

Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) meşcerelerinin verim gücü ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler: Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü örneği

*The relationships between some site characteristics and site index of Caucasian fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) stands: A case study from Şavşat Forest Enterprise Directorate*

İsmet YENER¹ , Ahmet DUMAN² 

¹Artvin Coruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, 08100, Seyitler, Artvin Türkiye

²Artvin Coruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Ormanlık ve Orman Ürünleri Programı, 08100, Seyitler, Artvin, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1076416](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1076416)

Sorumlu yazar / Corresponding author

İsmet YENER

e-mail: yener@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

22.02.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

30.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

12.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Doğu Karadeniz göknarı

Yetiştirme ortamı faktörleri

Korelasyon analizi

Bonitet endeksi

Keywords:

Caucasian fir

Site factors

Correlation analysis

Site index

Özet

Bu çalışma ile Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren değişik yaşlı saf Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin bonitet endeksi ve bazı ekolojik özelliklerinin belirlenmesi ve aralarındaki ilişkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki göknar meşcerelerinden bakı grupları ve yükselti basamakları da dikkate alınarak toplam 60 adet alan örneklendirilmiştir. Örnek alanların bazı fizyografik özellikleri (enlem-boylam, yamaçtaki konum, yükselti, bakı ve eğim) ve meşcere özellikleri (göğüs çapı ve boy) belirlenmiştir. Sonra çap ve boy verileri kullanılarak her bir örnek alan için bonitet (meşcere verim gücü) endeksleri hesaplanmıştır. Ayrıca her alanda bir adet toprak çukuru açılarak üst topraktan (0-20 cm) birer adet bozulmuş ve bozulmamış (silindir) toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri üzerinde bazı fiziksel (kum, kil, toz, hacim ağırlığı, iskelet miktarı) ve kimyasal (pH, elektriksel iletkenlik, organik madde) özellikler belirlenmiştir. Sonuçlara göre bu yöredeki göknar meşcerelerinin bonitet endeksi ortalama 27.1 ile 31.1 m arasındadır. 1720-2228 m yükseltiler arasında yer alan araştırma alanında eğim oldukça değişken olup örneklenen meşcerelerin %76.6'sı dik eğimli ve sarp (eğim>%36) yamaçlar üzerinde bulunmaktadır. Örnek alan topraklarının %83.3'ü balçıklı kum ve kumlu balçık tekstüründe olup hafif asidik (pH=6.1-6.8) topraklar sınıfında yer almaktadır. Toprakların organik madde içeriği oldukça iyi olup %91.6'sı %4'ün üzerindedir. Araştırma alanı toprakları denizden yüksekliğin ve eğimin de etkisiyle oldukça taşlı olup %68.3'ünün iskelet miktarı %40'tan fazladır. Ayrıca bu yetiştirme ortamı faktörleri ile meşcerelerin bonitet endeksi arasındaki ilişki basit korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Ancak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0.05$). Çalışmadan elde edilen bulgu ve sonuçlar yöre ormanlarının ekolojisinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Abstract

The present study aimed to determine the site index and site characteristics of pure and uneven-aged Caucasian fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) stands natively distributed in Şavşat Forest District and investigate the relationships between them. Within this scope, 60-plot were sampled from different aspects and altitude zones. Some physiographic features (e.g., latitude-longitude, distance to the ridge, elevation, aspect, and slope) and some stand characteristics (e.g., height and diameter at breast height) of each sample plot were determined. After that, the site index was calculated using stand diameter-height data. A disturbed and undisturbed top-soil samples were taken from a soil pit on each plot and analyzed for physical (sand, silt and clay, bulk density and soil skeleton) and chemical (pH, EC, organic matter) soil properties. The results showed that the average site index (SI) was 27.1 - 31.1 m, the fir stands mainly grow between 1720-2228 m a.s.l. and the slope angle is highly variable. 76.6% of the studied stands were located at the steep and very steep slopes (>36%) areas. 83.3% of the sample plots' soils were in loamy sand and sandy loam and slightly acidic (pH=6.1-6.8). The mean soil organic matter content of the most studied stands (91.6%) was high with over 4%. The soils were highly stony due to higher altitudes and steep slopes. The soil skeleton (>2 mm) was over 40% in 68.3% of the most studied stands. In addition to the site characteristics, the relationships between the site index and ecological variables were determined using simple correlation analysis, but the results were not significant. We conclude that the findings and outcomes could contribute to understanding the ecology of fir stands in the region.

GİRİŞ

Özellikle sanayi devrimiyle birlikte hızla artan nüfusa bağlı olarak insan ihtiyaçları da hızla artmıştır. Bu ihtiyaçları karşılayan kaynaklar arasında ormanlar da yer almaktadır. Başlangıçta sadece odun ham maddesi ve bazı odun dışı ihtiyaçların karşılandığı bir kaynak olarak görülen ormanlar, günümüzde bu ürünlere ek olarak birçok fonksiyonlar sunmaktadır. Besin akışı, toprak ve su koruma, biyoçeşitliliğin korunması, iklim düzenleme, karbon depolama ve su sağlama orman ekosistemlerinin sağladığı fonksiyonlardan bazılarıdır (Núñez ve ark. 2006). Ormanın sağladığı bu fonksiyonlar orman alanlarının bozulması, iklim değişikliği ve ormanların arazi kullanım şekillerine (tarım, mera, sanayi ve yerleşim alanları vb.) dönüştürülmesi sonucunda zarar görmektedir (Chakravarty ve ark. 2011). Bu tür tehditler karşısında ormanların gerek odun ve odun dışı üretim gerekse diğer fonksiyonlarının sürekliliğinin sağlanabilmesi için korunması, geliştirilmesi, alanlarının artırılması, verim ve niteliklerinin yükseltilmesi gerekmektedir (Yahyaoglu, 1992). Ormanlardan sağlanacak her türlü ürünün (ekonomik, ekolojik, sosyal vb.) nitelik ve niceliği yetiştirme ortamı faktörleri (fizyografik, iklimatik, edafik ve biyotik) ile sıkı bir ilişki içindedir. (Spurr ve Barnes, 1991). Yetiştirme ortamı esasen fiziksel ve biyolojik özellikleri bakımından homojen bir coğrafi yeri tanımlarken ormancılık açısından ise bir yerin ağaç yetiştirme potansiyelini ifade etmektedir (Skovsgaard ve Vanclay 2008).

Yetiştirme ortamı verimliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler geosentrik (ortam merkezli) ve fitosentrik (bitki merkezli) olmak üzere iki bölümde incelenebilir. İlk yöntemde iklim, toprak ve topoğrafya gibi cansız çevre unsurları bir ölçüt olarak kullanılırken ikinci yöntemde meşceredeki ağaçlar ve toprak florası gibi canlı unsurlar söz konusudur. Fitosentrik yöntemler içerisinde de en çok meşcere üst boyu bir gösterge olarak kullanılmaktadır (dendrosentrik ya da dendrometrik yöntem). Üst boy ise genelde yaş ve çapla ilişkiye getirilerek verim gücü (bonitet endeksi) belirlenmektedir (Skovsgaard ve Vanclay 2008). Aynı yaşlı meşcerelerde yaş-üst boy, değişik yaşlı meşcerelerde ise çap-boy yöntemi kullanılmaktadır. Fakat bonitet endeks (BE) yöntemi sadece sağlıklı orman alanları için geçerlidir (Kimsey ve

ark. 2008). Bu nedenle özellikle herhangi bir şekilde böcek, kar-fırtına devriği, hastalık gibi zararlara uğramış veya kapalılığı kırılmış ya da ağaçlandırma alanlarında dolaylı yöntemlerin kullanılması bir gerekliliktir. Dolaylı yöntemlerde de doğrudan meşceredeki ağaçlara ilişkin ölçümler yerine buradaki büyümeyi etkileyen fizyografik, edafik ve iklimatik değişkenlere bağlı tahminlerde bulunmaktadır (Bravo-Oviedo ve Montero 2005, Chen ve ark. 2002, Szwaluk ve Strong 2003). Bununla ilgili gerek yurtiçi gerekse yurtdışında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Bravo-Oviedo ve Montero 2005, Çelik ve Özkan 2005, Karataş ve ark. 2013, Edvardsson ve ark. 2015, Bueis ve ark. 2016, Ketten ve Gülsoy 2020, Özel ve ark. 2020). Bu çalışmaya konu olan Doğu Karadeniz göknarı üzerine sadece bir çalışma (Saraçoğlu 1989) vardır. Bu çalışmada göknar meşcerelerinin 1300-1900 m yükseltilerde, eğimin %27-47 arasında değişim gösterdiği ve kaba tekstürlü topraklarda daha iyi geliştiği ifade edilmektedir.

Doğu karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*), dünyada yayılış gösteren 49 göknar türünden birisidir. Bu türlerin 15 adedi doğal olarak Kuzey ve Orta Amerika'da, geriye kalanlar ise Avrupa ve Asya'da yayılış göstermektedir (Wolf 2004). Doğu Karadeniz göknarı ise doğal olarak Kafkasya ile Kuzeydoğu Anadolu'nun dağlık kesimlerinde yetiştirmekte olup ülkemizde Yeşilirmak Vadisi ile Türkiye-Gürcistan sınırı arasında kalan Doğu Karadeniz orman alanlarında yayılış göstermektedir.

Göknar, genel olarak -4°C ile 11 °C arasındaki sıcaklıklarda normal gelişimini sürdürmekle birlikte -45 - 41°C sıcaklıklara da dayanabilmektedir. Bu cinse ait türler normal gelişimlerini yıllık yağışın 510-2540 mm arasında olduğu yerlerde yapmakla birlikte 390 mm ve 6650 mm gibi ekstrem değerlere de dayanabilmektedir. Toprak özellikleri bakımından geniş bir varyasyona sahip olan bu türün büyüme ve gelişiminde nem ve sıcaklığın daha önemli olduğu bildirilmektedir (Wolf 2004). Türkiye'de göknar ormanlarının kapladığı alan 511.703 ha olup türler içindeki payı %2.23'tür. Bu ormanların 393.504 ha'ı (%77) normal kapalı, 118.199 ha'ı (%23) ise boşluklu kapalı niteliktedir (Anonim 2020). Ancak bu veriler 2012 yılına ait verilerle (Anonim 2012) karşılaştırıldığında alansal olarak

normal kapalı ormanlarda %3.3, boşluklu kapalı ormanlarda %55.1 ve genelde ise %23.7'lik bir azalma olduğu görülmektedir.

800-1700 m yükseltiler arasında bazen saf bazen de *Fagus orientalis* (doğu kayını), *Pinus silvestris* (sarıçam) ve *Picea orientalis* (doğu ladini) gibi türlerle karışık olarak bulunmaktadır. Doğu Karadeniz göknarı saf olarak en geniş yayılışını 8190 ha'lık alan ile Artvin/Şavşat'da yaparken, bunu sırasıyla Gümüşhane (2156 ha), Şebinkarahisar (2071 ha), Torul (1778 ha) ve Yusufeli (1602 ha) izlemektedir (Anşin ve Özkan 1998, Demirci 2001).

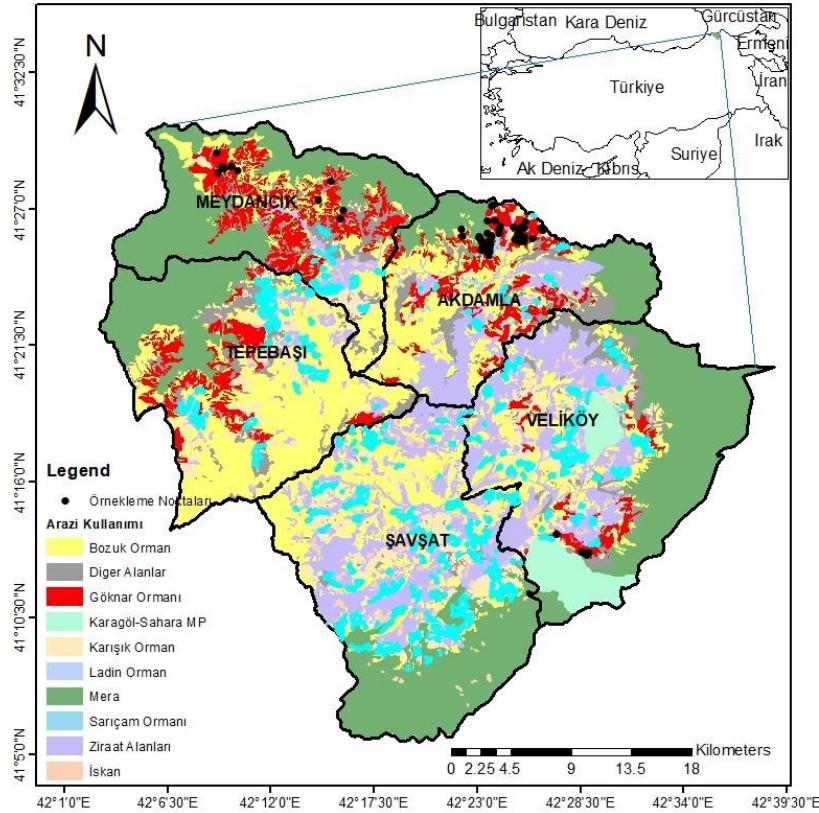
Göknar ormanları, ülkemizin sahip olduğu genetik rezervler içinde önemli bir yeri olan, çok yönlü kullanım alanlarına sahip, ekolojik toleransı yüksek, odun kalitesi iyi, gölgeye dayanıklı, kolay çaprazlanabilen ve vejetatif olarak üretilen önemli türlerimizden biridir (Yahyaoglu ve ark. 1991). Bu türün olumlu olan bu

özelliklerinin sürekliliğini sağlayabilmek ve bunlardan yararlanabilmek için yetişme ortamı faktörleri ile türün gelişimi arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Böylece türün verimliliği ve ağaçlandırma ve ıslah çalışmalarındaki başarısı artacaktır.

Bu çalışma ile Şavşat yetişme ortamı bölgesinde doğal olarak yayılış gösteren saf Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin yetişme ortamı özelliklerinin (fizyografik, edafik ve klimatik) belirlenmesi ve meşcere gelişimi ile olan ilişkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, 41°05'00"-41°32'15" kuzey enlemleri ile 42°01'00"-42°34'00" doğu boylamları arasında yer almakta; kuzeyinde Gürcistan, doğusunda Ardahan, güneyinde Artvin/Ardanuç ve batısında ise Artvin ili bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Örnek alanların araştırma alanındaki konumu

Araştırma alanı, coğrafi konum itibarıyla Karadeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş kuşağında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 5.1 °C olup yöredeki en yüksek sıcaklık 16.0 °C Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise -6.8°C ile

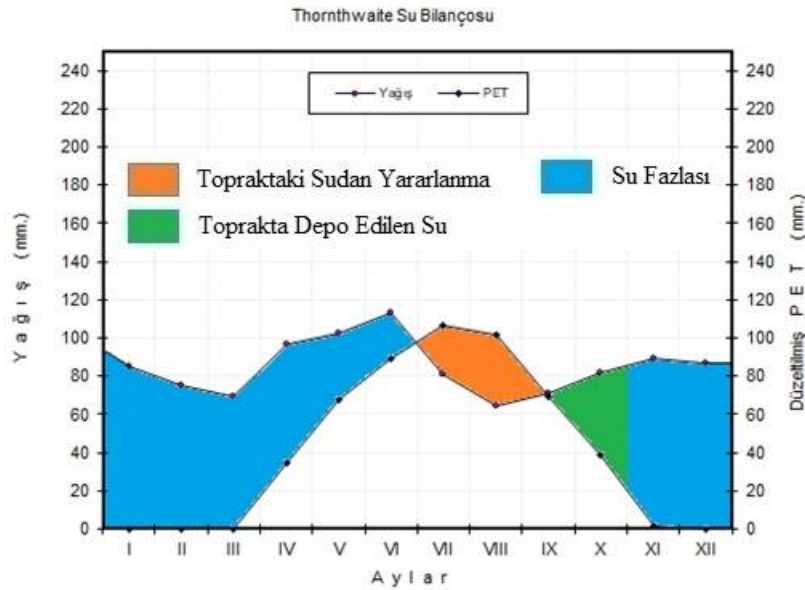
Ocak ayında gözlenmiştir. Şavşat meteoroloji istasyonundan temin edilen 1970-1996 yıllarına ilişkin iklim verileri örnek alanlar için Erinc'e (1969) göre ekstrapole edilmiştir (Çizelge 1). Araştırma alanı ortalama

yükseltisi (2050 m) kullanılarak yapılan iklim analizinde, Thornthwaite (1948) yöntemine göre iklim tipi “B4 C'2 r b'2” ile sembolize edilen “nemli, düşük sıcaklıkta

(mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, karasal iklime yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Çizelge 1. Araştırma alanı ortalama yükseltisi (2050 m) için ekstrapole edilmiş iklim verileri.

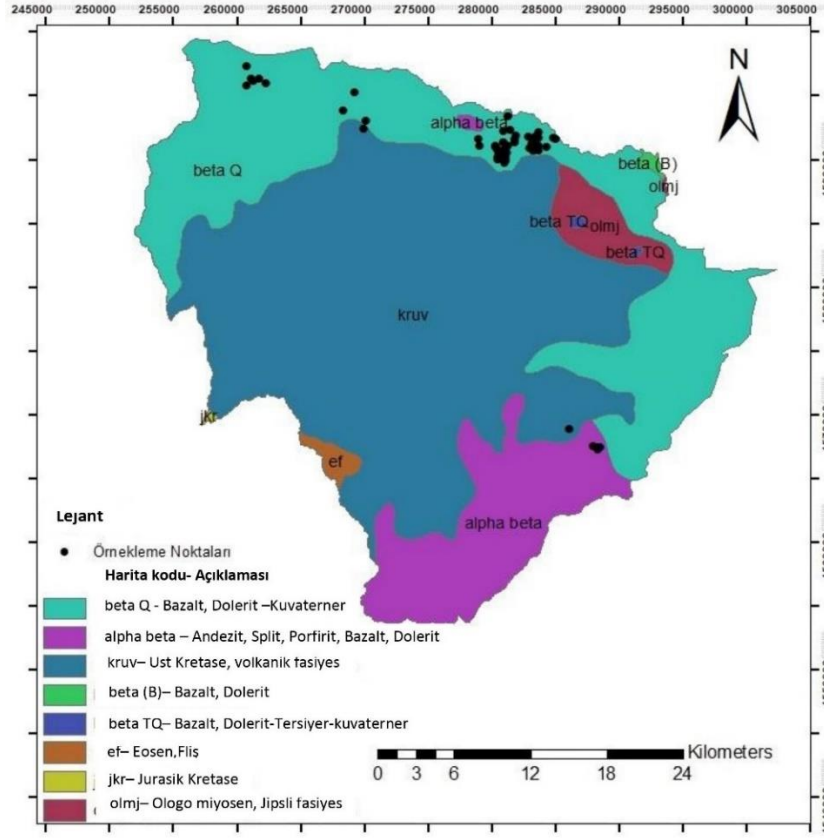
Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Maks. Sıcaklık (°C)	Ort. Yağış (mm)
Ocak	-6.8	-11.2	-1.5	84.9
Şubat	-5.3	-10.6	0.5	74.8
Mart	-0.8	-6.8	5.8	69.4
Nisan	5.2	-1.4	12.4	96.3
Mayıs	9.6	2.5	17.1	102.8
Haziran	12.9	5.6	20.5	113.1
Temmuz	15.7	8.9	23.5	80.9
Ağustos	16	8.9	24.5	64.4
Eylül	12.2	5.3	20.8	71.2
Ekim	7.1	0.7	14.7	81.6
Kasım	0.3	-4.4	6	89.6
Aralık	-4.9	-8.9	0.1	86.8
Yıllık	5.1	-1	12	1015.7



Şekil 2. Araştırma alanına ilişkin Thornthwaite iklim diyagramı

Araştırma alanındaki orman bitki örtüsünün %97'sini iğne yapraklı ağaç türlerinden olan Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana*), doğu Ladini (*Picea orientalis*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve ardıç (*Juniperus* spp.); %3'ünü ise geniş yapraklı türlerden doğu kayını (*Fagus orientalis*), meşe (*Quercus* spp.), gürgen (*Carpinus* spp.), kızılalgaç (*Alnus* spp.), akçağaç (*Acer* spp.) söğüt (*Salix* spp.), üvez (*Sorbus* spp.) ve huş (*Betula* spp.) oluşturmaktadır. Bu türler arasında en yaygın olanı ise Doğu Karadeniz göknarı ve doğu ladinidir (Anşin ve Özkan 1998).

Örnek alanların jeolojik yapısı (MTA 2019) incelendiğinde; farklı jeolojik zamanlarda oluşmuş farklı kayaç türleri yer almaktadır. Bunlar genel olarak Pliyosen zamanlı bazalt, piroklastik kayaçlar, ayrışmamış karasal kırıntılar, Üst miyosen-Pliyosen zamanlı andezit, ayrışmamış volkanitler, volkanitler ve sedimenter kayaçlar, Kuvaterner zamanlı bazalt, yamaç molozu alüvyon yelpazesi, moren vb., Oligosen-Alt miyosen zamanlı evaporitli sedimenter kayaçlar ve Pliyo-Kuvaterner zamanlı ayrışmamış karasal kırıntılardan oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Örnek alanların jeoloji haritasındaki konumu

Arazi çalışmaları 2017 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada farklı bakılardan (gölgeli ve güneşli) ve farklı yükselti basamaklarından (1700-1900 m, 1900-2100 ve 2100-2300 m) olmak üzere katmanlı rastgele yöntem kullanılarak toplam 60 adet örnek alan alınmıştır (Pennock ve ark. 2007). Bu örnek alanların her birinde birer adet toprak çukuru açılarak 0-20 cm derinlik kademesinden bozulmuş ve bozulmamış (silindir) olmak üzere toplamda 120 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerine ilişkin iskelet miktarı ve hacim ağırlığı silindir (Gülçur, 1974), organik madde içeriği ıslak yakma (Walkley and Black 1934), tekstür (kum, toz, kil içerikleri) hidrometre (Bouyoucos 1962), ve pH ve elektriksel iletkenlik (EC) ise cam elektrot yöntemleriyle (Kaçar 2009) belirlenmiştir. Ölü örtü kalınlığı (ÖK) ise mm hassasiyetinde cetvelle ölçülerek belirlenmiştir.

Örnek alanlara ilişkin konum, yükselti ve bakı gibi özellikler GPS ile, arazi eğimi klizimetre (eğim ölçer) ile arazi yüzü biçimi (reliyer) ise sayısal yükselti modeli (DEM) kullanılarak belirlenmiştir (Schoeneberger 2002). Meşcere verim güçlerinin (bonitet endeksi)

belirlenmesinde değişik yaşlı meşcerelerde tercih edilen ve çap sınıfı (38-50 ve 52-70 cm) ortası boyuna dayanan Flurry yöntemi kullanılmıştır (Saraçoğlu 1988, Atıcı 1998). Yöntem kapsamında her bir meşceredeki tüm ağaçların 1.3 m yükseklikteki göğüs çapları ve boyları ölçülmüştür. Ağaçların çapları çap ölçer, boylar ise Vertex-III lazer boy ölçer ile ölçülmüştür (Haglöf 2002). Bonitet endeksi ile yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Analizde SPSS v.19 kullanılmıştır (IBM 2011).

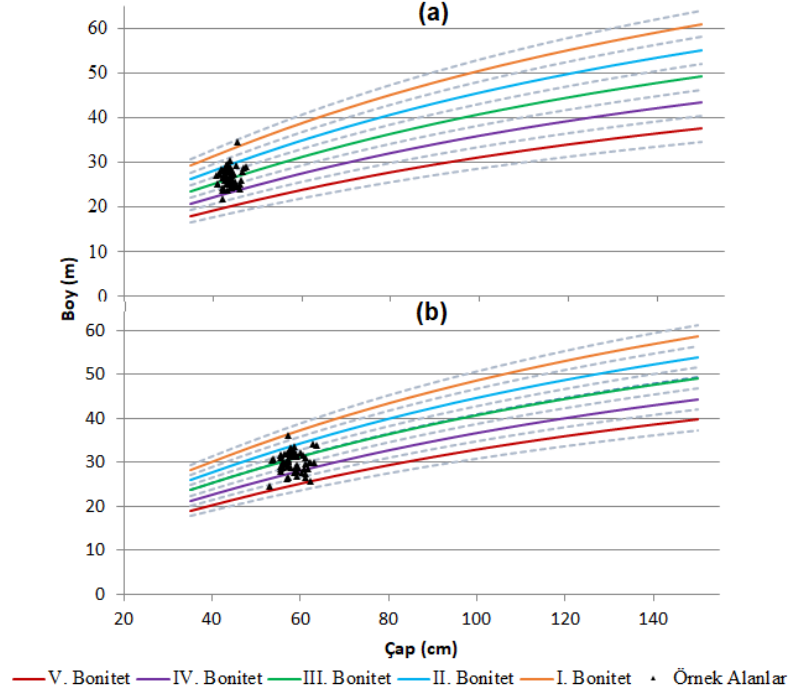
BULGULAR ve TARTIŞMA

Bonitet Endeksi

Flury'nin çap sınıfları metoduna göre yapılan sınıflandırmada; III. çap sınıfına göre; alanların bonitet endeks değerleri 22.35 m ile 34.32 m arasında değişmekte olup ortalaması 27.07 m, IV. çap sınıfına göre; alanların bonitet endeks değerleri 25.60 m ile 37.57 m arasında değişmekte olup ortalaması 31.12 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). III. çap sınıfına göre; 60 adet örnek alanın 1 adedi (%2) I. bonitet, 25 adedi (%42) III. bonitet, 21 adedi

(% 35) IV. bonitet ve 13 adedi (%22'si) ise V. bonitet sınıfında yer alırken II. bonitet sınıfında örnek alan bulunmamaktadır (Şekil 4a). IV. çap sınıfına göre; 60 adet örnek alanın 2 adedi (%3) I. bonitet, 8 adedi (%13) II.

bonitet, 22 adedi (%37) III. bonitet, 21 adedi (% 35) IV. bonitet ve 7 adedi (%12) ise V. bonitet sınıfında yer almıştır (Şekil 4b).



Şekil 4. III. (a) ve IV. (b) çap sınıflarına göre bonitet endeks eğrileri

Çizelge 2. BE ve yetiştirme ortamı özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

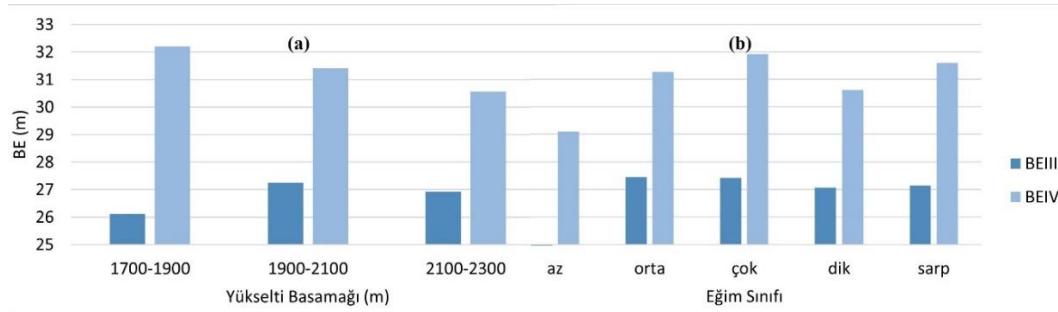
Değişkenler	Birim	Ort.	Min.	Maks.	Standart Hata	Standart Sapma
BE44.5 (III. Çap Sınıfı)	m	27.1	22.4	34.3	0.3	2.1
BE61.5 (IV. Çap Sınıfı)	m	31.1	25.6	37.6	0.3	2.4
X (Boylam)	m	279529	260729	288515	937	7260
Y (Enlem)	m	4589914	4567296	4597343	901	6978
Yükselti	m	2051	1720	2228	14	109
Sırttan Uzaklık	m	36.9	12.5	87.5	3.2	24.7
Eğim	%	48.7	5.0	80.0	2.3	18.2
Bakı	°	153.3	25.0	345.0	11.4	88.6
KUM	%	78.5	60.3	88.8	0.9	7.1
KİL	%	7.9	1.0	18.0	0.6	4.9
TOZ	%	13.6	8.2	22.9	0.4	3.0
pH		6.5	6.3	6.7	0.0	0.1
EC	µs/cm	66.0	13.6	144.7	3.7	28.8
OM	%	6.8	2.5	10.4	0.2	1.8
Olü Örtü	cm	2.0	0.1	5.5	0.1	1.1
İskelet İçeriği	%	53.5	8.1	87.3	2.3	17.6
Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	0.85	0.52	1.27	0.0	0.2
Ortalama Sıcaklık	°C	5.1	4.2	6.7	0.1	0.5
Ortalama Min. Sıcaklık	°C	-1.1	-2.0	0.5	0.1	0.5
Ortalama Maks. Sıcaklık	°C	12.0	11.1	13.7	0.1	0.5
Toplam Yağış	mm	1016	867	1096	6.0	49.0

Yetiştirme Ortamı Faktörleri ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Fizyografik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Araştırma alanına ilişkin Y ve X koordinatları sırasıyla 4567296-4597343 m ve 260729-279529 m olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı yükseltisi 1720 - 2228 m arasında değişmekte olup ortalama yükseltisi 2051 m'dir. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda araştırma alanı yüksek dağlık arazi sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE

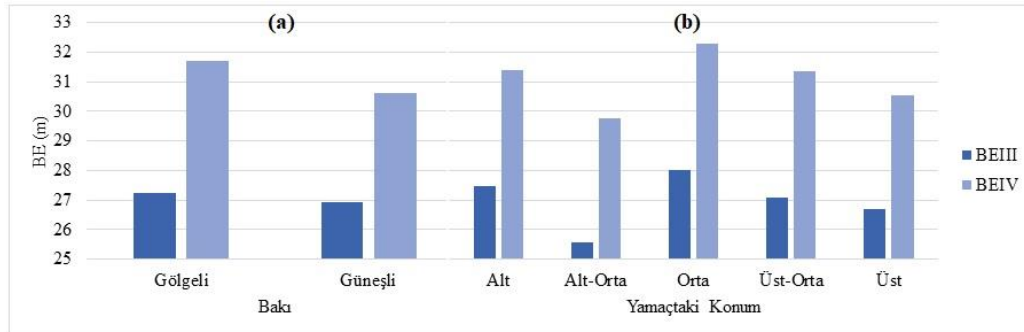
değeri I, II ve III. yükselti basamakları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.1, 27.2 ve 26.9 m; IV. çap sınıfında 32.2, 31.4 ve 30.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5a). Araştırma alanı oldukça engebeli ve sarp olup ortalama eğim %48.7 ve en yüksek değer ise %80 olarak belirlenmiştir. Bu ortalama ile dik eğime sahip araziler sınıfındadır. Ortalama BE değeri az (%3-9), orta (%9-17), çok (%17-36), dik (%36-58) ve sarp (%58-100) eğim sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 24.6, 27.4, 27.4, 27.1 ve 27.1 m; IV. çap sınıfında 29.1, 31.3, 31.9, 30.6 ve 31.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5b).



Şekil 5. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin yükselti basamağı (a) ve eğim sınıflarına (b) göre değişimi

Örnek alanların bakışı oldukça değişken olup genelde güneşli olarak ortaya çıkmıştır. Ortalama BE değeri gölgeli ve güneşli bakılar için III. çap sınıfında 27.2 ve 26.9 m; IV. çap sınıfında 31.7 ve 30.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 6a). Örnek alanların sırta olan uzaklıkları %12.5 ile 87.5 arasında değişmekte olup ortalama %37 olarak

belirlenmiştir. Örnek alanların büyük çoğunluğu üst orta yamaçta bulunmaktadır. Ortalama BE değeri alt, alt-orta, orta, üst-orta ve üst yamaçlar için sırasıyla III. çap sınıfında 27.5, 25.6, 28.0, 27.1 ve 26.7 m; IV. çap sınıfında 31.4, 29.8, 32.3, 31.4 ve 30.5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 6b).



Şekil 6. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin bakı (a) ve yamaçtaki konuma (b) göre değişimi

Fizyografik faktörler ile BE arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonuçları anlamlı değildir ($p>0.05$, Çizelge 3). Çelik ve Özkan (2015) Antalya Ovacık Dağı yöresinde kızılçamı etkileyen yetiştirme ortamı faktörlerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada benzer sonuçları bulmuşlardır.

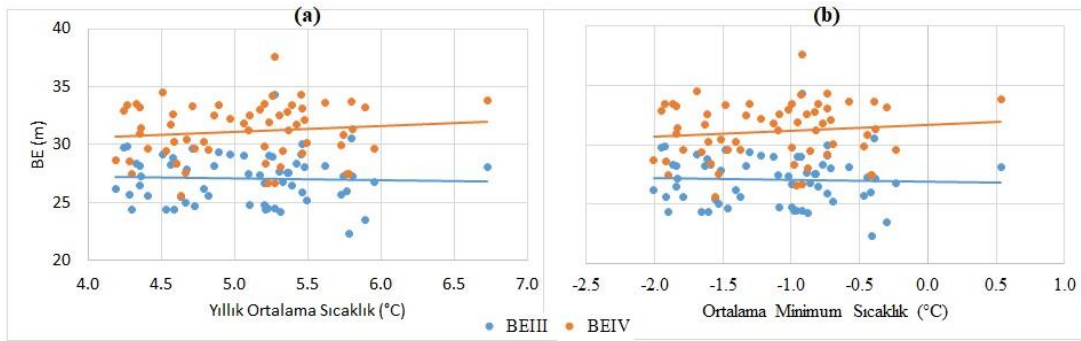
Bu durum fizyografik faktörlerdeki (enlem, yükselti vb.) değişkenliğin (varyasyonun) az olması ile açıklanabilir. Örneğin, alınan 60 adet örnek alanın %5'i (3 adet) I. yükselti basamağında yer alırken geriye kalan %95'i (57 adet) II. ve III. yükselti basamaklarında yer almıştır. II. ve III. yükselti basamağında ise en düşük ve en yüksek yükselti arasındaki fark ise çok azdır ($2228-1904=324$ m). Diğer yandan araştırma alanındaki enlem dereceleri de

çok değişken değildir ($<1^\circ$). Enlem dereceleri, denize olan uzaklık ve yükselti bölgesel iklimin, eğim, bakı ve reliyef gibi diğer fizyografik faktörler de lokal iklimin ve dolayısıyla orman verimliliğinin önemli belirleyicilerindendir (Stage and Salas 2007, Bailey 2009). Enlem ve yükselti bu etkisini sıcaklık, yağış ve radyasyon gibi iklimsel özelliklerin konumsal ve zamansal ölçekteki dağılımını kontrol ederek göstermektedir. Denizden yüksekliğin artmasına bağlı olarak sıcaklık azalırken bağıl nem ve dolayısıyla yağış artmaktadır. Sıcaklıktaki bu düşüş büyüme döneminin de kısılmasına neden olmaktadır. Yükseltiye bağlı olarak değişen iklim koşulları ayrışma koşullarını da etkileyerek bazı toprak özelliklerini (derinlik, pH, tekstür, besin elementleri, faydalı su kapasitesi) de değiştirmektedir (Irmak 1966, Çepel 1978, Spurr ve Barnes 1991). Örneğin, Wang ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada BE'deki değişimin %60'ını, Seynave ve ark. (2005) ise değişimin %49'unu sadece yükselti ile açıklamışlardır. Enlem ve yükselti dışında diğer faktörler de BE'yi etkilemektedir. Mcnab (2010) ve (2020) sadece reliyefin BE'deki etkisini Amerikan lale ağacı için %31-46 ve saplı meşe için %56 olarak raporlamıştır. Villwock ve ark. (2011) ise daha fazla su ve besin maddesi

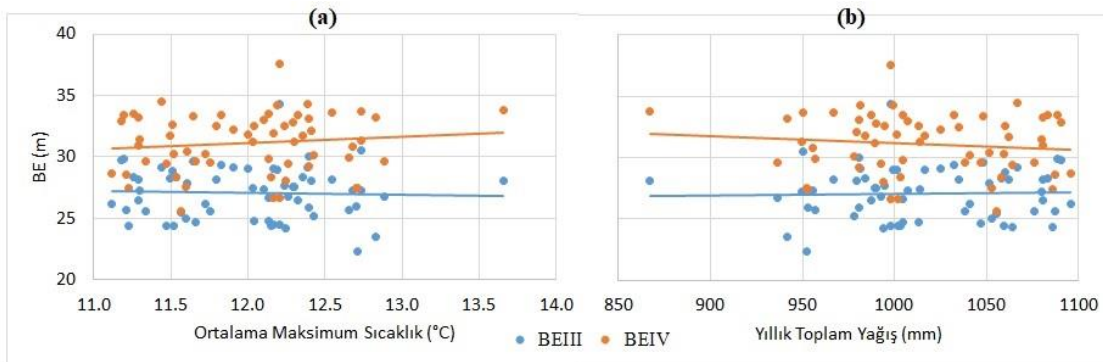
kapasitesine sahip olması nedeniyle konkav şekilli arazilerin açıklanan varyans oranını artırdığını ifade etmektedir. Bunların yanı sıra ülkemizde yapılan benzer çalışmalarda da genel olarak BE ile enlem ve sırta olan uzaklık arasında pozitif yönde, eğim ve yükselti arasında ise negatif yönde ilişkiler belirlenmiştir. Örneğin, Yener ve Altun (2018) doğu ladini, Güner ve ark. (2011) karaçam, Mcnab ve Keyser (2020) ise meşede BE ile eğim, bakı, yükselti, reliyef gibi konum etmenleri arasında anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler belirlemişlerdir.

Klimatik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Örnek alanlardaki yıllık ortalama, ortalama minimum ve ortalama maksimum sıcaklıklar $4.2-6.7^\circ\text{C}$, $-2.0-0.5^\circ\text{C}$ ve $11.1-13.7^\circ\text{C}$ 'ler arasında bulunurken yıllık toplam yağış 867.2 ile 1095.8 mm arasında belirlenmiştir (Çizelge 2). Ortalama, ortalama minimum ve ortalama maksimum sıcaklıkların en düşük olduğu alanlarda III. çap sınıfındaki BE 26.2 m, IV. çap sınıfındaki BE 28.7 m olarak ortaya çıkarken en düşük yıllık toplam yağışın olduğu alanda bu değerler 28.1 ve 33.8 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 7a-b; Şekil 8a-b).



Şekil 7. Yıllık ortalama sıcaklık (a) ve ortalama minimum sıcaklık (b) değerlerinin III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksleri ile ilişkisi



Şekil 8. Ortalama maksimum sıcaklık (a) ve yıllık toplam yağış (b) değerlerinin III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksleri ile ilişkisi

Çizelge 3. Yetiştirme ortamı faktörleri ile bonitet endeksi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi

Değişkenler	BEIII	BEIV	X	Y	YUK	SUZ	EGM	BAKD	KUM	KİL	TOZ	pH	EC	OM	OK	TAS	HA	To	Tomk	Tomin	Ptop
BEIII	1.00	.76**	.12	-.08	.03	.13	.16	.16	-.04	.11	-.07	.16	.22	.00	-.08	.02	.16	-.03	-.03	-.03	.03
BEIV		1.00	.11	-.04	-.11	.14	.17	-.02	.04	-.01	-.07	.14	.10	-.14	-.18	-.04	.08	.11	.11	.11	-.11
X			1.00	-.55**	.29*	-.20	-.31*	.02	.20	-.14	-.25	-.25	.15	-.11	.17	-.04	.04	-.29*	-.29*	-.29*	.29*
Y				1.00	.01	.00	.42**	-.32*	-.07	.17	-.10	.30*	-.55**	.18	-.14	-.07	.18	-.01	-.01	-.01	.01
YUK					1.00	-.46**	-.03	-.05	.13	-.03	-.25	.14	.12	.11	.28*	.15	.14	-.91**	-.91**	-.91**	.91**
SUZ						1.00	.18	.14	-.04	.03	.05	-.12	.02	-.05	-.20	-.21	-.16	.46**	.46**	.46**	-.46**
EGM							1.00	.00	-.05	.10	-.05	.19	-.21	.08	-.21	.14	.13	.03	.03	.03	-.03
BAKD								1.00	-.07	.02	.12	-.28*	.24	-.01	-.14	.14	-.26*	.05	.05	.05	-.05
KUM									1.00	-.94**	-.82**	.00	.00	.14	-.05	-.19	-.12	-.13	-.13	-.13	.13
KİL										1.00	.56**	.01	-.03	-.14	.09	.19	.20	.03	.03	.03	-.03
TOZ											1.00	-.01	.05	-.10	-.02	.14	-.06	.25	.25	.25	-.25
pH												1.00	-.28*	.35**	.11	.15	.18	-.14	-.14	-.14	.14
EC													1.00	-.10	.15	.09	-.13	-.12	-.12	-.12	.12
OM														1.00	.19	.19	.07	-.11	-.11	-.11	.11
OK															1.00	.16	-.20	-.28*	-.28*	-.28*	.28*
TAS																1.00	.16	-.15	-.15	-.15	.15
HA																	1.00	-.14	-.14	-.14	.14
To																		1.00	1.00**	1.00**	-1.00**
Tomk																			1.00	1.00**	-1.00**
Tomin																				1.00	-1.00**
Ptop																					1.00

** : 0.01 düzeyinde anlamlı korelasyon (2-yönlü).

* : 0.05 düzeyinde anlamlı korelasyon (2-yönlü).

Açıklamalar; BE: Bonitet endeksi, X: Enlem, Y: Boylam, YUK: Yükselti, SUZ: Sırttan uzaklık, EGM: Eğim, BAKD: Dönüştürülmüş bakı, OM: Organik madde, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, HA: Hacim ağırlığı, To: Yıllık ortalama sıcaklık, TAS: Taşlılık, OK: Ölü örtü kalınlığı, Tomin: Yıllık ortalama minimum sıcaklık, Tomk: Yıllık ortalama maksimum sıcaklık, Ptop: Yıllık Toplam Yağış

Bu değerlerin en yüksek bulunduğu alanlarda ise III. ve IV. çap sınıfındaki BE'ler için sırasıyla 28.1 ve 33.8 m olarak belirlenmiştir. Yağışın en yüksek bulunduğu alanda ise bunlar sırasıyla 26.2 ve 28.7 m olarak belirlenmiştir (Şekil 7a-b; Şekil 8a-b). Korelasyon analizi sonuçlarına göre araştırma alanındaki iklim değişkenleri ile BE arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0.05$, Çizelge 3).

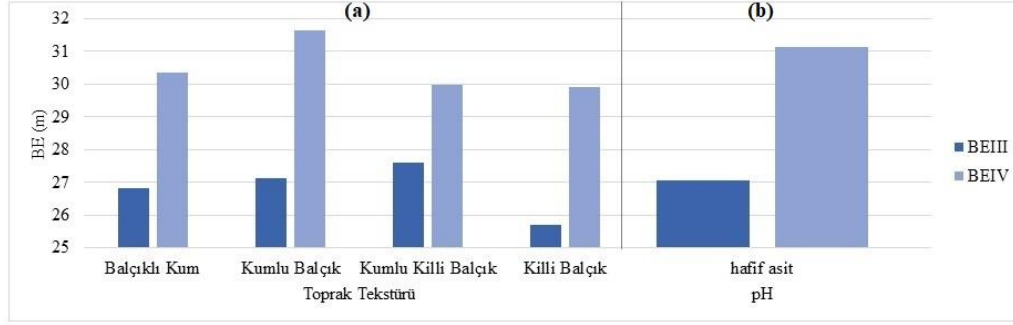
Bu durum araştırma alanı yükseltisinin iklim değişkenlerini etkileyecek düzeyde değişken olmamasıyla ilişkilendirilebilir. Çünkü örnek alanda bir meteoroloji istasyonu veya mobil istasyon kurulması mümkün olmadığı için örnek alanlara ilişkin sıcaklık ve yağış değerlerinin belirlenmesinde en yakın meteoroloji istasyonu verilerinin yükseltiye bağlı değişimi esas alınmaktadır (Erinç 1969). Wang ve ark.'nın (1994) kontorta çamı (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.) ve Engelmann ladininin (*Picea engelmannii* Parry ex Engelmann x *P. glauca* [Moench] Voss) gelişimi üzerine ekolojik faktörlerin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında da iklim verilerinin anlamlı bir etkisi bulunamamış ve bu durum örnek alanların benzer iklim koşullarına sahip olması ile açıklanmıştır.

Atmosferik koşullar fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok süreçte önemli roller oynayarak bitki gelişimini doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilemektedir (Monserud ve ark. 2006). Bu koşulların optimumdan sapsması bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. İklim ekosistemdeki besin ve enerji transferinin de önemli belirleyicilerinden biridir (Orlandini ve ark. 2009). Bu çalışmadaki sonuçların aksine iklim değişkenleri ile BE arasında anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler bulan çok sayıda çalışma vardır (Yener ve Altun 2017, Yener ve Altun 2018, Güner ve ark. 2011, McKenney and Pedlar 2003, Seynave ve ark. 2005, Sharma ve ark. 2012, Özel ve ark. 2020). Örneğin, Monserud ve ark. (2006), Sharma ve ark. (2012), Hamel ve ark. (2004), Karataş ve ark. (2013) ve Yener ve Altun (2018) gibi araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda, yıllık ortalama sıcaklık ve büyüme dönemindeki sıcaklıkların bitki metabolizmasını kontrol

ederek fotosentezi doğrudan etkilediği için BE'yi olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir. Seynave ve ark. (2005) ise Mart ve Ağustos aylarındaki sıcaklıkları BE ile ilişkilendirmişlerdir. Kimi araştırmacılar ise yıllık toplam yağış ve vejetasyon periyodunda düşen yağışın verimliliği olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir (Corona ve ark.1998, Mckenny ve Pedlar 2003, Seynave ve ark. 2005, Sharma ve ark. 2012, Louw ve ark. 2006, (Kazmierczak ve Zawieja 2014, Özel ve ark. 2020). Bazı çalışmalarda ise gelişimin bir göstergesi olarak BE yerine meşcere orta çapı kullanılmıştır. Litvanya'da yapılan bir çalışmada sarıçamın çap gelişiminin kış ve erken ilkbaharda artan sıcaklıklarla birlikte arttığı belirlenirken (Edvardsson ve ark. 2015), Letonya ve Almanya'da yapılan çalışmalarda ise sıcaklık yanında yağışın da çap artımını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Elferts ve Dauškane 2011, Pérez ve ark. 2005).

Edafik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

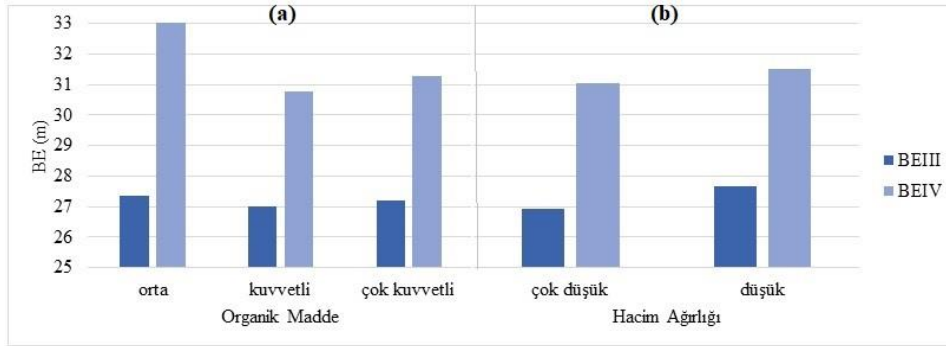
Araştırma alanı topraklarının ortalama kum, toz ve kil değerleri sırasıyla %78.5, %13.6, %7.9 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Alanda kumlu balçık ve balçıklı kum tekstürüne sahip topraklar egemen durumdadır. Ortalama BE değeri balçıklı kum, kumlu balçık, kumlu killi balçık ve killi balçık tekstür sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.8, 27.1, 27.6 ve 25.7 m; IV. çap sınıfında ise 30.4, 31.6, 30.0 ve 29.9 m olarak belirlenmiştir (Şekil 9a). Toprak pH'si en düşük 6.34, en yüksek 6.66, ortalama 6.54 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Bulunan pH değerlerine göre araştırma alanı toprakları, hafif asidik ($pH= 6.1-6.8$) toprak reaksiyonuna sahip topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE değeri bu sınıftaki topraklar için sırasıyla III. ve IV. çap sınıfında sırasıyla 27.1 ve 31.1 m olarak belirlenmiştir (Şekil 9b). Toprak EC'si en düşük 13.6, en yüksek 144.7, ortalama 66.00 $\mu S/cm$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Elde edilen EC değerlerine göre araştırma alanı topraklarının tümü tuzsuz topraklar sınıfında yer almaktadır.



Şekil 9. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin toprak tekstürü (a) ve toprak asitliğine (b) göre değişimi

Araştırma alanı topraklarının organik madde içerikleri %2.5 ile %10.4 arasında değişmekte olup; ortalama olarak %6.8 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Ortalama değere göre araştırma alanı toprakları kuvvetli organik maddeye sahip topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE

değeri orta (%2-4), kuvvetli (%4-8), ve çok kuvvetli (%8-15) organik madde sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 27.3, 27.0 ve 27.2 m; IV. çap sınıfında ise 33.3, 30.8 ve 31.3 m olarak belirlenmiştir (Şekil 10a).

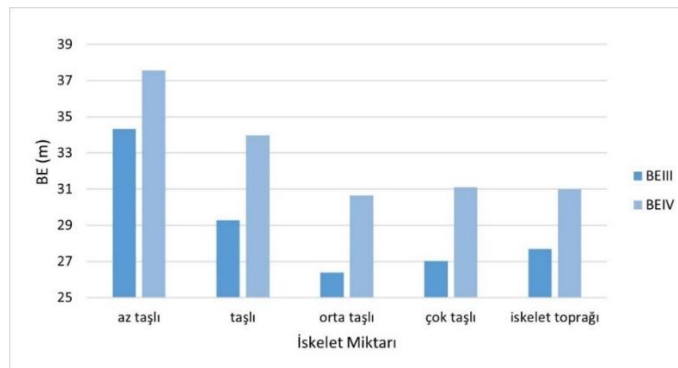


Şekil 10. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin organik madde (a) ve hacim ağırlığına (b) göre değişimi

Araştırma alanlarındaki hacim ağırlığı değerleri 0.52 gr/cm³ ile 1.27 gr/cm³ arasında değişmekte olup ortalama 0.85 gr/cm³ olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Bu ortalamaya göre araştırma alanı toprakları genel olarak hacim ağırlığı düşük topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE değeri çok düşük (<1 gr/cm³) ve düşük hacim ağırlığı (1-1.3 gr/cm³) sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.9 ve 27.7 m; IV. çap sınıfında ise 31.0 ve 31.5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 10b). Çalışma sahasındaki topraklara ilişkin iskelet içerikleri %8.1 ile %87 arasında değişmekte

olup; ortalama olarak %53.5 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Araştırma alanı iskelet içeriği bakımından bol taşlı topraklar sınıfında yer almaktadır.

Ortalama BE değeri az taşlı (<%10), taşlı (10-25), orta taşlı (%25-50), çok taşlı (%50-75) ve iskelet toprağı (>%75) sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 34.3, 29.3, 26.4, 27.0 ve 27.7 m; IV. çap sınıfında 37.6, 34.0, 30.6, 31.1 ve 31.0 m olarak belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endekslerinin toprak iskelet miktarına göre değişimi

Araştırma alanında toprak özelliklerinin yanı sıra toprağın organik katmanı olan ölü örtü kalınlığı da belirlenmiştir. Kalınlık 0.1-5.5 cm arasında değişmekte olup ortalama 2 cm olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizinde Şavşat yöresi göknar meşcerelerinin BE'si ile toprak değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0.05$, Çizelge 3). Toprak özellikleri ve BE arasında anlamlı bir ilişki bulunamaması araştırma alanının nispeten benzer bir topoğrafya ve iklim yapısına sahip olması ve bunun da etkisiyle benzer toprak özelliklerinin ortaya çıkmasıyla ifade edilebilir. Örneğin araştırma alanı topraklarının %86.3'ünün kaba tekstürlü, tamamının hafif asidik, %91.6'sının organik madde miktarının %4'ün üzerinde ve %68.3'ünün iskelet miktarının %40'ın üzerinde olması bu benzerliği göstermektedir. Nitekim, İrmak (1966) ve Çepel (1996) iklimin çok değişken olmadığı ve türün optimum koşullardan uzaklaştığı durumlarda toprak özelliklerinin meşcere gelişimi üzerindeki etkisinin daha belirgin olarak ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

BE'nin geosentrik (ortam merkezli) olarak tahmin edildiği birçok çalışmada toprak, tek başına ya da iklim ve topoğrafya gibi bağımsız değişkenlerle birlikte kullanılmıştır (Güner 2008, Sharma ve ark. 2012, Corona ve ark. 1998, Wang ve ark. 2004, Berges ve ark. 2005, Keten ve Gülsoy, 2020). Oviedo ve Montero'nun (2005) edafik faktörlerin *Pinus pinea*'nın bonitet endeksi üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmalarında toprak tekstürü ve faydalı su kapasitesinin önemli derecede etkili olduğunu yararlandıkları kontenjans çizelgeleriyle ortaya koymuşlardır. İspanya'da Rodriguez ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada *Pinus radiata*'nın verimliliği üzerinde fosfor içeriği, pH ve toprak derinliğinin pozitif; toplam azot miktarının ise negatif yönde etkili olduğu belirlenmiştir. Zhou ve Dean (2004) ise *Pinus taeda*'nın verimliliğinin mineralize azot tarafından pozitif yönde ($r^2=0.24$; $p=0.02$) etkilendiğini tespit etmişlerdir. Avusturya'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Oberhuber ve ark. 1997) yetersiz beslenme, toprağın düşük su tutma kapasitesi, sıg toprak derinliği ve yüksek iskelet miktarı gibi faktörlerin sarıçamın çap gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Socha'nın (2008) Polonya ve Bueis ve ark.'nın (2016) İspanya'da yaptıkları çalışmalarda Avrupa ladini (*Picea abies*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*)

meşcerelerinin BE'sindeki değişimin sırasıyla %79 ve %71'i fizyografik ve edafik değişkenlerle açıklanmıştır.

SONUÇ

Artvin ili Şavşat ilçesinde gerçekleştirilen bu çalışma ile değişik yaşlı Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin yetiştirme ortamı özellikleri ve bu özelliklerin meşcere verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Göknar meşcereleri alt ve üst rakımlardaki sosyal baskı (tarım, hayvancılık vb.) nedeniyle dar bir alanda yayılış göstermiştir. Yayılışının bu kadar sınırlı olması araştırma alanındaki topoğrafik yapı, iklim ve toprak özelliklerinin de büyük oranda benzer olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle; Bu nedenle araştırma alanındaki göknar meşcereleri yüksek dağlık alanlarda, nispeten dik ve sarp eğimli yamaçlardaki kaba tekstürlü, hafif asidik, iskelet içeriği yüksek ve organik maddece zengin topraklar üzerinde gelişmiştir. Sonuç olarak göknar meşcerelerinin bonitet endeksleri ile belirlenen ekolojik değişkenler arasında istatistiki açıdan anlamlı ilişkiler belirlenmemiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgu ve sonuçlar yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında ve potansiyel yetiştirme ortamlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmayı 2015.F10.02.10 proje numarasıyla destekleyen Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne, bonitet endekslerinin belirlenmesine katkı sağlayan Dr. Aydın KAHRİMAN'a, toprak analizlerinin yapılmasındaki katkısından dolayı Mine DAŞTEMİR'e ve lojistik desteklerinden dolayı Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim (2012) Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi Ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim (2020) Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi Ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anşin R, Özkan ZC (1998) Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, KTÜ yayınları, Trabzon.
- Atıcı E (1998) Değişik Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım Büyüme, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 386 s.

- Bailey, R. G. (2009). Ecosystem geography: from ecoregions to sites. Springer Science & Business Media.
- Bergès L, Chevalier R, Dumas Y, Franc A, Gilbert JM. (2005). Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) Site Index Variations in relation to Climate, Topography and Soil in Even-Aged High-Forest Stands in Northern France Ann Forest Sci 62:391-402.
- Bouyoucos, GJ (1962) Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy journal, 54(5), 464-465.
- Bravo-Oviedo A, Montero G (2005) Site index in relation to edaphic variables in stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in south west Spain. Annals of Forest Science, 62(1), 61-72.
- Bueis T, Bravo F, Pando V, Turrión MB. (2016) Relationship between environmental parameters and *Pinus sylvestris* L. site index in forest plantations in northern Spain acidic plateau iForest - Biogeosciences and Forestry:e1-e8 doi:10.3832/ifer1600-008.
- Chakravarty S, Ghosh S, Suresh C, Dey A, Shukla G (2011) Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies. In: Okia DCA (ed) Global Perspectives on Sustainable Forest Management. pp 3-21
- Chen H, Krestov PV, Klinka K (2002) Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. Canadian Journal of Forest Research. 32(1), 112-119.
- Corona P, Scotti R, Torchioni N (1998) Relationship Between Environmental Factors And Site Index in Douglas-Fir Plantations in Central Italy, Forest Ecology and Management 110, 195-207.
- Çelik H, Özkan K (2015) Antalya Ovacık Dağı Yöresi'nde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'in gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(2), 190-197.
- Çepel N (1978) Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2479, Orman Fak. Yayın No: 257, Taş Matbaası, İstanbul.
- Çepel N (1988) Orman ekolojisi. İ.Ü. Yay. No. 3518, O.F. Yay No. 399, ISBN No. 975-404-061-3, Gençlik Basımevi, İstanbul 536 s.
- Çepel N (1996) Toprak ilmi. İ.Ü. O.F. Yay. No. 3416, O.F. Yay. No. 389, İstanbul.
- Demirci A (2001) Saf Doğu Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* Stev.) Ormanlarında Meşcere Kuruluşlarının Saptanması ve Silvikültürel Öneriler. KÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1: 16-27.
- Edvardsson J, Rimkus E, Corona C, Šimanauskienė R, Kažys J, Stoffel M. (2015) Exploring the impact of regional climate and local hydrology on *Pinus sylvestris* L. growth variability – A comparison between pine populations growing on peat soils and mineral soils in Lithuania Plant and Soil 392:345-356 doi:10.1007/s11104-015-2466-9.
- Elferts D, Dauškane I (2011) Influence of climate on Scots pine growth on dry and wet soils near Lake Engure in Latvia Estonian Journal of Ecology 60:225 doi:10.3176/eco.2011.3.05.
- Eriç S (1969) Klimatoloji ve Metotları, .U.Yayın No: 994, Coğrafya Enst. Yay. No: 35, Taş Matbaası, İstanbul, 538 sayfa.
- Gülçur F (1974) Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Methodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 1970, O.F. Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Güner ŞT Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K. (2011) "Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *Pallasina* (Lamb.) Holmboe) ağaçlandırmalarının gelişimi ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri". Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 1, Bakanlık Yayın No: 434, 83s., Eskişehir.
- Güner ŞT (2008) "Bozkıra Geçiş Bölgesindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. Ssp. *Hamata*. (Steven) Fomin) Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler", Çeşitli Yayınlar Serisi No: 3 T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir/Türkiye.
- Haglöf AB (2002) Users guide Vertex III and Transponder T3. Långsele, Sweden: Haglöf Sweden, AB.
- Hamel B, Belanger N, Pare D (2004) Productivity of Black Spruce and Jack Pine Stands in Quebec as Related to Climate, Site Biological Features and Soil Properties, Forest Ecology and Management, 191: 239-251.
- IBM Corp (2011) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. IBM Corp, Armonk, NY.
- İrmak A (1966) Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1187, Orman Fak. Yayın No: 104, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Kaçar B (2009) Toprak Analizleri, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 44 Ostim-Ankara.
- Karataş R, Arslan M, Güner ŞT, Çömez A, Özkan K (2013) Göller Bölgesindeki Doğal Yayılış Alanlarında Kasnak Meşesinin (*Quercus vulcanica* Boiss. and Heldr. ex Kotschy) Boy Gelişimi İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Enstitü Yayın No: 9, Teknik Bülten No: 5, ISBN: 978-605-4610-25-9, 67 s., Eskişehir, Türkiye.
- Kaźmierczak K, Zawieja B. (2014) The influence of weather conditions on annual height increments of Scots pine Biometrical Letters 51 doi:10.2478/bile-2014-0010
- Keten İ, Gülsoy S (2020) Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri, International Journal of Science and Technology Research, Volume: 4, Issue: 2, 88-102
- Kimsey Jr MJ, Moore J, McDaniel P (2008) A geographically weighted regression analysis of Douglas-fir site index in north central Idaho. Forest Science. 54(3), 356-366.
- Louw JH, Scholes MC (2006) Site Index Functions Using Site Descriptors for *Pinus patula* plantations in South Africa, Forest Ecology and Management, 225, 94-103.
- Mckenny DW, Pedlar, JH (2003) Spatial Models of Site Index Based on Tree Species in Ontario, Canada. Forest Ecology and Management. 175, 497-507.
- Mcnab HW (2010) Effects of Landform on Site Index for Two Mesophytic Tree Species in The Appalachian Mountains of North Carolina, USA. International Journal of Forest Research, volume 2010, 7 pages.
- McNab WH, Keyser TL (2020) A vegetative index of stand productivity based on tree inventory for predicting oak site index in the Central Hardwood Region. Canadian Journal of Forest Research 50 (8):760-73. doi: 10.1139/cjfr-2019-0412.

- Monserud RA, Huang S, Yang Y (2006) Predicting Lodgepole Pine Site Index From Climatic Parameters in Alberta, The Forestry Chronicle, Vol.82, No:4.
- MTA (2019) Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Núñez D, Nahuelhual L, Oyarzún C (2006) Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. Ecological economics 58 (3):606-16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.08.010>.
- Oberhuber W, Pagitz K, Nicolussi K (1997) Subalpine tree growth on serpentine soil: a dendroecological analysis. Plant ecology, 130(2), 213-221.
- Orlandini S, Bindi M, Howden M (2009) Plant Biometeorology and Adaptation to Climate Variability, Springer.
- Özel C, Güner ŞT, Türkkân M, Akgül S, Şentürk Ö (2020) Modelling the site index of *Pinus pinaster* plantations in Turkey using ecological variables, Journal Forest Research, Springer, doi:10.1007/s11676-020-01113-x.
- Pennock D, Yates T, Braidek J (2007). Soil sampling designs. Soil sampling and methods of analysis:1-14.
- Pérez P, Kahle H, Spiecker H (2005) Growth trends and relationships with environmental factors for scots pine [*Pinus sylvestris* (L.)] in Brandenburg Forest Systems 14:64-78.
- Rodrigue JA, Burger JA (2004) Forest Soil Productivity of Mined Land in the Midwestern and Eastern Coalfield Regions, Soil Sci. Soc. Am. J. 68(3): 833-844.
- Saraçoğlu Ö (1988) Değişik Yaşlı Gökna Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 312 s.
- Saraçoğlu Ö (1989) Değişik yaşlı gökna meşcerelerinde bonitet ve yetiştirme ortamı özellikleri arasında ikili ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39(2), 122-138.
- Schoeneberger PJ (2002) Field book for de-scribing and sampling soils. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, US Dept. of Agriculture.
- Seynave I, Gegout JC, Herve JC, Dhote JF, Drapier J, Bruno E, Dume G (2005) *Picea abies* Site Index Prediction By Environmental Factors And Understorey Vegetation: A Two-Scale Approach Based On Survey Databases, Canadian Journal of Forest Research, 35: 1669-1678.
- Sharma RP, Brunner A, Eid T (2012) Site Index Prediction from Site and Climate Variables for Norway Spruce Scots Pine in Norway, Scandinavian Journal of Forest Research, 27: 619-636.
- Skovsgaard JP, Vanclay JK (2008) Forest Site Productivity: A Review of The Evolution of Dendrometric Concepts For Even-Aged Stands, Journal of Forestry, 81 (1): 13-31.
- Socha J (2008) Effect of topography and geology on the site index of *Picea abies* in the West Carpathian, Poland, Scandinavian Journal of Forest Research, 23:203-213.
- Spurr SH, Barnes, BV (1991) Forest ecology. Wiley, New York.
- Stage AR, Salas C (2007) Interactions of Elevation, Aspect, and Slope in Models of Forest Species Composition and Productivity, Forest Science, 53, 4, 486-492.
- Szwaluk KS, Strong WL (2003) Near-surface soil characteristics and understory plants as predictors of *Pinus contorta* site index in southwestern Alberta, Canada. Forest Ecology and Management. 176(1-3), 13-24.
- Thorntwaite CW (1948) An Approach to-ward a Rational Classification of Climate. Geo-graphical Review. 38(1), 55-94.
- Villwock JL, Kabrick JM, Mcnab WH, Dey DC (2011) Landform and Terrain Shape Indices Are Related To Oak Site Index In The Missouri Ozarks, Proceedings Of the Central Hardwood Forest Conference, GTR-NRS-P-78:197-207.
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1), 29-38.
- Wang Q, Wang GG, Coates KD, Klinka K (1994) Use of site factors to predict lodgepole pine and interior spruce site index in the Sub-Boreal Spruce Zone. Research note-Province of British Columbia, Ministry of Forests.
- Wang G, Huan S, Monserud RA, Ryan J (2004) Lodgepole pine site index in relation to synoptic measures of climate, soil moisture and soil nutrients. The Forestry Chronicle. 80 (5): 678-686.
- Wolf H (2004) Spruces, Firs and Larches, Encyclopedia of Forest Sciences, p.1449-1458, Elsevier Ltd. and Elsevier Inc, USA and UK.
- Yahyaoğlu Z, Genç M, Demirci A (1991). Azalmakta Olan Bir Doğal Türümüz: Doğu Karadeniz Gökna (*Abies nordmanniana* (Stev.) Matff.). Bildiri, 1, 780-792.
- Yahyaoğlu Z (1992) Ağaçlandırma Tekniği Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yener İ, Altun L (2017) Effect of Climatic Factors on Growth of Oriental Spruce Stands in Mountainous Ecoregion of NE Turkey. International Journal of Ecosystems and Ecology Science, Vol. 7 (3): 597-602.
- Yener İ, Altun L (2018) Predicting site index for oriental spruce (*Picea orientalis* L. (Link)) using ecological factors in the eastern black sea, Turkey. Fresenius Environ Bull 27(5):3107–3116.
- Zhou M, Dean TJ (2004) Relationship of Aboveground Biomass Production, Site Index and Soil Characteristics in A Loblolly Pine Stands, Gen. Tech. Rep. SRSÄ-71. Asheville, NC: US department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 368-371.