



TOMRUK HACMİNİN HESAPLANMASINDA KULLANILAN ÇEŞİTLİ HACİM FORMÜLLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Birsen DURKAYA^{*1}, Ali DURKAYA
B.Ü.Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın

ÖZET:

40 adet Sahilçamı (*Pinus pinaster L.*), 67 adet Kayın (*Fagus orientalis Lipsky.*), 50 adet Gökmar (*Abies bonmülleriana Matff.*), 14 adet Sedir (*Cedrus libani A.Rich.*), 28 adet Karaçam (*Pinus nigra Ten.*) tomruklarında ayrıntılı bir şekilde yapılan ölçmelerle, istif halindeki tomrukların hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan bazı hacim formüllerinin kıyaslanması yapılmıştır. Her bir tomruğa ait hacimler; Huber, Newton-Riecke, Hossfeld, Bruce, Patterson-Doruska, Smalian ve Centroid yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler tomruğun gerçek hacmi ile kıyaslanmıştır. Tomrukların gerçek hacimleri Smalian formülü ile 20 cm uzunluğundaki seksiyonların hacimlerinin toplamı olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, tüm ağaç türleri için Newton-Riecke hacim formülünün ortalama hatası, sıfırdan farksız ($p>0,05$) bulunmuştur. Ayrıca Gökmar, Kayın ve Sahilçamı tomrukları üzerindeki çalışmada Newton-Riecke hacim formülünün yanı sıra Huber ve Smalian hacim formüllerinin ortalama hatası, sıfırdan farksız ($p>0,05$) bulunmuştur. Bununla birlikte bu üç tür için ortalama hata değerleri kendi içerisinde sıralandığında, en düşük ortalama hata değerlerinin sıralaması küçükten büyüğe doğru Smalian, Newton-Riecke ve Huber şeklinde olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Tomruk hacmi, Huber formülü, Newton-Riecke formülü, Hossfeld formülü, Bruce formülü, Patterson-Doruska formülü, Smalian formülü ve Centroid formülü.

COMPARING DIFFERENT VOLUME FORMULAS USING LOG VOLUME ESTIMATIONS

ABSTRACT

Some volume formulas were compared in stacked log volumes on 40 logs of Maritime pine (*Pinus pinaster L.*), 67 logs of beech (*Fagus orientalis Lipsky.*), 50 logs of fir (*Abies bonmülleriana Matff.*), 14 logs of cedar (*Cedrus libani A.Rich.*), and 28 logs of black pine (*Pinus nigra Ten.*) all of which were measured in detail. Volumes, belonged to each log, were determined using Huber's, Newton-Riecke's, Hossfeld's, Bruce's, Patterson-Doruska's, Smalian's ve Centroid's formulas. This determined volumes compared with true volume of each log. True volume of each log was determined by aggregating the the volumes of measured short sections (20 cm) using Smalian's formula. Mean error of Newton-Riecke's volume formula was not significant for all trees types ($p>0,05$). Besides, mean errors of fir, beech and maritime pine were not significant for Newton-Riecke's volume formula and also Huber's, Smalian's formulas ($p>0,05$). In addition to this, order from small to large values of the lowest mean error; Smalian's, Newton-Riecke's, and Huber's for this tree type.

Keywords: Log volume, Huber formula, Newton-Riecke formula, Hossfeld formula, Bruce formula, Patterson-Doruska formula, Smalian formula ve Centroid formula.

1.GİRİŞ

Ülkemizde yuvarlak odun hacmi, "orta yüzey" yani Huber formülü ile belirlenmektedir. İstif halindeki tomrukların hacimlerinin belirlenmesinde genellikle Smalian'ın iki yüzey ortalaması yada uzun tomruklarda Newton-Riecke formülü ve Hossfeld (beşte bir) formülü kullanılmaktadır (Kalıpsız,1993). Smalian hacim formülü revize edilerek, Bruce tarafından yeniden düzenlenmiş ve uçlardaki yüzeyler ortalaması yerine kalın uç

* Yazışma yapılacak yazar: birsen_durkaya@yahoo.com

Makale metni 20.04.2011 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 16.05.2011 tarihinde basım kararı alınmıştır.

yüzeyinin 0,25'i ile ince uç yüzeyinin 0,75'i toplanarak tomruk boyu ile çarpımı şekline dönüşmüştür (Bruce, 1982). Patterson-Doruska tarafından yapılan çalışma sonucunda; Smalian formülü Bruce formülündeki gibi tomruk uç yüzeylerini belli katsayılarla çarparak sonuca ulaşmak yerine, kütük boyu ve çaplara bağlı olarak her kütüğe özel hesaplanan P faktörü geliştirilmiş ve yöntemin ismi Patterson-Doruska olarak isimlendirilmiştir (Patterson-Doruska,2004). Wood et al. (1990) tarafından geliştirilen ve merkezi örnekleme olarak bilinen Centroid formülü diğer 6 hacim formülünden daha fazla işlem gerektirmektedir. Bu formülde, tomruğun kalın uç çapından itibaren, tomruk hacmini iki eş parçaya ayıran yerdeki çap ölçümü ilave olarak hesaplanıp ölçülmesi gereklidir.

Hacim formüllerinin kıyaslanması ile ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır (Williams et al.,1991.,Wiant et al.,1996., Patterson et al.,1993,2004., Yavuz, 1998., Filho et. al. 2000., Özçelik, 2002,2006). Yapılan bu çalışmalarda; Williams et al. (1991) Bruce formülünün uzun ve ince tomruklardan ziyade kalın ve kısa tomruklarda daha başarılı sonuç verdiği ifade edilmektedir. Wiant et al.(1996) Bruce formülünün Smaliana göre daha başarılı olduğunu belirtmiştir. Patterson et al.,(2004) tarafından önerilen Patterson-Doruska formülünün ise Bruce ve Smalian formüllerinden daha başarılı olduğunu bildirmiştir. Yavuz (1998) dört standart formülü (Huber, Newton-Riecke, Smalian ve Hossfeld) Centroid yöntemi ile kıyaslamıştır. Bu çalışma sonucunda, 6m' lik tomruklarda Huber ve Smalian en kötü sonucu verirken, en iyi sonucu, en düşük ortalama hata ile Centroid metodunun verdiği ifade edilmiştir. Filho et.al. (2000) ise xylometre tekniğine ile hacim formüllerini kıyaslamıştır. Kıyaslama sonucunda Huber en başarılı formül olarak seçilirken, Centroid ve Newton-Riecke formülünün Huber'e benzer performans göstermesine karşılık bazı yüksek hatalar verdiğini bildirmektedirler. Bu çalışmada en kötü sonucu ise Smalian vermektedir. Özçelik (2002) Yavuz'a (1998) benzer şekilde 4 standart formül ile centroid yöntemi kıyaslamıştır. Bu çalışmada centroid metodun 3 m' lik ve 6 m' lik tomruklar üzerinde en başarılı olduğu bildirilmiştir. Özçelik (2006) 1-3-6 m'lik tomruklar üzerinde yaptığı çalışmada, Patterson-Doruska yönteminin Smalian, Bruce yöntemine kıyasla en düşük ortalama hata değeri (3 m'lik Gökmar ve Kızılçam tomrukları hariç) vermiştir.

Bu çalışmada, Karaçam, Sedir, Sahil çamı, Gökmar ve Kayın ağaç türlerine ait tomruklarda, çeşitli hacim formüllerini kullanarak karşılaştırma yapılmıştır. Tomrukların gerçek hacim değerlerine ulaşabilmek amacıyla, 20 cm de bir yapılan çap ölçmeleri ile seksiyon hacimleri Smalian hacim formülü ile belirlenmiştir. Tomruğun gerçek toplam hacmi 20 cm'lik seksiyon hacimlerinin toplamı olarak bulunmuştur. Her bir tomruğa ait hacimler; Huber, Newton-Riecke, Hossfeld, Bruce, Patterson-Doruska, Smalian ve Centroid yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler tomruğun gerçek hacmi ile kıyaslanmıştır.

2.MATERYAL VE METOD

Bartın-Kozcağız İşletme Şefliği, Kocaeli- Gölcük İşletme Şefliği ve Konya-İlgın İşletme Şefliği orman depolarında, kesimden sonra depoya getirilen istife alınmamış tomruklardan 40 adet Sahilçamı (*Pinus pinaster L.*), 67 adet Kayın (*Fagus orientalis Lipsky.*), 50 adet Gökmar (*Abies bonmülleriana Matff.*), 14 adet Sedir (*Cedrus libani A.Rich.*), 28 adet Karaçam (*Pinus nigra Ten.*) tomruklarında detaylı ölçümler yapılmıştır. Tüm tomrukların boyları belirlenmiş, her tomruğa ilişkin en kalın çap, en ince çap, tomruk orta çapı, Kalın uçtan itibaren tomruk boyunun 1/3 ündeki çap ve tomruğun kalın ucundan itibaren hesaplanan q mesafesindeki çap ölçümü yapılmıştır. Ayrıca tomrukların gerçek hacimlerinin hesaplanması için tomruk ucundan itibaren her 20 cm' lik mesafede çap ölçümü yapılmıştır. 20 cm'den küçük kalan uç kısımdaki çapın yanında kalan uç boyu ölçülmüştür. Gerçek hacim değerlerinin belirlenmesinde Smalian hacim formülünden yararlanılarak 20 cm lik seksiyonlar üzerinden toplam hacime ulaşılmıştır.

Bu çalışmada hedef, kesilip depoya nakledilen tomrukların mevcut durumlarının hangi hacim denklemi ile en doğru sonuca ulaşabildiğinin belirlenmesi olduğundan, her tomruk kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Gerçek hacim değerleri ile bu çalışmada aşağıda verilen hacim formüllerinin (Huber, Newton-Riecke, Hossfeld, Bruce, Patterson-Doruska, Smalian ve Centroid) kıyaslanmasında "Eşlendirilmiş t-testi" kullanılmıştır.

Huber; $V=ML$

Newton-Riecke; $V=((B+4M+S)/6)L$

Hossfeld; $V=((3G+S)/4)L$

Bruce; $V=(0.25B+0.75S)L$

Patterson-Doruska; $V=((PB)+((1-P).S))L$

$$\text{Smalian; } V = ((B+S)/2)L$$

$$\text{Centroid; } V = SL + (1/2bL^2 + (1/3)cL^2)$$

Hacim formüllerinde sembollerin açılımı aşağıda verilmiştir;

L; Tomruk boyu,

M; Tomruk uzunluğunun ortasındaki göğüs yüzeyi,

B; Kalın uç tarafındaki göğüs yüzeyi,

S; İnce uç tarafındaki göğüs yüzeyi,

G; Tomruğun kalın uç tarafından tomruk uzunluğunun 1/3 ündeki göğüs yüzeyi,

C; Tomruğun kalın uç tarafından tomruk uzunluğunun q mesafesindeki, tomruk hacmini iki eşit parçaya bölen noktadaki, göğüs yüzeyi,

$P = 0,15 + 136 / (0,394 \cdot d_{\text{kalın uç çapı}})^3 + 0,002(3,289 \cdot L)$ şeklinde hesaplanan değer,

b; $(B - S - C \cdot L)^2 / L$

c; $(B - C(L/e) - S(1 - L/e)) / L^2 - Le$

$q = L - (((d_{\text{kalın uç çapı}} / d_{\text{ince uç çapı}})^4 + 1)^{0,5} - 2^{0,5}) / (2^{0,5} \cdot ((d_{\text{kalın uç çapı}} / d_{\text{ince uç çapı}})^2 - 1)) \cdot L$ şeklinde hesaplanan değer,

$e = L - q$

Tablo 1. Değerlendirilen tomrukların türlere göre bazı istatistikî verileri.

Türler	Toruk sayısı (Adet)	Tomruk ort. boyu (m)	Standart sapması (m)	Kalın uç çapı ort. (cm)	Standart sapması (cm)	İnceuç çapı ort. (cm)	Standart sapması (cm)
Kayın	67	2,85	0,66	42	13,01	36,37	12,80
Sahilçamı	40	2,52	0,03	31,7	4,31	27,05	4,39
Karaçam	28	2,43	0,24	36,39	5,39	29,71	4,64
Gök nar	50	3,05	0,09	35,84	6,45	30,66	6,50
Sedir	14	3,09	0,38	41	3,74	30,5	4,16

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

5 farklı ağaç türünün tomrukları üzerinden 7 farklı hacim formülünün verdiği sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir. Tüm ağaç türlerinde Newton-Riecke hacim formülünün ortalama hata değerlerinin sıfırdan farklı (p>0,05) olarak bulunmuştur. Karaçam ve Sedir türünde ise yalnızca Newton-Riecke hacim formülünün tek başına sıfırdan farklı ortalama hata değerine sahip olduğu görülmektedir. Sahil çamı, Kayın ve Gök nar türlerinde Huber, Newton-Riecke ve Smalian hacim formüllerinin sonuçları ortalama hata değerinin sıfırdan farklı olduğunu göstermektedir. Yani bu üç hacim formülüne göre hesaplanan değerlerin sonuçları gerçek sonuçlardan farklı olarak değerlendirilebilmektedir. Sahil çamı, Kayın ve Gök nar türlerinde, ortalama hataların sıralamasına bakıldığında küçükten büyüğe doğru, Smalian, Newton-Riecke ve Huber şeklindedir. Ortalama hata değerlerinde en yüksek değeri Patterson-Doruska ve ardından Centroid hacim formülü vermektedir. Yavuz(1998) tarafından yapılan çalışmada 6 m lik kayın tomruklarında Centroid, Newton-Riecke ve Huber hacim formüllerinin olasılıklarının sıfırdan farklı (p>0,05) bulunmuştur. Ancak bu çalışmanın aksine, Centroid hacim formülünün ortalama hatası en küçük olarak bulunmuştur. Benzer şekilde Özçelik (2002) kızılçam ve sedir ağaç türüne ait 6 mlik tomruklarda Newton-Riecke ve Centroid hacim formülünün ortalama hataları 0,05 olasılık düzeyinde önemsiz görülmüştür. Bu farklılık tomrukların boylarından kaynaklandığı düşünülmektedir. 6 metrelik tomrukların tomruk hacmini iki eşit parçaya bölen noktadaki çapın, tomruklardaki çap düşüşü dikkate alındığında önemli fark göstermesinden kaynaklanabilir. Gerek Centroid, gerekse Patterson-Doruska hacim formüllerinin hesaplanmasında ilave ölçüm işlemlerinin yapılmasından dolayı zaman alıcı olması ve özellikle 3m ve daha kısa tomrukların hacimlendirilmesinde gerçek değerlerden farklı sonuçlar vermesi sebebiyle önerilmemektedir. Ancak, daha uzun boylu tomruklarda Yavuz (1998) tarafından önerilmektedir. Tomruk boylarının 3 m ve daha kısa olduğu durumlarda, uygulamada da sıklıkla kullanılan Smalian, Huber ve Newton-Riecke hacim formülleri güvenilir bir şekilde kullanılabilirliği çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

Tablo 2. Ağaç türlerine göre, hacim formüllerinin değerlendirme sonuçları

Türler	Tomruk Sayısı	Yöntem	Ortalama Hacim (m ³)	Ortalama Hata (m ³)	t istatistiği	Olasılık (*)	Hataların standart sapması (m ³)
SAHİLÇAMI	40	Gerçek	0,174				
		Huber	0,172	-0,0024	1,598	0,118	0,0095
		NewtonRiecke	0,173	-0,0014	1,088	0,283	0,0080
		Hossfeld	0,182	0,0074	7,047	0,000	0,0065
		Bruce	0,162	-0,0125	11,322	0,000	0,0069
		PattersonDoruska	0,137	-0,0377	21,982	0,000	0,0107
		Smalian	0,175	0,0010	1,136	0,263	0,0058
		Centroid	0,155	-0,0190	13,258	0,000	0,0089
KAYIN	67	Gerçek	0,370				
		Huber	0,374	0,0034	1,05	0,2996	0,0262
		Newton-Riecke	0,372	0,0018	0,74	0,4623	0,0194
		Hossfeld	0,387	0,0169	6,48	0,0000	0,0211
		Bruce	0,343	-0,0267	8,31	0,0000	0,0260
		Patterson-Doruska	0,289	-0,0814	9,33	0,0000	0,0706
		Smalian	0,369	-0,0012	0,49	0,6247	0,0198
		Centroid	0,332	-0,0380	9,83	0,0000	0,0313
GÖKNAR	50	Gerçek	0,28				
		Huber	0,27	-0,0028	1,50	0,141	0,0133
		Newton-Riecke	0,27	-0,0014	1,50	0,141	0,0113
		Hossfeld	0,28	0,0076	4,06	0,000	0,0130
		Bruce	0,26	-0,0192	9,53	0,000	0,0141
		Patterson-Doruska	0,21	-0,0630	16,57	0,000	0,0266
		Smalian	0,28	0,0013	0,73	0,467	0,0129
		Centroid	0,25	-0,0288	11,42	0,000	0,0177
SEDİR	14	Gerçek	0,302				
		Huber	0,294	-0,0084	2,53	0,03	0,0119
		Newton-Riecke	0,303	0,0002	0,09	0,93	0,0073
		Hossfeld	0,321	0,0184	7,15	0,00	0,0093
		Bruce	0,274	-0,0282	8,07	0,00	0,0126
		PattersonDoruska	0,212	-0,0904	13,10	0,00	0,0249
		Smalian	0,320	0,0172	3,97	0,00	0,0157
		Centroid	0,249	-0,0537	9,75	0,00	0,0199
KARAÇAM	28	Gerçek	0,211				
		Huber	0,208	-0,0033	2,57	0,016	0,0067
		Newton-Riecke	0,211	-0,0002	0,24	0,812	0,0051
		Hossfeld	0,223	0,0115	8,32	0,000	0,0072
		Bruce	0,195	-0,0158	9,86	0,000	0,0083
		PattersonDoruska	0,162	-0,0493	13,33	0,000	0,0192
		Smalian	0,217	0,0059	5,06	0,000	0,0061
		Centroid	0,193	-0,0185	9,49	0,000	0,0101

(*) H₀ Hipotezi; Ortalama Hata=0

SONUÇ ve ÖNERİLER

Denenen hacim formülleri içerisinde türlere bakılmaksızın başarılı formül Newton-Riecke olmuştur. Tüm ağaç türleri için Newton-Riecke hacim formülünün ortalama hatası, sıfırdan farksız ($p>0,05$) bulunmuştur. Ayrıca Sahil çamı, Kayın ve Gökmar türlerinde Huber, Newton-Riecke ve Smalian hacim formüllerinin sonuçları ortalama hata değeri sıfırdan farksız olarak bulunmuştur. Başarılı kabul edilen bu hacim formülleri kendi arasında kıyaslandığında; Sahil çamı için, en düşük ortalama hata değerinin 0,0010 ile Smalian formülüne, ikinci düşük ortalama hata ise -0,0014 ile Newton-Riecke formülüne ve ardından da -0,0024 ile Huber formülüne ait olduğu görülmektedir. Kayın türüne ait tomruklarda ortalama hatanın küçükten büyüğe sıralanışı, Smalian (-0,0012), Newton-Riecke (0,0018) ve Huber (0,0034) şeklinde olmuştur. Benzer sıralanış Gökmar türü için de geçerlidir. Tüm ağaç türlerinde en yüksek ortalama hata değerini Patterson-Doruska hacim formülü vermektedir.

Hossfeld, Bruce, Patterson-Doruska ve Centroid hacim formülleri gerçek değerlerden 0,05 olasılık düzeyinde farklı çıkmıştır. Tüm bunların ışığında 3 m'den daha kısa tomruklar için, Huber, Newton-Riecke ve Smalian hacim formülleri güvenilir bir şekilde uygulamada kullanılabilir. 3 m'den daha uzun tomruklar için yapılacak olan ilave çalışmalar ile farklılıklar ya da benzerlikler ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bruce, D.** 1982 Butt Log Volume Estimators. Forest Science. 28:489-503.
- Filho, A.F., Machado, S.A and Carneiro, M.R.A.2000.** Testin Accuracy of Log Volume Calculation Procedures against Water Displacement Techniques (Xylometer). Can. J. For. Res. 30(6):990-997. Doi:10.1139/cjfr-30-6-990.
- Kalipsız, A.1993.** Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Yayın No:3793/426. 407 s. İstanbul.
- Özçelik, R. 2006.** İstiflenmiş Tomruklarda Kullanılan Hacim Formüllerinin Karşılaştırılması. SDÜ. Orman Fak.Der. Seri:A Sayı:1, s:26-32.
- Özçelik, R. 2002.** Tomruk Hacminin Tahmininde Kullanılan Centroid MÖetod ve Dört Standart Formülün Karşılaştırılması. SDÜ. Orman Fak.Der. Seri:A Sayı:1, s:115-120.
- Patterson D.W., Wiant, H.V., Wood, G.B.**1993. Errors in Estimating the Volume of Butt Logs. Forest Products Journal. 43(3):41-44.
- Patterson, D.W., Doruska, P.F. 2004.** A New and Improved Modification to Smalian's Equation for Butt Logs. Forest Products Journal. 54:69-72.
- Wiant, H.V., Patterson, D.W., Hassler, G.B., Wood, G.B and Rennie J.C. 1996.** Comparison of Formulas for Estimating Volumes of Butt Logs of Appalachian Hardwoods. North. J. Appl.For. 13(1):5-7.
- Williams, J.G., McNab, W.H., Clark, A.III. 1991.** Volume Estimators for Pondcypress Butt Logs. Res.Note SE-361 USDA Forest Serv. Southeastern Forest Expt. Sta. Ashville NC 7pp.
- Wood, G.B., Wiant, H.V. 1990.** Estimating the Volume of Australian Hardwoods Using Centroid Sampling. Australian Journal of Forestry. 53:271-274.
- Yavuz, H. 1999.** Comparison of Centroid Method and Four nStandart Formulas for Estimating Log Volumes. Tr.J.Agric.and For. 23:597-602.