ilgili uzun dönemli (1991-2020) rasat verileri dikkate alındığında; yıllık ortalama sıcaklık $11,1^{\circ}\text{C}$ ve yıllık yağış miktarı ise 281,3 mm. ile araştırma alanı Thornthwaite yöntemine göre “yarı kurak” iklim sınıfına girmektedir. Araştırma alanının yer aldığı bölgenin iklimi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır (MGM, 2020b).

Hâkim rüzgâr yönü kuzey-kuzeydoğu, yıllık ortalama rüzgâr hızı 3,5 m/sn dir. Erozyon yönünden önemli rüzgârlar ise güney-güneybatı yönünden esmekte olup 1962 Mart ayında hızı 110 km/saat'e varan rüzgâr hızı tespit edilmiştir (TOPRAKSU, 2007).

İç Anadolu Bölgesinin alçak arazisinde yaygın tortul anakaya gruplarından biri taşlaşmamış olan ve anamateryal olarak adlandırılabilir gevşek tortullardır. Araştırma alanının da içinde yer aldığı İç Anadolu Bozkırının bir bölümü 4. zamanda Pleistosen'de oluşmuş geniş gölün tabanında birikmiş kireçli ağır balçık materyallerden oluşmuştur. Yine İç Anadolu'da akarsu tortulları da bulunmaktadır. Bu akarsu tortullarının üzerine çevredeki volkan tüflerinin taşınması ve eski göl tortullarının üzerine 1-1,5 m kalınlıkta yığılması ile oluşmuştur (Kantarıcı, 2011).

TOPRAKSU (2007) kayıtlarına göre 1960 lı yıllarda arazide sadece, kurak şartlara dayanıklı, hayvanların yemeyi sevmediği yöreye has bitkiler olan bitkiler olan *Marrubium parviflorum* subsp. (tapir), *Astragalus* ssp.

(geven), *Alhagi maurorum* spp. (yandak) ve *Artemisia* sp. (yavşan) türleri kalmıştır. Sonraki dönemlerde *Acantholimon venustum*, *Bromus tectorum*, *Erodium cicutarium* (dönbaba), *Erysimum crassipes*, *Haplophyllum thesioides*, *Kochia prostrata*, *Marrubium parviflorum*, *Minuartia anatolica*, *Noaea mucronata*, *Peganum harmala* (üzerlik otu), *Salicornia europaea*, *Salsola kali* (soda otu), *Salvia cryptantha* (tapir), *Stipa holosericea*, *Teucrium orientalis*, *Teucrium polium* (yer meşesi), *Thymus sipyleus* (kekik) ve diğer bitki türleri alana gelmiştir.

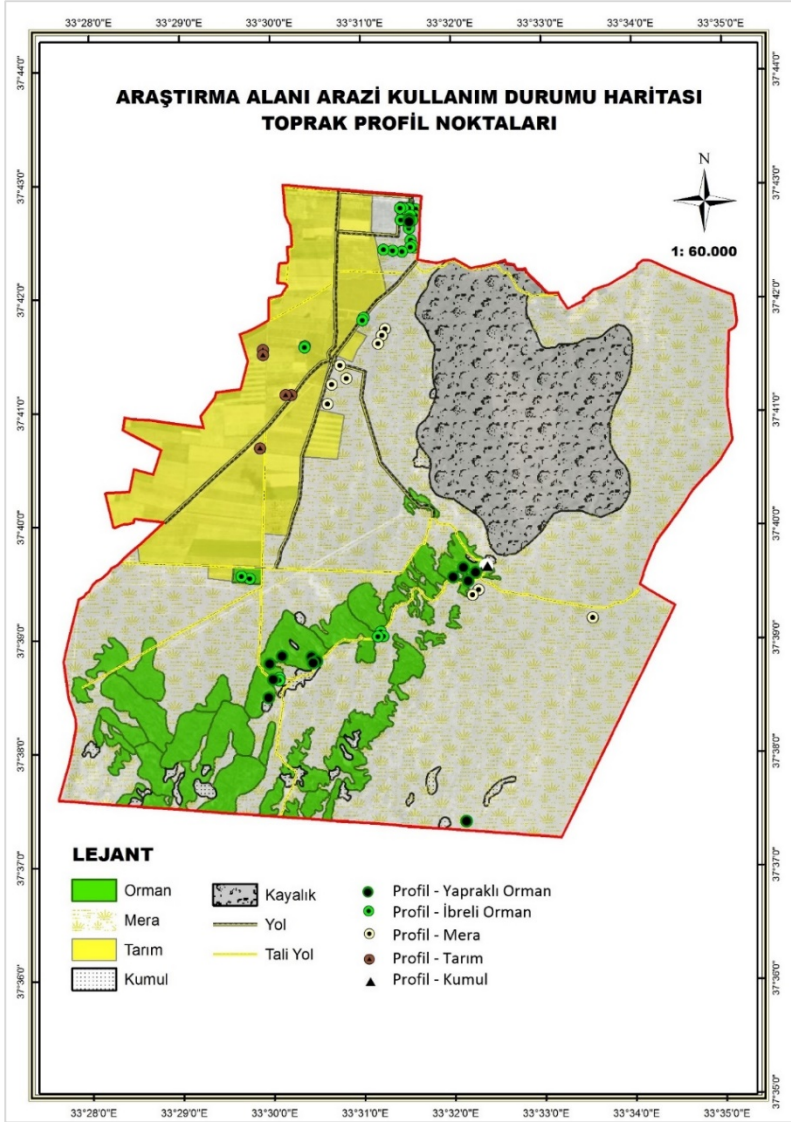
Ağaçlandırma çalışmaları kapsamında alanda yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), ığde (*Eleagnus* sp. L.), karaağaç (*Ulmus* sp. L.), akçaağaç (*Acer* sp. L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), sedir (*Cedrus libani*), ılgın (*Tamarix germanica*) ve badem türleri ile dikimler yapılmıştır. Akasya ve ığde genelde karışık ağaçlandırma alanları oluştururken karaçam türünde saf meşcere ağaçlandırmaları dikkat çekmektedir. Sedir çok az miktarda bulunmaktadır. Ilgın (*Tamarix germanica*) çok yaygın olmamakla birlikte tek veya 50-100 m² lik gruplar halinde mevcuttur. Araştırma alanında ayrıca az miktarda elma, kayısı, erik vb. çeşitli meyve ağaçları mevcuttur. Araştırma alanının ketir tepesi mevkindeki bazaltik sahada yer yer 1-2,5 m. arasında boylara sahip Diken Ardıcı (*Juniperus oxycedrus*) mevcuttur. Araştırma alanında tek ve çok yıllık mera bitkileri mevcuttur.

2.2. Materyal

Araştırma alanının topografik haritaları (1/25.000), uydu görüntüleri, jeoloji haritası, meşcere haritası, araştırma istasyonu kayıtları, araştırma alanına ait iklim verileri, farklı arazi kullanımlarında yapılan yetiştirme ortamı ölçümleri ile bu alanlardan alınan 60 toprak profiline ait 220 adet toprak örneği araştırma materyalini oluşturmaktadır.

2.3. Yöntem

Araştırma alanında, güncel arazi kullanımının belirlenmesinden sonra, 4 farklı arazi kullanımını (ağaçlandırma, mera, tarım, kumul) temsil edecek şekilde toplam 60 adet toprak profili açılmış ve açılan toprak profillerinden toplam 220 adet toprak örneği alınmıştır. Araştırma kapsamında incelenen toprak profil noktaları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Araştırma alanı arazi kullanım haritası

Toprak örneği alınan alanların dağılımı; 28 adet ibrelî ağaçlandırma (*Pinus nigra* Arnold. ve *Cedrus libani* A. Rich), 14 adet yapraklı ağaçlandırma (*Robinia pseudoacacia* L. ve *Eleagnus* sp. L.), olmak üzere toplam 42 adet ağaçlandırma alanı, 10 adet mera, 5 adet tarım ve 3 adet kumul alanı şeklindedir.

Bu araştırma kapsamında toprak örneklerinin alındığı deneme alanları, meşcere/grup oluşturabilmiş Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Sedir (*Cedrus libani*), Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), ve İğde (*Eleagnus* sp. L.) ağaçlandırma alanları arasından seçilmiştir. Ağaçlandırma alanları d 1,30 cm. çapı 10 cm. ve üzeri olan, % 50 ve üzeri meşcere kapalılığına sahip alanlar arasından seçilmiştir.

Araştırma alanındaki toprak yapısında horizonlanma mevcut olmadığından dolayı açılan profillerde 0-10, 0-30, 30-60, 60-100 cm derinlik kademelerine göre toprak örnekleri doğal yapısı bozulmuş örnekleme yöntemiyle alınmıştır.

Araştırma alanında farklı arazi kullanımlarından temin edilen toprak örnekleri laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Toprak örneklerinde kum, toz, kil, toprak türü, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), toplam kireç (CaCO_3), organik madde, toplam azot (TN), yarıyışlı fosfor ve değişebilir kation (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) analizleri yapılmıştır.

Araziden temin edilen toprak örnekleri, laboratuvarın toprak kurutma alanında kağıt üzerine serilmiş ve hava kurusu hale gelinceye kadar beklenmiştir. Kurutma aşaması sonrasında örnekler, porselen havanlarda uygun yöntemle öğütülmüştür. Sonraki aşamada 2 mm'lik elekten geçirilen bu örneklerin ince kısmı cam kavanozlara, iri kısmı (iskelet) ise polietilen torbalara konularak analize hazır hale getirilmiştir.

Analize hazır hale getirilen (2 mm'den ince kısım) toprak örnekler Bouyoucos'un hidrometre yöntemi doğrultusunda mekanik analize tabi tutulmuştur. Bu analiz sonucunda kum, toz ve kil oranları tespit edilmiştir. Bu işlemde sonra tespit edilen kum, toz ve kil oranlarının toprak türü (tekstürü) sınıflarının ayırımı için hazırlanan özel uluslararası tekstür üçgeni sınıflamasına (E. C. Tommerup) göre toprak türü tespit edilmiştir.

Toprak reaksiyonu (pH), Jenway marka cihaz yardımıyla cam elektrot yöntemiyle belirlenmiştir. Aktüel asitlik için yapılan analiz 1/2,5 oranına sahip arı suda gerçekleştirilmiştir.

Toprak örneklerinin Elektriksel İletkenliği (EC), Konduktivite marka cihaz kullanılarak cam elektrot yöntemi ile tespit edilmiştir. EC analizi 1/2,5 oranında arı suda yapılmış ve milisimens/cm olarak kaydedilmiştir.

Toplam kireç (CaCO_3), Scheibler kalsimetresinde %10 HCl ile tepkimeye giren CaCO_3 'ün çıkardığı gaz hacmi yöntemine göre tespit edilmiştir.

Topraktaki organik madde, modifiye edilmiş Walkley-Black ıslak yakma yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Toplam azot (TN), Leco FP-428 azot tayin cihazında kuru yakma yöntemine göre tespit edilmiştir. Yöntemde toprak örneği, oksijenle yüksek sıcaklıkta yakılmakta ve azot (N_2) miktarı % olarak ölçülmektedir.

Yarayışlı fosfor Olsen ve ark (1954) tarafından geliştirilen ekstrakt çözeltilisine (0.5 M NaHCO_3) geçen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemi esasına dayanan sodyum bikarbonat analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde değişebilir katyonların (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) analizinde, toprak örneklerine 1 Normal Nötr Amonyum Asetat çözeltilisi ilave edilmiş, çalkalama cihazında 15 dk karıştırılarak elde edilen toprak süspansiyonu Whatman 42 filtre kâğıdından geçirilmiştir. Filtreleme sonrası, süzekte toplanan katyonların "Shimadzu AA-6601 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi" ile ölçülmesi ile analiz gerçekleştirilmiştir.

Arazide alınan 220 adet toprak örneğine ilişkin analiz sonuçları sayısal ortama aktarılmış ve istatistiksel analize hazır hale getirilmiştir. Toprak analizi sonuçları ile ilgili istatistik analizler gerçekleştirilmiştir.

Toprak analizi sonuçları ile ilgili istatistik analizler gerçekleştirilmiştir. İstatistik analizlerde öncelikle varyansların homojen olup olmadığının anlaşılması için varyans analizi yapılmış, homojen bulunan sonuçlar için Anova testi uygulanmış, homojen olmayan sonuçlar için ise Welch testi uygulanmıştır. Farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunanlar için çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar için Tamhane T2 testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Fiziksel analizler

Kum oranları ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %48,30; yapraklı ağaçlandırma alanında %76,23; mera alanında %75,85; tarım alanında %42,93; kumul alanında ise %94,13 olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1

Toprakların kum içeriğine ilişkin temel istatistik veriler

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort.Kum (%)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Kum (%) İbrelî Ağaçlandırma	28	103	48,30	22,52	2,22	43,90	52,70	2,07	87,05
Yapraklı Ağaçlandırma	14	52	76,23	20,92	2,90	70,40	82,05	13,38	93,82
Mera	10	30	75,85	15,95	2,91	69,90	81,80	31,95	92,25
Tarım	5	18	42,93	19,37	4,57	33,30	52,57	12,67	74,90
Kumul	3	9	94,13	1,31	0,44	93,12	95,13	91,10	95,12

Toz oranları ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %11,06; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %4,43; Mera alanında %7,10; Tarım alanında %13,75; Kumul alanında ise %2,11 olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2

Arazi kullanımına göre toprakların toz oranının değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort.Toz (%)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Toz (%) İbrelî Ağaçlandırma	28	103	11,06	5,73	0,56	9,94	12,18	1,29	28,64
Yapraklı Ağaçlandırma	14	52	4,43	4,19	0,58	3,27	5,60	1,28	16,11
Mera	10	30	7,10	5,02	0,92	5,23	8,98	1,29	20,42
Tarım	5	18	13,75	4,75	1,12	11,39	16,11	6,05	20,58
Kumul	3	9	2,11	0,16	0,06	1,98	2,24	2,00	2,49

Kil oranları ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %40,6; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %19,4; Mera alanında %17,1; Tarım alanında %43,3; Kumul alanında ise %3,76 olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3

Arazi kullanımına göre toprakların kil oranının değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort.Kil (%)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Kil (%) İbrelî Ağaçlandırma	28	103	40,64	17,96	1,77	37,13	44,15	10,94	77,88
Yapraklı Ağaçlandırma	14	52	19,36	16,94	2,35	14,64	24,07	3,60	71,51
Mera	10	30	17,05	12,33	2,25	12,44	21,65	3,67	55,60
Tarım	5	18	43,32	15,08	3,55	35,82	50,82	19,05	66,75
Kumul	3	9	3,76	1,33	0,44	2,74	4,79	2,88	6,90

Kum, toz ve kil oranları ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 4) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün % kum, % toz, % kil miktarları üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 4

Varyans analizi sonuçları (kum, toz ve kil)

Varyansların Homejenlik Testi
(Test of Homogeneity of Variances)

	Levene Statistic	df 1	df 2	Sig.
Kum	7,273	4	207	0
Toz	6,701	4	207	0
Kil	7,287	4	207	0

*Sig.; $p > 0.05$; homojen

Tablo 5

Welch testi sonuçları (kum, toz ve kil)

Ortalamaların Eşitliği Testi
(Robust Tests of Equality of Means)

		Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Kum	Welch	141,994	4	66,803	0
Toz	Welch	96,626	4	65,702	0
Kil	Welch	137,472	4	67,328	0

a. Asymptotically F distributed.

3.2. Diğer toprak özellikleri

Diğer toprak özellikleri ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; pH, CaCO₃, elektriksel iletkenlik (EC), Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ ve Na⁺ parametrelerinde varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve arazi kullanım faktörünün pH, CaCO₃, elektriksel iletkenlik, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ ve Na⁺ miktarları üzerinde $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 6
Bazı toprak özelliklerine ilişkin Varyans analizi

Varyansların Homojenlik Testi (Test of Homogeneity of Variances)					
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
pH	3,256	4	215	0,013	
CaCO ₃	5,794	4	215	0,001	
Organik madde	1,84	4	215	0,122	
Toplam azot	1,964	4	215	0,101	
P ₂ O ₅	2,211	4	215	0,069	
Elektriksel iletkenlik	30,562	4	215	0,000	
Ca	3,997	4	215	0,004	
Mg	8,086	4	215	0,000	
K	8,859	4	215	0,000	
Na	7,482	4	215	0,000	

*Sig.; p>0.05; homojen

Tablo 7
Welch testi sonuçları

Ortalamaların Eşitliği Testi (Robust Tests of Equality of Means)					
		Statistic ^a	df1	df2	Sig.
pH	Welch	14,083	4	56,239	0
CaCO ₃	Welch	23,933	4	51,093	0
Elektriksel iletkenlik	Welch	13,814	4	47,478	0
Ca	Welch	39,972	4	69,569	0
Mg	Welch	297,894	4	69,451	0
K	Welch	25,69	4	62,493	0
Na	Welch	19,598	4	61,195	0

a. Asymptotically F distributed.

Varyans analizi sonuçlarına göre; organik madde, toplam azot (TN) ve P₂O₅ parametrelerinde varyanslar homojen bulunmuştur (Tablo 8). Bu parametreler için Anova testi uygulanmıştır. Anova testi sonucunda organik madde, total azot ve P₂O₅ parametreleri için gruplara göre farklılık istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Tablo 8). Bu nedenle bu parametreler için çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır.

Tablo 8
Organik madde, toplam azot ve yarayışlı fosfor içeriklerine ait Anova testi sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Organik madde	Gruplar arası	34,802	4	8,7	1,298	0,272
	Gruplar içi	1440,604	215	6,7		
	Toplam	1475,406	219			
Toplam azot	Gruplar arası	0,089	4	0,022	1,134	0,342
	Gruplar içi	4,217	215	0,02		
	Toplam	4,306	219			
P ₂ O ₅	Gruplar arası	4944,86	4	1236,215	1,626	0,169
	Gruplar içi	163418,249	215	760,085		
	Toplam	168363,109	219			

3.3. Toprak Reaksiyonu

Araştırmamız kapsamında; pH değeri ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 7,85; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 7,90; Mera alanında 7,84; Tarım alanında 7,93; Kumul alanında ise 8,12 olarak belirlenmiştir (Tablo 9).

pH değeri ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün pH değeri üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 9
Arazi kullanımına göre toprakların pH değeri

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. pH	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek	
						Alt Sınır	Üst Sınır			
pH	İbrelî Ağaçlandırma	28	104	7,85	0,33	0,03	7,78	7,91	7,00	8,40
	Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	7,9	0,31	0,04	7,82	7,99	7,00	8,60
	Mera	10	36	7,84	0,24	0,04	7,76	7,92	7,10	8,20
	Tarım	5	18	7,93	0,23	0,05	7,81	8,04	7,50	8,50
	Kumul	3	9	8,12	0,08	0,03	8,06	8,19	8,00	8,20

3.4. CaCO₃ Oranı

Toplam kireç (CaCO₃) oranı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %61,47; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %63,90; Mera alanında %55,37; Tarım alanında %61,58; Kumul alanında ise %67,23 olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Sınır değerler (Ülgen ve Yurtsever, 1974) dikkate alındığında toplam kireç miktarı; tüm alanlarda çok yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

CaCO₃ oranı ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün CaCO₃ oranı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 10
Arazi kullanımına göre toprakların CaCO₃ oranı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. CaCO ₃ %	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek	
						Alt Sınır	Üst Sınır			
CaCO ₃ (%)	İbrelî Ağaçlandırma	28	104	61,47	5,50	0,54	60,40	62,54	29,30	71,01
	Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	63,91	4,18	0,57	62,76	65,06	53,02	72,47
	Mera	10	36	55,37	7,59	1,26	52,80	57,94	39,62	65,85
	Tarım	5	18	61,58	4,16	0,98	59,51	63,65	56,36	70,59
	Kumul	3	9	67,23	1,77	0,59	65,87	68,59	64,48	70,23

3.5. Organik Madde

Organik madde (OM) miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %1,86; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %1,31; Mera alanında %1,07; Tarım alanında %1,43; Kumul alanında ise %0,30 olarak belirlenmiştir (Tablo 11).

Organik madde miktarı ile ilgili yapılan varyans analizinde varyanslar homojen bulunmuştur. Yapılan Anova testi sonucunda organik madde miktarı parametresi için gruplara göre farklılık istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Tablo 8). Bu nedenle bu parametre için çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır.

Tablo 11
Arazi kullanımına göre toprakların organik madde miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. Organik Madde %	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek	
						Alt Sınır	Üst Sınır			
Organik madde (%)	İbrelî Ağaçlandırma	28	104	1,86	3,28	0,32	1,22	2,49	0,34	32,01
	Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	1,31	2,48	0,34	0,63	1,99	0,16	16,87
	Mera	10	36	1,07	0,52	0,09	0,89	1,24	0,12	2,33
	Tarım	5	18	1,43	0,47	0,11	1,19	1,66	0,49	2,22
	Kumul	3	9	0,30	0,09	0,03	0,23	0,37	0,18	0,41

3.6. Toplam Azot Oranı

Toplam azot miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %0,10; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %0,07; Mera alanında %0,06; Tarım alanında %0,07; Kumul alanında ise %0,01 olarak belirlenmiştir (Tablo 12). Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında toplam azot miktarı; İbrelî Ağaçlandırma alanında orta, Yapraklı Ağaçlandırma, Mera alanında ve Tarım alanında düşük, Kumul alanında ise çok düşük düzeyde tespit edilmiştir.

Toplam azot oranı ile ilgili yapılan varyans analizinde varyanslar homojen bulunmuştur. Yapılan Anova testi sonucunda toplam azot oranı parametresi için gruplara göre farklılık istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Tablo 8). Bu nedenle bu parametre için çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır.

Tablo 12

Arazi kullanımına göre toprakların TN oranı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. TN %	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Toplam İbrelî Ağaçlandırma	28	104	0,10	0,18	0,02	0,06	0,13	0,02	1,75
azot (%) Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	0,07	0,13	0,02	0,04	0,11	0,01	0,89
Mera	10	36	0,06	0,02	0,00	0,05	0,06	0,01	0,12
Tarım	5	18	0,07	0,02	0,01	0,06	0,08	0,03	0,11
Kumul	3	9	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02

3.7. Yarayışlı Fosfor

Yarayışlı fosfor miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 22,42 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 22,70 ppm; Mera alanında 18,36 ppm; Tarım alanında 36,83 ppm; Kumul alanında ise 14,11 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 13).

Yarayışlı fosfor miktarı ile ilgili yapılan varyans analizinde varyanslar homojen bulunmuştur. Yapılan Anova testi sonucunda yarayışlı fosfor miktarı parametresi için gruplara göre farklılık istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Tablo 8). Bu nedenle bu parametre için çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır.

Tablo 13

Arazi kullanımına göre toprakların yarayışlı fosfor miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. P ₂ O ₅ ppm	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
P ₂ O ₅ (ppm) İbrelî Ağaçlandırma	28	104	22,42	26,86	2,63	17,20	27,65	2,00	187,00
Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	22,70	35,72	4,91	12,85	32,55	1,00	233,00
Mera	10	36	18,36	14,27	2,38	13,53	23,19	3,00	66,00
Tarım	5	18	36,83	30,22	7,12	21,80	51,86	4,00	103,00
Kumul	3	9	14,11	2,76	0,92	11,99	16,23	10,00	18,00

3.8. Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik değerleri ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 0,51 mS/cm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 0,51 mS/cm; Mera alanında 0,93 mS/cm; Tarım alanında 1,03 mS/cm; Kumul alanında ise 0,25 mS/cm olarak belirlenmiştir (Tablo 14). Sınır değerler (Ülgen ve Yurtsever, 1974) dikkate alındığında elektriksel iletkenlik miktarı; tüm alanlarda çok düşük (tuzsuz) düzeyde tespit edilmiştir.

Tablo 14

Arazi kullanımına göre toprakların elektriksel iletkenlik değeri değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. EC (mS/cm)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Elektriksel iletkenlik (mS/cm) İbrelî Ağaçlandırma	28	104	0,51	0,24	0,02	0,46	0,55	0,25	1,43
Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	0,51	0,27	0,04	0,43	0,58	0,21	1,77
Mera	10	36	0,93	1,05	0,17	0,57	1,28	0,21	3,64
Tarım	5	18	1,03	1,03	0,24	0,52	1,54	0,19	4,53
Kumul	3	9	0,25	0,10	0,03	0,17	0,33	0,12	0,42

Elektriksel iletkenlik değeri ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün elektriksel iletkenlik değeri üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

3.9. Ca⁺⁺ Miktarı

Ca⁺⁺ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 2.372 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 2.193 ppm; Mera alanında 2.638 ppm; Tarım alanında 2.372 ppm; Kumul alanında ise 1.976 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 15). Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında Ca⁺⁺ miktarı; tüm alanlarda orta düzeyde tespit edilmiştir.

Ca⁺⁺ miktarı ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün Ca⁺⁺ miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 15

Arazi kullanımına göre toprakların Ca⁺⁺ miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. Ca ⁺⁺ (ppm)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Ca ⁺⁺ (ppm)									
İbrelî Ağaçlandırma	28	104	2371,63	384,41	37,69	2296,88	2446,39	1285,00	3781,00
Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	2193,32	395,90	54,38	2084,20	2302,44	1214,00	2944,00
Mera	10	36	2638,31	491,11	81,85	2472,14	2804,47	1746,00	3678,00
Tarım	5	18	2372,28	299,33	70,55	2223,42	2521,13	1937,00	2732,00
Kumul	3	9	1976,33	51,27	17,09	1936,92	2015,74	1904,00	2063,00

3.10. Mg⁺⁺ Miktarı

Mg⁺⁺ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 404 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 315 ppm; Mera alanında 317 ppm; Tarım alanında 422 ppm; Kumul alanında ise 149 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 16). Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında Mg⁺⁺ miktarı; kumul alanda düşük, diğer tüm alanlarda ise orta düzeyde tespit edilmiştir.

Tablo 16

Arazi kullanımına göre toprakların Mg⁺⁺ miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. Mg ⁺⁺ (ppm)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Mg ⁺⁺ (ppm)									
İbrelî Ağaçlandırma	28	104	404,22	79,79	7,82	385,63	416,66	198,00	508,00
Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	314,53	97,50	13,39	287,65	341,40	113,00	468,00
Mera	10	36	316,94	104,33	17,39	281,64	352,25	112,00	449,00
Tarım	5	18	422,22	48,66	11,47	398,02	446,42	278,00	483,00
Kumul	3	9	148,89	12,14	4,05	139,56	158,22	127,00	166,00

Mg⁺⁺ miktarı ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün Mg⁺⁺ miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

3.11. K⁺ Miktarı

K⁺ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 315 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 317 ppm; Mera alanında 524 ppm; Tarım alanında 365 ppm; Kumul alanında ise 198 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 17). Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında K⁺ miktarı; kumul alanda orta, diğer tüm alanlarda ise yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

K⁺ miktarı ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün K⁺ miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 17

Arazi kullanımına göre toprakların K⁺ miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. K ⁺ (ppm)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek	
						Alt Sınır	Üst Sınır			
K ⁺ (ppm)	İbrelî Ağaçlandırma	28	104	315,33	115,85	11,36	292,80	337,86	116,00	764,00
	Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	316,89	170,06	23,36	270,01	363,76	80,00	790,00
	Mera	10	36	524,28	445,51	74,25	373,54	675,02	173,00	2254,00
	Tarım	5	18	364,50	122,74	28,93	303,46	425,54	105,00	557,00
	Kumul	3	9	197,56	26,17	8,72	177,44	217,67	171,00	259,00

3.12. Na⁺ Miktarı

Na⁺ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 50 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 15 ppm; Mera alanında 30 ppm; Tarım alanında 112 ppm; Kumul alanında ise 13 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 18).

Na⁺ miktarı ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş (Tablo 6) ve yapılan Welch analizine göre arazi kullanım faktörünün Na⁺ miktarı üzerinde istatistiksel olarak p<0.001 önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 18

Arazi kullanımına göre toprakların Na⁺ miktarı değişimi

Değişkenler	Profil Sayısı	Analiz Sayısı	Ort. Na ⁺ (ppm)	Standart Sapma	Standart Hata	% 95 Güven Düzeyi		En Düşük	En Yüksek	
						Alt Sınır	Üst Sınır			
Na ⁺ (ppm)	İbrelî Ağaçlandırma	28	104	49,91	48,38	4,74	40,51	59,32	2,01	266,42
	Yapraklı Ağaçlandırma	14	53	15,01	15,83	2,17	10,65	19,37	4,11	78,38
	Mera	10	36	30,03	75,91	12,65	4,34	55,71	6,44	462,45
	Tarım	5	18	112,02	77,89	18,36	73,29	150,76	9,07	256,38
	Kumul	3	9	13,11	5,63	1,88	8,79	17,44	6,41	24,03

4. Tartışma

Araştırmada farklı arazi kullanım şekilleri altındaki 60 toprak profilinden toplam 220 adet toprak örneği alınmış ve bu örneklere ilişkin tekstür (kum, toz, kil), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç oranı (CaCO₃), değişebilir kanyonlar (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺), organik madde, toplam azot ve yarayıslı fosfor analizleri gerçekleştirilmiştir. Kum, toz ve kil oranları ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; varyanslar heterojen bulunmuş ve arazi kullanım faktörünün kum, toz, kil oranları üzerinde istatistiksel olarak p<0.001 önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanında toprakların genel olarak balçıklı kil, killi balçık tekstüründe olduğu ancak kumul alanında kil oranının ortalama %3,76 ile çok düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalamalar dikkate alındığında; İbrelî Ağaçlandırma alanları balçıklı kil, Yapraklı Ağaçlandırma alanları kumlu killi balçık, Mera alanları kumlu killi balçık, Tarım alanları balçıklı kil, Kumul alanı ise balçıklı kum tekstüründe tespit edilmiştir. Groneman (1968) ve Akça'nın (2001) araştırma alanını kapsayan çalışmalarında da genel olarak benzer toprak tekstürleri tespit edilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19

Araştırma alanında Groneman (1968) ve Akça (2001)'nin tespit ettiği toprak özelliklerinin karşılaştırması

Toprak Birliği	Ölçülen Parametre*	Araştırmacı	Minimum de- ğer	Maksimum de- ğer	Ortalama de- ğer
Rüzgâr kum sahası top- rak birliği (Rüzgâr KSTP)	pH	Groneman	7,60	7,80	7,73
		Akça	7,40	7,80	7,60
	CaCO ₃ %	Groneman	% 76,5	% 78,3	% 77,5
		Akça	% 41,1	% 44,3	% 42,5
	Tuzluluk EC (mS/cm) 25°C	Groneman	0,45	0,51	0,49
		Akça	0,85	1,20	1,00
	CEC (me/100 gr)	Groneman	2,0	3,0	2,7
		Akça	12,5	19,3	15,0
	Organik madde %	Groneman	çok düşük (< % 1) olarak belirtilmiştir		
		Akça	% 0,3	% 1,2	% 0,8

Tablo 19

Araştırma alanında Groneman (1968) ve Akça (2001)'nin tespit ettiği toprak özelliklerinin karşılaştırması (devam ediyor)

Toprak Birliği	Ölçülen Parametre*	Araştırmacı	Minimum değer	Maksimum değer	Ortalama değer
Göl sahası toprak birliği (GSTB)	pH	Groneman	7,70	8,30	8,02
		Akça	7,60	8,00	7,82
	CaCO ₃ %	Groneman	% 48,0	% 58,4	% 53,4
		Akça	% 39,9	% 51,5	% 45,4
	Tuzluluk EC (mS/cm) 25°C	Groneman	0,90	1,70	1,20
		Akça	0,58	1,60	1,14
	CEC (me/100 gr)	Groneman	10,3	12,8	11,6
		Akça	12,2	19,5	13,72
Organik madde %	Groneman	çok düşük (< % 1) olarak belirtilmiştir			
	Akça	% 0,3	% 1,0	% 0,6	
Volkanik dağ toprak birliği**	pH	Akça	7,60	7,90	7,80
	CaCO ₃ %	Akça	% 43,2	% 59,8	% 52,0
	Tuzluluk EC (mS/cm) 25°C	Akça	0,05	0,09	0,07
	CEC (me/100 gr)	Akça	13,0	16,3	14,4
	Organik madde %	Akça	% 0,6	% 1,0	% 0,8
Kireçtaşı arazileri toprak birliği**	pH	Akça	7,60	8,00	7,76
	CaCO ₃ %	Akça	% 34,5	% 53,6	% 44,8
	Tuzluluk EC (mS/cm) 25°C	Akça	0,05	0,30	0,12
	CEC (me/100 gr)	Akça	8,7	23,9	15,3
	Organik madde %	Akça	% 0,2	% 1,1	% 0,6

* 120 cm'ye kadar olan toprak derinlik kademelerinin sonuçları dikkate alınmıştır.

** Groneman (1968) çalışmasında bu toprak birliklerine ilişkin toprak örneklerinde yukarıda yer alan parametrelere yönelik olarak detay analizleri gerçekleştirilmemiştir.

Araştırma alanında toprakların pH seviyesi ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 7,85; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 7,90; Mera alanında 7,84; Tarım alanında 7,93; Kumul alanında ise 8,12 olarak alkali reaksiyon özelliğinde tespit edilmiştir. Araştırmada, arazi kullanım faktörünün pH miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Daha önce alanda araştırma yapan Groneman (1968), Akça (2001) (Tablo 19) ve Okur'un (2010) çalışmalarında da pH miktarı alkali reaksiyon gösteren düzeylerde tespit edilmiştir.

Toplam kireç (CaCO₃) oranı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %61,47; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %63,90; Mera alanında %55,37; Tarım alanında %61,58; Kumul alanında ise %67,23 olarak belirlenmiştir. Sınır değerler (Ülgen ve Yurtsever, 1974) dikkate alındığında toplam kireç miktarı; tüm alanlarda çok yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Arazi kullanım faktörünün CaCO₃ oranı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Daha önce alanda araştırma yapan Groneman (1968) ve Akça'nın (2001) çalışmalarında da çok kireçli sınıfta yer alan toplam kireç oranları tespit etmiştir. Groneman'ın (1968) çalışmasında %48,0-%78,3 arasında, Akça'nın çalışmasında ise %34,5-%58,54 arasında değişen toplam kireç oranları tespit etmiştir (Tablo 19).

Organik madde miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %1,86; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %1,31; Mera alanında %1,07; Tarım alanında %1,43; Kumul alanında ise tüm alanlardan daha düşük bir düzeyde %0,30 olarak belirlenmiştir. Organik madde miktarı ile ilgili yapılan varyans analizinde varyanslar homojen bulunmuştur. Kumul alanı dışındaki tüm arazi kullanımlarında kumul alanına göre anlamlı oranda daha yüksek organik madde miktarı tespit edilmiştir. Bu durum daha önce hareketli kumul alanı olan ancak uzun süreli bitkilendirme ve koruma çalışmaları sürdürülen bu alanlarda oluşan bitki artıklarının etkisi ve dolaylı olarak artan mikroorganizma faaliyetleri ile toprağa ulaşan organik artıkların etkisi sonucunda oluşmuştur. Groneman'ın (1968) çalışmasında organik madde düzeyinin tüm alanlarda %1'den daha düşük düzeyde tespit edildiği dikkate alındığında, alanda yürütülen bitkilendirme çalışmalarının organik madde düzeyini arttırdığı görülmektedir. Nitekim Akça (2001) ve Okur'un (2010) yaptıkları çalışmalarda da alandaki bitkilendirme çalışmalarının toprakların organik madde miktarını arttırdığına ilişkin tespitler yapılmıştır (Tablo 19). Bu alanlardaki organik madde miktarındaki artışın toprakların su tutma kapasitesini ve besin içeriklerini olumlu yönde etkilediğini söylemek mümkündür.

Toplam azot miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında %0,10; Yapraklı Ağaçlandırma alanında %0,07; Mera alanında %0,06; Tarım alanında %0,07; Kumul alanında ise %0,01 olarak tespit edilmiştir. Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında Toplam Azot miktarı; İbrelî Ağaçlandırma alanında orta, Yapraklı Ağaçlandırma, Mera alanında ve Tarım alanında düşük, Kumul alanında ise çok düşük düzeyde tespit edilmiştir. Kumul alanı dışındaki tüm arazi kullanımlarında kumul alanına göre daha yüksek toplam azot miktarı tespit edilmiştir. Bu durum daha önce hareketli kumul alanı olan ancak uzun süreli bitkilendirme ve koruma çalışmaları sürdürülen bu alanlarda oluşan bitki artıklarının etkisi ve dolaylı olarak artan mikroorganizma faaliyetleri ile toprağa ulaşan organik artıkların etkisi sonucunda oluşmuştur.

Yarayışlı fosfor (P_2O_5) miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 22,42 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 22,70 ppm; Mera alanında 18,36 ppm; Tarım alanında 36,83 ppm; Kumul alanında ise 14,11 ppm olarak belirlenmiştir. Sınır değerler (Çepel, 1988) dikkate alındığında; yarayışlı fosfor miktarı; İbrelî Ağaçlandırma, Yapraklı Ağaçlandırma ve Tarım alanında yüksek, Mera alanında orta, Kumul alanında ise düşük düzeyde tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik değeri ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 0,51 mS/cm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 0,51 mS/cm; Mera alanında 0,93 mS/cm; Tarım alanında 1,03 mS/cm; Kumul alanında ise 0,25 mS/cm olarak tespit edilmiştir. Sınır değerler (Ülgen ve Yurtsever, 1974) dikkate alındığında elektriksel iletkenlik miktarı; tüm alanlarda çok düşük (tuzsuz) düzeyde tespit edilmiştir. Arazi kullanım faktörünün elektriksel iletkenlik değeri üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. En düşük elektriksel iletkenlik değeri (%0,21- 0,27) Kumul alanında tespit edilmiştir. Daha önce alanda araştırma yapan Groneman (1968), Akça (2001) (Tablo 19) ve Okur'un (2010) yaptıkları çalışmalarda da elektriksel iletkenlik düşük düzeylerde tespit edilmiştir.

Ca^{++} miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 2.372 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 2.193 ppm; Mera alanında 2.638 ppm; Tarım alanında 2.372 ppm; Kumul alanında ise 1.976 ppm olarak belirlenmiştir. Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında Ca^{++} miktarı; tüm alanlarda orta düzeyde tespit edilmiştir. Arazi kullanım faktörünün Ca^{++} miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Mg^{++} miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 404 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 315 ppm; Mera alanında 317 ppm; Tarım alanında 422 ppm; Kumul alanında ise 149 ppm olarak belirlenmiştir. Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında Mg^{++} miktarı; kumul alanda düşük, diğer tüm alanlarda ise orta düzeyde tespit edilmiştir. Arazi kullanım faktörünün Mg^{++} miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

K^+ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 315 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 317 ppm; Mera alanında 524 ppm; Tarım alanında 365 ppm; Kumul alanında ise 198 ppm olarak belirlenmiştir. Sınır değerler (FAO, 1990) dikkate alındığında K^+ miktarı; kumul alanda orta, diğer tüm alanlarda ise yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Arazi kullanım faktörünün K^+ miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Na^+ miktarı ortalama olarak, İbrelî Ağaçlandırma alanında 50 ppm; Yapraklı Ağaçlandırma alanında 15 ppm; Mera alanında 30 ppm; Tarım alanında 112 ppm; Kumul alanında ise 13 ppm olarak belirlenmiştir. Arazi kullanım faktörünün Na^+ miktarı üzerinde istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanında uzun yıllardır sürdürülen bitkilendirme faaliyetlerinin başta organik madde ve bitki besin elementleri, toprağın su tutma kapasitesi olmak üzere toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine olumlu etkisi olmuştur. Araştırma istasyonunda bitki örtüsünün korunması ve geliştirilmesi, erozyon ve çölleşme ile mücadele çalışmaları açısından önem arz etmektedir. Ancak araştırma alanının ekolojik şartları dikkate alındığında, sürekli sulama ihtiyacı olan türlerle bitkilendirme çalışmaları yerine araştırma istasyonu ve çevresinde bölgenin ekolojik koşullarına uygun, çölleşme ve kuraklığa dayanıklı, adaptasyon dönemi sonrasında sulama ihtiyacı duymayacak türlerin kullanılması önem arz etmektedir.

Teşekkür

Bu makale Karadeniz Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı / Toprak İlimi ve Ekoloji Bilim Dalı'nda Orman Yüksek Mühendisi Bayram HOPUR tarafından hazırlanan "Konya Karapınar Kumul Ağaçlandırmalarının Bazı Ekolojik Yönlerden Değerlendirilmesi" başlıklı Doktora

Tezi (YÖK Tez No: 767044) kapsamında gerçekleştirilen çalışmanın bulgularından üretilmiştir. Bu vesile ile engin deneyimi ile araştırmanın her aşamasında sağladığı rehberliği ile araştırmaya yön veren ayrıca özverili destekleri ile yakın ilgi gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ömer KARA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yazar Katkıları

Bayram HOPUR: Çalışmayı tasarlamış, veri toplamış ve analizleri yapmıştır. Makalenin son halini okuyup değerlendirmiştir.

Ömer KARA: Çalışmayı tasarlamış, yönetmiş, sonuçları yorumlayarak değerlendirmiştir. Makalenin son halini okuyup değerlendirmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akça, E., 2001. Determination of the Soil Development in Karapınar Erosion Control Station Following Rehabilitation, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bagnold, R. A., 1954. Experiments on a Gravity-Free Dispersion of Large Solid Spheres in a Newtonian fluid under Shear. Proc. R. Soc. Lond. A., 225, 49–63.
- ÇEM., 2017a. Türkiye Çölleşme Modeli Teknik Özet, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S. ve Von Maltitz, G. (Eds.), 2018. World Atlas of Desertification, JRC-EC/UNEP, Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Çepel, N., 1988. Toprak İlimi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3416, Orman Fakültesi Yayın No: 389, İstanbul.
- Erinç, S., 2001. Jeomorfoloji II (3.Basım)(Güncelleştirenler: A.Ertek ve C. Güneysu), Der Yayınları, İstanbul.
- FAO., 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study, Rome, Italy.
- Groneman, A. F., 1968. The Soils of the Wind Erosion Control Camp Area (Karapınar, Turkey), Doktora Tezi, Agricultural University Wageningen, Netherlands.
- Hopur, 2022, Konya Karapınar Kumul Ağaçlandırmalarının Bazı Ekolojik Yönlerden Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Kantarcı, M. D., 2011. İç Anadolu'daki Otlaklarda Rüzgâr Erozyonunu Önleme Çalışmalarının Teknik ve İdari Yönden Değerlendirilmesi, Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı, Aralık, Nevşehir, Bildiriler Kitabı, 10-34.
- Kuzucuoğlu, C., Parish, R. ve Karabıyıkoglu, M., 1998. The Dune Systems of the Konya Plain (Turkey): Their Relation to Environmental Changes in Central Anatolia during the Late Pleistocene and Holocene, *Geomorphology*, 23, 2-4, 257-271.
- MGM, 2020b. İklim Sınıflaması, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=KARAPINAR> MGM İklim Sınıflaması, 02 Ağustos 2020.
- Okur, M., 2010. Tarihsel Orta Anadolu Arazi Kullanım Dokusundaki Mera Bitkilerinin Toprak Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- TOPRAKSU (Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü), 2007. Yeşeren Çöl Karapınar, Enstitü Raporu, yayımlanmamış.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Yayın Seri No: 28, Ankara.