



***Arbutus unedo* L. VE *Phillyrea latifolia* L. İÇİN AKTİF YANICI MADDE VE TOPRAK ÜSTÜ TOPLAM BİYOKÜTLE MİKTARININ TAHMİN EDİLMESİ**

İsmail BAYSAL^{1,*}, Nuray ÖZTÜRK², Süleyman AKBULUT¹

¹Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir

²Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce

*Sorumlu yazar: ismail.baysal@ikcu.edu.tr

İsmail BAYSAL: <https://orcid.org/0000-0001-6789-5345>

Nuray ÖZTÜRK: <https://orcid.org/0000-0002-2727-8980>

Süleyman AKBULUT: <https://orcid.org/0000-0002-1497-3562>

Please cite this article as: Baysal, İ., Öztürk, N. & Akbulut, S. (2022) *Arbutus unedo* L. ve *Phillyrea latifolia* L. için aktif yanıcı madde ve toprak üstü toplam biyokütle miktarının tahmin edilmesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 48-59.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 2 Ağustos 2021 / Received 2 August 2021

Düzeltilmelerin gelişi 2 Aralık 2021 / Received in revised form 2 December 2021

Kabul 21 Ocak 2022 / Accepted 21 January 2022

Yayımlanma 30 Nisan 2022 / Published online 30 April 2022

ÖZET: Bu çalışmada, kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) ve akçakesme (*Phillyrea latifolia* L.) türlerinin bireylerinde aktif yanıcı madde ve toplam biyokütle miktarını belirlemeye yönelik arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, toplam aktif yanıcı madde miktarı kocayemiş örneklerinde ortalama 396,5 g ve akçakesme örneklerinde ise 324,4 g olarak tespit edilmiştir. Toprak üstü toplam biyokütle miktarı kocayemiş örneklerinde ortalama 1379,7 g ve akçakesme örneklerinde ise 1435,3 g olarak tespit edilmiştir. Kocayemiş ve akçakesme türlerine ait bireylerde aktif yanıcı madde miktarı ve toprak üstü toplam biyokütleyi tahmin etmeye yönelik regresyon modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde; dip çap aktif yanıcı madde miktarı ile biyokütle miktarını tahmin etmede en önemli değişken olarak yer almıştır. Ayrıca, boy ve tepe çapı bağımsız değişkenleri de toprak üstü toplam biyokütle tahmininde geliştirilen modellerde yer almıştır.

Anahtar kelimeler: Aktif yanıcı madde, Biyokütle, Maki, Türkiye

ESTIMATING OF ACTIVE FUEL AND ABOVE-GROUND TOTAL BIOMASS FOR *Arbutus unedo* L. AND *Phillyrea latifolia* L.

ABSTRACT: In this study, field and laboratory studies were carried out to determine active fuel load and total above ground biomass in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) and mock privet (*Phillyrea latifolia* L.) species at individual level. According to the study results, the amount of active fuel was determined an average 396.5 g for strawberry tree and 324.4 g for mock privet respectively. The above-ground total biomass was determined an average 1379.7 g for

strawberry tree and an average 1435.3 g for mock privet respectively. Regression models were also developed to estimate the amount of active fuel and above-ground total biomass in strawberry tree and mock privet species individuals. In developed models, root diameter was the most important variable in estimating the amount of active fuel material and above ground total biomass. In addition, the independent variables of height and crown diameter were also used in developed models to estimate above-ground total biomass.

Keywords: Active fuel, Biomass, Shrub, Turkey

GİRİŞ

Yangınlar, karasal ekosistemler üzerinde etkili en önemli doğal olaylardandır. Her yıl milyonlarca hektar alan farklı şiddetteki ve değişen sıklıktaki yangınlardan etkilenmektedir (Bowman et al., 2009). Makilik alanlar, yangınların oldukça yoğun bir şekilde etkileşimde bulunduğu alanlardandır (Keeley et al., 2012). Bu alanlar, Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü Kuzey ve Güney yarımküre üzerindeki 30-40 enlemleri arasında, sık olarak gerçekleşen yangınlara adapte olmuş bodur ya da boylu, yaz-kış yeşil kalabilen (herdem yeşil) ağaçlık ve çalılık alanlardan oluşmakta (Keeley & Fotheringham, 2001; Montenegro et al., 2004; Kruger & Bigalke, 1984; Kraaij & Wilgen, 2014; Miller & Dixon, 2014) ve yeryüzünün yüksek bitki türü çeşitliliğine sahip önemli alanlarını temsil etmektedir (Rundel et al., 2018). Yangın, maki tipindeki bu ekosistemlerin değişimi ve şekillenmesinde oldukça kritik bir rol üstlenen ekolojik bir güç konumundadır (Trabaud, 1994).

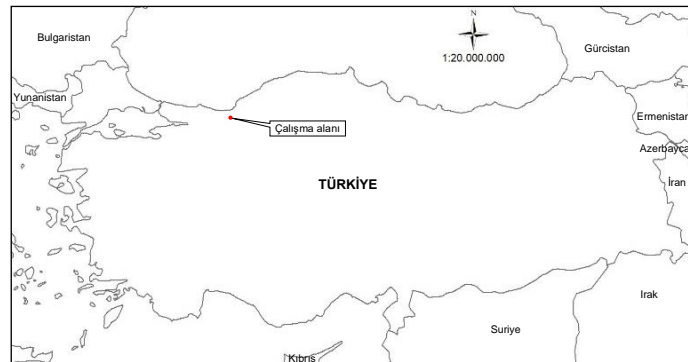
Makilik alanlardaki yangınlar şiddeti yüksek (Keeley & Fotheringham, 2003; Bilgili & Sağlam, 2003) ve genellikle sık zaman aralıklarında gerçekleşmektedir (Minnich, 1983). Orman zemini ile meşcere tepe tabakası arasında merdiven yanıcı vazifesi de gören çalı ya da ağaççık formundaki bitki örtüsü (Cruz et al., 2003), örtü yangınlarının tepe yangınlarına dönüşmesinde büyük ölçüde belirleyici olabilmektedir (Küçük et al., 2009). Yerleşim ve ziraat alanları ile olan yüksek komşuluk ilişkileri (Radeloff et al., 2018) makilik alanlarda çıkan yangınları, doğal kaynak yöneticilerinin karşısına önemi her geçen gün artan bir problem olarak çıkarmaktadır (Keeley et al., 1999). İnsanların bu alanlarda gerek yangınların çıkışında gerekse yangınlarla mücadelede üstlendikleri rolleri söz konusu bu problemi daha karmaşık bir hale getirmekte (Moreira, et al., 2012), makilik alanların ve yangınlarının yönetimini önemli kılmaktadır.

Yangınlarla mücadelede ve yangın davranışının başarılı bir şekilde tahmininde yanıcı madde özellikleri öne çıkmaktadır (Bilgili, 2003; Küçük, 2004). Bununla birlikte, yangın sonrası ortaya çıkan zarar ve bu zararın tespiti büyük ölçüde yanıcı madde özellikleriyle ilişkilidir (Bilgili, 2003). Orman zeminindeki ya da tepe tabakasındaki ibre veya yapraklar ile birlikte ince dallardan (<0,6 cm kalınlığındaki) oluşan ve alevli yanma zonunda yanmaya hazır yanıcı madde miktarı olarak da tanımlanan aktif yanıcı maddeler (Stocks et al., 2004; Küçük et al., 2008) yangın yayılma oranı ve yangın şiddeti açısından önem taşıyan (Sağlam et al., 2008a) yanıcı maddelerdir. Yangınların yayılışı ve davranışı üzerinde etkili olan yanıcı madde miktarı ve özelliklerine ait bilgilerin temini, orman yangını yönetimi uygulamalarını (yanıcı madde yönetimi, yangın tehlike oranları sistemi, yangın davranışının tahmini, yangınlarla mücadele vb) desteklemesi bakımından da büyük önem arz etmektedir (Cruz et al., 2018).

Ülkemizde, başta Ege ve Akdeniz olmak üzere Marmara bölgesinin kıyı kesimleri boyunca saf veya çoğunlukla ibrelili orman ağaçlarıyla birlikte yayılış gösteren makilik alanlar (Aksoy, 2001; Kantarcı, 2008; Aydınözü, 2008) önemli yanıcı madde tiplerindedir (Sağlam et al., 2007). Yangına bağımlı bu makilik alanlar (Kavgacı & Tavşanoğlu, 2010; Bilgili, 2014), yangınların yoğun etkisi ve tehdidi altındadır. Maki tipi bitki topluluklarının yayılış gösterdiği coğrafyalarda yanıcı maddeler ve yangın davranışı konularında yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, Akdeniz ve Ege bölgeleri maki vejetasyonuna yönelik yanıcı madde miktarının belirlenmesi (Sağlam & Bilgili, 2002; Sağlam et al., 2008a; Güngöroğlu et al., 2017) ve yangın davranışının ortaya konulması odaklı yapılmış çalışmalardır (Bilgili & Sağlam, 2003; Sağlam et al., 2008b; Sağlam et al., 2010). Ülkemizde maki yanıcı madde tipinde, yanıcı madde miktarı ve özelliklerine yönelik yapılmış olan çalışmalarda, Batı Karadeniz Bölgesi'nden herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi ormanlık alanlarında yayılış gösteren iki farklı maki türünde yanıcı madde ve toprak üstü biyokütle miktarının belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, her iki maki türü için aktif yanıcı madde miktarı ile toplam biyokütle miktarını tahmin etmeye yarayan regresyon modelleri geliştirilmiştir.

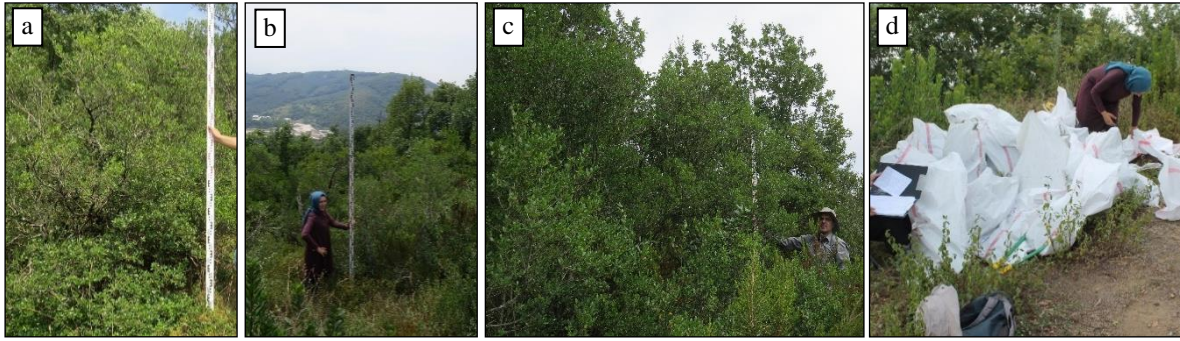
MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı, Düzce ili sınırları içinde $40^{\circ} 54' 33'' - 40^{\circ} 54' 58''$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ} 14' 59'' - 31^{\circ} 15' 35''$ doğu boylamları arasında yer almakta olup, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Konuralp Orman İşletme Şefliği sorumluluğundaki 110 ve 111 nolu bölmeler içerisinde (Şekil 1). Anakaya esasen ayrılmamış paleojen volkanitlerden oluşmuştur (Akbaş et al., 2002). Toprak kireçsiz esmer orman toprağı yapısındadır (Görcelioğlu et al., 1999). Çalışma alanında Batı Karadeniz iklimi egemendir. Araştırma alanına en yakın meteoroloji istasyonu verilerine göre 1991-2020 yılları arası yıllık ortalama en düşük sıcaklık $0,8^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayı, en yüksek sıcaklık ise 30°C ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Uzun süreli meteorolojik ölçümlere göre (1959-2020 yılları arası) yıllık toplam yağış miktarı ortalaması $829,8\text{ mm}$ olup en düşük aylık ortalama yağış miktarı Temmuz, en yüksek aylık ortalama yağış miktarı ise Aralık ayındadır (Anonim, 2021). Araştırmanın yürütüldüğü alanlarda, Meşe (*Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus frainetto* Ten.), Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), Kestane (*Castanea sativa* Mill.), Gürgen (*Carpinus betulus* L.), Akçaağaç (*Acer campestre* L.), Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl., *F. pallisae* Wilmot) gibi yapraklı orman ağacı türleri ile Kocayemiş (*Arbutus unedo* L.), Akçakesme (*Phillyrea latifolia* L.), Funda (*Erica arborea* L.) Sandal (*Arbutus andrachne* L.), Menengiç (*Pistacia terebinthus* L.) ve Laden (*Cistus creticus* L.) gibi maki türleri yayılış göstermektedir (Güneş Özkan & Aksoy, 2011).



Şekil 1. Çalışma Alanının Türkiye Haritasındaki Konumu

Çalışma kapsamında kullanılan maki türlerine ait örnekler Hasanlar barajına yaklaşık 1,8-2,4 km mesafede bulunan bozuk nitelikteki ormanlık alanlardan temin edilmiştir. Örnekler, kocayemiş ve akçakesme türlerinin saf veya karışık olarak bulunduğu noktalardan temin edilmiştir (Şekil 2a, 2b, 2c). Örneklerin temin edildiği noktalardaki ortalama boylar yaklaşık 1-3,5 m aralığında değişmekte olup kapalılıkları ise %40-95 değerleri arasındadır. Çalışmada kullanılan örnekler toprak yüzeyinin 10 cm yukarisından olacak şekilde el testeresi ile kesilmiştir. Kesim işleminden sonra numaralandırılan örneklere yönelik olarak 10 cm yükseklikteki dip çap ($d_{0,1}$), boy, taç çapı, canlı dal başlangıç yüksekliği değerleri ölçülmüş ve arazi karnesine kayıt edilmiştir. Kesilen ve ölçümleri tamamlanan örnekler numaralı çuvalara yerleştirilerek laboratuvar ortamına taşınmıştır (Şekil 2d).



Şekil 2. Çalışma Alanı (a, b, c) Ve Çalışma Aşamalarından Genel Görünümler (d)

Laboratuvar ortamında örnekler üzerindeki yapraklar tamamen yolunduktan sonra (Şekil 3a) canlı ve ölü dal ile gövde kısımları ayrı olacak şekilde yanıcı madde sınıflarına ayrılmıştır (Küçük et al., 2008; Sağlam et al., 2008a) (Şekil 3b, 3c). Sınıflama işlemleri tamamlanan örnekler 105 °C’de ağırlıklarında bir değişim olmayana kadar bekletilmiş ve hassas terazi ile tartılarak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3d).



Şekil 3. Yaprakların Yolunması (a) Dallara Yönelik Seksiyonlama (b, c) Ve Fırın Kuru Hale Getirilme İşlemleri (d)

Arazide ölçülen değerler bağımsız değişken ve fırın kurusu elde edilen değerler bağımlı değişken olmak üzere iki farklı maki türü için aktif yanıcı madde miktarı ile toplam biyokütle miktarını tahmin etmeye yarayan modeller geliştirilmiştir. Çalışmanın istatistik analizleri için SPSS paket programı kullanılmıştır. Veriler üzerinde korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Analizler öncesi verilerin normal dağılımının kontrolü için Kolmogorov Smirnov testi kullanılmıştır. Her iki türde normal dağılım göstermeyen verilerin bulunması nedeniyle veriler üzerinde logaritmik dönüşüm (ln) uygulanmıştır. Kocayemiş ve akçakesme türleri için aktif yanıcı madde ve toprak üstü toplam biyokütle miktarını tahmin etmeye yönelik regresyon modelleri geliştirilmiştir. Modeller, çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılarak geliştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada 40 adet akçakesme ve 31 adet kocayemiş olmak üzere toplamda 71 adet örnek kullanılmıştır. Örneklerin arazide ölçülen dip çap, boy, yaş, tepe altı yüksekliği, tepe çapı değerlerine ilişkin minimum, maksimum ve ortalama değerlerini gösterir verileri Tablo 1’de; örneklerin aktif yanıcı madde, orta, kalın ve çok kalın yanıcı madde sınıflarında sahip oldukları fırın kurusu ağırlık değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verileri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. İki Farklı Maki Türü İçin Arazide Belirlenen Allometrik Ölçüm Değerleri

	Akçakesme	Kocayemiş
Ölçüm yapılan örnek adedi	40	31
Minimum $d_{0,10}$ (cm)	1,90	2,00
Maksimum $d_{0,10}$ (cm)	6,60	7,50
Ortalama $d_{0,10}$ (cm)	3,70	4,04
Minimum yaş (yıl)	9,00	7,00
Maksimum yaş (yıl)	44,00	24,00
Ortalama yaş (yıl)	22,06	14,00
Minimum boy (m)	1,27	1,21
Maksimum boy (m)	3,30	3,00
Ortalama boy (m)	2,30	2,09
Minimum taç çapı (m)	0,17	0,37
Maksimum taç çapı (m)	1,45	2,05
Ortalama taç çapı (m)	0,88	0,92
Minimum canlı dal başlangıç yüksekliği (m)	0,40	0,20
Maksimum canlı dal başlangıç yüksekliği (m)	1,40	1,50
Ortalama canlı dal başlangıç yüksekliği (m)	0,84	0,80

Tablo 2. İki Farklı Maki Türünde Canlı ve Ölü Yanıcı Madde Sınıfları İçin Fırın Kurusu Ağırlıklara Ait Tanımlayıcı İstatistik Veriler

Yanıcı madde sınıfları	Canlı		Ölü	
	Akçakesme (g)	Kocayemiş (g)	Akçakesme (g)	Kocayemiş (g)
Minimum aktif yanıcı madde (yaprak ve 0,6 cm’den küçük kalınlıktaki dallar)	82,67	83,76	0,00	0,00
Maksimum aktif yanıcı madde (yaprak ve 0,6 cm’den küçük kalınlıktaki dallar)	645,82	994,59	255,63	224,46
Ortalama aktif yanıcı madde (yaprak ve 0,6 cm’den küçük kalınlıktaki dallar)	292,05	348,52	32,36	47,96
Standart sapma aktif yanıcı madde (yaprak ve 0,6 cm’den küçük kalınlıktaki dallar)	138,21	229,30	56,37	55,55
Minimum orta kalınlıktaki dallar (0,6-1,0 cm kalınlığında)	10,25	17,26	0,00	0,00
Maksimum orta kalınlıktaki dallar (0,6-1,0 cm kalınlığında)	282,58	271,30	110,52	114,34
Ortalama orta kalınlıktaki dallar (0,6-1,0 cm kalınlığında)	105,34	79,89	14,36	15,96
Standart sapma orta kalınlıktaki dallar (0,6-1,0 cm kalınlığında)	70,01	62,25	25,76	27,86
Minimum kalın dallar (1,0-2,5 cm kalınlığında)	109,24	55,60	0,00	0,00
Maksimum kalın dallar (1,0-2,5 cm kalınlığında)	1335,21	756,08	141,30	481,03

Tablo 2. (devam) İki Farklı Maki Türünde Canlı ve Ölü Yanıcı Madde Sınıfları İçin Fırın Kurusu Ağırlıklara Ait Tanımlayıcı İstatistik Veriler

Yanıcı madde sınıfları	Canlı		Ölü	
	Akçakesme (g)	Kocayemiş (g)	Akçakesme (g)	Kocayemiş (g)
Ortalama kalın dallar (1,0-2,5 cm kalınlığında)	354,11	240,05	7,95	34,19
Standart sapma kalın dallar (1,0-2,5 cm kalınlığında)	232,12	157,53	27,12	87,99
Minimum çok kalın dallar (>2,5 cm'den kalın)	0,00	0,00	0,00	0,00
Maksimum çok kalın dallar (>2,5 cm'den kalın)	2253,44	2602,35	0,00	82,63
Ortalama çok kalın dallar (>2,5 cm'den kalın)	629,16	610,45	0,00	2,67
Standart sapma çok kalın dallar (>2,5 cm'den kalın)	683,22	685,60	0,00	14,60

Akçakesme ve kocayemiş türleri için ayrı ayrı yapılan korelasyon analizleri sonucunda, arazide ölçülen boy, dip çap, tepe altı yüksekliği, tepe çapı gibi allometrik değerleri ile birlikte yaprak, canlı ve cansız dal seksiyonları ile aktif toplam yanıcı madde miktarı (ATYMM) ve toprak üstü toplam biyokütle miktarı (TÜTBM) arasında en az %5 güven düzeyinde anlamlı ilişkilerin olduğu belirlenmiştir (Tablo 3 ve Tablo 4). Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, TÜTBM içindeki ortalama ATYMM oranları kocayemiş örneklerinde %28,7, akçakesme örneklerinde ise %22,6 olarak tespit edilmiştir. Her iki türde cansız yanıcı maddelerin canlı yanıcı maddelere oranı kocayemişte ortalama %7,3 ve akçakesmede ise %3,8 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, akçakesme ve kocayemiş türlerinde ortalama yaprak biyokütlesinin TÜTBM içindeki oranları sırasıyla %7 ve %14,5 olarak bulunmuştur.

İsrail'de maki türlerinin egemen olduğu iki farklı bölge ve 6 farklı maki türü için yapılan bir çalışmada akçakesme türü için yaprak biyokütlesinin TÜTBM içindeki oranı %9,1 olarak bulunmuştur (Sternberg & Shoshany, 2001). Söz konusu değer, bu çalışma kapsamında akçakesme türü için bulunan %7 oranına yakın bir değerdir. Ancak, İtalya'nın Güneybatı bölgesinde aynı tür için yapılmış olan bir başka çalışmada bulunan oran ise mevcut çalışmadaki değerlerin iki katından fazla (%15,4) olarak rapor edilmiştir (Marziliano et al., 2015). Amerika'nın Kaliforniya eyaletinin güneyindeki bölgelerde *Adenostoma* ve *Ceanothus* türlerinin hakim olduğu chapparral çalılık alanlarında gerçekleştirilen çalışmada yaprak biyokütlesinin toplam biyokütle içindeki oranlarının %3 ile 25 arasında değiştiği ve ortalamanın % 11 oranında (Regelbrugge & Conard, 1996) bir değere sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma sonucunda bulunan ortalama değer (Regelbrugge & Conard, 1996) ile mevcut çalışmada iki tür için bulunan ortalama değer birbirine oldukça yakındır. Bununla birlikte, kocayemiş ve akçakesme türlerinde sırasıyla ortalama %28,7 ve %22,6 olarak bulunan ATYMM'nin TÜTBM içindeki oranları dikkate alındığında, Portekiz'de altı farklı maki türü (*Olea europaea* var. *sylvestris*, *Juniperus phoenicea* var. *turbinata*, *Erica arborea*, *Cistus ladanger*, *Myrtus communis* and *Quercus coccifera*) için elde edilen (Rego et al., 1994) ve ortalaması %40 (%15 ile 65 arasında değişen) olan oransal değer ise oldukça altında kaldığı görülmektedir. Çalışmanın yapıldığı coğrafik bölge, çalışma koşulları ve bitki türlerinden kaynaklı bu tür farklılıkların görülmesi doğal bir sonuçtur (Rego et al., 1994; Conti et al., 2019). İki farklı maki türü için yapılan regresyon analizleri sonucunda geliştirilen ve her iki tür için ATYMM ile TÜTBM miktarını tahmin etmeye yarayan modeller aşağıda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 3. Kocayemiş Türünün Arazide Ölçülen Allometrik Değerleri İle ATYMM, TCYMM (Toplam Canlı Yanıcı Madde Miktarı), TÖYMM (Toplam Ölü Yanıcı Madde Miktarı) İle TYMM (Toplam Yanıcı Madde Miktarı) Değerleri Arasındaki İlişkilerini Gösteren Korelasyon Matrisi

	ln_{yas}	ln_{dipcap}	ln_{boy}	ln_{tay}	ln_{tc}	ln_{atymm}	ln_{tcanli}	ln_{tolu}	ln_{tutbm}
ln_{yas}									
ln_{dipcap}	0,850**								
ln_{boy}	0,614**	0,656**							
ln_{tay}	0,452*	0,362*	0,526**						
ln_{tc}	0,573**	0,706**	0,633**	0,259					
ln_{atymm}	0,751**	0,922**	0,651**	0,393*	0,692**				
ln_{tcanli}	0,792**	0,956**	0,705**	0,425*	0,748**	0,973**			
ln_{tolu}	0,425*	0,454*	0,331	0,120	0,407*	0,364*	0,431*		
ln_{tutbm}	0,801**	0,954**	0,687**	0,412*	0,769**	0,966**	0,997**	0,453*	

ln_{atymm} : ln aktif toplam yanıcı madde miktarı (gr); ln_{tcanli} : ln toplam canlı yanıcı madde miktarı; ln_{tolu} : ln toplam ölü yanıcı madde miktarı; ln_{tutbm} : ln toprak üstü toplam biyokütle miktarı

* % 5 güven düzeyinde önemli, **% 1 güven düzeyinde önemli

Tablo 4. Akçakesme Türünün Arazide Ölçülen Allometrik Değerleri İle ATYMM, TCYMM, TÖYMM Ve TYMM Değerleri Arasındaki İlişkilerini Gösteren Korelasyon Matrisi

	ln_{yas}	ln_{dipcap}	ln_{boy}	ln_{tay}	ln_{tc}	ln_{atymm}	ln_{tcanli}	ln_{tolu}	ln_{tutbm}
ln_{yas}									
ln_{dipcap}	0,744**								
ln_{boy}	0,516**	0,551**							
ln_{tay}	0,463**	0,589**	0,605**						
ln_{tc}	0,438**	0,475**	0,734**	0,436**					
ln_{atymm}	0,646**	0,844**	0,589**	0,528**	0,528**				
ln_{tcanli}	0,742**	0,943**	0,644**	0,615**	0,615**	0,852**			
ln_{tolu}	0,397*	0,624**	0,535**	0,466**	0,466**	0,724**	0,623**		
ln_{tutbm}	0,735**	0,944**	0,654**	0,621**	0,621**	0,867**	0,998**	0,675**	

ln_{atymm} : ln aktif toplam yanıcı madde miktarı (gr); ln_{tcanli} : ln toplam canlı yanıcı madde miktarı; ln_{tolu} : ln toplam ölü yanıcı madde miktarı; ln_{tutbm} : ln toprak üstü toplam biyokütle miktarı

* % 5 güven düzeyinde önemli, **% 1 güven düzeyinde önemli

Tablo 5. Regresyon Analizleri Sonucunda Geliştirilen Kocayemiş (Model No 1a, 2a, 2b) Ve Akçakesme (Model No 3a, 4a, 4b, 4c) Türlerinde ATYMM İle TÖYMM'yi Tahmin Etmeye Yönelik Geliştirilen Modeller Ve Bu Modellere Ait Belirtme Katsayısı (R^2) İle Standart Hata (S.H.) Değerleri

No	Tür	Modeller	R^2	S.H.
1a	Kocayemiş	$ln_{atymm} = 3,355 + (1,796 \times ln_{dipcap})$	0,777	$\pm 0,316$
2a		$ln_{tutbm} = 3,782 + (2,328 \times ln_{dipcap})$	0,889	$\pm 0,272$
2b		$ln_{tutbm} = 3,733 + (1,879 \times ln_{dipcap}) + (0,917 \times ln_{boy})$	0,927	$\pm 0,220$
3a	Akçakesme	$ln_{atymm} = 3,975 + (1,348 \times ln_{dipcap})$	0,746	$\pm 0,292$
4a		$ln_{tutbm} = 4,586 + (1,953 \times ln_{dipcap})$	0,855	$\pm 0,299$
4b		$ln_{tutbm} = 4,293 + (1,568 \times ln_{dipcap}) + (0,956 \times ln_{boy})$	0,924	$\pm 0,217$
4c		$ln_{tutbm} = 4,544 + (1,585 \times ln_{dipcap}) + (0,672 \times ln_{boy}) + (0,215 \times ln_{tc})$	0,930	$\pm 0,207$

Kocayemiş için yapılan regresyon analizinde dip çap bağımsız değişkeni için geliştirilen model (1a) ATYMM'deki değişkenliği önemli ölçüde açıklayabilmektedir ($R^2=0,777$; $P<0,01$). Kocayemiş türünde TÛTBM'yi tahminde sadece dip çap bağımsız değişkeni (2a) ($R^2=0,889$; $P<0,01$) ile dip çap ve boy bağımsız değişkenleri (2b) TÛTBM'deki değişkenliği yüksek bir düzeyde açıklamaktadır ($R^2=0,927$; $P<0,01$). Akçakesme için yapılan regresyon analizinde sadece dip çap bağımsız değişkeni için geliştirilen model (3a) ATYMM'deki değişkenliği önemli ölçüde açıklamaktadır ($R^2=0,746$; $P<0,01$). Bununla birlikte, sadece dip çap bağımsız değişkeni kullanılarak geliştirilen model (4a) TÛTBM'deki değişkenliği önemli düzeyde açıklamaktadır ($R^2=0,855$; $P<0,01$). Dip çap ile boy bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model (4b) ($R^2=0,924$; $P<0,01$) ile birlikte dip çap, boy ve tepe çapı bağımsız değişkenlerinin yer aldığı model (4c) akçakesme için TÛTBM'deki değişkenliği oldukça yüksek bir düzeyde açıklamaktadır ($R^2=0,930$; $P<0,01$). Yapılan bu çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar, çalı ve ağaççık formundaki yanıcı maddeler üzerine yapılmış çalışmalar ile benzerlikler göstermektedir. Yanıcı madde miktarı (Brown, 1976; Hierro et al., 2000) ve TÛTBM'yi (Uso' et al., 1997; Huff et al., 2017) tahmin etmeye yönelik yapılan çalışmalar kapsamında geliştirilen modellerde dip çap, boy, tepe çapı gibi arazide ölçülebilen parametreler arasında kuvvetli ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, TÛTBM ile dip çap (Brown, 1976), dip çap ve boy (Zeng et al., 2010; Ali et al., 2015) ile tepe çapı (Conti et al., 2019) parametreleri arasında da kuvvetli ilişkiler olduğu bulunmuştur.

SONUÇ

Çalışma ile iki farklı maki türüne yönelik olarak yanıcı madde miktarının ve yangın davranışının ortaya konulmasında ve tahmininde faydalanılabilecek aktif yanıcı madde miktarını tahmin etmeye yarayan modeller geliştirilmiştir. Aynı zamanda, iki farklı maki türü için toprak üstü toplam biyokütle miktarını tahmin etmeye yarayacak modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller, çalışma kapsamında kullanılan türlerin allometrik ölçüm değerleri aralıkları ile çalışmanın yürütüldüğü alanlarda yayılış gösteren aynı türler ve benzer özellikteki alanlar için güvenilirliği yüksek bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca, maki türleri için birey ölçeğinde geliştirilecek allometrik denklemler, yersel veya uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak arazideki yanıcı maddenin veya biyokütlenin belirlenmesi için alınması gerekli olan örnekleme alanlarındaki miktarlarının tespiti ve tahmin edilmesi süreçlerinde kullanım potansiyeline de sahiptir.

Özellikle, lidar, uydu görüntüleri ve insansız hava aracı gibi farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, makilik alanların haritalanması, planlanması ve yönetiminde ihtiyaç duyulan yanıcı madde miktarının ve özelliklerinin belirlenmesi ile biyokütle tespiti çalışmalarında geliştirilen bu modellerden büyük ölçüde istifade edilebilir. Ayrıca, hayvancılıkta otlatma faaliyetlerinde ve otlatmanın bir yanıcı madde yönetimi aracı olarak kullanımının planlanması ve uygulanmasında da çalışma sonuçlarından yararlanılması mümkündür.

YAZAR KATKILARI

İsmail Baysal: araştırmanın tasarlanması, verilerin toplanması, verilerin düzenlenmesi, verilerin kontrol ve analiz edilmesi, makale yazımı ve kontrol. **Nuray Öztürk**: verilerin toplanması, verilerin düzenlenmesi, verilerin kontrol ve analiz edilmesi, makale yazımı. **Süleyman Akbulut**: araştırmanın tasarlanması, makale yazımı ve kontrolü.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2016.02.02.413). Yazarlar, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Düzce Orman İşletme Müdürlüğü kurum ve çalışanlarına arazi çalışmalarında gösterdikleri katkılardan dolayı teşekkürlerini sunarlar. Yazarlar ayrıca, arazi ve laboratuvar çalışmaları esnasında önemli yardımları bulunan Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü stajyer öğrencilerinden Hikmet Sarı, Muhammed Gülay ve Muhammet Enes Duman'a ayrıca teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H.Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F. & Yurtsever, A. (2002) 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını. Ankara Türkiye.
- Aksoy, N. (2001) Maki, Akdeniz'in ufaklığı: Maki. *Yeşil Atlas Çevre Özel Sayısı*, 4:94-107.
- Ali A., Xu M. S., Zhao Y.T., Zhang Q. Q., Zhou L. L., Yang X. D., Yan E. R. (2015). Allometric biomass equations for shrub and small tree species in subtropical China. *Silva Fennica*, 49(4): article id-1275, page 1-10.
- Aydınöz, D. (2008). Maki formasyonunun Türkiye'deki yayılış alanları üzerine bir inceleme. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(1): 207-220.
- Anonim (2021) Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erişim Zamanı: 4 Haziran 2021, 17.43. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=DUZCE>
- Bilgili, E. (2003) Stand development and fire behavior. *Forest Ecology Management*, 179: 333-339.
- Bilgili, E. & Saglam, B. (2003) Fire behavior in maquis fuels in Turkey. *Forest Ecology Management*, 184: 201-207.
- Bilgili, E. (2014) Orman Koruma dersi geçici ders notları. Trabzon, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_c2f03.pdf
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Marston, J. B., Moritz, M. A., Prentice, I. C., Roos, C. I., Scott, A. C., Swetnam, T. W., van der Werf, G. R. & Pyne, S. J. (2009) Fire in the Earth System. *Science*, 324 (5926): 481-484.
- Brown, J. K. (1976) Estimating shrub biomass from basal stem diameters. *Canadian Journal of Forest Research*, 6: 153-158.
- Conti, G., Gorné, L. D., Zeballos, S. R., Lipoma, M. L., Gatica, G., Kowaljow, E., Whitworth-Hulse, J. I., Cuchiatti, A., Poca, M., Pestoni, S., Fernandes, P. M. (2019) Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide. Wiley Blackwell Publishing, Inc; *Global Ecology and Biogeography*, 28(7): 961-975, doi: 10.1111/geb.12907
- Cruz, M. G., Alexander, M. E. & Wakimoto, R. H. (2003) Assessing canopy fuel stratum characteristics in crown fire prone fuel types of western North America. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1):39-50.

- Cruz, M., Gould, J., Hollis, J. & McCaw, W. (2018) A Hierarchical Classification of Wildland Fire Fuels for Australian Vegetation Types. *Fire*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.3390/fire1010013>
- Görcelioğlu, E., Günay, T., Karagül, R., Aksoy, N. & Başaran, M. A. (1999) 19-21 Mayıs 1998 Batı Karadeniz Seli Nedenleri, Alınması Gerekli Önlemler ve Öneriler (Bilim Kurulu Raporu), TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No:2, Ankara.
- Güneş Özkan, N. & Aksoy, N. (2011) Hasanlar Baraj Gölü (Düzce) ve Çevresinin Florası. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 7 (2): 39-72.
- Güngöroğlu, C., Güney, Ç. O., Sarı, A. Serttaş, A. (2017) Estimation of fuel load in maquis type vegetation of Antalya. International Symposium on New Horizons in Forestry, October 18-20, 2017, Isparta / Turkey, 108-108.
- Hierro, J. L., Branch, L. C., Villarreal, D. & Clark, K. L. (2000) Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *Journal of Range Management*, 53: 617–621.
- Huff, S., Ritchie, M., Temesgen, H. (2017) Allometric equations for estimating aboveground biomass for common shrubs in northeastern California. *Forest Ecology and Management*, 398: 48–63.
- Kantarcı, M. D. (2008) Türkiye’de Çalıştırılmış Ormanlar Sorununa (Maki, Frigana, Garig, Fundalıklar, Meşe Çalılıkları vd.) Ekolojik Açından Bakış. Türkiye Ormancılar Derneği Yayınları, Eğitim Dizisi:5, Ankara. ISBN: 978-9944-0048-1-7.
- Kavgacı, A., Tavşanoğlu, Ç. (2010) Akdeniz tipi ekosistemlerde yangın sonrası vejetasyon dinamiği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 149-166.
- Keeley, J. E., Fotheringham, C. J. & Morais, M. (1999) Reexamining fire suppression impacts on brushland fire regimes. *Science*, 284 (5421): 1829–1832.
- Keeley, J. E. & Fotheringham, C. J. (2001) Historic fire regime in southern California shrublands. *Conservation Biology*, 15: 1536–1548.
- Keeley, J. E. & Fotheringham, C. J. (2003) Impact of past, present, and future fire regimes on North American Mediterranean shrublands. In ‘Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas.’ (Eds Veblen, T.T., Baker, W.L., Montenegro, G., Swetnam, T.W.),” pp. 218–262. (Springer: New York, NY).
- Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G. & Rundel, P. W. (2012) Fire in Mediterranean Ecosystems: ecology, evolution and management, Cambridge University Press.
- Kraaij, T. & van Wilgen, B. W. (2014) Drivers, ecology, and management of fire in fynbos. In: Allsop, N., Colville, J. F., Verboom, G. A. (Eds.), Fynbos., Ecology, Evolution, and Conservation of a Megadiverse Region. Oxford University Press, pp. 47–72.
- Kruger, F. J. & Bigalke, R. C. (1984) Fire in fynbos. In P. de V. Booysen and N.M. Tainton, eds. Ecological effects of fire in South African ecosystems. *Ecological Studies*, 48: 67–114. Springer-Verlag, Berlin.
- Küçük, Ö. (2004) Kızılçamda Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi, Haritalanması ve Karaçamda Yangın Davranışının Tahmini, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Küçük, O. Bilgili, E. Sağlam, B. (2008) Estimating crown fuel loading for calabrian pine and Anatolian black pine. *International Journal of Wildland Fire*, 17:147–154.
- Küçük, O., Bilgili, E., Dinç Durmaz, B., Sağlam, B. & Baysal, İ. (2009) Örtü yangınının tepe yangınına geçişinde etkili olan faktörler. *Kastamanu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2): 80-85.
- Marziliano, P. A., Laforteza, R., Medicamento, U., Lorusso, L., Giannico, V., Colangelo, G., Sanesi, G. (2015) Estimating belowground biomass and root/shoot ratio of *Phillyrea*

- latifolia* L. in the Mediterranean forest landscapes. *Annals of Forest Science*, 72: 585–593.
- Miller, B. & Dixon, K. (2014) Plants and fire in Kwongan vegetation, in Lambers, H. (ed), Plant Life on the Sandplains in Southwest Australia: A Global Biodiversity Hotspot, pp. 147-169. Australia: UWA Publishing.
- Minnich, R.A. (1983) Fire mosaics in southern California and northern Baja California. *Science*, 219: 1287-1294.
- Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P. & de las Heras, J. (2012) Post-fire management and restoration of southern European forests. New York: Springer. 319 p.
- Radeloff, V. C., Helmers, D. P., Kramer, H. A., Mockrin, M. H., Alexandre, P. M., Bar-Massada, A., Butsic, V., Hawbaker, T. J., Martinuzzi, S., Syphard, A. D. & Stewart, S. I. (2018) Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(13): 3314-3319.
- Regelbrugge, J. C. & Conard, S. G. (1998) Biomass and fuel characteristics of chaparral in southern California. In: Proceedings 13th Fire and Forest Meteorology Conference, Lorne, Australia, 1996. Spokane, WA. *International Association of Wildland Fire*, 349-356.
- Rego, F. C., Pereira, J. P., Fernandes, P. M., Almeida, A. F. (1994) Biomass and Aerial Structure Characteristics of Some Mediterranean Shrub Species. In Proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research B, Coimbra, Portugal, 21–24 November 1994; pp. 377–384.
- Rundel, P. W., Arroyo, M. T. K., Cowling, R. M., Keeley, J. E., Lamont, B. B., Pausas, J. G. & Vargas, P. (2018) Fire and plant diversification in Mediterranean-climate regions. *Frontiers in Plant Science*, 9: 851.
- Sağlam, B. & Bilgili, E. (2002) Maki tipi yanıcı maddelerde yanıcı madde miktarının belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi, Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10 (1): 181-186.
- Sağlam, B., Bilgili, E., Küçük, Ö., Dinc Durmaz, B. & Baysal, İ. (2007) The Preliminary Results of Fire Behavior in Maquis Fuels under Varying Weather and Slope Conditions, *2nd Fire Behavior and Fuels Conference, The Environment-Innovations, Management and Policy*, Destin, Florida, USA, 249-257.
- Sağlam, B. Küçük, Ö. Bilgili, E. Dinç Durmaz, B. & Baysal, İ. (2008a) Estimating Fuel Biomass of Some Shrub (Maquis) Species in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4): 349-356.
- Sağlam, B., Bilgili, E., Küçük, O. & Dinc Durmaz, B. (2008b) Fire Behavior in Mediterranean Shrub Species (Maquis). *African Journal of Biotechnology*, 7:4122-4129.
- Sağlam, B., Bilgili, E., Küçük, O., Dinc Durmaz, B. & Baysal, İ. (2010) Influence of weather and slope on Spread Rate of Fire in Maquis Fuels in Turkey, *VI. International Conference on Forest Fire Research*, 15-18 November, Coimbra, Portugal.
- Sternberg, M. & Shoshany, M. (2001). Aboveground biomass allocation and water content relationships in Mediterranean trees and shrubs at two climatological regions in Israel. *Journal of Plant Ecology*, 157: 171–179.
- Stocks, B. J., Alexander, M. E., Wotton, B. M., Stefner, C. N. & Flannigan, M. D. (2004) Crown fire behavior in a northern jack pine-black spruce forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 1548-1560. doi:10.1139/X06-185.
- Trabaud, L. (1994) Postfire Plant community dynamics in the Mediterranean Basin. In J. M. Moreno & W. C. Oechel (Eds.), *The role of fire in Mediterranean-type ecosystems*. Springer-Verlag, New York.
- Uso J. L., Mateu J., Karjalainen T., Salvador P. (1997) Allometric regression equations to determine aerial biomasses of Mediterranean shrubs. *Plant Ecology*, 132: 59–69.

Zeng, H. Q., Liu, Q.J., Feng, Z. W. & Ma, Z. Q. (2010) Biomass equations for four shrub species in subtropical China. *Journal of Forest Research*, 15(2), 83–90.