

## Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Gövde Hacim Tablosu

Nedim SARAÇOĞLU

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 04.12.1995

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç Meşcerelerinin tek ağaç gövde hacim miktarlarının tahmin edilmesidir. Bölgesel (çift girişli) Gövde Hacim Tablosu, Perşembe-Hopa/Kemalpaşa arasında yayılış gösteren saf, aynı yaşlı, müdahale görmemiş, normal kapalı ve doğal gelişen 55 Kızılağaç geçici deneme alanlarında seçilen 510 deneme ağacının verilerine göre düzenlenmiştir. Bölgesel Gövde Hacim Tablosunun düzenlenmesinde Regresyon yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla 6 hacim modeli seçilmiştir.

### Stem Volume Table of Alder (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.

**Abstract:** The objective of this study is to estimate the stem volume per single tree for *Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt. stands of East The Blacksea Region. Double Entry Volume Table was constructed by means of the material collected at the 510 sample trees, were choosen in 55 temporary trial plots taken in the pure, even aged, untouched, normal stocked and naturally grown stands of the *Alnus barbata* between Perşembe and Hopa-Kemalpaşa. Several mehods were in evaluation of material and constructing the table. It was based on Regression Methods in obtaining Double Entry Volume Table. 6 volume models were choosen for this purpose.

### Giriş

İlk hacim tablosunu 1804 yılında Kayın için düzenleyen araştırmacının H. Von Cotta olduğu bilinmektedir. Cotta'nın konu ile ilgili görüşü özetle "Bir ağacın hacmi; çapı, boyu ve şekline bağlıdır. Bir ağacın hacmi tam olarak belirlenmiş ise, bu hacim benzer çap, boy ve şekilde olan bütün ağaçlar için geçerlidir" biçimde belirtilmiştir (1, 2). İlk hacim tablolarının 1843-1846 yılları arasında Meşe, Akçaağaç, Ladin, Göknar, Çam ve Karaağaç türlerinden oluşan toplam 40.220 ağacın seksiyon biçiminde ölçülmesi ile, hacmi ağaç kütüğü olmaksızın ilgili göğüs çapı ve boylara göre veren "Bavyera Hacim Tabloları" olduğu görülmektedir (3, 4, 5).

Sakallı Kızılağaç ormanlarının Doğu Karadeniz Bölgesinde 35.128 ha alan kapladığı, 1980 yılı Türkiye Orman Envanterinde (1963-1972 envanter sonuçlarına göre) açıklanmıştır (6). Bu sonuca göre, Sakallı Kızılağaç'ın Türkiye orman alanında %0.2'lik bir alan kapladığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışma ile, 1986 yılında düzenlenen yeni amenajman planlarındaki verilerden yararlanılarak, Trabzon, Artvin ve Giresun Orman Bölge Müdürlüklerine bağlı Kızılağaç saf ve karışık ormanlarında Kızılağaç'ın kapladığı gerçek alanların orman işletme şefliği bazında belirlenmesine çalışılmıştır. Bunun için, alan (ha) ve hacim (m<sup>3</sup>)

arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayılarak, amenajman tablosundaki Toplam Alan değerleri (TA), Gerçek Alan (GA) değerlerine dönüştürülmüştür. Örneğin, alanı 990 ha olan KsKzKn<sub>2</sub> karışık meşçeresinde Kızılağaç'ın kapladığı gerçek alan, ilgili meşçere tipi tablosundaki Kz hacim yüzdesi (%23.2) ile 990 ha'nın çarpımı olarak yaklaşık 230 ha'dır.

Sakallı Kızılağaç saf ve karışık meşçerelerinin Trabzon, Artvin ve Giresun Orman Bölge Müdürlüğü ormanlarındaki toplam alanı 1986 yılı amenajman planları verilerine göre 199.848 ha olarak Türkiye ormanlarının %1'ini oluşturmaktadır. Kızılağaç saf ve karışık meşçerelerinde yalnız Kızılağaç'ın oluşturduğu gerçek alanların ise, yapılan hesaplamalar sonucu 107.551 ha olarak Türkiye orman alanlarının %0.5'ini oluşturduğu görülmüştür (Tablo 1)

### Materyal ve Yöntem

Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren Sakallı Kızılağaç'ın (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*) çift girişli gövde hacim tablosunu düzenleyebilmek için, bu türün doğal yayılış alanı içerisinde, Perşembe ile Hopa/Kemalpaşa arasında kalan bölgede değişik yükseklik, bakı, eğim, röliyef, yaş özelliğindeki meşçerelerde deneme alanları ve deneme ağaçları alınarak gerekli ölçüm

Orman Bölge Müdürlüğü	Saf Kızılağaç Ormanı			Karışık Kızılağaç Ormanı		
	Ta(ha)	GA(ha)	Kz %	TA(ha)	GA (ha)	Kz %
TRABZON	15557	14420	92.7	87092	36260	41.6
ARTVIN	6229	6070	97.4	19050	7308	19.1
GİRESUN	25659	23367	91.1	46261	20126	43.5
Toplam	47445	43857		152403	63694	

Tablo 1. Kızılağaç saf ve karışık meşçereleri alanlarının dağılımı

ve saptamalar yapılmıştır. Deneme ağaçlarının alındığı alanlar Şekil 1.de gösterilmiş ve özellikleri ise Ek Tablo 1.de verilmiştir. Hacim tablolarının düzenlenmesinde istatistik yaklaşım kullanılmış, denklem katsayılarının hesaplanmasında istatistik yöntemlerden biri olan En Küçük Kareler Yöntemi uygulanmıştır.

#### Hacim Deneme Ağaçlarının Nitelikleri ve Seçimi

Kızılağaç çift girişli gövde hacim tablosunun yayılış bölgesinde kullanılabilmesi için, değişik ekolojik koşullarda ve çeşitli meşçere yapılarında ve yaşlarda, saf 55 Kızılağaç meşçeresinin değişik çap ve boy kademelerinde 510 deneme ağacı seçilmiştir. Denem ağaçlarının canlı, tepesinin sağlam, tek gövdeli, sağlıklı gibi özellikte olmasına özen gösterilmiştir.

#### Gövde Hacim Tablosu İçin Yapılan Ölçümler

Çift girişli gövde hacim tablosunun düzenlenmesi amacı ile, 55 değişik yerde çeşitli çap kademelerinden seçilen 510 deneme ağacında gerekli ölçümler aşağıda açıklandığı biçimde yapılmıştır. Deneme ağaçlarının gövdelerinin çaplarını ölçmek yerine, daha doğru sonuç veren çevre ölçülmüştür (7). Bu ölçümde plastik şerit metre kullanılmıştır. Önce ağaçların göğüs yüksekliğindeki (1.30 m) ve yerden 30 cm yükseklikteki kabuklu çevresi ölçülmüş, sonra göğüs çapının 1/3'ü kadar yüksekten kesilerek devrilmiştir. Yatık deneme ağaçlarının dalları budanarak gövdesi temizlendikten sonra, seksiyon yöntemine (8, 9) uygun olarak her iki metrede kabuklu çevre ve kabuk ölçer ile de kabuk kütük yüksekliği yaşı (ort.1 yıl) eklenerek bulunmuştur.

#### Gövde Hacim Tablolarının Düzenlenmesi ve Diğer Hacim İlişkileri

Hacim tablosunun düzenlenmesi için seçilen 510 deneme ağacı bölümlenme (seksiyon) yöntemine göre  $dm^3$  duyarlılıkla hacimlendirilmiştir. Hacim tablosunun düzenlenmesinde çok çeşitli hacim modelleri (10, 11, 12, 13) söz konusu olup, bunlardan en uygun olabileceği düşünüerek aşağıda açıklananlar seçilmiş ve en güvenilir olanı bulunmaya çalışılmıştır.

Çift girişli gövde hacim tabloları, dikili bir ağacın gövde hacmini göğüs çapı ve boyuna göre veren tablolarıdır. Çap ve boy ile hacim arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için aşağıda gösterilen 6 hacim modeli SPSS paket programları kullanılarak denenmiştir. Bu hacim modellerine ilişkin katsayılar ve istatistik değerler Tablo 2'de açıklanmıştır.

Çift girişli gövde hacim tablosunun düzenlenmesi için,

$$v=b_0+b_1+d^2.h \quad \text{Spurr} \quad (1)$$

$$v=a.d^b.h^c \quad \text{Schumacher-Hall} \quad (2)$$

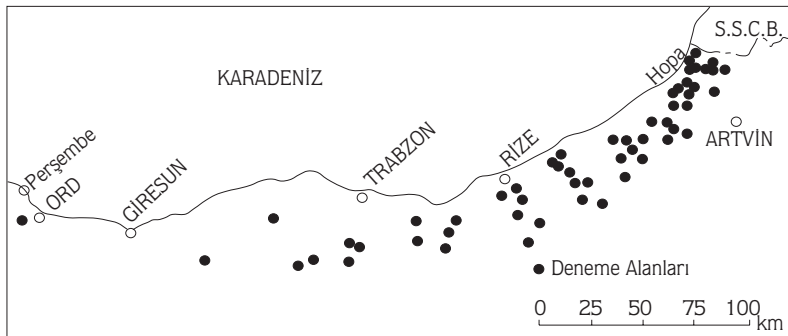
$$v=b_0+b_1.d+b_2.d^2+b_3.dh+b_4.d^2h \quad \text{Meyer} \quad (3)$$

$$v=b_0+b_1.d+b_2.d^2h \quad \text{Orm. Ar. E. Bad-Würt.} \quad (4)$$

$$v=(\pi/4).d^2.h.(a+b.1/h+c.Rm/h) \quad \text{Günel} \quad (5)$$

$$v=d^2.(b_0+b_1h) \quad \text{Ogaya} \quad (6)$$

formülleri denenmiştir. Denenen modellerden en uygun olarak, korelasyon katsayısı en büyük olan Schumacher-Hall hacim modeli en iyi sonuç verdiği için seçilmiştir.



Şekil 1. Kızılağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi Amacıyla Alınan Deneme Alanlarının Dağılımı

Ek Tablo 1. Deneme ağaçlarının alındığı yerlerin özellikleri

Alan	Deneme Alanının Konumu				Alanların Özellikleri				
	No	İşletme	Bölge/Seri	Yük.(m)	Bakı	Eğim(%)	Kap.	Bon.	Yaş
1	Pazar	Papatya Köyü	190	NW	40	0.8	III	17	Tepe
2	RİZE	Köprülü Köyü	560	NE	41	1.0	III	12	Tepe
3	RİZE	Gölgeli Köyü	130	SW	36	0.9	III	14	Üst yamaç
4	RİZE	İkizdere/Cimil	1610	NW	34	0.8	V	56	Tepe
5	RİZE	Selimiye Köyü	595	SW	32	1.1	I	11	Üst Yamaç
6	Pazar	Papatya Köyü	180	NW	41	1.1	I	15	Tepe
7	Pazar	Şenyuva/Çamlıhemşin	1520	SE	21	0.8	IV	63	Tepe
8	Pazar	Şenyuva/Çamlıhemşin	1360	NE	35	0.9	IV	39	Tepe
9	Pazar	Şenyuva/Çamlıhemşin	810	NE	10	0.8	III	27	Alt Yamaç
10	Pazar	Şenyuva/Çamlıhemşin	790	NE	12	0.8	II	34	Alt Yamaç
11	Pazar	Çayeli	95	E	10	1.0	I	13	Alt Yamaç
12	Pazar	Pazar Mah.	20	-	0	1.0	I	10	Taban
13	Arhavi	Hopa/Yoldere	130	NE	25	0.8	II	17	Orta Yamaç
14	Arhavi	Hopa/Koyuncu	340	SW	33	0.9	I	23	Tepe
15	Borçka	Karşıköy/Araklı	820	NE	47	0.8	II	35	Üst Yamaç
16	Borçka	Çifteköprü	810	SE	36	0.9	IV	17	Üst Yamaç
17	Dereli	Merkez/Çal	1040	NW	44	0.7	IV	17	Üst Yamaç
18	ORDU	Merkez/Perşembe	790	N	18	0.9	IV	24	Üst Yamaç
19	Tirebolu	Harşit/Gavraz	850	NW	46	0.8	III	48	Tepe
20	Maçka	Hamsiköy/Hamsiköy	1540	E	40	0.7	V	56	Tepe
21	Sürmene	Of/Ancuma	750	SW	30	0.9	IV	35	Orta Yamaç
22	Sürmene	Araklı/Yonca	160	E	10	0.9	II	17	Alt Yamaç
23	TRABZON	Akçaabat	850	NE	42	0.8	V	47	Üst Yamaç
24	Maçka	Şahinkaya	810	E	30	0.9	III	27	Orta Yamaç
25	Maçka	Merkez/Akarsu	1280	SW	38	1.0	IV	41	Tepe
26	Pazar	Yemişli Köyü	180	NE	41	1.0	III	14	Tepe
27	Pazar	Ardeşen/Yaylacılar	960	N	14	0.9	I	47	Tepe
28	RİZE	İkizdere/Cimil	1380	NW	32	0.8	V	50	Tepe
29	TRABZON	Vakfıkebir/Kirazlık	835	SW	38	1.0	IV	28	Üst Yamaç
30	Arhavi	Merkez/Kayadibi	550	NW	52	0.8	II	45	Tepe
31	Arhavi	Merkez/Kayadibi	500	NW	52	0.8	II	45	Tepe
32	Arhavi	Başköy	560	SW	40	1.1	II	42	Orta Yamaç
33	Arhavi	Yıldızlı Köyü	630	S	53	0.8	II	56	Üst Yamaç
34	Arhavi	Kale Mah.	20	W	36	0.9	IV	25	Orta Yamaç
35	Arhavi	Arhavi/Mağara	710	NW	16	0.8	V	24	Alt Yamaç
36	Pazar	Fındıklı/Gürcü	690	SW	22	1.0	III	45	Alt Yamaç
37	Arhavi	Hopa/Hendek	360	SE	45	0.9	II	22	Üst Yamaç

38	Arhavi	Hopa/Hendek	160	NW	47	0.8	I	24	Orta Yamaç
39	Arhavi	Hopa/Koyuncu	350	SE	42	1.0	II	26	Orta Yamaç
40	Arhavi	Hopa/Cankurtaran	560	SW	54	0.8	III	29	Tepe
41	Arhavi	Kemalpaşa/Merkez	90	N	22	1.0	IV	23	Alta Yamaç
42	Arhavi	Kemalpaşa/Koha	340	NW	44	0.9	III	29	Üst Yamaç
43	Arhavi	Kemalpaşa/Üçkonaklar	270	N	42	0.8	IV	33	Orta Yamaç
44	Pazar	Merkez/Kantarlı	810	N	28	0.8	III	43	Üst Yamaç
45	Pazar	Cumhuriyet Mah.	30	N	29	1.0	II	20	Alt Yamaç
46	Pazar	Aktepe Köyü	350	SW	48	0.7	III	23	Üst Yamaç
47	Pazar	Ardeşen/Yaylacılar	850	SW	43	0.8	IV	57	Üst Yamaç
48	Pazar	Ardeşen/Yaylacılar	930	N	21	0.7	II	58	Üst Yamaç
49	Pazar	Ardeşen/Ardeşen	680	S	38	0.9	IV	27	Üst Yamaç
50	Pazar	Çayeli/Cumhuriyet	70	S	42	0.9	III	22	Alt Yamaç
51	Sürmene	Köprübaşı Mah.	390	NW	5	1.1	V	46	Taban
52	Pazar	Ocak Köyü	100	SE	30	1.1	II	18	Orta Yamaç
53	Sürmene	Köprübaşı Mah.	210	N	14	0.9	II	12	Orta Yamaç
54	Sürmene	Araklı/Yolgören	110	NW	23	1.0	II	24	Orta Yamaç
55	Maçka	Sevinç Köyü	380	N	35	0.9	IV	14	Üst Yamaç

Tablo 2. Denenen hacim modellerine ilişkin katsayılar ve istatistik değerler.

Model No	Katsayılar							
	R	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
1	0.9868	0.9737	0.0886	0.0096	0.2327			
2	0.9962	0.9924	0.0462	0.4047	1.9289	0.9438		
3	0.9869	0.9739	0.0885	-0.0083	0.6470	-0.0011	-0.7461	0.2338
4	0.4289	0.1840	0.0411	-0.0039	0.1089	0.3592		
5	0.9309	0.8670	0.1476	0.0171	0.1083	0.0544		
6	0.9824	0.9651	0.1020	-0.6027	0.3885			

### Göğüs Çapı-Çift Kabuk Kalınlığı İlişkisi

Elde edilen hacim tabloları gövde hacmini kabuklu olarak vermektedir. Kabuksuz gövde hacminin bilinmesi arzu edildiğinde, göğüs çapı-kabuk kalınlığı ilişkisi önem kazanmaktadır. Hacim tablosu için seçilen 510 deneme ağacının göğüs çapı ve çift kabuk kalınlıkları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bunun için deneme ağaçlarının kabuksuz göğüs çapları ile çift kabuk kalınlıkları grafik üzerinde noktalanmıştır (Şekil 2). Noktalar parabol biçiminde bir dağılım göstermiştir. Kabuklu göğüs çapı ve çift kabuk kalınlığı arasındaki ilişkinin belirlenmesi için,

$$B=a+bd+cd^2 \quad (7)$$

parabol denkleminde yararlanılmıştır.

Bu parabolün a, b ve c katsayılarının bulunması için en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Bu ilişki ile Kızılağaç'ların kabuklu göğüs çaplarına karşı gelen kabuksuz göğüs çapları da hesaplanmıştır (Tablo 3). Ayrıca Kızılağaç kabuk katsayısı belirlenmiştir.

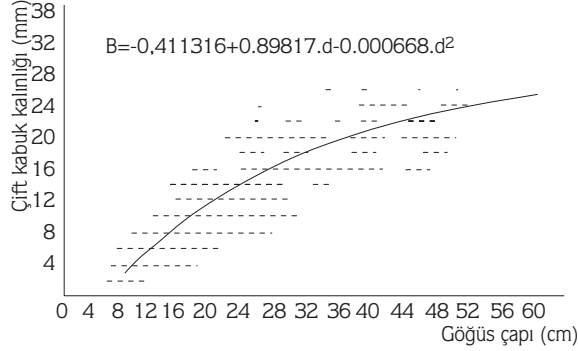
### Kızılağaç Çift Girişli Gövde Hacim Tablosunun Diğer Hacim Tabloları ile Kıyaslanması

Kızılağaç kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi, gövde hacim tabloları düzenlenmiş diğer ağaç türleri ile kıyaslanmıştır. Bu amaçla, diğer bir Kızılağaç türü olan Alnus incana (14) ile ülkemiz ağaç türlerinden Pinus silvestris (15), Picea orientalis (16) ve Abies equi-trojani (17)'nin gövde hacim değerleri kullanılmıştır.

## Bulgular

### Gövde Hacim Tabloları ile İlgili Bulgular

Kızılağaç çift girişli gövde tablosunun düzenlenmesi için denenen 6 hacim modelinin regresyon analizinde



Şekil 2. Göğüs çapı-Çift kabuk kalınlığı ilişkisi

verdiği sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir. Çift girişli gövde hacim tablosu için en büyük çoğul korelasyon katsayısını ( $R=0.996$ ) içeren Schumacher-Hall hacim modeli (11), verileri en iyi şekilde temsil ettiği için seçilmiş ve hacim tablosu bu modele göre düzenlenmiştir.

Schumacher-Hall hacim modelinin en küçük kareler yöntemi ile a, b ve c katsayılarını hesaplarken logaritması alınmış bir doğru şekline getirilerek (8) eşitliği,

$$\log v = -0.39288 + 1.92886 \cdot \log d + 0.94382 \cdot \log h \quad (8)$$

bulunmuştur. Bunun antilogaritması alınarak (antilog- $0.39288=0.404687$ ) denkleminin gerçek biçimi elde edilmiştir.

$$v = 0.4047 \cdot d^{1.92886} \cdot h^{0.94382} \quad (9)$$

Bu model için Meyer (1), üsler toplamının 3’e yakın olması gerektiğini açıklamaktadır (zit. Alemdağ, 1962) (18). Denklemindeki üsler toplamı 2.873 olarak bulunmuştur. En küçük kareler yöntemi ile logaritmik işlemler-

Ek Tablo 2. Kızılağaç Çift Girişli Gövde Hacim Tablosu

Ağaç boyu m	Göğüs çapı (cm)							
	7	8	9	10	11	12	13	14
	Kabuklu gövde hacmi (m <sup>3</sup> ) Stem volume outside bark (m <sup>3</sup> )							
7	0.015	0.020	0.025	0.030	0.036	0.043	0.050	0.058
8	0.017	0.022	0.028	0.034	0.041	0.049		
9	0.019	0.025	0.031	0.038	0.046	0.054		
10	0.021	0.027	0.034	0.042	0.051	0.060	0.070	0.081
11	0.023	0.030	0.038	0.046	0.055	0.066	0.076	0.088
12	0.025	0.033	0.041	0.050	0.060	0.071	0.083	0.096
13		0.035	0.044	0.054	0.065	0.077	0.090	0.103
14		0.038	0.047	0.058	0.070	0.082	0.096	0.111
15					0.074	0.088	0.102	0.118
16					0.079	0.093	0.109	0.126
17					0.084	0.099	0.115	0.133
18						0.104	0.122	0.140
19							0.128	0.148
Çap cm	15	16	17	18	19	20	21	22
boy m								
10	0.092	0.104	0.117	0.131	0.145	0.160	0.176	0.193
11	0.101	0.114	0.128	0.143	0.159	0.175	0.193	0.211
13	0.118	0.134	0.150	0.168	0.186	0.205	0.226	0.247
14	0.127	0.143	0.161	0.180	0.200	0.220	0.242	0.265
15	0.135	0.153	0.172	0.192	0.213	0.235	0.258	0.283
16	0.144	0.163	0.183	0.204	0.226	0.250	0.275	0.300

17	0.152	0.172	0.193	0.216	0.240	0.265	0.291	0.318
18	0.160	0.182	0.204	0.228	0.253	0.279	0.307	0.336
19	0.169	0.191	0.215	0.240	0.266	0.294	0.323	0.353
20		0.201	0.226	0.252	0.279	0.309	0.339	0.371
Çap cm	23	24	25	26	27	28	29	30
boy m								
12	0.260	0.271	0.293	0.316	0.340	0.365	0.390	0.416
13	0.269	0.292	0.316	0.341	0.367	0.393	0.421	0.449
14	0.289	0.313	0.339	0.366	0.393	0.422	0.451	0.482
15	0.308	0.334	0.362	0.390	0.420	0.450	0.482	0.514
16	0.327	0.355	0.384	0.415	0.446	0.478	0.512	0.546
17	0.327	0.355	0.384	0.415	0.446	0.478	0.512	0.546
18	0.366	0.397	0.430	0.463	0.498	0.535	0.572	0.611
19	0.385	0.418	0.452	0.488	0.524	0.563	0.602	0.643
20	0.404	0.439	0.474	0.512	0.550	0.590	0.632	0.674
21			0.497	0.536	0.576	0.618	0.662	0.706
22						0.646	0.691	0.738
Çap cm	31	32	33	34	35	36	37	38
boy m								
12	0.444							
13		0.509						
14	0.513	0.546	0.579	0.634	0.648	0.685	0.722	0.760
15		0.582	0.618	0.654	0.692	0.731	0.770	
16	0.582	0.619	0.657	0.696	0.736	0.777	0.819	0.862
17		0.655	0.695	0.737	0.779	0.822	0.867	0.913
18	0.650	0.692	0.734	0.777	0.822	0.867	0.913	
19	0.685	0.728	0.772	0.818	0.865	0.913	0.963	1.014
20	0.719	0.764	0.811	0.859	0.908	0.959	1.011	1.064
21	0.752	0.800	0.849	0.899	0.951	1.004	1.059	1.114
22	0.786	0.836	0.887	0.939	0.993	1.049	1.106	1.164
24		0.907	0.963	1.020	1.079	1.139	1.201	
26					1.163			
30					1.131			
Çap cm	39	40	41	42	43	44	45	46
boy m								
14			0.880					
16			0.998					
17		1.008	1.057					
18	1.013	1.064	1.115	1.169	1.223	1.278	1.335	1.393
19	1.066	1.119	1.174	1.230	1.287	1.345	1.405	1.466
20	1.119	1.175	1.232	1.291	1.351	1.412	1.474	1.538
22	1.224	1.285	1.348	1.412	1.478	1.545	1.613	1.683

Ek 2 Tablo Devamı

23						1.682	1.755
24				1.604		1.751	
26	1.505	1.578	1.653	1.730	1.809	1.889	1.970
30	1.722						2.255
Çap cm	47	48	49	50			
boy m							
18	1.452	1.512	1.573				
19		1.591					
20			1.738				
22	1.754	1.827		1.977			
23			1.983	2.061			
24		1.983	2.064	2.146			
26	2.139		2.314				
28			2.387				
29				2.566			

le hesap yapıldığından hacim logaritmik olarak bulunmaktadır. Gerçek hacmin elde edilmesi için, bunun antilogaritmasının alınması ve aşağıda açıklanan düzeltmenin yapılması gerekmektedir. Daha sonra da hacim tablosu düzenlenebilmektedir.

Normal denklemlerin katsayıları çap ve boyların logaritmalarından yararlanılarak hesaplandığı için, hacim logaritma cinsinden bulunmakta ve gerçek hacimden daha küçük bir değerde olmaktadır. Meyer (1), bu hatanın giderilebilmesi için, hesaplanan hacimlerin 1'den büyük bir düzeltme faktörü ile çarpılması gerektiğini bildirmektedir. Standart hataya bağlı olarak değişen bir düzeltme faktörünü Meyer hesaplanmış ve aşağıdaki formül ile açıklamıştır.

$$f=10^{1.1513.S_e} \quad (10)$$

Burada,  $S_e$ :Standart hata olup, çalışmamızda 510 deneme ağacının verileri ile hesaplanarak  $S_e=0.04624$  olarak bulunmuştur. Böylece Meyer'in düzeltme faktörü,

$$f=10^{(1.1513).(0.00214)}=1.005689 \quad (11)$$

olmaktadır. f'nin bu değeri logaritma yardımıyla hesaplanan ağaç hacimlerinin %0.5689 oranında yükseleceğini göstermektedir. 9 numaralı formül ile kabuklu çap ve boya göre hesaplanan bütün hacimler, düzeltme faktörü 1.005689 ile çarpılarak gerçek gövde hacimleri elde edilmiştir. Bundan sonra çap ve boya göre çift girişli gövde hacim tablosu düzenlenmiştir (Ek Tablo 2). Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanılabilecek olan bu tablo, ağaçların kabuklu gövde hacimlerini (kütük hacmi dahil) vermektedir.

#### Kızılağaç Çift Girişli Gövde Hacim Tablosunun Kontrolü

Düzenlenen hacim tabloları kullanılmadan önce doğruluk dereceleri ve hata yüzdelerinin saptanması gerekmektedir (9, 13, 14). Kızılağaç gövde hacim tablosunun doğruluk derecesi, diğer hacim tabloları gibi çeşitli biçimlerde denenmiştir. Bunlar,

1) Toplam hata, 2) Ortalama Mutlak Hata, 3) Korelasyon katsayısı'dır.

Toplam Hata:Düzenlenen hacim tablosunun hesaplamalarda kullanılan verilere uygunluğunu açıklar ve bu hatanın doğruluk derecesi yüksek hacim tablolarında %1'den büyük olması istenir. Toplam hata, deneme ağaçlarına ilişkin gerçek hacimler toplamı ile tablo hacimleri arasındaki farkın, gerçek hacimlerin toplamına oranı %-0.34 olarak bulunmuştur. Bu değer ağaç hacim tablosunun toplu olarak %-0.34 kadar küçük sonuç verdiğini açıklamaktadır.

$$\text{Toplam Hata (\%)} : P_v = \frac{\sum V_{\text{tablo}} - \sum V_{\text{gerçek}}}{\sum V_{\text{gerçek}}} 100 \quad (12)$$

Ortalama Mutlak Hata:Deneme ağaçlarının gerçek ve tablo hacimleri farkının gerçek hacmine bölünerek, bulunan oranların 100 ile çarpımından elde edilen değerlerin mutlak değer olarak toplanıp ağaç sayısına bölünmesidir. Spur (5), bu değer in doğruluk derecesi yüksek hacim tablolarında %10'dan fazla olmaması gerektiğini bildirmektedir. Bu değer, 13 eşitliğinden yararlanılarak %8.12 olarak bulunmuştur.

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (\%)} = \left[ \frac{V_{\text{tablo}} - V_{\text{gerçek}}}{V_{\text{gerçek}}} \cdot 100 \right] / N \quad (13)$$

Çoğul Korelasyon Katsayısı: Hacim (v) üzerinde çap (d) ve boy (h) serbest değişkenlerinin ortak etkisinin saptanması için hesaplanmış ve 14 eşitliğinden yararlanılarak  $R=0.996$  olarak bulunmuştur. Bu değer, değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Denklemin belirtme katsayısı ise  $R^2=0.992$  dir. Bu sonuca göre, hacim değişmelerinin %99.2 si bağımsız değişkenler olan çap ve boy değişmesi ile oluşmaktadır. Diğer %0.8'lik belirsiz kısım ise, bu iki değişkenin dışında saptayamadığımız diğer nedenlerden ileri gelmektedir.

$$R_{z,xy} = \sqrt{r_{zx}^2 + r_{zy}^2 - 2 \cdot r_{zx} \cdot r_{zy} \cdot r_{xy} / (1 - r_{xy}^2)} \quad (14)$$

Burada, z:hacim, x:çap ve y:boy değerleridir.

Elde edilen sonuçlara göre, Schumacher-Hall hacim modelinin gövde hacim tablosunun düzenlenmesinde kullanılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir. Schumacher-Hall hacim modeli o şekilde düzenlenmiştir ki, ağaç çapı m ve boy m cinsinden verildiğinde kabuklu gövde hacmi (kütük dahil)  $m^3$  cinsinden bulunmaktadır. Çaplar 7 cm-50 cm ve boylar 7 m-30 m sınırları arasında değişecek biçimde çap kademeleri 1 cm ve boylar 1 m aralıklarla alınmış ve çift girişli tablo düzenlenmiştir (Ek Tablo 2).

### Çap-Kabuk İlişkisi

Çift kabuk kalınlığı (B) ile göğüs çapı (d) arasındaki ilişki deneme ağaçları verilerinin dağılımına uygun olarak bir eğri yada doğruyla saptanmaktadır. Hacim tablosu için seçilen 510 deneme ağacının kabuklu göğüs çapı ve çift kalınlıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için veriler önce bir koordinat sistemine taşınmıştır (Şekil 2). Noktaların daha önceki çalışmalarda olduğu gibi (13, 15) parabol ile dengelenmesinin olası olduğu görülmüştür. Bu deneme için En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmış ve 15 nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$B = -0.411316 + 0.089817 \cdot d - 0.000668 \cdot d^2$$

Bu eşitliğe ilişkin istatistikler,

$$\text{Korelasyon Katsayısı} \quad R = 0.91$$

$$\text{Belirtme Katsayısı} \quad R^2 = 0.82$$

$$\text{Standart Hata} \quad S_e = 0.013 \text{ cm olarak bulunmuştur.}$$

Kızılağaç kabuklu göğüs çapı-çift kabuk ilişkisi 8-60 cm'lik çap sınırları arasında Şekil 2'de gösterilmiştir. Elde edilen denklem, kabuklu göğüs çaplarına karşı gelen

göğüs yüksekliğindeki çift kabuk kalınlıklarını mm olarak vermektedir. Denklemden kestirilen çift kabuk kalınlıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Belirtme katsayısına göre, göğüs çapı çift kabuk kalınlığındaki değişimin %88.22'sine neden olmaktadır. Belirtme katsayısı yeterince büyüktür. Denklemden çift kabuk kalınlığı ortalama olarak kestirilince, Kızılağaçların kabuksuz gövde çaplarını (dkbs) da kabuk kalınlığını ölçmeden ve dengeleme işlemlerine girmeden,

$$dkbs = d - B \quad (16)$$

$$dkbs = -b_0 + (1 - b_1) \cdot b_2 \cdot d^2$$

dönüşümünden ve 15 eşitliğinden yararlanılarak,

$$dkbs = d - B = 0.411316 + 0.910183 \cdot d + 0.000668 \cdot d^2 \quad (17)$$

eşitliği ile hesaplanabilecektir (11, 4). Bu bağıntıdan yararlanılarak, kabuklu göğüs çaplarına karşı gelen kabuksuz göğüs çapları hesaplanmış ve Tablo 3'te verilmiştir.

Kabuksuz göğüs çaplarını veren eşitlik 17'nin kabuklu çapa göre türevi alınırsa,

$$d(dkbs)/d(d) = 0.910183 + 2 \cdot (0.000668) \cdot d = i_{dkbs} / i_d \quad (18)$$

yaklaşık eşitliği bulunur (11). Bu eşitlik 1 cm kabuksuz çap artımına karşılık gelen kabuklu çap artımını vermektedir. Eşitliğin sağ tarafındaki parantezli çarpanın kabuk katsayısı olduğu bilinmektedir (13).

Böylece kabuk katsayısı,

$$K = 1 / (0.910183 + 0.001336 \cdot d) \quad (19)$$

çapa bağlı olarak değişmektedir (10). Kabuk katsayısının, orta çap ( $d=23$  cm) için ortalama değeri,  $K_{23}=1.0628$  olarak bulunmuştur. Orta çapın 23 cm olarak kabul edilmesi ile,  $K_{23}$  bütün çaplar için kullanılabilir.

### Kızılağaç Çift Girişli Gövde Hacim Tablosunun Diğer Hacim Tabloları ile Kıyaslanması

Sakallı Kızılağaç kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi Gri Kızılağaç, Sarıçam, Ladin ve Kazdağı Göknaarı ile kıyaslanmıştır (14, 15, 16, 17). Şekil (3-6) larda görüldüğü gibi, Sakallı Kızılağaç aynı çap ve boydaki Gri Kızılağaç'tan daha fazla kabuklu hacmi oluştururken, Sarıçam ve Ladin benzer özellikler göstermekte, Kazdağı Göknaarından ise küçük değerler vermektedir.

Kızılağaç hacim değerleri relatif olarak düşük çap ve boy kademelerinde ( $d < 40$  cm ve  $h < 25$  m) Ladin değerlerinden küçük kalırken, kalın çap ve yüksek boy kademelerinde ( $d \geq 40$  cm ve  $h \geq 25$  m) önce Ladin çok yaklaştığı, daha sonrada geçtiği görülmektedir (Şekil 5). Bu durumun Kızılağaç hacim tablosundan kaynaklan-



Tablo 3. Kızılağaçlarda kabuklu göğüs çaplarına (d-cm) karşı gelen kabuksuz göğüs çapları (dkbs-cm)

d	dkbs	d	dkbs	d	dkbs	d	dkbs	d	dkbs
8	7.74	20	18.88	32	30.22	44	41.75	56	53.48
10	9.58	22	20.76	34	32.13	46	43.69	58	55.45
12	11.43	24	22.64	36	34.04	48	45.64	60	57.43
14	13.28	26	24.53	38	35.96	50	47.59		
16	15.14	28	26.42	40	37.89	52	49.55		
18	17.06	30	28.32	42	39.82	54	51.51		

Tablo 4. Kızılağaçlarda kabuklu göğüs çaplarına (d-cm) karşı gelen göğüs boyu çift kabuklu kalınlıkları (2b-cm)

d	2b	d	2b	d	2b	d	2b	d	2b
8	0.26	20	1.12	32	1.78	44	2.25	56	2.52
10	0.42	22	1.24	34	1.87	46	2.31	58	2.55
12	0.57	24	1.36	36	1.96	48	2.36		
14	0.72	26	1.47	38	2.04	50	2.41		
16	0.86	28	1.58	40	2.11	52	2.45		
18	0.94	30	1.69	42	2.18	54	2.49		

abileceği düşünülerek,  $d \geq 40$  cm ve  $h \geq 25$  m kademelerinde 54 ağaçta gerçek gövde hacimleri ile tablo gövde hacimleri karşılaştırılmıştır. Toplam hata 510 ağaç için %0.34 olurken, kalın çaplı bu 54 ağaç için %1.13 olduğu, ayrıca ortalama mutlak hata 510 ağaç için %8.12 olurken, kalın çap kademelerinde %3.27 ye azaldığı görülmüştür. Bu değerler de Kızılağaç çift girişli gövde hacim tablosunun kalın çap kademelerinde de güvenilirlik sınırları arasında kaldığı görülmektedir.

## Sonuç ve Öneriler

Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren Sakallı Kızılağaç'ın çeşitli yetiştirme ortamlarında, değişik gelişim çağlarında ve sıklıktaki saf, müdahale görmemiş meşçerelerinde, Gövde Hacim Tablosunun düzenlenmesi için 55 meşçerede toplam 510 deneme ağacında ölçmeler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma alanları Perşembe-Hopa/Kemalpaşa arasında, Greenwich'e göre  $37^{\circ} 47' - 41^{\circ} 32'$  kuzey enlemleri arasında alınmıştır. Çalışma alanlarının denizden yükseklikleri ise, 10 m ile 1610 m arasında geniş bir kuşak oluşturmaktadır.

Kızılağaç çift girişli gövde hacim tablosunun düzenlenmesi için 5 hacim modeli denenmiştir. Bu modelden uygun sonuç veren,

$$v = a \cdot d^b \cdot h^c \quad \text{Schumacher-Hall}$$

$$v = 0.4046877 \cdot d^{1.92886} \cdot h^{0.94382} \cdot 1.005689$$

$$(f = 1.005689, \text{formül 11})$$

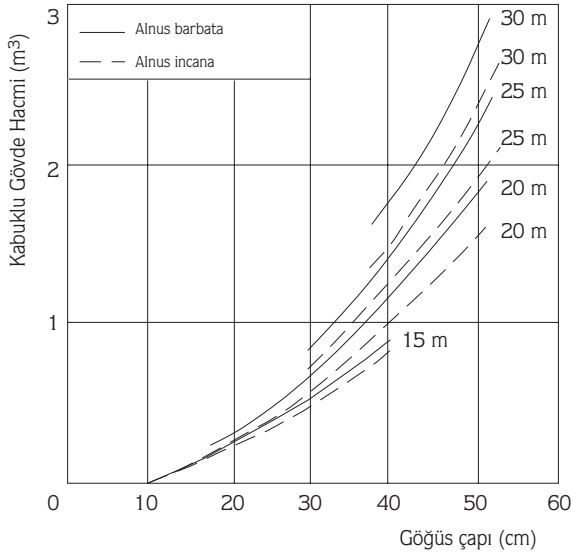
hacim modeli kıyaslamalarda en iyi sonucu ( $R^2 = 0.992$ ,  $S_e = 0.046$ ) verdiği için seçilmiştir. Çift girişli gövde hacim tablosunun kullanılabilirliği çeşitli biçimlerde denenmiş ve toplam hata = %0.34 ve ortalama mutlak hata = %8.12 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçları ile, tablonun aranan düzeyde (Toplam hata < %1, Ortalama mutlak hata < %10) olduğu görülmüştür. 510 deneme ağacının gerçek hacimleri toplamı ile, tablo hacimleri toplamı arasındaki fark ise,  $0.728 \text{ m}^3$  olarak bulunmuştur.

Ayrıca göğüs çapı-çift kabuk kalınlığı arasındaki ilişki araştırılmıştır. 15 eşitliğinden yararlanılarak kabuklu çaplara karşı gelen kabuksuz çaplar 17 eşitliği ile hesaplanmış ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

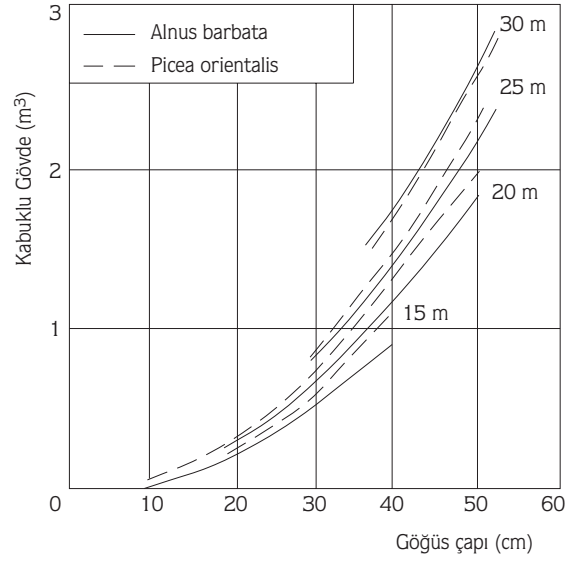
Kızılağaç kabuklu gövde hacminin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi, diğer ağaç tabloları ile kıyaslanmıştır. Sakallı Kızılağaç değerleri, Gri Kızılağaç'a kıyasla daha büyük olurken (Şekil 3), Sarıçam değerlerine benzerlik göstermektedir (Şekil 4). Gökmar değerlerinden her boy kademesinde küçük kalmaktadır (Şekil 6).

Kızılağaç hacim değerleri rölatif olarak düşük çap ve boy kademelerinde ( $d < 40$  cm,  $h < 25$  m) Ladin değerlerinden küçük kalırken, kalın çap ve yüksek boy kademelerinde ( $d \geq 40$  cm,  $h \geq 25$  m) önce Ladin'e çok yaklaştığı, daha sonra da geçtiği görülmektedir (Şekil 5).

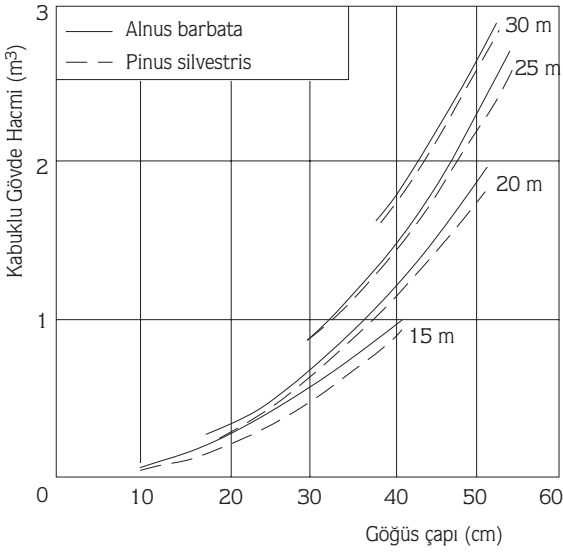
Bu çalışmanın sonucu olarak, ormancılıkta hasılat, amenajman, orman envanteri, silvikültür gibi çeşitli bilim dallarında yardımcı olacak Kızılağaç Gövde Hacim Tablosu düzenlenmiş olmaktadır.



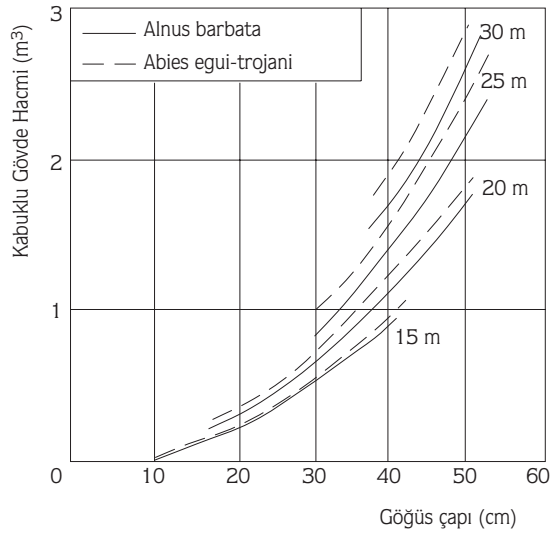
Şekil 3. Kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi



Şekil 5. Kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi



Şekil 4. Kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi



Şekil 6. Kabuklu gövde hacimlerinin boy kademeleri içinde göğüs çapına göre değişimi

### Kaynaklar

1. Meyer, H.A.: 1953 Forest Mensuration. Penns Valley Publishers, Inc., State College, 357 pp
2. Peters, R.: 1971. Konstruktion eines Massentafelmodells. Diss. Freiburg, 95 S.
3. Laer, W., Spiecker, M.: 1951. Massenberechnungstafeln zur Ermittlung von Vorrat und Zuwachs von Waldbeständen. J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt, 280 S.
4. Müller, G., Zahn, E.: 1958. Eine gute Ausgleichfunktion zur Konstruktion von Massentafeln. Forstw. Cbl., 5/6, 188-191.
5. Spurr, S.H.: 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York, 476 pp.
6. Türkiye Orman Envanteri: 1980. Orman Bakanlığı OGM, Sıra No: 13, Seri No: 630, Ankara 127 S.
7. Kennel, R.: 1959. Die Genauigkeit von Kluppung und Umfangung nach einem Vergleichsversuch. Fw. Cbl., H.7/8, 243-253.

8. Prodan, M.: 1551. Messung der Waldbestaende. J.D. Sauerlander's Verlag, 260 S.
9. Kalıpsız, A.: 1984. Dendrometri. I.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 354, 407 S.
10. Fırat, F.: 1972. Orman Hasılat Bilgisi. I.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 166, 191 S.
11. Loetsch, F., Zöhrer, F.: 1973. Forest Inventory. Voll II, BLV Verlagsgesellschaft, München, 469 pp.
12. Günel, A.: 1979. Gövde Şekil Emsalini Tayininde Kullanılabilecek Bir Formül. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 29(2), 31-41.
13. Saraçoğlu, Ö.: 1988. Karadeniz Yöresi Gökknar Meşçerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 312 S.
14. Schrötter, H.: 1983. Waldbaulich-ertragskundliche Untersuchungen an Weisserle (*Alnus incana* (L). Moench) im Jungpleistozan der DDR. Beitrage f. d. Forstw., 17(2), 89-101.
15. Alemdağ, Ş.: 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletmesinde takip edilecek esaslar. Or. Araş. Enst. Yay. Teknik Bünyen Serisi No:20, Ankara, 160 S.
16. Akalp, T.: 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. I.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 261, 145 S.
17. Asan, Ü.: 1984. Kazdağı Gökknarı Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. I.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 365, 207 S.
18. Alemdağ, Ş.: 1962. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişim, Hasılatı ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ankara, 160 S.