



Relationships between plant species diversity of black pine forests and site factors in the Sütçüler district of Turkey

Merve BAŞ¹, Ali ŞENOL^{*1}, Serkan GÜLSOY¹, Kürşad ÖZKAN¹

ORCID: 0000-0000-0000-0000; 0000-0003-0237-6215; 0000-0003-2011-8324; 0000-0002-8526-7243

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Turkey

Abstract

This study was routed to analyze the connections between alpha species diversity, species richness and environmental variables of black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) forests. For this reason, the plant species were recorded by the Braun-Blanquet cover-abundance scale and changed over into fractional values extending from 0-1 in the test territories taken from the common black pine remains in the Sütçüler district. In addition, plant species, the slope position, soil depth, land surface form, soil stoniness were recorded in each sample plots. The maps of elevation, slope, and aspect were acquired from the Digital Elevation Model (DEM) of the region whereas heat and radiation index maps were obtained from aspect and slope maps. Alpha diversity was determined by Shannon, Brillouin, Simpson, and Berger-Parker indices and species richness was determined for each sample plot. To illustrate the connections between all diversity values and ecological site factors in the area, Pearson Correlation Analysis and Principal Component Analysis were implemented. Species diversity resulting from all alpha indices indicated a negative correlation with altitude and percentage of stoniness as a consequence of statistical studies, although it was positively correlated with slope degree and mean temperature levels of the plots As indicated by the outcomes from this investigation, although alpha diversity indices are addressed to natural factors, there is no substantial association between ecological site conditions and species abundance. This has resulted in that the consideration of species richness would not be enough in the studies on the relationship between diversity and the environment. Moreover, the results derived from various diversity indices are slightly different. Hence, it is additionally vital to consider this circumstance in the studies to be carried out.

Key words: biodiversity, climate, black pine, shannon index, site factor

----- * -----

Sütçüler yöresi karaçam ormanlarında bitki tür çeşitliliği ve yetiştirme ortamı ilişkileri

Özet

Bu çalışmada *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe meşcerelerinde alfa tür çeşitliliği ve tür zenginliği ile ekolojik ortam koşulları arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Sütçüler Yöresi'nde yayılış gösteren doğal karaçam meşcerelerinden alınan örnek alanlarda bitki türlerine ait bolluk verileri Braun-Blanquet yöntemine göre kayıt edilerek, 0-1 arasında değişen örtüş-bolluk değerlerine dönüştürülmüştür. Her bir örnek alanda bitki türlerinin yanı sıra yamaç konumu, toprak derinliği, arazi yüzey formu, toprak taşlılığı verileri envanter karnesine kayıt edilmiştir. Yörenin eş yükselti haritasından elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yardımıyla çevresel değişkenlerden yükselti, eğim ve bakı haritaları elde edilmiştir. Elde edilen bakı ve eğim haritalarından faydalanılarak, sıcaklık indeksi ve radyasyon indeksi haritaları oluşturulmuştur. Örnek alanlara ait alfa çeşitlilik değerlerinin hesaplanması için Shannon, Brillouin, Simpson ve Berger-Parker indislerinden yararlanılmakla birlikte, ayrıca her bir örnek alan için doğrudan tür zenginliği hesaplaması yapılmıştır. Çalışmada çeşitlilik değerleri ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkilerin tespitine yönelik sırasıyla Pearson Korelasyon Analizi ve Temel Bileşenler Analizinden yararlanılmıştır. Uygulanan analizler neticesinde farklı alfa indislerine göre hesaplanan çeşitlilik

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +902462146483; Fax.: +902462146599; E-mail: alisenol@isparta.edu.tr

değerlerinin karaçam ormanlarındaki yükselti ve topraktaki taşlılık oranının artmasıyla birlikte azaldığı, eğim ve sıcaklığın artmasıyla ise arttığı şeklinde bir sonuca varılmıştır. Çalışmada tür zenginliği ile çevresel değişkenler arasında önemli bir ilişki tespit edilemezken, bolluk verilerine dayalı indisler ile hesaplanan çeşitlilik değerlerinin yükselti, sıcaklık, eğim ve toprak taşlılığı değişkenleri ile önemli ilişkileri belirlenmiştir. Bu durum tür çeşitliliği-yetişme ortamı ilişkilerinin ele alındığı çalışmalarda sadece tür zenginliğinin dikkate alınmasının yeterli olmayacağı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca hesaplamalarda kullanılan farklı alfa çeşitlilik indislerinin çevresel değişkenlerle ilişkilerinin ortaya koyulması aşamasında da kısmi farklılıklar oluşmuştur. Dolayısıyla yapılacak olan çalışmalarda bu durumda ayrıca göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: biyolojik çeşitlilik, iklim, karaçam, shannon indeksi, yetişme ortamı

1. Giriş

İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan gıda, yapı malzemesi, ilaç ve enerji gibi çeşitli hammadde gereksinimlerinin çoğu orman ekosistemlerinden elde edilmektedir [1]. Orman ekosistemleri bu faydalarının yanı sıra ekonomik, kültürel ve sosyal yönden de insanoğluna hizmet etmektedir. İnsanlar; iş stresinden, şehrin gürültüsünden, hava kirliliğinden ve kalabalıktan uzaklaşıp, rahatlamak ve stres atabilmek amacıyla doğal alanlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bunun için sessizlik, doğal güzellikler ve temiz hava barındıran alanların rekreasyon amaçlı kullanılması orman ekosistemlerinin sosyal faydaları arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra orman kaynaklarının işletilmesiyle birçok iş kolu ortaya çıkmakta ve böylece ormanlar insanlara ekonomik yönden de fayda sağlamaktadır. İnsanoğlunun ihtiyaçlarını çeşitli yollarla karşılayan orman ekosistemlerinin devamlılığı sağlanmalı, nitelikleri iyileştirilmeli ve alan bakımından artırılması gerekmektedir.

Ülkemizde 2015 yılı itibarıyla yapılan çalışmalar sonucunda ormanlık alanların ülke yüzölçümünün yaklaşık olarak %28'ini kapladığı tespit edilmiştir. Genel ormanlık alanların %35'ini geniş yapraklı ormanlar, %54'ünü iğne yapraklı (ibrelili) ormanlar, %11'ini ise ibrelili ve geniş yapraklı karışık ormanlardan oluşmaktadır. Ülke ormanlarında en fazla yayılış gösteren türler içerisinde sırasıyla kızılçam, meşe, karaçam, kayın ve sarıçam türleri en başta gelmektedir [2].

Türkiye'de 4,2 milyon ha yayılışıyla ibrelili türler içerisinde kızılçamdan sonra yer alan karaçam, hem yayılış alanı hem de odununun kullanış koşulları bakımından önemli bir tür olarak ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde bozkıra en çok sokulan karaçam türü deniz iklimini alan ve lokal olarak nemli olan yetişme ortamlarında oldukça düşük yükseltilere inmekle birlikte, 700-1400 m yükseltiler arasında geniş alanlarda saf ormanlar, 1400-1700 m'ler arasında ise Sarıçam ve Ardıç gibi türlerle lokal karışık meşcereler kurmaktadır [3]. Bu tür yazın en sıcak dönemlerde yaşanan kuraklığa ve şiddetli kış soğuklarına dayanıklı olup, yetişme ortamındaki çeşitli toprak özelliklerine karşı tolerans seviyesi oldukça esnek [4]. Karaçamın dayanıklı ve ekolojik anlamda ortam koşullarına toleranslı olması ve geniş alanlarda yayılış göstermesi dolayısıyla oldukça farklı bitki türleriyle birliktelik gösterdiği bilinmektedir. Dolayısıyla hem geniş ölçekte hem de lokal alanlarda farklı ekolojik koşullara sahip karaçam meşcerelerinde biyolojik çeşitlilik bakımından farklılıkların olduğu tahmin edilmektedir. Fakat söz konusu bu farklı yetişme ortamı koşullarında meşcere içi çeşitlilik dağılımının nasıl şekillendiği ve bu duruma hangi ekolojik ortam koşullarının daha fazla etkili olduğu hususunda detaylı bir bilgi mevcut değildir.

Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada Isparta-Sütçüler Yöresi sınırları içerisinde farklı yetişme ortamı koşullarında yayılış gösteren doğal karaçam meşcerelerinde bitki türlerinin bolluk verilerine dayalı alfa tür çeşitliliği ile ekolojik ortam koşulları arasındaki ilişkilerin ortaya konulması hedeflenmiştir. Böylece karaçam meşcerelerinde yayılışa sahip bitki türleri, bunların dağılım frekansları, alfa çeşitlilik durumları ve bu çeşitlilik değerleri üzerinde bazı ekolojik ortam koşullarının etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

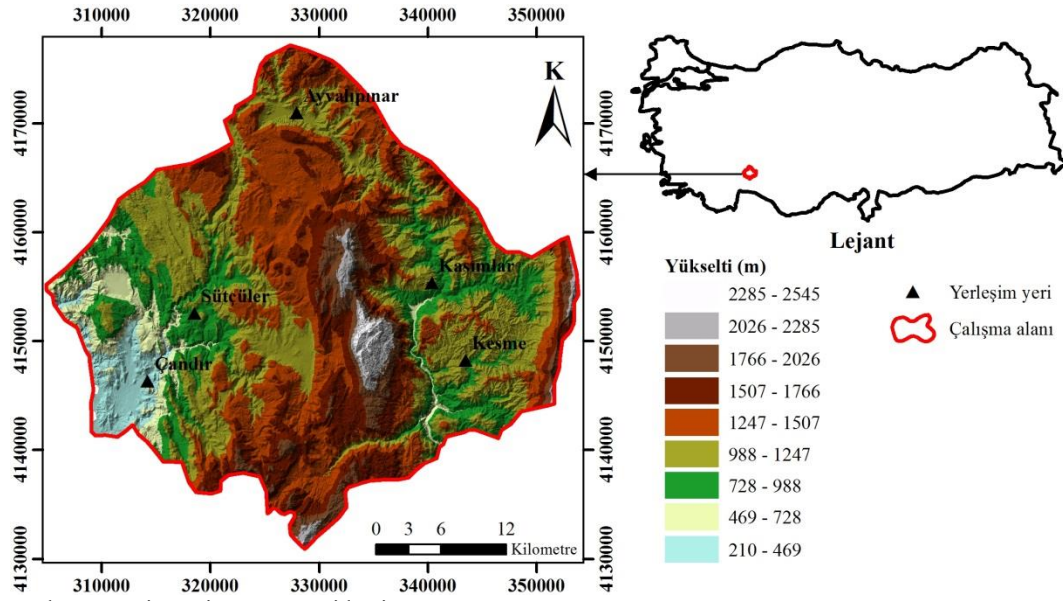
Biyolojik çeşitlilik denildiğinde genel olarak çeşitliliğin genetik, tür ve ekosistem düzeyleri akla gelmekle birlikte, farklı çalışmalarda çeşitli yazarlar tarafından değişik tanımlamasının yapıldığı görülmektedir. Örneğin Magurran [5], biyolojik çeşitliliği temel olarak "belirli bir alanda bulunan türlerin farklılığı ve bolluğu" olarak ifade etmiştir. Thompson vd. [6] ise, çeşitli ekosistemler ile bu ekosistemler içerisindeki farklı ekolojik yapılar üzerindeki canlı organizmaların farklılaşmasını genel olarak biyolojik çeşitlilik şeklinde tanımlamışlardır.

Orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitlilik hesaplamalarını içeren çalışmaların, daha çok bitki tür çeşitliliği üzerine yoğunlaştığını söylemek mümkündür [7,8]. Yapılan bu çalışmalarda belirli bir toplum için, çeşitli toplumlar arası ya da tüm alanı kapsayacak şekilde toplam çeşitlilik hesaplamaları yapılmıştır. Bunlardan belirli bir toplumun kendi içinde yapılan çeşitlilik hesabı alfa, toplumlar arası olan hesaplamalar beta, bir ekosistem bölgesinin tümü için yapılan hesaplamaların toplamı ise gama çeşitliliğini ifade etmektedir [9]. Bunlar içerisinde tür çeşitliliği-yetişme

ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi aşamasında alfa tür çeşitliliğinin daha fazla tercih edildiği bilinmektedir [8].

Alfa çeşitliliğinin hesabında kullanılan geleneksel yöntemler genel olarak tür zenginlik hesaplamaları, bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı indisler (heterojenlik indisleri) ve tür bolluk modelleri şeklinde sınıflandırılmaktadır [9]. Bunlardan bolluk verilerinin oransal veya sayısal değerlerine dayalı veri tipine uygun çeşitlilik hesaplamalarında çoğunlukla Shannon-Wiener, Simpson ve Margalef indisleri kullanılmaktadır. Bu indislerin yanı sıra Berger-Parker ve McIntosh indisleri ise yine yaygın olarak kullanılan diğer formülleri içermektedir [9].

Bu bilgiler doğrultusunda yürütülen bu çalışmada, Isparta İli'nin güneyinde bulunan Sütçüler Yöresi'nde, orman işletme müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan saf Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcereleri çalışma materyali olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Sütçüler Yöresi'ne ait yer gösteri haritası

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi'nin Göller Yöresi sınırları içerisinde yaklaşık 128000 hektarlık bir alanı kaplamakta olup, denizden yüksekliği ise 250 m ile 2500 m arasında değişmektedir [10]. Yörenin yıllık ortalama toplam yağışı 950 mm, ortalama sıcaklık ise 13,1 °C civarındadır [10]. Yörede karstik arazi yapısı üzerinde oldukça eğimli ve girintili çıkıntılı sarp bir arazi yapısı mevcuttur. Yaygın kayaç türleri olan kireçtaşı, konglomera ve kumtaşları üzerinde toprak oluşumu oldukça yavaş seyretmekte olup, arazi yüzey şekillerinin etkisi altında çoğunlukla sığ toprak koşulları mevcuttur. Diğer yandan kayaçların çatlaklı yapısına bağlı fizyolojik derinliğin yer yer oldukça derinlere ulaştığı bir topografya mevcut olup bu durum yöredeki bitki türlerinin varlığı ve verimliliğine etki eden en önemli ekolojik ortam koşullarından birisidir [10]. Orman içi alanlarda mevcut iklimik toprak tipleri terra-rosa ve esmer orman topraklarıdır. Yörede gerçekleştirilen kapsamlı bir flora değerlendirmesi sonucunda 63 familyaya ait 225 cins içerisinde 478 farklı tür kayda geçmiş olup, bunlardan 118 tanesinin endemik bitki türü olduğu belirtilmiştir [11]. Dolayısıyla yöredeki tür zenginliği ve endemik bitki tür yoğunluğunun oldukça fazla olduğunu söylemek mümkündür.

2.2. Yöntem

Çalışmada Sütçüler Yöresi'ndeki farklı ekolojik ortamlarda yayılış gösteren doğal karaçam meşcerelerinde alfa çeşitlilik değerleri hesaplanıp, biyolojik çeşitlilik ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda 37 farklı örnek alanda arazi ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk olarak örnek alanlarda arazi çalışmaları ile hedef tür karaçam haricinde diğer bitki türleri Braun-Blanquet yöntemiyle arazi envanter karnesine kayıt edilmiştir. Ayrıca yine arazide örnek alanların yamaç konumu, arazi yüzey formu, ortalama toprak derinliği ve toprak taşlılığı (%) tespit edilerek ölçüm karnelerine kayıt edilmiştir [12]. Daha sonra örnek alanların koordinatlarına göre büro ortamında oluşturulan sayısal altlıklar yardımıyla her bir örnek alan için çeşitli çevresel değişkenlere ait veriler temin edilmiştir. Bu aşamada sırasıyla sayısal yükseklik modeli üzerinden; yükselti, eğim, topografik pozisyon indeksi [13], radyasyon indeksi [14], sıcaklık indeksi [15] haritaları elde edilmiştir. Ayrıca yine nokta bazlı koordinat sistemi ile Fick ve Hijmans [16] tarafından hazırlanan küresel iklim verileri <http://www.worldclim.org> adresinden indirilip, buradan yöreye ait yıllık toplam yağış (mm) ve yıllık ortalama sıcaklık (°C) haritaları temin edilmiştir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında arazide Braun-Blanquet yöntemiyle her bir örnek alanda arazi envanter karnesine kayıt edilen türlerin örtüş bolluk değerleri Fontaine vd. [17]'de kullanılan şekli ile 0-1 aralığında değişen

rakamsal değerlere dönüştürülmüştür. Bu aşamada kullanılan ölçek sırasıyla r:0,01; +:0,02; %1-4:0,04; %5-24:0,15; %25-49:0,375; %50-74:0,625; %75-100:0,875 şeklinde olmuştur. Bu işlemin ardından büro çalışmalarında son olarak her bir örnek alanda çeşitlilik hesaplamaları için sırasıyla Shannon-Wiener [18], Simpson [19], Brillouin [20] ve Berger-Parker [21] indislerinden yararlanılarak alfa çeşitlilik değerleri tespit edilmiştir [9]. Bunlar içerisinde Berger-Parker indisi (d) bir dominantlık indeksi olup, 1/d formuna dönüştürülüp istatistiksel analiz için veri uygun hale getirilmiştir. Ayrıca her bir örnek alan için tür zenginliğini doğrudan hesaplamak için $S = \sum_i S_i$ [22] formülünden yararlanılarak örnek alanlarda bulunan farklı türlerin sayısının doğrudan hesabı gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada tür zenginliği ve alfa çeşitlilik değerlerinin, çevresel değişkenler ile ilişkilerini ortaya koyabilmek amacıyla Pearson Korelasyon Analizi ve Temel Bileşenler Analizi (TBA)'nden yararlanılmıştır [23]. İstatistiksel değerlendirme sürecinde yer alan tüm değişkenlere Tablo 1'deki kodlar verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmaya dahil olan değişkenler ve kodları

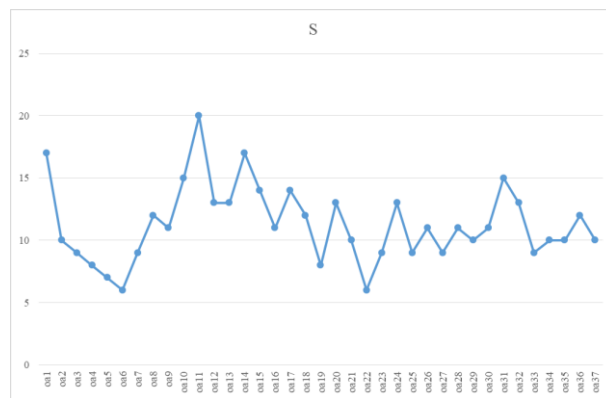
Değişkenler	Kodlar	Değişkenler	Kodlar	Değişkenler	Kodlar
Yükselti (m)	yukslt	Yıllık ort. sıcaklık (°C)	sicaklik	Tür zenginliği	turzen
Eğim (%)	egim	Yıllık toplam yağış (mm)	yagis	Simpson indeksi	simpson
Radyasyon indeksi	radind	Yamaç konumu	yamkon	Shannon indeksi	shannon
Topografik pozisyon indeksi	tpi	Toprak derinliği (cm)	topder	Berger-Parker indeksi	berger
Sıcaklık indeksi	si	Toprak taşlılığı (%)	toptas	Brillouin indeksi	brillouin

3. Bulgular

Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde örnek alanların yükselti aralığı yaklaşık 1100 m ile 1800 m arasında değişmekte olup, örnek alanlar arası 700 m'lik bir yükselti farklılığı mevcuttur. Örnek alanlarda eğim % 8 ile %70 arasında değişim göstermekte olup, az eğimli (%3-%9) arazilerden sarp (%58-%100) arazilere kadar farklı eğim sınıflarında meşcereler mevcuttur. Örnek alanlarda yıllık ortalama sıcaklık değeri 10,1 °C, yıllık toplam yağış miktarı ise 610 mm civarında olmuştur. Mutlak toprak derinlikleri bakımından örnek alanların % 48'i orta derin (30-100 cm arası), %52'si ise derin (100 cm'den fazla) niteliktedir. Bu topraklarda profil bazında ortalama taşlılık yüzdesi %2-%55 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca örnek alanlarda sırasıyla radyasyon indeksi değerleri 0-0,98 arasında, topografik pozisyon indeksi değerleri -1,47 ile 2,49 arasında, sıcaklık indeksi değerleri ise -1 ile +1 arasında değişim göstermiştir.

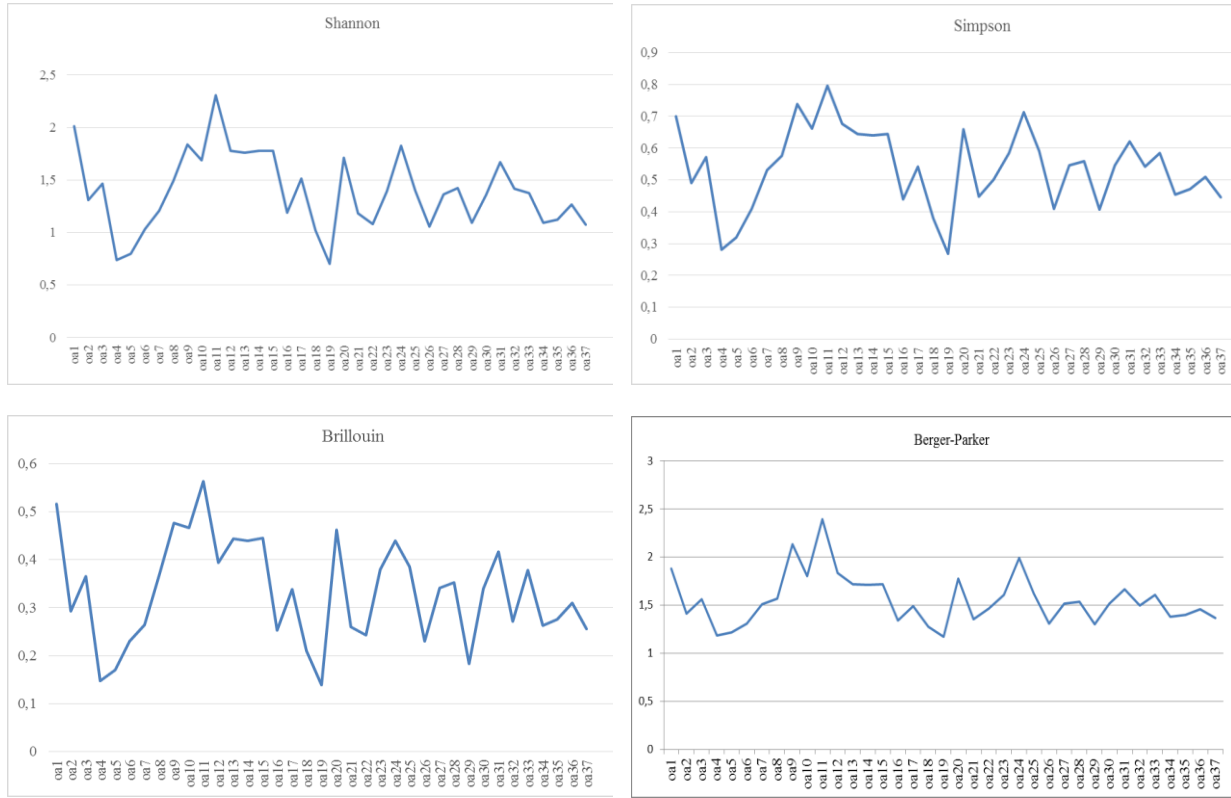
Yapılan envanter neticesinde 54 farklı bitki türü kayıt edilmiş olup, bunlar içerisinde %97 oranla karaçam ile en çok birliktelik gösteren bitki türünün sütleğenler (*Euphorbia* sp.) olduğu belirlenmiştir. Sütleğenlerden sonra her ikisi de %78,3'lük orana sahip olan kadımtuzluğu (*Berberis crataegina* DC.) ve diken ardıç (*Juniperus oxycedrus* L.) türleri yine yörede karaçam ile en çok birliktelik gösteren bitki türleri olmuştur. Sadece %2,7 lik bulunma oranına sahip olan *Acantholimon acerosum* (Wild.) Boiss, *Fraxinus ornus* subsp. *cilicica*, *Hedera helix* L., *Mespilus germanica* L., *Myrtus communis* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Phlomis grandiflora* H.S. Thompson, *Paliurus spina-christi* Miller., *Quercus ithaburensi* Decn subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedye & Yalt., *Rhus coriaria* L., *Scabiosa columbaria* L. subsp. *ochroleuca* (L.) Celak var. *webbiana* (Don) Matthews., *Silene caryophyllodes* (Poiret) Eth., *Sorbus torminalis* L.(Crantz), *Sorbus umbellata* (Desf) Feritsch var. *umbellata*. ve *Urtica dioica* L. türleri ise karaçam ile sadece lokal alanlarda en az birliktelik gösteren türler olmuştur.

Örnek alanlarda doğrudan tür zenginliği hesaplamaları neticesinde elde edilen çeşitlilik değerleri 6 ile 20 arasında değişim göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Karaçam meşcerelerinde örnek alanlara ait tür zenginliği dağılım grafiği

Örnek alanlarda tespit edilen türlerin bolluk verilerine göre Shannon, Simpson, Brillouin ve Berger-Parker geleneksel çeşitlilik indislerine göre yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen bulgular ise Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Örnek alanlarda türlerin bolluk verilerine göre hesaplanan çeşitlilik indisi değerleri

Şekil 3 incelendiğinde farklı indislerde kısmi farklılıklar görüle de genel olarak tüm indislerin birbirleri ile benzer sonuç verdiği görülmektedir.

Alfa çeşitlilik indislerinden elde edilen değerler ve tür zenginliğinin çevresel değişkenlerle olan ikili doğrusal ilişkilerini ortaya koymak için uygulanan Pearson Korelasyon Analiz sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Analiz sonucunda çeşitlilik indislerinden Simpson, Brillouin ve Berger-Parker indisleri ile yükselti arasında negatif yönde, eğim ile Shannon ve Berger-Parker indisleri arasında pozitif yönde, yıllık ortalama sıcaklık ile Shannon, Simpson, Brillouin ve Berger-Parker indisleri arasında pozitif yönde ve son olarak toprak taşlılığı ile Shannon, Simpson ve Brillouin indisleri arasında negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Tür zenginliği ve alfa çeşitlilik indisleri ile çevresel değişkenler arasında uygulanan Pearson Korelasyon Analizi sonuçları

	yukslt	egim	radind	tpi	si	sicaklik	yagis	yamkon	topder	toptas	turzen	simpson	shannon	brillouin	berger
yukslt	1	-0,116	0,230	-0,096	0,359*	-0,891**	0,360*	-0,152	-0,012	0,060	-0,128	-0,408*	-0,271	-0,333*	-0,398*
egim	0,116	1	0,187	0,391*	-0,643**	0,127	0,299	0,243	0,103	0,036	0,201	0,319	0,336*	0,323	0,428**
radind	0,230	0,187	1	-0,024	0,483**	-0,280	0,251	0,170	-0,285	0,154	0,277	0,206	0,253	0,247	0,260
tpi	-0,096	0,391*	-0,024	1	-0,349*	0,014	0,259	-0,132	0,115	-0,019	-0,046	0,058	0,064	0,065	0,162
si	0,359*	-0,643**	0,483**	-0,349*	1	-0,370*	-0,123	-0,142	-0,217	0,036	0,105	-0,110	-0,057	-0,070	-0,112
sicaklik	-0,891**	0,127	-0,280	0,014	-0,370*	1	-0,339*	0,105	-0,030	-0,233	0,166	0,550**	0,406*	0,446**	0,522**
yagis	0,360*	0,299	0,251	0,259	-0,123	-0,339*	1	0,188	-0,090	0,084	0,007	-0,061	0,041	-0,004	0,010
yamkon	-0,152	0,243	0,170	-0,132	-0,142	0,105	0,188	1	-0,081	0,048	0,155	0,043	0,090	0,015	0,091
topder	-0,012	0,103	-0,285	0,115	-0,217	-0,030	-0,090	-0,081	1	-0,048	-0,174	-0,099	-0,140	-0,056	-0,100
toptas	0,060	0,036	0,154	-0,019	0,036	-0,233	0,084	0,048	-0,048	1	-0,256	-0,344*	-0,354*	-0,333*	-0,280
turzen	-0,128	0,201	0,277	-0,046	0,105	0,166	0,007	0,155	-0,174	-0,256	1	0,683**	0,810**	0,731**	0,690**
simpson	-0,408*	0,319	0,206	0,058	-0,110	0,550**	-0,061	0,043	-0,099	-0,344*	0,683**	1	0,968**	0,967**	0,949**
shannon	-0,271	0,336*	0,253	0,064	-0,057	0,406*	0,041	0,090	-0,140	-0,354*	0,810**	0,968**	1	0,965**	0,940**
brillouin	-0,333*	0,323	0,247	0,065	-0,070	0,446**	-0,004	0,015	-0,056	-0,333*	0,731**	0,967**	0,965**	1	0,926**
berger-	-0,398*	0,428**	0,260	0,162	-0,112	0,522**	0,010	0,091	-0,100	-0,280	0,690**	0,949**	0,940**	0,926**	1

* %5 düzeyinde önem seviyesine sahip; ** %1 düzeyinde önem seviyesine sahip

Temel Bileşenler Analizi sonucunda bulunan eksen değerleri üzerinde yorum yapılabilmesi için eksene ait öz değer kat sayısının 1'den, varyans yüzdesinin ise 10'dan büyük olması gerekmektedir. Tablo 3'e bakıldığında Eksen 1, Eksen 2 ve Eksen 3'ün bu koşulu sağladığı görülmektedir. Eksen1'in toplam varyansın % 35,3'ünü, Eksen 2'nin % 16,28'ini ve Eksen 3'ün % 13,59'luk kısmı açıkladığı görülmektedir.

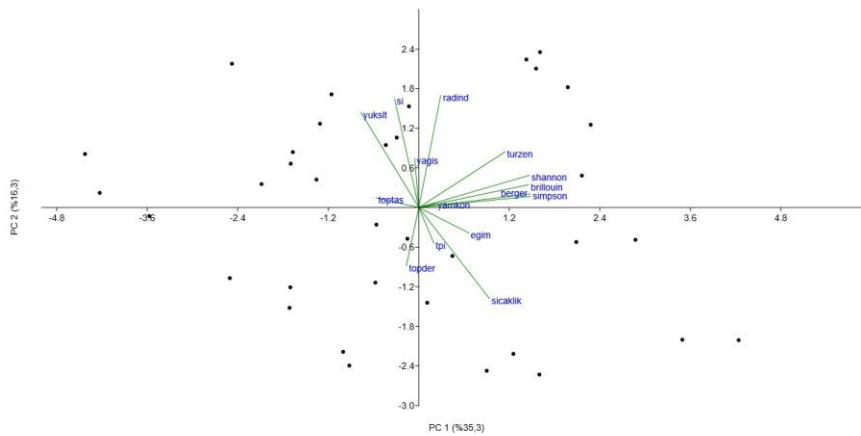
Tablo 3. Temel bileşen eksenlerine ait özdeğer katsayıları ve varyans yüzdeleri

	Özdeğerler	Varyans(%)
Eksen1	5,295	35,3
Eksen2	2,442	16,283
Eksen3	2,038	13,587

Bu eksenler üzerinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin korelasyon katsayıları Tablo 4'te, değişkenlerin eksenler üzerindeki konumları ise Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Temel bileşen eksenleri üzerinde bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait korelasyon (r) değerleri

	Bağımsız Değişkenler		
	Eksen 1	Eksen 2	Eksen 3
	r	r	r
yukslt	-0,497	0,635	0,250
egim	0,431	-0,170	0,757
radind	0,189	0,751	0,188
tpi	0,130	-0,241	0,586
si	-0,208	0,727	-0,521
sicaklik	0,607	-0,607	-0,302
yagis	-0,035	0,327	0,714
yamkon	0,144	0,028	0,254
topder	-0,107	-0,389	0,131
toptas	-0,366	0,064	0,225
	Bağımlı Değişkenler		
	Eksen 1	Eksen 2	Eksen 3
	r	r	r
turzen	0,745	0,372	-0,070
simpson	0,967	0,074	-0,085
shannon	0,956	0,216	-0,014
brillouin	0,947	0,152	-0,044
berger	0,961	0,091	0,037



Şekil 4. TBA analiz eksenleri üzerinde değişkenlerin konumu

Tablo 4 ve Şekil 4 birlikte yorumlandığında Eksen 1 üzerinde Simpson, Berger-Parker, Shannon ve Brillouin indislerinin tümü yükselti ve toprak taşlılığı ile negatif, sıcaklık ve eğim ile de pozitif yönde ilişki göstermiştir. Bu indisler ile tür zenginliği aynı yönde ilişki göstermesine rağmen, hem ilişki katsayısı (r : 745) daha düşük olmuş, hem de bu duruma bağlı temel bileşenler eksenini üzerinde daha bağımsız bir yerde konumlanmıştır.

4. Sonuçlar ve tartışma

Biyolojik çeşitliliğin ekosistemlerde süreklilik, üretkenlik, hareketlilik ve dayanıklılık gibi parametreler ile önemli ilişkilerinin olduğu ifade edilmekte olup, özellikle ortamda oluşabilecek kirlilik, böcek ve yangın gibi çeşitli tahribatlara karşı ekosistemlerin dayanım göstermesi açısından ortamda dengeli bir dağılıma sahip yüksek biyolojik çeşitlilik koşulunun öneminden bahsedilmektedir [24]. Bununla birlikte yine ortamdaki çeşitliliğin karbon dengesi ve buna bağlı küresel iklim değişim olayları, temiz su ve oksijen, ürün potansiyeli, genetik materyal, ekoturizm ve rekreasyon gibi pek çok ekosistem unsurları üzerine doğrudan ve dolaylı katkılarının olduğunu söylemek mümkündür [24]. İfade edilen tüm bu unsurlar neticesinde ülkeler sahip oldukları biyolojik çeşitliliği daha fazla önemsemekte olup, bu konuda doğru adımların atılması ve yerinde politikaların uygulanması açısından ulusal ve uluslararası ölçekte çeşitli sözleşmeler, anlaşmalar, araştırmalar ve bilimsel faaliyetler gibi farklı girişimlere daha çok yönelim göstermişlerdir.

Biyolojik çeşitliliğin ana merkez noktalarından birisi orman ekosistemleri olup, burada konuya ilişkin olarak yapılan çalışmaların daha çok bitki türlerine yönelik olduğunu söylemek mümkündür [7]. Ormanlarda mevcut bitki tür çeşitliliği üzerinde ise özellikle yetişme ortamı koşullarının önemli etkisinin olduğuna değinilerek, bu konuda yapılacak olan bilimsel çalışmalara ihtiyaç olduğu ifade edilmektedir [7]. Zira konuyla alakalı olarak ülkemizde son yıllarda gerçekleştirilen çalışmaların daha çok alfa çeşitlilik indisleri üzerinden kurgulandığı ve bu çalışmalarda özellikle biyolojik çeşitlilik-yetişme ortamı koşulları arasında önemli ilişkilerin tespit edildiği görülmektedir [8,25]. Fakat konunun önemi ve ülkemizin jeomorfolojik, toprak ve iklim koşulları göz önüne alındığında bu konuda daha fazla çalışma yapılarak, özellikle ormanlarda yüksek çeşitlilik durumuna sahip ya da bu açıdan potansiyel arz eden alanların yetişme ortamı koşullarının tespiti için yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada, ülkemiz için önemli asli orman ağaç türlerimizden biri olan karaçam meşcerelerinde bitki türlerinin bolluk verilerine dayalı alfa tür çeşitlilik indisleri ve doğrudan tür zenginlik değerlerinin ekolojik ortam koşulları ile ilişkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada ilk aşamada uygulanan Pearson Korelasyon Analizi neticesinde karaçam meşcerelerinde sırasıyla Simpson, Berger-Parker ve Brillouin indislerine göre hesaplanan çeşitlilik değerleri yükselti ile negatif korelasyon gösterirken, doğrudan tür zenginliği ve Shannon indisi ile hesaplanan çeşitlilik değerlerinin yükselti ile istatistiksel anlamda önemli bir ilişkisi bulunmamıştır. Fakat ikinci aşamada uygulanan Temel Bileşenler Analizi neticesinde Shannon indisi ve tür zenginliğinin yükselti ile negatif ilişkisi tespit edilmiştir. Atalay, [26] tarafından yapılan bir çalışmada yükseltinin tür çeşitliliğini etkileyen en önemli yetişme ortamı faktörlerinden biri olduğu ifade edilmiştir. Bu durum destekler nitelikte yapılan pek çok araştırmada yükselti ve tür çeşitliliği arasında istatistiksel anlamda önemli ilişkiler belirlenmiştir. Örneğin Chang-Fu vd., [27] yapmış oldukları bir çalışmada tıpkı bu çalışmada olduğu gibi yükselti ile tür çeşitliliği arasında negatif ilişkiler tespit etmişlerdir. Pausas ve Austin [28] tarafından yapılan bir araştırmada ise çalışılan alandaki odunsu bitki tür çeşitliliği ile yükseltinin yine negatif ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Yükselti ile tür çeşitliliğinin negatif ilişkisinin bulunduğu benzer bir çalışma Sherman vd., [29] tarafından gerçekleştirilmiştir. Yine son yıllarda yapılan bir çalışmada Oğuzoğlu vd., [24] yükselti ile ortamda taksonomik çeşitliliğin istatistiksel olarak anlamlı negatif ilişkisini tespit etmiş olup, özellikle alfa çeşitliliği ile yükselti arasında bulunan negatif ilişkilerin daha önceki yapılmış olan çalışmalarla uyumundan bahsetmişlerdir.

Diğer yandan yükselti ile bitki çeşitliliği arasındaki ilişkiler bölgelere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Zira Joseph vd., [30] yapmış oldukları çalışma neticesinde ortamda tür çeşitliliğini etkileyen en önemli yetişme ortamı faktörlerinin başında yükseltinin olduğunu belirtmişler ve yükseltinin deniz seviyesinden itibaren artması ile bitki çeşitliliğinin de arttığını ifade etmişlerdir. Yine Iberian yarımadasında çiçeksiz bitki tür çeşitliliği [31] ve Güneybatı Afrika (Nama Karoo)'da damarlı bitki tür çeşitliliği [32]'nin yükselti ile istatistiksel anlamda önemli pozitif ilişkileri tespit edilmiştir. Bu çalışmaların haricinde yine son yıllarda konuya ilişkin olarak yükselti ile tür çeşitliliği arasında önemli pozitif ilişkilerin olduğu sonucuna ulaşılan benzer çalışmaların bulunduğunu da ifade etmek mümkündür [7,8].

Tüm bu çalışmalar ortamda yükseltinin tür çeşitliliğini etkileyen oldukça önemli bir yetişme ortamı koşulu olduğunu ortaya koymaktadır. Fakat burada ilişkinin yönünün ne olacağını söylemenin pek mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Zira Lundholm ve Larson [33] Bruce Yarımadası Milli Parkı'nda (Ontario, Kanada) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, damarlı bitki tür çeşitliliğinin yükseltiye bağlı olarak önce zenginleşen, daha sonra ise azalan bir ilişkisini belirtmişlerdir. Burada bilinmesi gereken durum aslında yükseltinin ortamda iklim koşullarını etkilediği ve yükseltiye bağlı değişen iklim koşullarının, ortamdaki bitki türlerinin ekolojik tolerans aralıklarına göre çeşitliliği şekillendirdiğidir. Nitekim bu çalışmada yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin yükselti ile birlikte karaçam meşcerelerindeki tür çeşitliliği ile olan ilişkisi ise bu durumdan ileri gelmektedir.

Yöredeki karaçam meşcerelerinde tür çeşitlilik değerlerinin yıllık ortalama sıcaklık artışı ile arttığı görülmektedir. Fakat çalışmada diğer bir iklim parametresi olan yağışın ise tür çeşitliliği ile istatistiksel anlamda önemli bir ilişkisi tespit edilememiştir. Bu durum aslında beklenen bir sonuçtur. Çünkü yörede karaçam meşcereleri yaklaşık

1100 m ile 1775 m arasında değişim göstermekte olup, aradaki yükselti farkı 675 m'dir. Bu yükselti farkında 3,9 °C'lık bir sıcaklık değişimi tespit edilirken, yağış farkının ancak 50 mm ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Daha açık bir ifade ile bu çalışmada belli bir yükseltinin üstündeki karaçam meşcerelerindeki ekstrem iklim koşullarında, yağışın yükselti artışına bağlı düşük varyasyona, sıcaklığın ise daha yüksek varyasyona sahip olması durumu, ortamda yükselti-sıcaklık-tür çeşitliliği ilişkisini ortaya çıkarırken, yağışın bu durumda önemsiz kalmasına sebep olmuştur. Burada yine bilinmesi gereken her ortamda böyle bir sonucun beklenmesinin doğru olmayacağı, yükselti ve ortamdaki tür çeşitliliği ilişkilerinin genel olarak yükseltiye bağlı iklim parametrelerindeki varyasyonla açıklanabileceğidir. Zira konuya ilişkin yapılan bir çalışmada bitki çeşitliliği bakımından zengin olan alanların yağışın yüksek, yıllık ortalama sıcaklığın ise düşük olduğu yerler olarak tespit edilmesi bu durumu desteklemektedir [30].

Diğer yandan yine bu çalışma kapsamında uygulanan Pearson Korelasyon Analizi neticesinde Shannon ve Berger-Parker indisleri ile hesaplanan alfa tür çeşitliliği ile eğim arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Lorenzo vd. [34]'nin İtalya'da yapmış oldukları bir çalışmada Alpin zon bölgelerinde bitki tür zenginliği üzerinde yetiştirme ortamı faktörlerinin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda yükselti ve eğimin en önemli yetiştirme ortamı faktörü olduğunu belirlemiştir. Ayrıca burada olduğu gibi ortamda eğim artışının alfa tür çeşitliliğinin artmasına sebep olduğunu belirten başka çalışmalar mevcuttur [35]. Fakat yine yüksek eğim derecesine sahip her alanda tür çeşitliliğinin artacağını söylemek pek mümkün değildir. Zira eğim ile olan ilişkiler ortamda sıcaklık, toprak derinliği, su ve besin ekonomisi gibi durumları etkilemekte olup tür çeşitliliği üzerinde oldukça karmaşık ilişkilere sebep olabilmektedir.

Pearson Korelasyon Analizi sonuçlarına göre yörede karaçam meşcerelerinde toprak taşlılığının arttığı durumlarda ise Berger-Parker haricindeki diğer indislerden hesaplanan alfa tür çeşitlilik değerleriyle negatif bir ilişki bulunduğu tespit edilmiştir. Çeşitlilik indisleri ile diğer çevresel faktörler arasında istatistiksel anlamda bir ilişki tespit edilememiştir.

Çalışmada ikinci aşamada uygulanan Temel Bileşenler Analizinde yine benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen, Korelasyon Analizinde istatistiksel olarak önemli sonuç vermeyen bazı değişkenlerin burada ilişki durumları tespit edilmiştir. Örneğin Korelasyon Analizinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermeyen tür zenginliğinin Temel Bileşenler Analizi sonucunda çevresel değişkenler ile ilişkili olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu tip çalışmalarda ilişkilerin Korelasyon Analizi gibi sadece ikili doğrusal ilişkileri baz alan yöntemler üzerinden yorumlanmasının doğru olmayacağı, bu aşamada Temel Bileşenler Analizi gibi çok değişkenli analiz yöntemlerinden faydalanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Diğer yandan Temel Bileşenler Analizinde bolluk verilerine dayalı indisler ile hesaplanan çeşitlilik değerlerinin çevresel değişkenlerle olan ilişki katsayılarının, doğrudan tür zenginliği ile olan ilişki katsayılarından daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum ise yukarıdaki yorumları desteklemekte olup, çeşitlilik-yetiştirme ortamı ilişkilerinin ele alındığı çalışmalarda sadece tür zenginliğinin dikkate alınmasının yeterli olmayacağı ve ilişkilerin yorumlanması aşamasında ise farklı istatistiksel yöntemlerden faydalanılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Son olarak bu çalışmada ilişkiler ikili doğrusal ilişkiler ve çok değişkenli analiz yöntemleri üzerinden açıklanmaya çalışılmış olup kısmi farklılıkların olduğu görülmüştür. Fakat tür çeşitliliği-yetiştirme ortamı ilişkilerinin oldukça kompleks olduğu düşünüldüğünde, ilişkilerin daha net ortaya konulması aşamasında ayrıca çeşitli modelleme tekniklerinin de kullanılmasının uygun olacağını önermek mümkündür.

Teşekkür

Bu çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje No: 1161-YL-05) tarafından desteklenmiş ve Uluslararası Ekoloji 2018 Sempozyumu (International Symposium of Ecology 2018)'nda özet bildiri olarak yayınlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Leemans, R. (1999). Modelling for species and habitats: new opportunities for problem solving. *The Science of the Total Environment*, 240, 51-73.
- [2] OGM, (2015). Türkiye Orman Varlığı-2015. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 32 s.
- [3] Güner, Ş., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, & R., Çelik, N. (2016). Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1), 159-172.
- [4] Saatçioğlu, F. (1976). Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İ.Ü. Yayın No: 2187, Orman Fak. Yayın No: 222, Sermet Matbaası, İstanbul, 423 s.
- [5] Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, U.K.
- [6] Thompson I. D., Mackey B., McNulty S., & Mosseler A. (2009) . *Forest Resilience, Biodiversity and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationships in forest ecosystems - Secretariat of the Convention on Biodiversity*, Montreal, 43, 67-73.

- [7] Özkan, K. (2006). Beyşehir Gölü Havzası Çarıkisaraylar Yetiştirme Ortamı Yörelere Grubunda Fizyografik Yetiştirme Ortamı Faktörleri ile Ağaç ve Çalı Tür Çeşitliliği Arasındaki İlişkiler Analizi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 157-166.
- [8] Negiz, M. G., Kurt, E. Ö., & Şentürk, Ö. (2017). Isparta-Yenişarbademli Yöresi ormanlık alanlarında tür merkezli tıbbi ve aromatik bitki tür zenginliğinin hesabı üzerine örnek bir çalışma. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4), 282-288.
- [9] Özkan, K. (2016). Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β ve γ) Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No:98, 142 s., Isparta, Türkiye.
- [10] Özkan, K., & Kuzugüdenli, E. (2010). Akdeniz Bölgesi Sütçüler Yöresinde kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) verimliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 16-29.
- [11] Özçelik, H., & Korkmaz M. (2002). Contributions to the flora of Sutculer- Isparta (Turkey). *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 21(1), 1-19.
- [12] Zech, W., & Çepel, N. (1972). Güney Anadolu'daki Bazı Kızılçam Mesçerelerinin Gelişimi ile Toprak ve Reliyef Özellikleri Arasındaki İlişkiler, İstanbul Matbaası, İstanbul.
- [13] Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis. Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA. Vol. 200.
- [14] Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K., & Muys, B. (2010). Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221, 1119-1130.
- [15] Beers, T. W., Dress, P. E., & Wensel, L. C. (1966). Notes and Observations: Aspect Transformation In Site Productivity Research. *Journal of Forestry*, 64(10), 691-692.
- [16] Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1- km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- [17] Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., ... Muys, B. (2007). Elevation and Exposition Rather Than Soil Types Determine Communities and Site Suitability in Mediterranean Mountain Forests of Southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management*, 247, 18-25.
- [18] Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- [19] Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688-688.
- [20] Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*, New York, Wiley InterScience.
- [21] Berger, W. H., & Parker, F. L. (1970). Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep Sea Sediments. *Science*, 168, 1345-1347.
- [22] Peet, R. K. (1974). The Measurement of Species Diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5, 285-307.
- [23] Özdamar, K. (2002). Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi. Eskişehir, Kaan Kitabevi.
- [24] Oğuzoğlu, Ş., Sinpari, G., & Özkan, K. (2013). The relationships between taxonomic diversity and some environmental factors: A case study of Yazılı Canyon Nature Park. GeoMed 2013 The 3rd International Geography Symposium, Eds: Efe, R., Atalay, İ., Cürebal, İ., 10-13 June, 2013, Kemer Antalya, pp. 509-518.
- [25] Şentürk, Ö., & Özkan, K. (2017). Calculating landscape diversity with alpha diversity indices. *Journal of Environmental Biology*, 38, 931-936.
- [26] Atalay, İ. (2006). The Effects of Mountainous Areas on Biodiversity: A Case Study From The Northern Anatolian Mountains And The Tauros Mountains. 8th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartograph, Band, 41, 17-26.
- [27] Chang-Fu, H., Zueng-Sang, C., Yueh-Mei, H., Kuoh-Chieng, Y., & Tsung-Hsin, H. (1998). Altitudinal Zonation of Evergreen Broad-leaved Forest on Mount Lopei, Taiwan. *Journal of Vegetation Science*, 9, 201-212.
- [28] Pausas, J. G., & Austin, M. P. (2001). Patterns of Plant Species Richness in Relation to Different Environments: An Appraisal. *Journal of Vegetation Science*, 12, 153-166.
- [29] Sherman, R. E., Martin, P. H., & Fahey, T. J. (2005). Vegetation-Environmental Relationships in Forest Ecosystems of the Cordillera Central, Dominican Republic. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 132(2), 293-310.
- [30] Joseph, S., Reddy, S. C., Pattanaik, C., & Sudhakar, S. (2008). Distribution of Plant Communities along Climatic and Topographic Gradients in Mudumalia Wildlife Sanctuary (Southern India). *Biological Letters*, 45(1), 29-41.

- [31] Pausas, J. G., & Sáez, L. (2000). Pteridophyte richness in the NE Iberian Peninsula: Biogeographic patterns. *Plant ecology*, 148(2), 195-205.
- [32] Burke, A., Esler, K. J., Pienaar, E., & Barnard, P. (2003). Species richness and floristic relationships between mesas and their surroundings in southern African Nama Karoo. *Diversity and Distributions*, 9(1), 43-53.
- [33] Lundholm, J. T., & Larson, D. W. (2003). Relationships between spatial environmental heterogeneity and plant species diversity on a liestone pavement. *Ecography* 26, 715-722.
- [34] Lorenzo, M., Michele, S., Sebastian, K., Johannes, I., & Angelo, P. (2007). Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agriculture, Ecosystems and Enviromental*, 119, 281-288.
- [35] Shaltout, K. H., El-Keblawy, A. A., & Mousa, M. T. (2008). Vegetation Analysis of Some Desert Rangelands in United Arab Emirates. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 3 (3), 149-155.