

## Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini Karışık Meşcerelerinde Çeşitli Yarışma Endekslerinin Tek Ağaçların Çap Artımındaki Etkilerinin İncelenmesi

Aydın KAHRİMAN<sup>1</sup>, Hakkı YAVUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

### *Eser Bilgisi:*

*Araştırma makalesi*

Sorumlu Yazar: Aydın KAHRİMAN, e-mail. [kahramanaydin@artvin.edu.tr](mailto:kahramanaydin@artvin.edu.tr)

---

### ÖZET

Bu çalışmada uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız 12 yarışma endeksi ve bu yarışma endekslerine ek olarak göğüs çapları ile ağaçların yıllık çap artımı arasındaki istatistiksel ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Torul ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki Doğu Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp. *nordmanniana*) - Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) değişikyaşlı karışık meşcerelerinden 1000 – 2000 m<sup>2</sup> büyüklüğünde altı örnek alan alınmıştır. Elde edilen bulgular, bilinen genel büyüme yasaları ile uyumludur. Yarışma endeksleri ile çap artımları arasındaki bağıntıya ait regresyon denklemlerinin belirtme katsayıları (R<sup>2</sup>) % 30 – 64 arasında değişmektedir. Uzaklığa bağlı yarışma endeksleri, uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerine göre çap artımı ile daha yüksek ilişki göstermiştir. Yarışma endeksi ile göğüs çapının birlikte açıklayıcı değişken olarak kullanılması ilişkinin gücünü artırmıştır (R<sup>2</sup> = 0.31 - 0.82).

**Anahtar Kelimeler:** Yarışma endeksi, çap artımı, doğu Karadeniz göknarı, doğu ladini

## The Effect of Different Competition Indices on Diameter Growth of Individual Tree Growth in Mixed Stands of Caucasian fir and Oriental spruce

### *Article Info:*

*Research article*

Corresponding author: Aydın KAHRİMAN, e-mail. [kahramanaydin@artvin.edu.tr](mailto:kahramanaydin@artvin.edu.tr)

---

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate statistical relations between each of 12 competition indices (both distance-dependent and distance-independent) and diameter growth of trees. Also we investigated the relations between each of 12 competition indices together with diameter at breast height and diameter growth. For that reason, six sampling plots (ranging from 1000 to 2000 m<sup>2</sup> in size) were taken from in mixed stands of Caucasian fir and Oriental spruce located within the Forest Management Districts of Torul and Artvin. Our results from those sampling plots were in agreement with general growth models. Regression analysis between each of competition indexes and diameter growth resulted in coefficients of determination (R<sup>2</sup>) values ranging from 30 to 64%. The distance-dependent competition indices gave stronger correlations with diameter growth than the distance-independent competition indexes. Coefficients of determination were even higher when competition indexes and dbh were used together as independent variables (R<sup>2</sup> = 0.31 - 0.82).

**Keywords:** Competition index, diameter growth, Caucasian fir, Oriental spruce.

## GİRİŞ

Ağacın zamana bağlı olarak büyümesi, diğer koşullar (bonitet ve tür) sabit kalmak üzere, komşu ağaçlarla olan rekabetine dolayısıyla kullanabildiği büyüme alanına bağlıdır. Meşcerede büyüyen ağaç sınırlı bir büyüme alanına sahipken, serbest gelişen bir ağaç, yetiştirme ortamı koşullarının izin verdiği ölçüde büyüme potansiyelini kullanır (Akalp 1978). Işık, su ve topraktaki mineral maddelerden faydalanmada komşu ağaçlarla rekabetin şiddeti, komşu ağaçlara olan uzaklık ve oransal boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu rekabetin sayısal değeri de çeşitli yöntemlerle hesaplanan yarışma endeksleri (competition index) ile belirlenebilmektedir (Radthke ve ark. 2003; Brodie ve Debell 2004). Ağaçların gelecekte yapacakları çap artımlarını tahmin etmek amacıyla geliştirilen yarışma endeksleri, ağacın türüne ilişkin büyüme potansiyelinin aktüel verim gücüne göre kullanım derecesinin sayısal bir ifadesidir (Yavuz 1997).

Ağaçlar arasındaki rekabet, büyüme ilişkilerinin belirlenmesine önemli derecede katkı sağladığından yarışma endeksleri, genellikle tek ağaç büyüme modellerinde açıklayıcı bir değişken olarak kullanılmaktadır (Gadow ve Hui 1999; Carus 2004; Carus ve Çiçek 2007). Yarışma endeksinin bu modellerdeki rolü, yarışmacı komşu ağaçlarla ilgili olarak konu ağacın rekabet durumunu ortaya koymasıdır (Radthke ve ark. 2003). İlki 1951 yılında Staebler tarafından tanımlanan ve tek ağaç büyümesi çalışmalarında yararlı sonuçlar veren pek çok sayısal ya da kuramsal yarışma endeksi geliştirilmiştir (Staebler 1951; Spurr 1962; Steneker ve Jarvis 1963; Newnham 1966; Opie 1968; Bella 1971; Hegyi 1974; Tennent 1975; Sun 1977; Akalp 1978; Alemdağ 1978; Arney 1978; Liu 1981; Lorimer 1983; Martin ve Ek 1984 Daniels

ve ark. 1986; Pukkala ve Kolstrem 1987; Saraçoğlu 1988; Pukkala 1989; Holmes ve Reed 1991; Biging ve Dobbartin 1992; Elliot ve Vose 1995; Erkan 1996; Miina ve Pukkala 2002; Lagergren ve Lindroth 2003; Radtke v ark. 2003).

Değişik yaşlı meşcerelerde, ağaçlar arasındaki komşuluk ilişkilerinin odun üretimi açısından önemi çok büyüktür. Ağaçların birbirleri üzerine uyguladıkları baskı miktarı artarken, odun üretimi azalmaktadır (Saraçoğlu, 1988). Ülkemizin asli ağaç türlerinden olan Doğu Karadeniz Göknarı diğer göknar türleri gibi gölgeye dayanıklı bir tür olduğundan, saf veya diğer türlerle karışık olarak genellikle değişik yaşlı veya seçme ormanları oluşturmaktadır (Anonim 1980; Saraçoğlu 1988). Doğu Karadeniz Göknarı ile silvikültürel özellikleri bakımından benzer olan Doğu Ladini de gölgeye dayanıklı orman ağacı türlerimizdendir. Bu nedenle söz konusu iki ağaç türünden oluşan meşcereler genellikle değişik yaşlı bir yapı gösterirler.

Yarışma endeksleri ağaçlar arası uzaklık ölçütüne göre iki ana gruba ayrılmaktadır (Vanclay 1994). Birinci grup modeller Uzaklıktan Bağımsız Modeller (Distance Independent), ikinci grup modeller ise Uzaklığa Bağlı Modeller (Distance Dependent)'dir. Uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri, ortalama meşcere özellikleri ve yarışma endeksi hesaplanacak ağacın boyutlarının fonksiyonu olarak hesaplanmasına karşın, uzaklığa bağlı yarışma endekslerinde ise konu ağacın boyutları ile çevresinde kendisiyle yarışma durumunda olan yarışmacı ağaçların uzaklık ve boyutlarının fonksiyonları olarak hesaplanmaktadır. Uzaklığa bağlı yarışma endeksleri genellikle doğal meşcereler için daha uygun olmakta, yapay meşcerelerde ise daha çok uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri kullanılmaktadır (Prevosto ve ark. 2000;

Vanclay 1994). Ayrıca komşuluk sınırının belirlenmesi bakımından uzaklığa bağlı yarışma endeksleri kendi içinde üç ana gruba ayrılmaktadır. Birinci grup modellerde, konu ağaç ile yarışmacı ağaçlar arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak oluşturulan poligonlar yardımıyla konu ağacın büyüme alanı oluşturulmaktadır. İkinci grup modellerde, bir ağacın büyüme alanının bir daire şeklinde olduğu varsayılmakta ve “etki dairesi ya da etki zonu (influence zone)” olarak isimlendirilmektedir. Etki dairesinin merkezi konu ağacın merkezi, çapı ise konu ağacın tepe çapı ya da konu ağaçla aynı göğüs çapına sahip ancak serbest büyüyen (büyümede hiçbir baskıya uğramayan) ağacın tepe çapı olarak dikkate alınmaktadır. Üçüncü grup modellerde ise, yarışmacı ağaç uzaklıklarının göğüs çapı, göğüs yüzeyi veya tepe alanlarına oranlarının toplamı olarak yarışma endeksi hesaplanmaktadır. Yarışmacı ağaçlar ise konu ağacın yerleşim alanı içinde kalan ağaçlar ya da konu ağaca en yakın belirli sayıdaki ağaçlar olduğu varsayılmaktadır (Yavuz 1997).

Bu çalışmanın amacı, Torul ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde yer alan Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcerelerinden elde edilen verilere bağlı olarak, uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız 12 yarışma endeksi ve bu yarışma endekslerine ek olarak göğüs çapları ile ağaçların yıllık çap artımı arasındaki istatistiksel ilişkilerin incelenmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmamızda, Torul ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcerelerinden üçer adet olmak üzere toplam 6 adet örnek alanından elde edilen veriler kullanılmıştır (Kahrıman 2004). Ülkemizdeki Doğu Ladini-Doğu

Karadeniz Göknaarı karışık meşcereleri münferit, grup veya küme şeklinde karışım göstermektedirler. Bu çalışmada örnek alanları, münferit karışım gösteren meşcerelerden seçilmiştir. Münferit karışım şekli, türler arasındaki kümelenmeyi engellediği için tercih edilmiştir. Örnek alanlarının karışım oranları (Ladine ağaçlarının göğüs yüzeyinin toplamının örnek alanı göğüs yüzeyi toplamına oranı) sırasıyla, %22, %40, %20, %22, %26 ve %24 olarak hesaplanmıştır. Örnek alanının büyüklüğü araştırma amacına ve meşcere yapısına bağlı olarak 200 m<sup>2</sup> ile 10.000 m<sup>2</sup> arasında değişmekle birlikte genellikle 400 - 800 m<sup>2</sup> büyüklüğünde alınmaktadır (Kalıpsız, 1988). Bu çalışmada karışık meşcereler esas alındığından, söz konusu meşcere yapılarının güvenilir bir şekilde ortaya konabilmesi için örnek alanları yeterli büyüklükte (1000-2000 m<sup>2</sup>) alınmıştır. Dikdörtgen şeklinde alınan örnek alanlarında her bir ağacın ( $d_{1.30} \geq 6$  cm) göğüs çapı, boyu, konumsal koordinatları, tepe çapı ve yüksekliği ile son 10 yıllık kabuksuz çap artımı ölçülmüştür.

Göğüs çapları çapölçer ile mm duyarlılıkla, ağaç boyu ve tepe yükseklikleri “Blume-Leiss” boy ölçeri ile 10 cm duyarlılıkla, tepe çapı kuzey-güney ve doğu-batı ekseninde iki çap değerinin aritmetik ortalamasına bağlı olarak çelik şerit metre ile cm, konumsal koordinatlar ağaçların dikdörtgen şeklinde belirlenen örnek alanının X ve Y eksenine olan uzaklıkları çelik şerit metre ile cm duyarlılıkla, yıllık ortalama kabuksuz çap artımları ise göğüs yüksekliğinden alınan artım kalemleri üzerinde cetvel ile ölçülen ve iki katı alınan son 10 yıllık kabuksuz çap artımlarının ortalaması alınarak (10’a bölünmesiyle) mm duyarlılıkla ölçülmüştür. Ayrıca örnek alanlarının eğimi klizimetre, bakısı pusula ve

yükseltisi de Global Position Systems (GPS) alıcısı ile ölçülmüştür.

Örnek alanlarının seçildiği meşcerelerin yer aldığı Orman İşletme Müdürlükleri, Orman İşletme Şeflikleri, meşcere tipleri,

yükseklik, bakı ve eğim değerleri ile örnek alanı büyüklükleri ve ağaç sayıları Tablo 1’de, örnek alanlarında yer alan ağaçlar üzerinde ölçülen bazı özelliklere ilişkin çeşitli istatistiksel değerler ise Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Örnek alanlarının alındıkları yerlere ilişkin özet bilgiler

Örnek Alan No	Orman İşletme Müd.	Orman İşletme Şefliği	Meşcere Tipi	Örnek Alan Büyüklüğü ve Boyutları	Ağaç Sayıları	Yükselti	Bakı	Eğim
				(m <sup>2</sup> )	(n)	(m)	( <sup>0</sup> )	(%)
1	Torul	Sarıçdağ	GLB3	1000(20x50)	187	1818	5(K)	60
2	Torul	Sarıçdağ	GLB3	2000(40x50)	320	1815	5(K)	60
3	Torul	Sarıçdağ	GLB3	1000(20x50)	125	1817	5(K)	60
4	Artvin	Ortaköy	GLC3	1200(40x30)	297	1750	40(KD)	65
5	Artvin	Ortaköy	GLB3	1000(40x25)	345	1780	40(KD)	65
6	Artvin	Ortaköy	GLB3	1000(40x25)	197	1690	30(KD)	60

**Tablo 2.** Örnek alanlarında ölçülen özelliklere ilişkin istatistiksel değerler

D.A.No	Ölçülen Özellikler	n	Minimum	Maksimum	$\bar{x}$	s	Cv %
1	Göğüs çapı (cm)	187	6,0	55,4	13,4	8,5	63,1
	Boy (m)		3,0	31,5	8,1	6,8	83,4
	Tepe yük. (m)		1,0	20,0	7,8	4,2	53,7
	Tepe çapı (m)		0,7	9,2	2,4	1,4	57,7
	Yılık çap artımı (mm)		0,8	5,6	2,5	1,0	42,5
2	Göğüs çapı (cm)	320	6,0	62,0	14,9	9,6	64,2
	Boy (m)		3,0	32,5	8,5	7,1	83,4
	Tepe yük. (m)		1,0	19,5	6,7	3,7	55,7
	Tepe çapı (m)		0,6	7,4	2,7	1,4	53,8
	Yılık çap artımı (mm)		0,8	5,4	1,9	1,0	53,0
3	Göğüs çapı (cm)	125	6,0	49,1	14,6	9,7	66,9
	Boy (m)		2,5	34,5	12,7	8,1	63,6
	Tepe yük. (m)		1,0	26,5	7,3	5,0	67,9
	Tepe çapı (m)		0,9	8,8	3,1	1,4	46,7
	Yılık çap artımı (mm)		1,0	4,0	2,0	0,6	30,4
4	Göğüs çapı (cm)	297	6,0	37,2	15,6	6,9	44,4
	Boy (m)		3,5	27,0	13,4	6,5	48,1
	Tepe yük. (m)		3,0	18,0	10,9	3,9	36,3
	Tepe çapı (m)		0,6	6,2	2,7	1,3	47,3
	Yılık çap artımı (mm)		0,8	4,0	1,7	0,7	40,0
5	Göğüs çapı (cm)	345	6,0	33,0	13,2	6,2	47,1
	Boy (m)		2,5	29,0	11,5	7,2	62,0
	Tepe yük. (m)		2,0	18,0	9,7	4,2	43,2
	Tepe çapı (m)		0,5	6,7	2,9	1,4	49,3

	Yılık çap artımı (mm)		0,8	4,0	1,6	0,8	47,5
6	Göğüs çapı (cm)	197	6.0	49.5	13.6	8.9	65.7
	Boy (m)		2.5	32.0	11.7	7.6	64.8
	Tepe yük. (m)		2.0	20.0	8.6	5.2	60.6
	Tepe çapı (m)		1.3	7.6	1.7	0.7	39.5
	Yılık çap artımı (mm)		0.8	5.6	2.3	1.2	51.6

Burada n ağaç sayısını, minimum ve maksimum en küçük ve en büyük değeri,  $\bar{x}$  aritmetik ortalamayı, s standart sapmayı, Cv ise değişkenlik katsayısını göstermektedir.

Bu çalışmada literatür bilgilerden yararlanarak 6'sı uzaklıktan bağımsız ve 6'sı ise uzaklığa bağlı olmak üzere toplam 12 adet yarışma endeksi seçilmiştir. Her bir yarışma endeksinde yer alan değişkenler ile matematiksel ifadeleri Tablo 3'de verilmiştir. YE<sub>1</sub>, YE<sub>2</sub>, YE<sub>3</sub> ve YE<sub>4</sub> değerlerinin büyümesi, ağacın serbest büyümeye yaklaştığını göstermektedir. Bu

durumda ağaç genetik potansiyelinin sağladığı maksimum büyüme miktarını yapabilir. YE<sub>5</sub> (BAL = The Basal-Area-in-Larger-Trees (Wykoff 1990) = konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyleri toplamı ( $d_j > d_i$ )) değerinin azalması, konu ağacın rekabet üstünlüğü elde ettiğini ya da serbest büyümeye yaklaştığını göstermektedir. Aynı şekilde YE<sub>6</sub> (konu ağacın canlı tepe uzunluğunun %66 yüksekliğinde diğer tüm ağaçların tepe alanları toplamı) değeri sayısal olarak küçükse, konu ağacın galip olacağı anlamına gelmektedir.

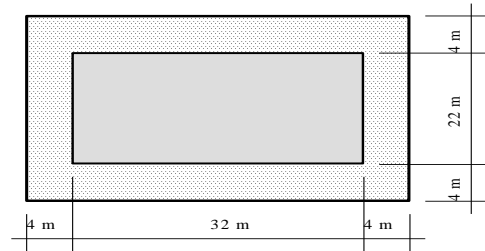
**Tablo 3.** Çalışmada kullanılan yarışma endekslerinin matematiksel ifadeleri

YE Tipi	YE Adı	Eşitlik	Kullanılan değişkenler
Uzaklıktan Bağımsız YE	YE <sub>1</sub> , YE <sub>2</sub> , YE <sub>3</sub> , YE <sub>4</sub>	$YE_1 = \frac{d_i}{d_g}, YE_2 = \frac{d_i}{d_{max}}, YE_3 = \frac{g_i}{g}, YE_4 = \frac{g_i}{g_{max}}$	Göğüs çapı ve göğüs yüzeyi
	YE <sub>5</sub>	$YE_5 = BAL = \frac{\pi}{4} \sum_{j=1}^n d_j^2 (d_j > d_i)$	Göğüs çapı
	YE <sub>6</sub>	$YE_6 = \sum C_{66i}$	Tepe uzunluğu ve alanı
	YE <sub>7</sub> (Akalp)	$YE_7 = 100 + \frac{\left( BA_i - \left( \sum_{i=1}^n AK_{ij} \times DF_{ij} \right) \right)}{EZ_i} \times 100$ $DF_{ij} = 0.5[1 - (Z_i - Z_j)H_i]$	Ortak alan ve tepe alanı
Uzaklığa Bağlı YE	YE <sub>8</sub> (Sun)	$YE_8 = \sum_{j=1}^n \left( \frac{ta_i}{ta_j} \right) \times \left( \frac{d_j}{d_i} \right) \times \left( \frac{1}{U_{ij}} \right)$	Göğüs çapı, uzaklık ve tepe alanı
	YE <sub>9</sub> (Alemdağ)	$YE_9 = \sum_{j=1}^n \left[ \pi \times \left( \frac{U_{ij} \times d_i}{d_i + d_j} \right)^2 \times \frac{d_j / U_{ij}}{\sum (d_j / U_{ij})} \right]$	Göğüs çapı ve uzaklık
	YE <sub>10</sub> (Liu)	$YE_{10} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{g_j}{g_i} \right) \times \left( \frac{1}{D_{ij}} \right)$	Göğüs yüzeyi ve uzaklık
	YE <sub>11</sub> (Hegyi)	$YE_{11} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{D_i}{D_j} \times \frac{1}{L_{ij}} \right)$	Tepe çapı ve uzaklık
	YE <sub>12</sub> (Pukkala)	$YE_{12} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}$	Açı

Burada;  $YE$  yarışma endeksini,  $d_i$  ve  $d_j$  konu ve yarışmacı ağacın göğüs çapını,  $d_g$  meşcere göğüs yüzeyi orta ağacının çapını,  $d_{max}$  meşceredeki en kalın ağacın çapını,  $g_i$  konu ağacın göğüs yüzeyini,  $\bar{g}$  meşcerenin ortalama göğüs yüzeyini,  $g_{max}$  meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs yüzeyini,  $C_{66i}$  konu ağacın canlı tepesinin %66 yüksekliğinde meşceredeki diğer tüm ağaçların tepe izdüşümü alanlarının toplamını,  $n$  yarışmacı ağaç sayısını,  $BA_i$  konu ağacın büyüme alanını,  $AK_{ij}$  ortak büyüme alanını,  $DF_{ij}$  düzeltme faktörünü,  $EZ_i$  konu ağacın etki zonunu (göğüs çapı-tepe çapı ilişkisinden hesaplanan konu ağacın maksimum büyüme alanı),  $Z_i$  ve  $Z_j$  konu ve yarışmacı ağacın tepe başlangıç yüksekliğini,  $H_i$  konu ağacın tepe uzunluğunu,  $ta_i$  ve  $ta_j$  konu ve yarışmacı ağacın tepe alanını,  $U_{ij}$  konu ağacın yarışmacı ağaca olan uzaklığını,  $D_i$  ve  $D_j$  tepe çaplarını,  $\alpha_{ij}$  konu ağacın uç noktasından komşu ağaçların uç noktalarına (tepe noktaları) çizilen doğrunun düşey açısını göstermektedir.

Tablo 3'de formülleri verilen yarışma endekslerinin sayısal olarak hesaplanabilmeleri için, GW BASIC programlama dili kullanılarak bir bilgisayar programı oluşturulmuştur. Bu program ile örnek alanlardaki her bir ağaca ilişkin yarışma endeksleri (uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız olmak üzere toplam 12 adet) pratik bir şekilde hesaplanabilmektedir. Çalışmamızda yarışma endeksleri hesaplamasında, tür bazında bir ayırma gidilmemiştir. Uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri, örnek alanındaki tüm ağaçlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Uzaklığa bağlı yarışma endekslerinin hesaplanmasında ise örnek alanlarının kenar bölgelerinde zon oluşturulmuştur. Çünkü bu zon bölgesinde yer alan ağaçlara ilişkin uzaklığa bağlı yarışma endeksi değerleri, örnek alanı dışındaki ağaçlardan (örnek alanı merkezine göre dışarıda kalan ağaçlar)

gelen baskılar sayısal olarak hesaplanmadığından gerçeğe göre daha düşük hesaplanmaktadır. Bu nedenle, örnek alan kenarlarından içe doğru 4'er metrelik sınır bölümündeki ağaçların yarışma endeksleri, ilgili bilgisayar programı ile hesaplanmasına karşın, yarışma endeksi-çap artımı ilişkisi için (sadece uzaklığa bağlı olanlarda) hesaba katılmamışlardır. Bu çalışmada, örnek alanlarındaki ağaçların ortalama tepe çapları (sırasıyla 3.1, 3.5, 3.1, 2.8, 3.3 ve 3.3m) olarak belirlenmiştir. Bazı ağaçların tepe çapları sözü edilen ortalama değerlerden daha yüksek olacağı düşüncesi ile, kenar zonu genişliği 4.0 m olarak alınmış ve böylece olası hatalardan kaçınılmıştır (Şekil 1). Örnek alanları bazında uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri için kullanılan ağaç sayıları, sırasıyla 187, 320, 125, 297, 345 ve 197 olurken, uzaklığa bağlı yarışma endeksleri için kullanılan ağaç sayıları, sırasıyla 108, 223, 62, 174, 192 ve 98 adet olarak saptanmıştır.



Şekil 1. Örnek alan şekli örneği

Çap artımı yarışma endeksi ilişkilerinin incelenmesinde, yarışma endekslerini bağımsız değişken alan modeller ile yarışma endeksine ek olarak göğüs çaplarını da içeren iki değişkenli regresyon modelleri denenmiştir. Sözü edilen tek değişkenli modellerde, bağımlı değişken çap artımı ve bağımsız değişken hesaplanan 12 adet yarışma endeksi değerleri alınarak, her bir örnek alanı için ayrı ayrı istatistiksel ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla doğrusal, logaritmik, evrik,

parabolik, kübik, üssel, bileşik, s, büyüme ve üssel formda çeşitli regresyon modelleri oluşturularak,  $\alpha = 0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı bulunanlardan belirtme katsayısı ( $R^2$ ) en yüksek, Standart Hatası ( $S_{y.x}$ ) ise en düşük olan model seçilerek yorumlanmıştır. İki değişkenli modellerde ise, çap artımı ile yarışma endeksleri ve göğüs çapı arasındaki ilişkiler Çoğul Regresyon Analizi ile incelenmiştir. Bu analizi uygulamadan önce, göğüs çapları ( $d_{1.30}=d$ ) ve yarışma endeksleri (YE)'ne çeşitli dönüşümler ( $d$ ,  $d^2$ ,  $d^3$ ,  $Lnd$ ,  $YE$ ,  $(YE)^2$ ,  $(YE)^{-1}$ ,  $LnYE$ ,  $d(YE)$ ,  $d(YE)^2$ ,  $d(YE)^{-1}$ ,  $d(LnYE)$ ,  $d^2(YE)$ ,  $d^2(YE)^{-1}$ ,  $d^2(LnYE)$ ,  $d^3(YE)$ ,  $d^3(YE)^{-1}$ ,  $d^3(LnYE)$ ,  $Lnd(YE)$ ,  $Lnd(YE)^2$ ,  $Lnd(YE)^{-1}$  ve  $Lnd(LnYE)$  uygulanarak yeni değişkenler türetilmiştir. Son aşamada her örnek alanı için, Çoğul Regresyon Analizinin “Geriyeye Doğru Eleme (Backward Elimination)”, “İleriye Doğru Seçim (Forward Selection)” ve “Aşamalı Regresyon (Stepwise Regression)” seçenekleri kullanılarak, tüm katsayıları en az  $\alpha = 0.05$  önem düzeyinde anlamlı olan ve en kuvvetli ilişkiyi veren modeller

$$i_d = 1.446 + 4.778073 (YE_2) \quad (1)$$

$$R^2 = 0.30, S_{yx} = 0.88, F_h = 76.42, p < 0.001$$

$$i_d = 3.716 - 0.042 (YE_5)^2 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.53, S_{yx} = 0.71, F_h = 359.15, p < 0.001$$

$$i_d = 1.350 + 3.24587 (YE_2) - 1.957491 (YE_2)^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 0.30, S_{yx} = 0.48, F_h = 25.53, p < 0.001$$

$$i_d = 2.565 - 0.034 (YE_5)^2 \quad (4)$$

$$R^2 = 0.55, S_{yx} = 0.45, F_h = 355.91, p < 0.001$$

$$i_d = 3.633 - 0.58756 (YE_5) + 0.023556 (YE_5)^2 \quad (5)$$

$$R^2 = 0.64, S_{yx} = 0.46, F_h = 304.16, p < 0.001$$

$$i_d = 11.1169149 (YE_2) - 7.461296 (YE_2)^2 \quad (6)$$

$$R^2 = 0.59, S_{yx} = 0.61, F_h = 278.76, p < 0.001$$

belirlenmiş ve sonuçlar tek değişkenli (yarışma endeksi) modellerle karşılaştırılmıştır. Regresyon analizleri SPSS 11.5 istatistik paket programı ile yapılmıştır (SPSS Institute Inc., 2003).

## BULGULAR

Her bir örnek alanı için ağaçların yıllık çap artımları ile yarışma endeksleri arasındaki ilişkilerinin incelenmesinde, yarışma endekslerini bağımsız değişken alan modeller ile yarışma endeksine ek olarak göğüs çaplarını da içeren iki değişkenli en uygun regresyon denklemlerine ilişkin parametre tahmin değerleri aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir (Kahriman 2004). Bu modellerden ilk altısı (1-6) yalnız uzaklıktan bağımsız yarışma endeksinin, 6-12 modeller yalnız uzaklığa bağlı yarışma endeksinin, 13-18 nolu modeller uzaklıktan bağımsız ve göğüs çapının, 19-24 nolu modeller ise uzaklığa bağlı yarışma endeksi ve göğüs çapının fonksiyonu olarak ve her bir örnek alanı için birbirinden bağımsız olarak oluşturulmuş modellerdir.

$$i_d = 1.653 + 0.071 (YE_9)^2 \quad (7)$$

$$R^2 = 0.47, S_{yx} = 0.75, F_h = 62.81, p < 0.001$$

$$i_d = 3.145 - 0.972333 (YE_{12}) + 0.120771 (YE_{12})^2 \quad (8)$$

$$R^2 = 0.44, S_{yx} = 0.63, F_h = 58.18, p < 0.001$$

$$i_d = 2.5426 - 0.142877 (YE_{10}) + 0.003971 (YE_{10})^2 \quad (9)$$

$$R^2 = 0.41, S_{yx} = 0.46, F_h = 13.83, p < 0.001$$

$$i_d = 1.0263 + 0.006460 (YE_7) \quad (10)$$

$$R^2 = 0.55, S_{yx} = 0.45, F_h = 92.19, p < 0.001$$

$$i_d = 3.251 - 0.593705 (YE_{12}) + 0.040562 (YE_{12})^2 \quad (11)$$

$$R^2 = 0.64, S_{yx} = 0.47, F_h = 157.61, p < 0.001$$

$$i_d = 3.491 - 0.145918 (YE_{10}) + 0.001965 (YE_{10})^2 \quad (12)$$

$$R^2 = 0.58, S_{yx} = 0.72, F_h = 61.60, p < 0.001$$

$$i_d = 1044.02 - 58.34 / d_{1.3} - 9.39 d_{1.3} / (YE_2) - 28680.2 (YE_2) / d_{1.3} + 4.192 / d_{1.3} (YE_2) \quad (13)$$

$$R^2 = 0.36, S_{yx} = 0.84, F_h = 25.45, p < 0.001$$

$$i_d = 1.82 + 0.001 d_{1.30}^2 - 0.003 d_{1.30} (YE_5)^2 + 0.0003905 d_{1.30}^2 (YE_5)^2 \quad (14)$$

$$R^2 = 0.55, S_{yx} = 0.54, F_h = 126.59, p < 0.001$$

$$i_d = 2.265 + 0.053477 d_{1.3} Ln(YE_2) - 0.0028041 d_{1.3}^2 Ln(YE_2)^2 \quad (15)$$

$$R^2 = 0.31, S_{yx} = 0.47, F_h = 26.82, p < 0.001$$

$$i_d = 1.907 + 0.001 d_{1.3}^2 - 0.004 d_{1.3} (YE_5)^2 + 0.000652 d_{1.3}^2 (YE_5)^2 \quad (16)$$

$$R^2 = 0.54, S_{yx} = 0.45, F_h = 118.44, p < 0.001$$

$$i_d = 3.106 + 0.001 d_{1.3} (YE_5) - 0.2 Ln d_{1.3} (YE_5) \quad (17)$$

$$R^2 = 0.64, S_{yx} = 0.46, F_h = 302.72, p < 0.001$$

$$i_d = -982.94 + 9.9779 d_{1.3} / (YE_2) - 0.14336 d_{1.3} Ln(YE_2) + 24397.8853 (YE_2) / d_{1.3} \quad (18)$$

$$+ 1.190435 Ln d_{1.3} Ln(YE_2)$$

$$R^2 = 0.60, S_{yx} = 0.74, F_h = 74.53, p < 0.001$$

$$i_d = 0.73 + 0.193 d_{1.3} (YE_9) - 0.004 d^2 / (YE_9) + 1.113 Ln d_{1.3} Ln(YE_9) \quad (19)$$

$$R^2 = 0.58, S_{yx} = 0.68, F_h = 34.03, p < 0.001$$



$$i_d = -4.177 + 13.1108 / d_{1.3} + 2.14222 \text{ Lnd}_{1.3} + 0.05329 d_{1.3} \text{Ln}(YE_{12}) - 0.0010881163 d_{1.3}^2 (YE_{12}) + 0.0000027596 2d_{1.3}^2 / (YE_{12}) - 0.031737 / d_{1.3}^2 (YE_{12}) - 0.391526 \text{ Lnd}_{1.3}^2 \text{Ln}(YE_{12})$$

$$R^2 = 0.46, S_{yx} = 0.61, F_h = 18.99, p < 0.001$$

$$i_d = 2.056 + 0.00046806 d_{1.3}^2 + 0.00029986 d_{1.3}^2 \text{Ln}(YE_{10}) - 0.098722 \text{ Lnd}_{1.3} \text{Ln}(YE_{10})$$

$$R^2 = 0.49, S_{yx} = 0.43, F_h = 12.64, p < 0.001$$

$$i_d = -0.923 + 0.101 d_{1.3} - 0.001 d_{1.3}^2 - 0.000006 d_{1.3}^2 / (YE_7) + 0.027 (YE_7) / d_{1.3} + 0.002 / d_{1.3} (YE_7)$$

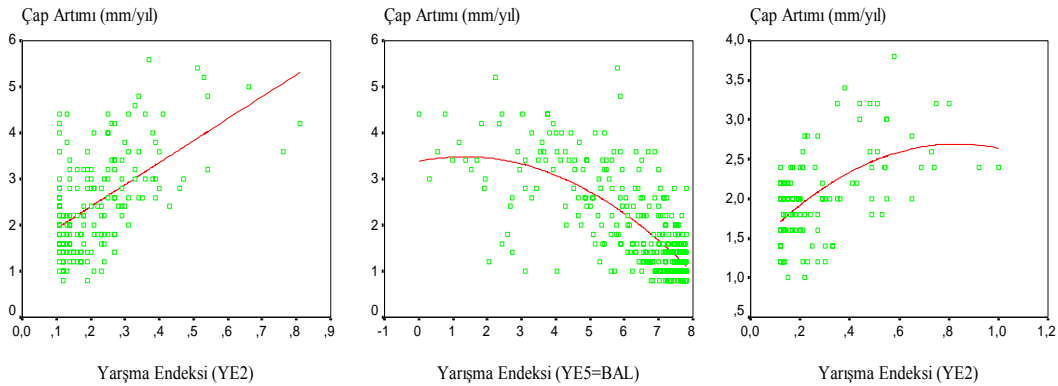
$$R^2 = 0.68, S_{yx} = 0.23, F_h = 64.50, p < 0.001$$

$$i_d = -6.847 + 0.346 d_{1.3} + 49.874 / d_{1.3} - 0.007 d_{1.3}^2 (YE_{12})^2 + 0.00007073 d_{1.3}^2 / (YE_{12}) + 0.011 d_{1.3}^2 \text{Ln}(YE_{12}) - 8.116 / (YE_{12}) + 0.606 (YE_{12})^2 / d_{1.3}^2 + 1.243 \text{Ln}(YE_{12}) - 0.07 \text{Lnd}_{1.3} (YE_{12})^2 - 0.013 \text{Lnd}_{1.3} / (YE_{12}) - 1.995 \text{Lnd}_{1.3} \text{Ln}(YE_{12})$$

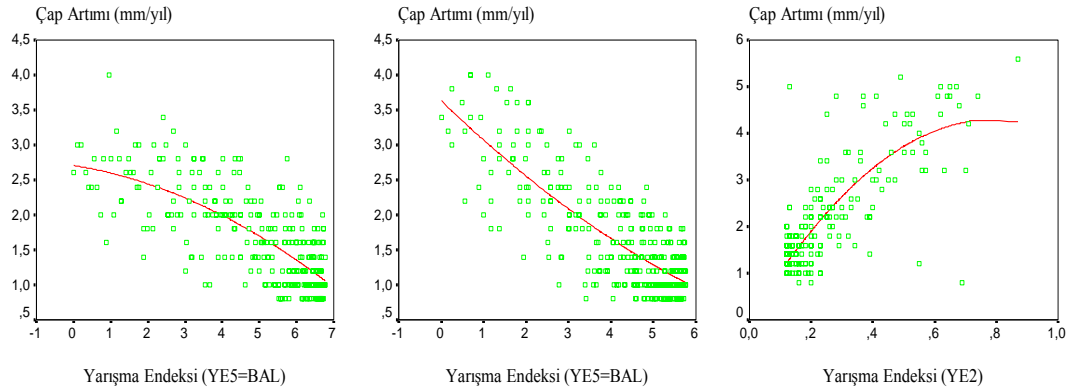
$$R^2 = 0.74, S_{yx} = 0.40, F_h = 42.85, p < 0.001$$

$$i_d = 1.72 + 0.003057 d_{1.3}^2 - 4.94097 / d_{1.3} - 0.001086 d_{1.3}^2 / (YE_{10}) + 30.7529 / d_{1.3} (YE_{10})$$

$$R^2 = 0.82, S_{yx} = 0.46, F_h = 102.78, p < 0.001$$



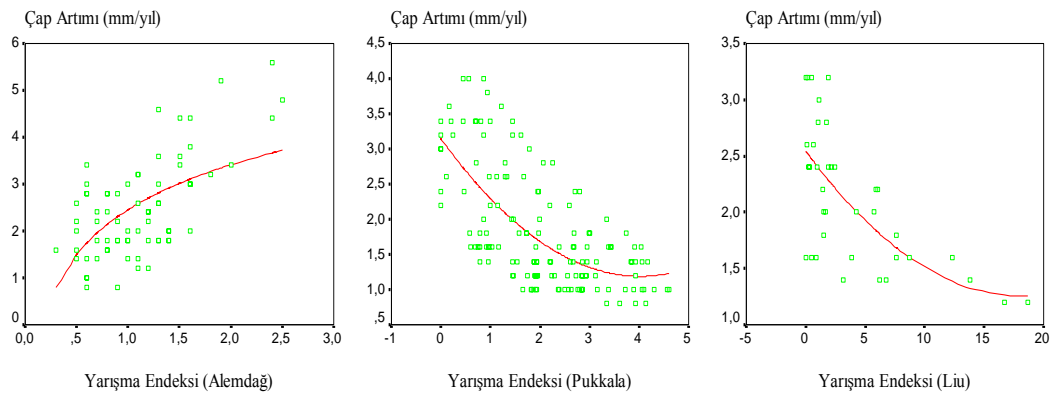
**Şekil 2.** Birinci (a,1 nolu eşitlik), ikinci (b, 2 nolu eşitlik) ve üçüncü (c, 3 nolu eşitlik) örnek alanlarında çap artımı ile uzaklıktan bağımsız yarışma endeksi ilişkisi



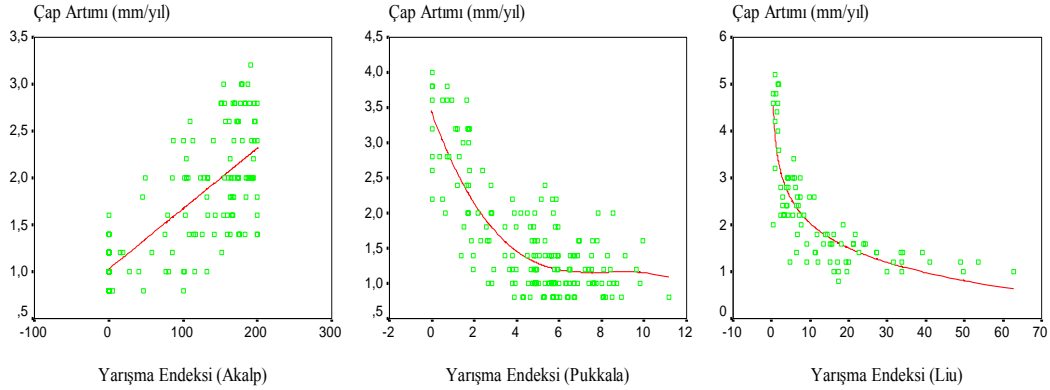
**Şekil 3.** Dördüncü (a, 4 nolu eşitlik), beşinci (b, 5 nolu eşitlik) ve altıncı (c, 6 nolu eşitlik) örnek alanlarında çap artımı ile uzaklıktan bağımsız yarışma endeksi ilişkisi

Birinci, üçüncü ve altıncı örnek alanlarında  $YE_2$  sembolü ile gösterilen ve konu ağaç çapının örnek alanındaki en kalın çaplı ağacın çapına oranı olarak hesaplanan yarışma endeksi (Eşitlik 1, 3 ve 6), ikinci, dördüncü ve beşinci örnek alanlarında ise  $YE_5$  (BAL) ile gösterilen ve konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyi toplamını esas alan yarışma endeksi (Eşitlik 2, 4 ve 5) diğer uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerine göre ağaçların çap atımı ile en yüksek ilişkiyi göstermiştir. Örnek alanlarına göre

belirtme katsayıları ve standart hataları 0.30 ve 0.88 mm, 0.53 ve 0.71 mm, 0.30 ve 0.48 mm, 0.55 ve 0.45 mm, 0.64 ve 0.46 mm ve 0.59 ve 0.61 mm olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 1-6). Her bir örnek alanında regresyon denklemi  $P < 0.001$  önem düzeyinde anlamlı olup, birinci (Şekil 2a) örnek alanında doğrusal, ikinci (Şekil 2b), üçüncü (Şekil 2c), dördüncü (Şekil 3a), beşinci (Şekil 3b) ve altıncı (Şekil 3c) örnek alanlarında ise parabolik bir biçimdedir.



**Şekil 4.** Birinci (a, 7 nolu eşitlik), ikinci (b, 8 nolu eşitlik) ve üçüncü (c, 9 nolu eşitlik) örnek alanlarında çap artımı ile uzaklığa bağlı yarışma endeksi ilişkisi



**Şekil 5.** Dördüncü (a, 10 nolu eşitlik), beşinci (b, 11 nolu eşitlik) ve altıncı (c, 12 nolu eşitlik) örnek alanlarında çap artımı ile uzaklığa bağlı yarışma endeksi ilişkisi

Her bir örnek alanı için yıllık çap artımı ile 6 adet uzaklığa bağlı yarışma endeksi arasındaki ilişki test edildiğinde; birinci örnek alanında Alemdağ (Eşitlik 7), ikinci ve beşinci örnek alanında Pukkala (Eşitlik 8 ve 11), üçüncü ve altıncı örnek alanında Liu (Eşitlik 9 ve 12) ve dördüncü denem alanında ise Akalp'ın (Eşitlik 10) geliştirdiği yarışma endeksi  $P < 0.001$  önem düzeyi ile en başarılı sonucu vermiştir. Örnek alanı sırasına göre belirtme katsayıları ve standart hataları 0.47 ve 0.75 mm, 0.44 ve 0.63 mm, 0.41 ve 0.46 mm, 0.55 ve 0.45 mm, 0.64 ve 0.47 mm, 0.58 ve 0.72 mm olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 7-12). Regresyon denklemleri, dördüncü örnek alanında (Şekil 5a) doğrusal iken, birinci (Şekil 4a), ikinci (Şekil 4b), üçüncü (Şekil 4c), beşinci (Şekil 5b) ve altıncı (Şekil 5c) örnek alanlarında parabolik bir biçimindedir.

Çap artımı ile 6 uzaklıktan bağımsız yarışma endeksi ve göğüs çaplarından elde edilen değişkenler arasındaki ilişkinin modeli, örnek alanları sırasına göre 13-18 nolu eşitliklerde verilmiş ve belirtme katsayıları ve standart hata değerleri 0.36 ve 0.84 mm, 0.55 ve 0.54 mm, 0.31 ve 0.47 mm, 0.55 ve 0.45 mm, 0.64 ve 0.46 mm, 0.60 ve 0.74 mm olarak hesaplanmıştır.

Her bir örnek alanı için yalnız en iyi ilişkiyi veren uzaklığa bağlı yarışma endeksi ile çap artımı ilişkisine ilişkin regresyon denklemleri örnek alanı sırasına göre 7-12 nolu eşitliklerde verilmiştir. Sözü edilen regresyon denklemlerine göğüs çapının da bir bağımsız değişken olarak eklenmesi ile birlikte regresyon denklemlerinin (Eşitlik 19-24) belirtme katsayıları ve standart hata değerleri 0.58 ve 0.68 mm, 0.46 ve 0.61 mm, 0.49 ve 0.43 mm, 0.68 ve 0.23 mm, 0.74 ve 0.40 mm, 0.82 ve 0.46 mm olarak hesaplanmıştır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yıllık çap artımı ile uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız 12 yarışma endeksi (tek değişkenli) ile yarışma endekslerine ek olarak kendi göğüs çaplarını da içeren (iki değişkenli) regresyon denklemleri oluşturularak sonuçları incelenmiştir.

Araştırmanın sonuçlarını içeren Eşitlik 1-24'de görüleceği gibi, çap artımları ile yarışma endeksleri arasındaki ilişkilerin belirtme katsayıları 0.33 ile 0.65 arasında değişmektedir. Uzaklığa bağlı yarışma endeksleri ile uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerinin yıllık çap artımındaki değişimi belirtmesi bakımından fazla bir

fark olmamakla birlikte, uzaklığa bağlı yarışma endekslerinin daha başarılı olduğu görülmektedir. Belirtme katsayıları uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerinde 0.30, 0.53, 0.30, 0.55, 0.64 ve 0.59, uzaklığa bağlı yarışma endekslerinde ise 0.47, 0.44, 0.41, 0.55, 0.64 ve 0.58 olarak hesaplanmıştır. Uzaktan bağımsız yarışma endekslerinde en iyi ilişkileri  $YE_5$  (BAL) (ikinci, dördüncü ve beşinci örnek alanında) ve  $YE_2$  (birinci, üçüncü ve altıncı örnek alanında) vermiştir.  $YE_2$  değerleri büyüdükçe ya da BAL değerleri küçüldükçe ağaçların daha serbest büyüdükleri varsayılmaktadır. Bu nedenle,  $YE_2$  ile çap artımı arasında pozitif yönlü bir ilişki mevcutken, BAL ile çap artımı arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Birinci, üçüncü ve altıncı örnek alanlarındaki  $YE_2$  değerinin belli bir değerden daha büyük olması halinde çap artımının düşmeye başlamasına neden olarak, çok kalın çaplı ağaçlar serbest büyüseler bile yaşlanmadan dolayı çap artımının düşebileceği gösterilebilir. Üç örnek alanında BAL değerinin uzaklığa bağlı yarışma endekslerine yakın sonuçlar vermesi bu yarışma endeksi modelinin yapısıyla (bu model göğüs yüzeylerini kullanmaktadır) ilgisi olduğu söylenebilir. Yani konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyleri toplamını yarışma endeksi olarak kabul eden bu yaklaşım, ağaçlar arasındaki rekabetin şiddetini iyi yansıttığını göstermektedir. Birinci örnek alanında Alemdağ ( $R^2 = 0.47$ ), İkinci ve beşinci örnek alanında Pukkala ( $R^2 = 0.44$  ve  $R^2 = 0.64$ ), üçüncü ve altıncı örnek alanında Liu ( $R^2 = 0.41$  ve  $R^2 = 0.58$ ) ve dördüncü örnek alanında ise Akalp'ın ( $R^2 = 0.55$ ) geliştirdiği yarışma endeksinin uzaklığa bağlı yarışma endeksleri içinde en iyi sonucu vermesi, bu modellerin meşcere yapısına bağlı olarak ağaçlar arasındaki rekabeti diğerlerine göre daha iyi yansıtabileceğini göstermektedir. Çap artımı ile yarışma

endeksleri arasındaki ilişkilerin bazı örnek alanlarında parabolik (Eşitlik 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 ve 12), bazı örnek alanlarında ise doğrusal (Eşitlik 1 ve 10) şeklindedir ve bilinen genel büyüme yasaları ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Yıllık çap artımlarının hesaplanmasında tek değişkenli modellerin (Eşitlik 1-12) genel olarak, yarışma endeksine ek olarak göğüs çapının da eklenmesi ile oluşturulan iki değişkenli modellerin (Eşitlik 13-24) kısmen de olsa daha iyi sonuçlar verdikleri görülmektedir. Göğüs çapının uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri ile birlikte regresyon denklemlerine ikinci bir bağımsız değişken olarak eklenmesinde, denklemin belirtme katsayısı değerinde çok yüksek bir artış yapacağı zaten beklenmemelidir. Çünkü uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri genellikle göğüs çapının veya göğüs yüzeyinin fonksiyonu olarak oluşturulmaktadır (Tablo 3,  $YE_{1-5}$ ). Diğer taraftan, yıllık çap artımı ile uzaklığa bağlı yarışma endeksi ilişkisine ilişkin regresyon denklemlerine göğüs çapının bir bağımsız değişken olarak eklenmesi ile oluşan regresyon denklemlerinin belirtme katsayılarında önemli oranda bir artış, standart hata değerlerinde de belirgin bir azalış ortaya çıkmıştır (Eşitlik 19-24). Belirtme katsayısı değerleri birinci örnek alanı için 0.47'den 0.58'e, ikinci örnek alanı için 0.44'den 0.46'ya, üçüncü örnek alanı için 0.41'den 0.49'a, dördüncü örnek alanı için 0.55'den 0.68'e, beşinci örnek alanı için 0.64'den 0.74'e ve altıncı örnek alanı için ise 0.58'den 0.82'ye, yükselmiştir. Standart hata değerleri dikkate alındığında; birinci örnek alanı için 0.8 mm'den 0.7 mm'ye, ikinci örnek alanı için 0.7 mm'den 0.6 mm'ye, üçüncü örnek alanı için 0.6 mm'den 0.4 mm'ye, dördüncü örnek alanı için 0.5 mm'den 0.2 mm'ye, beşinci örnek alanı için 0.5 mm'den 0.4 mm'ye ve altıncı örnek alanı için 0.7 mm'den 0.5 mm'ye bir düşüş meydana gelmiştir. Diğer bir

anlatımla, uzaklığa bağlı yarışma endeksleri ile birlikte göğüs çapı da ikinci bir bağımsız değişken olarak modelde kullanıldığında, modellerin tahmin gücü, örnek alanlarına göre %11, %2, %8 % 13, %10 ve %24 oranında artmıştır.

Günümüze kadar ağaçların çap artımlarını tahmin etmek için yapılan araştırmalarda çok sayıda ağaç ve meşcere özelliği kullanılarak, genellikle düşük, bazı araştırmalarda ise orta düzeyde bir açıklayıcılık (belirtme katsayısı) elde edilmiştir. Yavuz, saf, değişik yaşlı ve doğal Doğu Ladini meşcerelerinden elde ettiği verilere bağlı olarak, 10 yıllık dönemsel çap artımlarını göğüs çapı ve yarışma endeksinin (Akalp'in yarışma endeksi) fonksiyonu olarak ilişkiye getirmiş regresyon denklemlerinin belirtme katsayılarını iki ayrı meşcere için % 85 ve % 81 olarak hesaplamıştır (Yavuz 1992). Alemdağ, dönemsel çap artımlarını yalnız yarışma endeksi ile ilişkiye getirmiş ve çeşitli yarışma endekslerini kullanarak, regresyon denklemlerinin belirtme katsayılarını  $0.22 \leq R^2 \leq 0.60$  arasında hesaplayarak kısa dönemler itibariyle, yarışma endeksinin fonksiyonu olarak, çap artımlarının hesaplanabileceğini önermiştir (Alemdağ 1978). Saraçoğlu, saf, aynı yaşlı, doğal Kızılağaç meşcerelerinden elde ettiği verilere bağlı olarak, yarışma endekslerinin tek başına 10 yıllık çap ve kesit yüzeyi artımı tahmininde başarılı sonuçlar vermediğini ( $0.004 \leq R^2 \leq 0.410$ ), ancak yarışma endeksine ilaveten ikinci değişken (10 yıl önceki çap veya kesit yüzeyi) eklenmesi neticesinde modellerin çok iyi sonuçlar ( $0.048 \leq R^2 \leq 0.497$ ) verdiğini tespit etmiştir (Saraçoğlu 1989). Carus ve Çiçek, Adapazarı-Süleymaniye'deki saf ve aynı yaşlı Dişbudak plantasyonlarında yaptıkları çalışmada, çap artım modeli geliştirmişler ve bağımsız değişken olarak yarışma endeksi ile birlikte çap ve yaş

kullandıklarında çap artımındaki değişimin % 75'inin belirlenebildiğini tespit etmişlerdir (Carus ve Çiçek 2007). Tome ve Burkhart, saf ve aynı yaşlı Ökalyptus plantasyonlarında yaptıkları çalışmada, uzaklığa bağlı bazı yarışma endekslerinin fonksiyonu olarak oluşturdukları regresyon denklemleri ile dönemsel çap artımlarını hesaplayarak, belirtme katsayılarını 0.66 - 0.68 arasında hesaplamışlardır (Tome ve Burkhart 1989). Daniels, saf ve aynı yaşlı Pinus taeda plantasyonlarında çeşitli yarışma endeksleri ile yıllık çap artımları arasındaki korelasyon katsayılarını  $0.27 \leq r \leq 0.42$  (Daniels 1976), Holmes ve Reed ise aynı yaşlı, doğal ve yapraklı türlerin oluşturduğu karışık meşcerelerinde,  $-0.40 \leq r \leq 0.58$  olarak hesaplamışlardır (Holmes ve Reed 1991). Bu çalışmadaki verilere bağlı olarak ağaçların çap artımlarına ilişkin değişkenliğin, çeşitli yarışma endeksleri ile ancak % 30 - 64 oranında açıklanabildiği, diğer bir anlatımla yarışma endeksleri ile çap artımları arasında orta düzeyde bir ilişki elde edilebildiği söylenebilir. Diğer taraftan göğüs çapları ( $d_{1.30}$ ) ve yarışma endeksleri (YE) birlikte kullanıldığında özellikle uzaklığa bağlı yarışma endekslerinin kullanıldığı eşitliklerde, yıllık çap artımındaki açıklayıcılık % 82'ye kadar yükselebilmektedir. Gerçekte tek başına yarışma endeksleri kullanıldığında çap artımları ile yüksek düzeyli ilişkiler beklenmemelidir. Çünkü ağaçların çap artımları, ağaç türü, yaş, meşcere sıklığı, meşcere verim gücü, ağaçların meşcere içerisindeki konumsal dağılımı, ağacın bulunduğu mikro çevredeki toprak koşulları, ışık alma durumu, kök ve tepe yapısı ile komşu ağaçların tür ve uzaklığı gibi çok sayıda faktörün gerek bireysel ve gerekse birleşik fonksiyonu olarak oluşmaktadır. Diğer taraftan bu faktörlerin çap artımı üzerindeki etki biçiminin sayısal olarak saptanması da oldukça zordur.

Çünkü büyüme olayı çok sayıda faktörün karmaşık etkileri sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle, eğer tahmin gücü yüksek büyüme modelleri oluşturulmak isteniyorsa; belirli ortamlar için, diğer bir ifadeyle değişkenliğin en az olduğu, her bir homojen ortam için ayrı bir büyüme modeli düzenlenmelidir. Böylece modeldeki değişken sayısı azalacağından, değişkenler arası ilişkiler daha kolay bir şekilde incelenebilecek, uygulayıcıya anlaşılabilir ve kullanılabilir bir model sunulmuş olacaktır.

Bir yarışma endeksinin başarısı, ağaç türüne, eldeki verilere ve seçilen modelin yapısına bağlı olarak değişmektedir (Tome ve Burkhart 1989; Biging ve Dobbartin 1992). Bu nedenle yarışma endeksleri hesaplanırken, bilinen tüm yarışma endeksleri denenmeli ve büyüme ile en yüksek ilişkiyi sağlayan eşitlik tercih edilmelidir. Bu sonuçlara göre Doğu Karadeniz Gökürarı - Doğu Ladini karışık meşcereleri için geliştirilecek artım ve büyüme modellerinde yarışma endeksinin önemli bir açıklayıcı değişken olarak dikkate alınması ve meşcere yapısına bağlı olarak kullanılacak yarışma endeksinde karar verilmesi gerektiği açıkça anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar aynı özellik gösteren meşcereler için kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Anonim (1980) Türkiye Envanteri, Ankara
- Akalp T (1978) Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 305/307, İstanbul
- Alemdağ İ Ş (1978) Meşcere Modellerinin Hazırlanmasında Etkenlik Endekslerinin Yeri ve Yeni Bir Etkenlik Endeksi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 28, 1, 138-149
- Arney J D (1978) Tables for Quantifying Competitive Stres on Individual Trees. Can. For. Serv. Pac. For. Res. Cent. Int. Rep. BC-X-78
- Biging G S, Dobbartin M (1992) A Comparison of Distance-Dependent Competition Measures for Height and Basal Area Growth of Individual Conifer Trees. Forest Science, 38, 3, 695-720
- Bella I E (1971) A New Competition Model for Individual Trees. Forest Science, 17, 364-372
- Brodie L C, Debell D S (2004) Evaluation of field performance of poplar Clones Using Selected Competition Indices. New Forests, 27, 201-204
- Carus S, Çiçek E (2007) Adapazarı-Süleymaniye dışbudak plantasyonlarında (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) tek ağaçlar için bir çap artım modeli. SDÜ Orman Fak. Derg. Seri A, Sayı:1, Sayfa:34-48
- Carus S (2004). Evaluation of some Competition Indices for the Construction of Lebanon sedar (*Cedrus libani* A. Rech.) Stand Models. Journal of Environmental Biology, 25(4), 457-467
- Daniels R F (1976) Simple Competition Indices and Their Correlation with Annual Loblolly Pine Tree Growth. Forest Science, 22, 4, 454-456
- Daniels R F, Burkhart H E, Clason T R (1986) A Comparison of Competition Measures for Predicting Growth of Loblolly Pine Trees. Canadian Journal of Forest Research, 16, 1230-1237
- Elliot K J, Vose J M (1995) Evaluation of the Competitive Environment for White Pine (*Pinus strobus* L.) Seedlings Planted on Prescribed Burn Sites in the Southern Appalachians. Forest Science, 41, 3, 513-550
- Erkan N (1996) Kızılçam'da (*Pinus brutia* Ten) Meşcere Gelişmesinin Simülasyonu. Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araş. Müd., Elazığ
- Gadow K V, Hui G (2001) Modelling Forest Development. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 228 pp
- Hegyi F (1974) A Simulation Model for Managing Jack-Pine Stands, Growth Models for Tree and Stand Simulation. Royal College of Forestry, No: 30, 74-90., Stockholm
- Holmes M J, Reed D D (1991) Competition Indices for Mixed Species Northern Hardwoods, Forest Science, 37, 5, 1338-1349

- Kahrıman A (2004) Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp *nordmanniana*) – Doğu Ladini (*Picea orientalis* Link) Karışık Meşcerelerinde Çeşitli Yarışma Endekslerinin Büyüme Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 172 s
- Kalıpsız A (1998) Orman Hasılat Bilgisi. İ.Ü. Yayın No: 4060, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 448, İstanbul
- Lagergren F, Lindroth A (2003) Variation in Saplow and Stem Growth in Relation to Tree Size, Competition and Thinning in A Mixed Forest of Pine and Spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 188, 1-3, 51-63
- Liu C J (1991) Competition Index and Its Relationship to Individual Tree Growth. XVII. IUFRO World Conference, Japonya, Bildiriler Kitabı, Cilt II, 135-147
- Lorimer C G (1983) Test of Age- Independent Competition Indices for Individual Trees in Natural Hardwood Stands. *Forest Ecology and Management*, 6, 343-360
- Martin G L, Ek A L (1984) A Comparison of Competition Measures and Growth Models for Predicting Plantation Red Pine Diameter and Height Growth. *Forest Science*, 30, 9, 731-743
- Miina J, Pukkala T (2002) Application of Ecological Field Theory in Distance-Dependent Growth Modelling. *Forest Ecology and Management*, 161, 1-3, 101-107
- Newnham R M (1966) Stand Structure and Diameter Growth of Individual Trees in A Young Red Pine Stand. Canada Dept., Forestry, Bi-Monthly Res. Notes, 22: 4-5
- Opie D R (1968) Predictability of Individual Tree Growth Using Various Definitions of Competing Basal Area. *Forest Science*, 14, 314-323
- Prevosto B, Curt T, Guegnot J, Coquillard P (2000) Modeling Mid-Elevation Scots Pine Growth on A Volcanic Substrate. *Forest Ecology and Management*, 131, 1-3, 223-237
- Pukkala T (1988) Studies on the Effect of Spatial Distribution of Trees on the Diameter Growth of Scots Pine. Publications in Science No: 13, University of Joensuu
- Pukkala T, Kolström, T (1987) Competition Indices and the Prediction of Radial Growth in Scots Pine. *Silva Fennica*, 21, 55-67
- Radtke P J, Westfall J A, Burkhart H E (2003) Conditioning A Distance-Dependent Competition Index to Indicate the Onset of Inter-Tree Competition. *Forest Ecology and Management*, 175, 17-30
- Saraçoğlu Ö (1988) Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. İ.Ü. Orman Fakültesi Doktora Tezi, İstanbul
- SPSS Institute Inc. (2003) SPSS Base 11.5 User's Guide. 650 p
- Spurr S H (1962) A Measure of Point Density. *Forest Science*, 8, 85-96
- Steneker G A, Jarvis J M (1963) A Preliminary Study to Assess Competition in A White Spruce- Trembling Aspen Stand. Forest Research Branch Contribution, No: 509, Department of Forestry, Canada
- Staebler G R (1951) Growth and Spacing in an Even – Aged Stand of Douglas Fir. Michigan Univ, M. F. Thesis
- Sun O (1977) Bir Kızılcım Ağacının (*Pinus brutia* Ten.) Büyüme Modeli. Ankara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara
- Tennent R B (1975) Competition Quotient in Young *Pinus radiata*. Forest Research Institute, New Zealand Forest Service, Rotorua
- Tome E, Burkhart H E (1989) Distance-Dependent Competition Measures for Projecting Growth of Individual Trees. *Forest Science*, 35, 3, 816-831
- Vanclay J K (1994) Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford UK
- Wykoff W R (1990) A Basal Area Increment Model for Individual Conifers in the Northern Rocky Mountains. *For. Sci.*, 36(4): 1077-1104
- Yavuz H (1997) Yarışma Endeksleri ve Büyüme Modellerinde Kullanılması. K.T.Ü. Bahar Yarıyılı Seminerleri, No: 4, 47-54, Trabzon
- Yavuz H (1992) Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon