



Ekolojik Faktörlerin Odun Özelliklerine Etkisi

Elif TOPALOĞLU¹, Nurgül AY², Lokman ALTUN³

Özet

Ağaçların gelişimini etkileyen en önemli faktörler ağacın genetik yapısı ve ekolojik faktörlerdir. Ağaçlar yaşamları boyunca farklı ekolojik faktörlerin etkisi altında kalmaktadırlar. Bu ekolojik faktörler; fizyografik, iklimik, edafik ve biyotik faktörler olup ağacın büyümesini, oluşan yıllık halka yapısını, odunun mikroskopik, fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Ekolojik faktörlerin etkisi sonucunda değişen odun özellikleri, odunun kullanım alanlarını da etkilemektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin ve dünyanın farklı coğrafi bölgelerinde yetişen farklı ağaç türlerinin ekolojik faktörlerden nasıl etkilendiği literatür taraması niteliğinde açıklanmıştır. Literatür araştırması; ekolojik odun anatomisi, yıllık halka yapısı, odunun fiziksel ve mekanik özellikleri olmak üzere üç bölümden oluşmuş ve elde edilen bilgiler doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ekolojik faktörler, Yükselti, Ekolojik odun anatomisi, Odun özellikleri

Effect of Ecological Factors on Wood Properties

Abstract

The most important factors that affect the growth of the trees are tree's genetic structure and ecological factors. Trees are subjected to the influence of different ecological factors throughout their lives. These ecological factors are physiographic, climatic, edaphic and biotic factors, and significantly affect the growth of the tree, ring structure, and it's microscopic, physical and mechanical properties. In this review study, how ecological factors affect different tree species growing in different geographical regions of Turkey and all around the world was investigated. Review of the literature is composed of three parts including ecological wood anatomy, annual ring structure, physical and mechanical properties of wood. Suggestions have been made in accordance with the information obtained.

Keywords: Ecological factors, Altitude, Ecological wood anatomy, Wood properties

Giriş

Ekoloji; canlılar ile çevreleri arasındaki karşılıklı etki ve ilişkileri inceleyen, orman ekolojisi ise orman ile ormanın yaşama ve gelişmesini sağlayan tüm faktörlerin oluşturduğu sistemi ve bu sistemdeki karşılıklı etki ve ilişkileri araştıran bir bilim dalıdır. Ekolojik faktörler; fizyografik faktörler (denizden yükseklik, bakı, arazi eğimi, arazi yüzü şekli), iklimik faktörler (ışık, sıcaklık, hava nemi ve yağış, hava hareketleri ve rüzgâr), toprak faktörü (toprak özellikleri, anataş ve anamateryal) ve biyotik faktörlerdir (insan, hayvan, bitki ve mikroorganizmalar) (Çepel, 1995). İklimik faktörler, ağacın yıllık halka genişliğini ve radyal büyümesini etkilemektedir (Takahashi ve ark., 2005; Barichivich ve ark., 2009; Dolezal ve ark., 2010; Gea-Izquierdo ve ark., 2012). Denizden yükseklik; bir yerin iklimi, toprak özellikleri ve vejetasyon yapısı üzerinde etkili olan önemli bir faktördür. Arazinin bakışı, o yerin özellikle sıcaklık ve yağış iklimini etkilemektedir (Çepel, 1995). Odunsu bitkilerde boyuna yönde artım (primer büyüme) ile birlikte çap yönünde de artım (sekonder büyüme) olmaktadır. Çap yönündeki artışlar, “vaskular kambiyum” adı verilen üreyimli bir tabaka tarafından meydana getirilmektedir.

¹Giresun Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Giresun

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

³Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Sekonder kalınlaşma yapan Gymnospermae ve odunsu dikotil Angiospermae bitkilerinde primer yapı tamamlandıktan sonra bölünen kambiyum hücreleri gövdenin dış kısmına doğru sekonder floemi, iç kısmına doğru sekonder ksilemi ya da odunu oluşturmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000; Merev, 2003). Odun özellikleri başlıca makroskobik özellikler, mikroskobik özellikler (odunun anatomik özellikleri), fiziksel özellikler (odun yoğunluğu ve odun-su ilişkileri) ve mekanik özellikler (odunun statik ve dinamik direnç özellikleri) olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan literatür araştırması; ekolojik faktörler ile odun özellikleri arasındaki ilişkileri esas alarak ekolojik odun anatomisi ile ilgili araştırmalar, yıllık halka genişliği ile ilgili araştırmalar, odunun fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili araştırmalar olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Ekolojik Odun Anatomisi ile İlgili Araştırmalar

Ekolojik odun anatomisi, çevresel faktörler ile odunun anatomik yapısı arasındaki ilişkiyi tür düzeyinde (intraspesifik) ve/veya cins ve familya düzeyinde (interspesifik) incelemektedir (Baas ve Miller, 1985; Sarıbaş ve Yaman, 2009). Wimmer (2002)'e göre ekolojik odun anatomisi; hem değişen ekolojik faktörlere bir tepki olarak odun yapısında oluşan değişiklikleri hem de çevresel faktörler ile odunun anatomik yapısı arasındaki ilişkileri incelemektedir. Bu konu ile ilgili Türkiye'de yapılmış çalışmaları şu şekilde özetleyebiliriz: Yaltırık (1968), Türkiye'deki doğal akçağaç türlerinin anatomik özellikleri ile yetiştirme yeri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırma sonucunda nemli iklim bölgelerinde yetişen akçağaçların trahe çaplarının geniş, birim alandaki sayılarının az ve yoğunluk değerlerinin 0,58-0,66 gr/cm³; kurak iklim bölgelerinde yetişenlerin ise trahe çaplarının daha dar, birim alandaki sayılarının daha fazla ve yoğunluk değerlerinin 0,66-0,80 gr/cm³ olduğunu belirlemiştir. Şanlı (1978), "Doğu Kayını'nın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Türkiye'de Çeşitli Yerlerde Oluşan Odunları Üzerinde Anatomik Araştırmalar" konulu çalışmada beş ayrı yöreden ve değişik yüksekliklerden aldığı örnek ağaç odunları üzerinde trahe, lif, özışını ve öz lekelerine ait özellikleri araştırmıştır. Araştırma sonucunda düşük rakımlı yerlerden yüksekliğe çıkıldıkça enine kesitte 1 mm²'deki trahe sayısının arttığı, trahe uzunluğunda önemli bir farklılığın bulunmadığı, lif özelliklerinde ise deniz seviyesinden yükseldikçe bir değişikliğin bulunmadığı belirlenmiştir. Gerçek (1984), "Türkiye'de Yetiştirilen *Camellia sinensis* (L.) Kuntze' nin İç Morfolojik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi" konulu çalışmada denizden yüksekliğe arttıkça 1 mm²'deki trahe sayısının arttığını, 1 mm²'deki toplam özışını sayısının azaldığını, lif hücrelerinin özelliklerinde (lif uzunluğu ve genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı) belirgin bir değişikliğin görülmediğini belirlemiştir. Gerçek ve ark. (1998), Türkiye'deki gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) türünün ekolojik odun anatomisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda incelenen anatomik özelliklerden sadece trahe hücre uzunluğu ve lif uzunluğunun rakımla negatif ilişkili olduğu, 1 mm²'deki trahe sayısının rakımla değişmediği ve anatomik özellikler arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Merev ve ark. (2000), Türkiye'de doğal olarak yetişen meşe (*Quercus* L.) taksonlarının odun anatomilerini ekolojik yönden incelemişlerdir. Araştırma sonucunda rakım arttıkça Akmeşe ve Kırmızı Meşelerde ilkbahar odunu trahe teğet ve radyal çapı, trahe hücre uzunluğu, libriform lif uzunluğu, genişliği ve çeper kalınlığı, traheit lifi uzunluğu, genişliği ve çeper kalınlığı, vasisentrik traheit uzunluğu ve genişliği, mültiseri ve üniseri özışını yüksekliğinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca rakım arttıkça Akmeşelerde 1 mm²'deki ilkbahar odunu trahe sayısının arttığı, Kırmızı Meşelerde ise 1 mm²'deki trahe sayısının arttığı ve her iki tür için 1 mm²'deki yaz odunu trahe sayısı ile rakım arasında ilişki olmadığı belirlenmiştir. Serdar (2003), Türkiye'de doğal olarak yetişen Salicaceae familyası taksonlarının ekolojik odun anatomisini tür, cins ve familya düzeyinde incelemiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre tür içi varyasyonlarda anatomik özellikler ile yükselti arasında pek fazla bir ilişkinin olmadığı, cins ve familya

düzeyinde ise anatomik özellikler ile yükselti arasında önemli ve kuvvetli ilişkilerin olduğu belirlenmiştir. Yaman ve Sarıbaş (2004), Türkiye'nin Euxine Bölgesi'ndeki doğal kavak taksonları odunlarını tür (intraspesifik) ve cins (interspesifik) düzeyinde olmak üzere kantitatif trahe özellikleri ile yükselti arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre gerek tür düzeyinde gerekse cins düzeyinde, alçak rakımlardaki kavak odunlarında trahe çaplarının daha geniş ve birim alandaki trahe sayısının daha az, yüksek rakımlarda ise trahe çaplarının daha dar ve birim alandaki sayılarının daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Erşen Bak (2006), Türkiye'de doğal olarak yetişen *Oleaceae* familyası taksonlarının ekolojik odun anatomisini tür (intraspesifik), cins ve familya (interspesifik) düzeyinde incelemiştir. Araştırma sonucunda yükselti ile trahe teğetsel ve radyal çapı, trahe hücre uzunluğu, trahe gruplaşma oranı, lif uzunluğu, lif genişliği ve lif lümen genişliği, özışını yüksekliği ve genişliği arasında negatif yönde bir ilişki olduğu; 1 mm²'deki trahe sayısı ve 1 mm'deki özışını sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Serdar ve Gerçek (2007), Türkiye'de doğal olarak yetişen kavak taksonlarının ekolojik odun anatomilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda rakım ile trahe uzunluğu ve lif uzunluğu ters yönde; 1 mm²'deki trahe sayısı ile pozitif yönde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yaman (2008), Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nden kuzey bakıdan ve farklı yükseltilerden almış olduğu 12 adet *Juglans regia* odununun trahe özelliklerindeki değişimi incelediği çalışmada araştırma bölgesinde yükseltinin artması ile trahe teğetsel ve radyal çaplarının azaldığı, trahe sayısının arttığı belirlenmiştir. Yılmaz ve ark. (2008), Türkiye'de iki ayrı yöreden almış oldukları *Quercus pontica* C. Koch. odununun anatomik özellikleri ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yükselti ile 1 mm²'deki trahe sayısı ve traheit lifi çeper kalınlığı arasında pozitif; trahe hücre uzunluğu, yaz odunu trahesi radyal ve teğetsel çapı, üniseri özışını yüksekliği ve 1 mm'deki üniseri özışını sayısı arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca topraktaki faydalı su kapasitesi ile 1 mm²'deki trahe sayısı arasında negatif; trahe hücre uzunluğu, yaz odunu trahesi radyal ve teğetsel çapı, libriform lif uzunluğu, üniseri özışını yüksekliği ve 1 mm'deki üniseri özışını sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Sarıbaş ve Yaman (2009), Türkiye'de doğal olarak yetişen *Celtis australis* L. (Yaygın çitlembik) türünün anatomik özelliklerinin yükseltiyle gösterdiği ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında yükselti arttıkça yaz odunu trahe çaplarının arttığını ve trahe gruplaşma indeksinin azaldığını belirlemişlerdir. Serdar ve ark. (2010), Artvin-Camili Bölgesi'nde doğal olarak yetişen bazı orman gülü (*Rhododendron* L.) taksonlarının anatomik özelliklerindeki değişimi yükseltiye bağlı olarak incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre araştırma alanlarında rakım arttıkça birim alandaki trahe sayısı, trahe teğetsel ve radyal çapı, 1 mm'deki özışını sayısı ve mültiseri özışını yüksekliğinin azaldığı, mültiseri özışını genişliğinin ise arttığı belirlenmiştir. Genç (2010), Artvin-Camili'de doğal olarak yetişen 27 cins ve 33 taksona ait 61 odun örneğinin odun anatomisi özelliklerini araştırdığı çalışmada, yükseltinin anatomik özellikler üzerindeki etkisini tür (intraspesifik) ve cins (interspesifik) düzeyinde incelemiştir. Araştırma sonucunda *Castanea sativa* türü için yükselti ile 1 mm'deki özışını sayısı ve lümen genişliği arasında pozitif yönde, 1 mm²'deki trahe sayısı, trahe teğet ve radyal çapı arasında negatif yönde bir ilişki olduğu; *Alnus glutinosa* türü için yükselti ile trahe hücre uzunluğu, trahe teğet çapı ve lif uzunluğu arasında negatif yönde, 1 mm'deki özışını sayısı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *Rhododendron* cinsi için yükselti ile bazı anatomik özellikler arasında önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Birtürk (2011), Karadeniz Bölgesinde doğal olarak yetişen Akçaağaç (*Acer* L.) taksonları odunlarının anatomik özellikleri ve farklı yetiştirme koşullarının bu özellikler üzerine etkisini incelediği çalışmada denizden yükseklik ile anatomik özellikler ve toprak özellikleri arasında önemli ilişkiler olduğunu belirlemiştir. Bozlar (2012), Sinop yöresinde doğal olarak yetişen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun anatomik özelliklerini ve yörenin yükselti, bakı ve toprak özellikleri ile anatomik özellikleri arasındaki

ilişkileri araştırmıştır. Araştırma sonucunda yükselti ile 1 mm²'deki trahe sayısı ve mültiseri özışını yüksekliği pozitif yönde düşük düzeyde ilişki gösterirken 1 mm'deki mültiseri özışını sayısı, trahe teğet çapı, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı negatif yönde ilişki göstermiştir. Bakı ile odun anatomisi özelliklerinden sadece trahe teğet çapı pozitif yönde çok düşük düzeyde ilişki göstermiştir. Ayrıca toprak özellikleri ile anatomik özellikler arasında önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Topaloğlu (2013), Sinop'ta doğal olarak yetişen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun anatomik, makroskobik, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bazı yetiştirme ortamı koşullarının (yükselti, bakı, toprak özellikleri) etkisini araştırdığı çalışmada denizden yükseklik arttıkça odunun trahe teğet çaplarının azalarak birim alandaki trahe sayısının arttığını ve toprak özellikleri ile odunun anatomik özellikleri arasında anlamlı ilişkiler olduğunu belirlemiştir.

Ekolojik odun anatomisi ile ilgili Türkiye dışında yapılmış çalışmalar ise şu şekildedir: Van Den Oever ve ark. (1981) *Symplocos* cinsine ait 31 adet türün anatomik özellikleri (trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, trahe çeper kalınlığı, trahe sayısı, lif uzunluğu, lif çapı, lif çeper kalınlığı) ile enlem derecesi ve yükselti arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, enlem derecesinin artması ile trahe çapı, trahe çeper kalınlığı, trahe hücre uzunluğu, lif çapı, lif lümen çapı, lif çeper kalınlığı ve lif uzunluğunun azaldığını; trahe sayısının arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca yükseltinin artması ile trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, lif çapı, lif uzunluğunun azaldığını; trahe sayısının arttığını belirlemişlerdir. Patterson ve Tanowitz (1989), Güney Kalınorfiya'da yayılış gösteren *Eriastrum densifolium* türüne ait 5 alttürün anatomik özellikleri (trahe çapı, birim alandaki trahe sayısı, trahe hücre uzunluğu) ile ekolojik faktörler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, sadece bir türe ait ortalama trahe çapı ve trahe hücre uzunluğunun yükselti ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Noshiro ve ark. (1994), Doğu Nepal'de yetişen *Alnus nepalensis* odununun anatomik özellikleri ile anatomik olmayan özellikler (ağaç boyu, göğüs yüksekliğindeki çap ve rakım) arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; rakım ile 1 mm²'deki trahe sayısı arasında pozitif; radyal ve teğetsel trahe çapı, trahe hücre uzunluğu ve traheit lifi uzunluğu ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Noshiro ve ark. (1995), Nepal'de yetişen *Rhododendron* cinsinin bazı odun anatomisi özellikleri ile gövde çapı, bitki boyu, denizden yükseklik ve bitki formu arasındaki ilişkileri cins düzeyinde incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; rakım ile 1 mm²'deki trahe sayısı arasında pozitif; trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, özışını yüksekliği ve genişliği ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Alves ve Angyalossy-Alfonso (2000), Brezilya'da farklı coğrafi bölgelerde yayılış gösteren 22 familyaya ait 133 cins ve 491 türün yıllık halka ve trahe özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; trahe hücrelerindeki mültipli perforasyon tablası ve spiral kalınlaşmaların yüksek enlem derecelerinde daha fazla olduğu; anatomik özellikler ile yükselti arasındaki pozitif ilişkinin sadece trahe hücrelerindeki spiral kalınlaşmalarda olduğu belirlenmiştir. Liu ve Noshiro (2003), Japonya ve Çin'de geniş bir yayılış alanı gösteren *Dodonaea viscosa* türünün bazı anatomik özellikleri (trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, trahe sayısı, trahe teğet çapı) ile enlem derecesi ve yükselti arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre incelenen anatomik özellikler ile gerek enlem dereceleri gerekse yükselti arasında önemli bir ilişkinin olmadığını belirlemişler ve bu sonucu türün yetiştirme ortamlarının geniş bir iklim çeşitliliğine sahip olmasından kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır. Lens ve ark. (2003) Epacridaceae familyasına ait 16 cins ve 34 türün anatomik özelliklerini tür (intraspesifik) ve cins (interspesifik) düzeyinde inceleyerek denizden yükseklik ve enlem dereceleri ile olan ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda enlem dereceleri ile trahe teğetsel çapı ve lif uzunluğu negatif, 1 mm²'deki trahe sayısı pozitif bir ilişki gösterirken trahe hücre uzunluğu ile önemli bir ilişki göstermediği; incelenen anatomik özellikler ile yükselti arasında ilişkinin olmadığı belirlenmiştir. Lens ve ark. (2004), Ericaceae familyasına ait Vaccinioideae alt familyasında yer alan 35 cinsin bazı

anatomik özellikleri ile yükselti ve enlem dereceleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırma sonucunda alt familya içinde ortalama traheid, lif traheidi, libriform lifleri ve trahe hücre uzunluklarının enlem derecesinin artması ile negatif, trahe yoğunluğunun pozitif, trahe çapının ise daha zayıf negatif bir ilişki gösterdiği, *Vaccinium* cinsi içinde de benzer, önemli ilişkilerin bulunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca alt familya içinde sadece birim alandaki trahe sayısının yükselti ile pozitif ilişkili olduğu ve trahe hücre uzunluğu ile yükselti arasında önemli bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir. Pande ve ark. (2005), *Castanopsis* cinsine ait 4 türün anatomik özelliklerindeki değişimi denizden yükseklik ve enlem derecelerine bağlı olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, lif çapı ve çeper kalınlığının enlem dereceleri ve yükselti ile önemli bir ilişki göstermediği belirlenmiştir. Aguilar-Rodriguez ve ark. (2006), Meksika'da doğal olarak yetişen *Buddleja cordata* türünün anatomik özelliklerindeki değişimi inceledikleri çalışmalarında, lif uzunluğu ve özışını yüksekliğinin enlem dereceleri ile negatif ilişkili olduğu, boyuna paranşim hücrelerinin ise enlem dereceleri ve denizden yükseklik ile değişmediği ve denizden yüksekliğin *Buddleja cordata*'nın anatomik özelliklerini etkilemediği belirlenmiştir. Naidoo ve ark. (2006), Güney Afrika'da yetişen *Eucalyptus grandis*'in odun yoğunluğu ve trahe özellikleri üzerine toprak rutubetinin etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda ortalama yıllık yağış miktarı ile ortalama trahe yüzdesi arasında önemli ve negatif bir ilişki olduğunu ve ortalama yıllık yağış miktarının artması ile (toprakta depolanan su miktarına bağlı olarak) odun yoğunluğunun azaldığını belirlemişlerdir. Moya ve Tomazello Fo (2008), Costa Rica'da farklı ekolojik koşullarda yetişen *Gmelina arborea* türünün anatomik özelliklerindeki değişimi yükselti, enlem ve boylam derecelerine bağlı olarak incelemişlerdir. Araştırma sonucunda; enlem derecelerinin artması ile radyal paranşim hücresi yüzdesi, lif çapı ve lif lümen genişliğinin azaldığı, trahe yüzdesinin arttığı; boylam derecelerinin artması ile lif lümen genişliğinin arttığı, trahe yüzdesinin azaldığı; yükselti arttıkça anatomik özelliklerden sadece özışını yüksekliği boyunca hücre sayısının azaldığı belirlenmiştir. Terrazas ve ark. (2008), *Buddleja* cinsine ait 26 türün bazı anatomik özelliklerini (trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, traheler arası geçit çapları, lif uzunluğu, lif çapı, lif çeper kalınlığı, özışını genişliği) ve bu özelliklerin enlem dereceleri ile ilişkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda enlem dereceleri ile trahe çapı, trahe hücre uzunluğu, traheler arası geçit çapları ve lif uzunluğu arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Noshiro ve ark. (2010), Nepal'de iki bölgede yetişen *Rhododendron arboreum* Sm. türünün anatomik özellikleri ile rakım arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırma sonucunda her iki bölgede de rakım arttıkça trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu ve mültiseri özışını yüksekliğinin azaldığı, 1 mm²'deki mültiseri özışını sayısının arttığı; 1 mm²'deki trahe sayısı ile trahe radyal ve teğet çaplarının ters ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bayramzadeh ve ark. (2011), Japonya'nın Honshu adasında yetişen *Fagus crenata* türünün anatomik özellikleri ile iklim faktörleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, yıllık yağış miktarı ile birim alandaki trahe sayısı arasında negatif bir ilişki olduğunu, trahe çapı ve trahe hücre uzunluğu ile ilişkili olmadığını belirlemişlerdir. Pourtahmasi ve ark. (2011), Kuzey İran'da denizden yükseklikleri 1260-2200 m arasında değişen üç yetişme ortamında büyüyen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ağaçlarının yıllık halka genişlikleri ve trahe özelliklerindeki değişimi inceledikleri çalışmalarında, ortalama yıllık halka genişliği ve ortalama trahe lümen genişliğinin yüksek rakımlara çıkıldıkça azaldığını, buna karşılık trahe yoğunluğunun ise arttığını belirlemişlerdir.

Yıllık Halka Genişliği ile İlgili Araştırmalar

Yıllık halka genişliği başta genetik yapı olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler; fizyolojik faktörler (karbonhidratlar, mineral maddeler, bitkisel hormonlar vb.), bir yıldan diğerine değişen iklim faktörleri (sıcaklık, yağış, rüzgâr vb.), yıldan yıla değişmeyen fizyografik faktörler (bakı, denizden yükseklik, eğim vb.), edafik faktörler (toprak özellikleri ve ana kaya) ve doğal olmayan faktörlerdir (yaralama, budama, gübreleme

ve hava kirliliği) (Köse ve ark., 2009). Ortalama aylık sıcaklık ve yağış değerleri, yıllık halka-iklim ilişkisinin analizinde önemlidir (Fritts, 1962). Yıllık halka genişliğinin iklim ve denizden yüksekliğe göre değişimini araştıran birçok çalışma yapılmıştır. Splechtna ve ark. (2000), Orta ve Güney British Kolombiya'da yetişen *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. türünün yıllık halka yapısındaki değişimi denizden yükseklik ve iklime göre incelemiştir. Bu çalışma sonucunda ilkbahar odunu, yaz odunu, toplam yıllık halka genişliği ve yaz odunu yoğunluğunun yükseltinin artması ile önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Moshtagh Kahnamoie ve ark. (2004), İran'ın Hazar ormanlarında farklı rakımlardaki Doğu kayını'nın yetişme yeri faktörleri ile yıllık halka genişliği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre yıllık halka genişliği ile yağış miktarı, göğüs yüksekliği çapı, tepe yapısı ve toprak yapısı arasında pozitif, yükselti ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bouriaud ve ark. (2004), Doğu Fransa'da yetişen *Fagus sylvatica* Liebl. türünün ağaç yaşı, radyal büyüme ve iklimin odun yoğunluğu üzerindeki etkilerini inceledikleri araştırmalarında odun yoğunluğu ve yıllık halka genişliği arasında zayıf ve önemli bir ilişkinin olduğunu, sıcaklık ve yağış miktarlarının yoğunluk üzerinde pozitif yönde etkili olduğunu belirlemiştir. Piovesan ve ark. (2005), İtalya'da Alp Dağları'ndan Güney Apennine Dağları'na doğru 450-1900 m rakımlar arasında yayılış gösteren *Fagus sylvatica* L. ağaçlarının yıllık halka kronolojilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, ortalama yıllık halka genişliği ile denizden yüksekliğin negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Lebourgeois ve ark. (2005), Fransa'da 50-1300 m rakımlar arasında farklı biyoklimatik bölgelerde yetişen *Fagus sylvatica* L. ağaçlarının iklim ve büyüme ilişkilerini araştırdıkları çalışmalarında yüksek rakımlarda ve kuru topraklarda yetişen ağaçlarda dar yıllık halkaların gözlemlendiği belirlenmiştir. Wang ve ark. (2005), Çin'in kuzeybatısındaki Tianshan Dağları'nda üç farklı rakımdan alınan *Picea schrenkiana* türünün yıllık halka genişliği üzerine iklimin etkisini inceledikleri çalışmalarında, denizden yükseklik azaldıkça ortalama yıllık halka genişliğinin de azaldığını belirlemiştir. Hoch ve Körner (2005), Bolivya'da yetişen *Polylepis tarapacana* türünün büyümesi üzerine yaptıkları araştırmalarında denizden yükseklik arttıkça maksimum ağaç yüksekliği, yıllık sürgün artımı ve yıllık halka genişliğinin azaldığını belirlemiştir. Massaccesi ve ark. (2008), Güney Amerika'da Tierra del Fuego bölgesinde yetişen *Nothofagus pumilio* türünün rakıma bağlı olarak yıllık halka genişliğindeki değişimi incelemiştir. Araştırma sonucuna göre 200-600 m rakımlar arasında kuzey ve güney bakıdan alınan örnek ağaçların ortalama yıllık halka genişliklerinin denizden yükseklik arttıkça azaldığı belirtilmiştir. Gryc ve ark. (2008), Çek Cumhuriyeti'nde iki farklı yükseltide yetişen Avrupa kayını'nın (*Fagus sylvatica* L.) yıllık halka genişliği ile yükselti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını belirlemiştir. Brookhouse ve Bi, (2009), deniz seviyesinden 1350, 1475 ve 1600 metre yüksekliklerinden almış oldukları *Eucalyptus pauciflora* Sieb. ex Spreng türüne ait odun örneklerinin iklim ve yükseltiye göre yıllık halka genişliklerindeki değişimi incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre yükseltinin artması ile yıllık halka genişliğinin arttığı, en yüksek rakımda yıllık halka genişliği ile maksimum sıcaklık arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğu ve en düşük rakımda yıllık halka genişliği ile yağış miktarı arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Oladi ve ark. (2011), İran'da Hyrcanian ormanlarında 600 m, 1100 m ve 1600 m olarak seçilen araştırma alanlarında yetişen *Fagus orientalis* Lipsky. ağaçlarının kambiyum aktivitesi ve odun yapısını incelemiştir. Bu çalışma sonucunda; kayın ağaçlarının en iyi gelişimi 1100 metre yükseklikte yaptığı, bu yükseltinin üzerinde büyüme periyodu uzunluğu, hücre üretim oranı ve ortalama yıllık halka genişliğinin azaldığı belirtilmiştir. Maxime ve Hendrik (2011), Fransa'da Ventoux Dağı'nda 950-1500 m rakımlar arasında yayılış gösteren *Abies alba* Mill. ve *Fagus sylvatica* L. türlerinin çap büyümeleri üzerine iklimin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, rakım arttıkça *Fagus sylvatica* L.'nin radyal büyümesinin azaldığı belirtilmiştir. Köse ve Güner (2012), Borçka-Artvin'de 1830-2120 m rakımlar arasından almış oldukları 10 adet Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ağacının

radyal büyümesi üzerine sıcaklık ve yağışın etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda Doğu kayını'nın ilkbahar odunu, yaz odunu ve toplam yıllık halka genişliğinin iklimden etkilendiğini belirlemişlerdir. Topaloğlu (2013), Sinop yöresinde doğal olarak yetişen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ağaçlarının yıllık halka genişlikleri ile arazinin denizden yüksekliği, bakışı ve toprak özellikleri arasında anlamlı ilişkiler olmadığını belirlemiştir.

Odunun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile İlgili Araştırmalar

Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri ile ekolojik faktörler arasındaki ilişkiler konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar çok az sayıda olup başlıcaları şunlardır: Bircan (2008), Batı Karadeniz kıyı bölgesinde yetişen kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetişme ortamı değişkenleriyle ilişkisini araştırdığı çalışmada arazinin eğimi arttıkça odunun radyal sertliğinin azaldığını, denizden yükseklik arttıkça odunun hacimsel daralma yüzdesinin arttığını ve toprağın asitliği azaldıkça odunun enine sertlik değerinin arttığını belirlemiştir. Kahveci (2012), farklı yetişme ortamı koşullarının Sakallı kızılbaş (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkilerini araştırdığı çalışmada bazı toprak özellikleri (toz oranı, kum oranı, FSK ve toprak pH'si) ile Sakallı kızılbaş odununun yoğunluk ve bazı mekanik özellikleri (eğilme direnci, liflere paralel basınç direnci) arasında önemli ilişkiler olduğunu, yükseltti arttıkça Arhavi yöresinde eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci ve dinamik eğilme (şok) direncinin azaldığını belirlemiştir. Topaloğlu (2013), Sinop yöresinde arazinin denizden yüksekliği, bakışı ve toprak özellikleri ile Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri arasında anlamlı ilişkiler olduğunu tespit etmiştir. Buna göre denizden yükseklik arttıkça Sinop yöresinde odunun hacimsel genişleme yüzdesi, Ayancık yöresinde hacim yoğunluk değeri ve hacimsel daralma yüzdesi azalmıştır. Odunun mekanik özelliklerinden teğet kesitte makaslama direncinin her iki yörede de denizden yükseklik arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca Sinop yöresinde topraktaki toz miktarı arttıkça tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, hacim yoğunluk, eğilme direnci ve teğet kesitte makaslama direnci değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Ekolojik faktörlerin odunun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri konusunda Türkiye dışında yapılmış başlıca çalışmalar şunlardır: Barajas-Morales (1987), Meksika'da iki tropikal ormanda yayılış gösteren 220 tane ağaç türünün özgül ağırlıklarını araştırdığı çalışmada, yağış miktarının az olduğu bölgelerde yetişen ağaçların özgül ağırlıklarının yüksek, fazla olan bölgelerde yetişen ağaçların özgül ağırlıklarının ise düşük olduğu ve bu sonucun trahe özellikleri ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Hernandez ve Restrepo (1995), Kolombiya ve Venezuela'da 11 bölgede yetişen *Alnus acuminata* H.B.K. türünün odun özelliklerindeki değişimi inceledikleri çalışmalarında denizden yüksekliğin odun yoğunluğu üzerinde etkisinin olmadığı, bölgeler arasında farklılık bulunduğunu belirlemişlerdir. Wiemann ve Williamson (2002); Amerika, Meksika, Guatemala, Costa Rica, Panama, İngiltere, Gabon ve Nijerya olmak üzere toplam 20 bölgeden almış oldukları yapraklı ağaç türleri odunlarının özgül ağırlıklarındaki değişimleri bölgeler arasında incelemişlerdir. Bu araştırmanın sonucunda özgül ağırlık ile denizden yükseklik arasında bir ilişkinin olmadığı, enlem derecelerinin azalması ile özgül ağırlığın arttığını belirlemişlerdir. Govorcın ve ark. (2003), Hırvatistan'da yayılış gösteren *Fagus sylvatica* L. odununun bazı fiziksel (yoğunluk, hacimsel daralma) ve mekanik (liflere paralel basınç direnci, statik eğilme direnci) özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, denizden yüksekliğin artması ile araştırılan odun özelliklerinin azalma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Muller-Landau (2004), Costa Rica, Panama, Peru ve Brezilya olmak üzere dört tropikal ormandaki ağaç türlerinin özgül ağırlıkları ile iklim ve toprak verimliliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışma sonucunda özgül ağırlık ile çevresel faktörler ve toprak verimliliği arasında hem türler arasında hem de bölgeler arasında önemli ilişkilerin olduğu, özgül ağırlık ile toprak verimliliği arasında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Bhat ve Priya (2004), Hindistan'da üç ayrı yetişme yerinden aldıkları teak

(*Tectona grandis* L.f.) odununun anatomik ve mekanik özelliklerindeki değişimi inceledikleri çalışmalarında araştırılan odun özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre teak olgun odununda trahe çapının artması ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülünün azaldığı; liflere paralel basınç direncinin arttığı belirlenmiştir. Sopushynskyy ve ark. (2005), Ukrayna'nın Carpathian Dağları'nda yetişen 80-120 yaşlarındaki Avrupa kayını'nın (*Fagus sylvatica* L.) rutubet miktarı ve yoğunluğu üzerine yetiştirme yeri faktörlerinin (sıcaklık, yıllık yağış miktarı, toprak yapısı) etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda, üç yükselti basamağına ayrılmış olan araştırma alanlarında en yüksek yoğunluk ve rutubet miktarı değerlerinin 600-950 m yükselti arasında yetişen ağaçlara ait olduğu, bu yükselti arasında sıcaklık derecesi ve yağış miktarının en uygun değerlerde olduğu, 600 m'nin altındaki ve 950 m'nin üzerindeki rakımlarda yetişen ağaçların en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Chave ve ark. (2006), Orta Amerika'dan Arjantin'e kadar neotropical ormanlarda doğal olarak yayılış gösteren toplam 2456 adet iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının odun yoğunluğundaki değişimi bölgesel, taksonomik ve filogenetik olarak araştırmışlardır. Yapılan coğrafik analizler sonucunda, denizden yüksekliğin artması ile odun yoğunluğunda önemli bir azalma olduğu ve düşük rakımlı bölgeler arasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nemli ormanlarda yetişen ağaçların kurak ormanlarda yetişenlere göre oldukça düşük odun yoğunluğuna sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Swenson ve Enquist (2007), iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin odun yoğunluklarında meydana gelen coğrafik ve filogenetik değişimi araştırdıkları çalışmalarında, odun yoğunluğunun denizden yükseklik ve enlem dereceleri ile negatif ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Barij ve ark. (2007), İtalya'da bir araştırma alanında eğimli bir tepe boyunca yayılış gösteren 45 adet *Quercus pubescens* Willd. türünün ksilem yapısı ve su iletim özellikleri üzerine toprak yapısının ve yükseltinin etkisini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre yükseltinin artması ile topraktaki su miktarının ve trahe lümen genişliğinin azaldığı, odun yoğunluğu ve basınç direncinin ise arttığı belirlenmiştir. Gryc ve ark. (2008), Çek Cumhuriyeti'nde iki farklı yükseltide yetişen Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) odununun ortalama yoğunluk ve hacimsel genişleme değerleri ile yükselti arasında anlamlı bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Moore ve ark. (2009), Kuzey Britanya'da yetişen Sitka ladini'nin (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) odun kalitesi üzerine yetiştirme ortamı ve meşcere özelliklerinin etkisini araştırdıkları çalışmalarında denizden yükseklik arttıkça odunun dinamik elastikiyet modülünün azaldığını ve bu azalışın büyüme mevsimi boyunca yaşanan sıcaklık, yağış ve rüzgârlılık gibi iklimsel faktörlerden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Martinez-Cabrera ve ark. (2009), Kuzey ve Güney Amerika'dan sekiz bölgeden almış oldukları 61 adet çalı türünün odun anatomisi, odun yoğunluğu ve iklim özellikleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışma sonucunda odun yoğunluğunun ortalama yıllık yağış miktarı ve kuraklık indeksi ile negatif, ortalama yıllık sıcaklık ile pozitif ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Onoda ve ark. (2010), Avustralya'da yetişen 12 familyaya ait 32 türün odun yoğunluğu ve mekanik özellikleri (eğilme direnci ve elastikiyet modülü) arasındaki ilişkiyi yetiştirme yeri özellikleri ile karşılaştırarak incelemiştir. Çalışma sonucunda odun yoğunluğu ile belirlenen mekanik özellikler arasında kuvvetli ve pozitif bir ilişki olduğu, mekanik özelliklerin yetiştirme yeri koşullarına göre değişmediği ve yıllık yağış miktarı daha az olan bölgelerde odun yoğunluğunun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Zhang ve ark. (2011), Çin'de 98 farklı örnek alanda, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç olmak üzere toplam 618 adet ağaç türünün odun özellikleri (yoğunluk, hacimsel daralma katsayısı, eğilme direnci, elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci, sertlik, liflere paralel çekme direnci, liflere paralel radyal yönde makaslama direnci) ile enlem dereceleri, yükselti ve iklim faktörleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma sonucunda iğne yapraklı ağaçlarda tür düzeyinde enlem dereceleri ile odun yoğunluğu, sertlik ve radyal büyüme arasında negatif; yükselti ile hacimsel daralma katsayısı arasında pozitif; liflere paralel radyal yönde

makaslama direnci ve radyal büyüme arasında ise negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapraklı ağaçlarda çoğu odun özelliklerinin enlem dereceleri ile değiştiği, sadece liflere paralel radyal makaslama direnci ve sertliğin yükselti ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Kiaei (2011), Kuzey İran'da yetişen ve üç farklı rakımdan (300 m, 750 m ve 1200 m) almış olduğu *Carpinus betulus* ağaçlarının odun yoğunluğu ve lif özellikleri üzerine denizden yüksekliğin etkisini araştırdığı çalışmada denizden yükseklik arttıkça odun yoğunluğu ve lif çeper kalınlığının arttığını; lif uzunluğu, lif genişliği ve lif lümen çapının azaldığını belirlemiştir. Kiaei ve Samariha (2011), Batı Mazandran ormanlarında üç yükselti (500 m, 1200 m, 1400 m) sınıfından almış oldukları *Pinus eldarica* Medw türünün bazı anatomik, fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 1200 metre rakımda yetişen ağaçların odun özelliklerinin diğer rakımlarda yetişenlerden daha yüksek olduğu ve bu sonucun yine aynı rakımdaki ağaçların traheid hücre çeper kalınlığı ve uzunluğunun diğer rakımlarda yetişenlerden daha yüksek olmasına bağlanılabileceği belirtilmiştir. Sheikh ve ark. (2011), Hindistan'da Garhwal Himalaya dağlarında yayılış gösteren 34 tane ağaç türünün özgül ağırlıklarını araştırdıkları çalışmalarında rakım arttıkça özgül ağırlığın da arttığını belirlemişlerdir. Kiaei (2012), Kuzey İran'da doğal ormanlarda ve üç farklı rakımda (300 m, 700 m ve 1100 m) yetişen *Carpinus betulus* ağaçlarının tam kuru yoğunluk değeri ve hacimsel daralma yüzdesi üzerine yükseltinin etkisini araştırdığı çalışmada denizden yükseklik arttıkça araştırılan bu özelliklerin de arttığını belirlemiştir.

Sonuçlar

Konu ile ilgili yapılan araştırmalar, gerek iğne yapraklı gerekse yapraklı ağaç türlerinin yetiştikleri coğrafi bölgenin enlem dereceleri, denizden yüksekliği, iklim özellikleri gibi ekolojik faktörlerin odun özellikleri üzerinde genellikle etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca bazı bölgelerde yıllık yağış miktarının odunun yoğunluk değeri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Yetiştirme ortamı özellikleri ya da ekolojik faktörler, ağaçların gelişimi ve buna bağlı olarak odun yapısı üzerinde etkili olmaktadır. Ağacın radyal büyümesi sonucu oluşan yıllık halka yapısı özellikle yetiştirme ortamının sıcaklık ve yağış miktarına göre değişmektedir. Yıllık halka yapısındaki değişiklikler odunun yoğunluğunu etkilemekte ve odun yoğunluğundaki değişimler de odunun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Bilindiği gibi odunun fiziksel ve mekanik özellikleri odunun kullanım alanlarını sınırlayan önemli özelliklerindedir. Orman ürünleri endüstrisinin hammadde ihtiyacına cevap verebilecek iyi kalite özelliğinde ağaçlar yetiştirebilmek için ağaçların en iyi artım yapabileceği sahaların ve en uygun idare süresinin belirlenmesi gerekmektedir. En iyi odun üretiminin gerçekleştiği sahaların belirlenerek bu sahalarda uygulanacak olan silvikültürel işlemler ile gerekli tedbirlerin alınması sağlanmalıdır. Ayrıca artan hammadde ihtiyacına cevap verebilmek ve kaliteli hammadde üretebilmek için disiplinlerarası işbirliği çerçevesinde ekoloji, silvikültür ve odun teknolojisi alanlarında ortak çalışmaların gerçekleştirilmesi de faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- Aguilar-Rodriguez S, Terrazas T and Lopez-Mata L. 2006. Anatomical Wood Variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) Along its Natural Range in Mexico. *Trees* 20: 253-261.
- Alves E. S and Angyalossy-Alfonso V. 2000. Ecological Trends in the Wood Anatomy of Some Brazilian Species. 1. Growth Rings and Vessels. *IAWA Journal* 21(1): 3-30.
- Baas P and Miller R. B. 1985. Functional and Ecological Wood Anatomy Some Introductory Comments. *IAWA Bulletin* n.s. 6(4): 281-282.
- Barajas-Morales J 1987. Wood Specific Gravity in Species from Two Tropical Forests in Mexico. *IAWA Bulletin* n.s. 8(2): 143-148.

- Barj N, Stokes A, Bogaard T and Van Beek R. 2007. Does Growing on A Slope Affect Tree Xylem Structure and Water Relations? *Tree Physiology* 27: 757-764.
- Barichivich J, Sauchyn D. J. and Lara A. 2009. Climate Signals in High Elevation Tree-Rings from the Semiarid Andes of North-Central Chile: Responses to Regional and Large-Scale Variability. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281: 320-333.
- Bayramzadeh V, Attarod P, Ahmadi M. T. Rezaee Amruabadi S. H. and Kubo T. 2011. Does the Climate of the Origin Control Anatomical Characteristics of the Vessel Elements as well as Different Foliar Traits in *Fagus crenata*? *Journal of Forest Science* 57(9): 377-383.
- Bhat K. M. and Priya P. B. 2004. Influence of Provenance Variation on Wood Properties of Teak from the Western Ghat Region in India. *IAWA Journal* 25(3): 273-282.
- Bircan, Ş 2008. Batı Karadeniz Kıyı Bölgesinde Yetişen Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Yetiştirme Ortamı Değişkenleriyle İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce.
- Birtürk, T 2011. Karadeniz Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Akçaağaç (*Acer L.*) Taksonları Odunlarının Anatomik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Bouriaud O, Breda N, Le Moguedec G and Nepveu G. 2004. Modelling Variability of Wood Density in Beech as Affected by Ring Age, Radial Growth and Climate. *Trees* 18: 264-276.
- Bozkurt A. Y. ve Erdin N. 2000. Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 4263, Fakülte Yayın No: 466, İstanbul.
- Bozlar, T 2012. Sinop Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Taksonu Odununun Anatomik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Ortamı Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Brookhouse M. T. and Bi H. 2009. Elevation-Dependent Climate Sensitivity in *Eucalyptus pauciflora* Sieb. ex Spreng. *Trees* 23: 1309-1320.
- Chave J, Muller-Landau H. C. Baker T. R. Easdale T. A. Steege H. T. and Webb C. O. 2006. Regional and Phylogenetic Variation of Wood Density Across 2456 Neotropical Tree Species. *Ecological Applications* 16(6): 2356-2367.
- Çepel, N 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3886, Sosyal B. M. Y. O. Yayın No: 433, İstanbul.
- Dolezal J, Ishii H, Kyncl T, Takahashi K, Vetrova V. P. Homma K, Sumida A. and Hara T. 2010. Climatic Factors Affecting Radial Growth of *Betula ermanii* and *Betula platyphylla* in Kamchatka. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 273-285.
- Erşen, B. F 2006. Türkiye’de Yetişen *Oleaceae* Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Fritts, H. C 1962. The Relation of Growth Ring Widths in American Beech and White Oak to Variations in Climate. *Tree-Ring Bulletin* 25(1-2): 2-10.
- Gea-Izquierdo G, Fonti P, Cherubini P, Martin-Benito D, Chaar H. and Canellas I. 2012. Xylem Hydraulic Adjustment and Growth Response of *Quercus canariensis* Willd. to Climatic Variability. *Tree Physiology* 32: 401-413.
- Genç, R 2010. Camili’deki Bazı Odunsu *Angiospermae* Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Gerçek Z, Merev N, Anşın R, Özkan Z. C. Terzioğlu S, Serdar B. ve Birtürk T. 1998. Türkiye’deki Gürgeç Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.)’ın Ekolojik Odun Anatomisi. Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu, İstanbul.

- Gerçek, Z 1984. Türkiye’de Yetiştirilen *Camellia sinensis* (L.) Kuntze’nin İç Morfolojik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, K.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Govorcin S, Sinkovic T and Trajkovic J. 2003. Some Physical and Mechanical Properties of Beech Wood Grown in Croatia. *Wood Research* 48(3): 39-52.
- Gryc V, Vavrcik H and Gomola S. 2008. Selected Properties of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of Forest Science* 54(9): 418-425.
- Hernandez R. E. and Restrepo, G. 1995. Natural Variation in Wood Properties of *Alnus acuminata* H.B.K. Grown in Colombia. *Wood and Fiber Science* 27(1): 41-48.
- Hoch G. and Körner C. 2005. Growth, Demography and Carbon Relations of Polylepis Trees at the World’s Highest Treeline. *Functional Ecology* 19: 941-951.
- Kahveci, E 2012. Farklı Yetiştirme Ortamı Koşullarının Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kiaei, M 2011. Basic Density and Fiber Biometry Properties of Hornbeam Wood in Three Different Altitudes at Age 12. *Middle-East Journal of Scientific Research* 8(3): 663-668.
- Kiaei M. and Samariha A. 2011. Relationship Between Altitude Index and Wood Properties of *Pinus eldarica* Medw (Case Study in North of Iran). *Gazi University Journal of Science* 24(4): 911-918.
- Kiaei, M 2012. Effect of Site and Elevation on Wood Density and Shrinkage and Their Relationships in *Carpinus betulus*. *Forestry Studies in China* 14(3): 229-234.
- Köse N. ve Güner H. T. 2012. The Effect of Temperature and Precipitation on the Intra-Annual Radial Growth of *Fagus orientalis* Lipsky in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 36(4): 501-509.
- Köse N. Akkemik Ü. ve Güner H. T. 2009. Dendrokronoloji. *Doğa ve Toplum*, Sayı: 2.
- Lebourgeois F. Breda N. Ulrich E. ve Granier A. 2005. Climate-Tree-Growth Relationships of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees* 19: 385-401.
- Lens F. Gasson P. Smets . and Jansen S. 2003. Comparative Wood Anatomy of Epacrids (Styphelioideae, Ericaceae *s.l.*). *Annals of Botany* 91(6): 835-856.
- Lens F, Luteyn J. L. Smets E. and Jansen S. 2004. Ecological Trends in the Wood Anatomy of Vaccinioideae (Ericaceae *s.l.*). *Flora* 199: 309-319.
- Liu J. and Noshiro S. 2003. Lack of Latitudinal Trends in Wood Anatomy of *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae), A Species With A Worldwide Distribution. *American Journal of Botany* 90(4): 532-539.
- Martinez-Cabrera H. I. Jones C. S. Espino S. and Schenk H. J. 2009. Wood Anatomy and Wood Density in Shrubs: Responses to Varying Aridity Along Transcontinental Transects. *American Journal of Botany* 96(8): 1388-1398.
- Massaccesi G, Roig F. A. Martinez Pastur G. J. and Barrera M. D. 2008. Growth Patterns of *Nothofagus pumilio* Trees Along Altitudinal Gradients in Tierra del Fuego, Argentina. *Trees* 22: 245-255.
- Maxime C. and Hendrik D. 2011. Effects of Climate on Diameter Growth of Co-Occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* Along An Altitudinal Gradient. *Trees* 25: 265-276.
- Merev, N 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, Trabzon.
- Merev N, Serdar B, Erşen Bak F. ve Birtürk T. 2000. Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Meşe (*Quercus* L.) Taksonlarının Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi. K.T.Ü. Araştırma Projesi, Trabzon.

- Moore J. R. Lyon A. J. Searles G. J. and Vihermaa L. E. 2009. The Effects of Site and Stand Factors on the Tree and Wood Quality of Sitka Spruce Growing in the United Kingdom. *Silva Fennica* 43(3): 383-396.
- Moshtagh Kahnamoie M. H. Bijker W and Sagheb–Talebi K. 2004. The Relation Between Annual Diameter Increment of *Fagus orientalis* and Environmental Factors (Hyrcanian Forest) Improvement and Silviculture of Beech. Proceedings from the 7th International Beech Symposium, Tehran, Iran, 76-82.
- Moya R. and Tomazello F. M. 2008. Variation in the Wood Anatomical Structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) Trees at Different Ecological Conditions in Costa Rica. *International Journal of Tropical Biology and Conservation* 56(2): 689-704.
- Muller-Landau H. C 2004. Interspecific and Inter-site Variation in Wood Specific Gravity of Tropical Trees. *Biotropica* 36(1): 20-32.
- Naidoo S, Zonak A. and Ahmed F. 2006. The Effect of Moisture Availability on Wood Density and Vessel Characteristics of *Eucalyptus grandis* in the Warm Temperate Region of South Africa. *Wood Structure and Properties, Zvolen, Slovakia*, 117-122.
- Noshiro S. Suzuki M. and Ohba H. 1995. Ecological Wood Anatomy of Nepalese *Rhododendron* (Ericaceae). Interspecific Variation. *Journal of Plant Research* 108: 1-9.
- Noshiro S, Ikeda H and Joshi L. 2010. Distinct Altitudinal Trends in the Wood Structure of *Rhododendron arboreum* (Ericaceae) in Nepal. *IAWA Journal* 31(4): 443-456.
- Noshiro S, Joshi L and Suzuki M. 1994. Ecological Wood Anatomy of *Alnus nepalensis* (Betulaceae) in East Nepal. *Journal of Plant Research* 107: 399-408.
- Oladi R. Pourtahmasi K. Eckstein D. and Brauning A. 2011. Seasonal Dynamics of Wood Formation in Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Along An Altitudinal Gradient in the Hyrcanian Forest, Iran. *Trees* 25: 425-433.
- Onoda Y. Richards A. E. and Westoby M. 2010. The Relationship Between Stem Biomechanics and Wood Density is Modified by Rainfall in 32 Australian Woody Plant Species. *New Phytologist* 185: 493-501.
- Pande P. K. Chauhan L. and Singh M. 2005. Wood Anatomical Variations Within the Genus *Castanopsis*. *Journal of Tropical Forest Science* 17(3): 366-371.
- Patterson R. and Tanowitz B. D. 1989. Evolutionary and Geographic Trends in Adaptive Wood Anatomy in *Eriastrum densifolium* (Polemoniaceae). *American Journal of Botany* 76(5): 706-713.
- Piovesan G. Biondi F. Bernabei M. Di Filippo A. and Schirone B. 2005. Spatial and Altitudinal Bioclimatic Zones of the Italian Peninsula Identified from A Beech (*Fagus sylvatica* L.) Tree-Ring Network. *Acta Oecologica* 27: 197-210.
- Pourtahmasi K. Lotfiomran N. Brauning A and Parsapajouh D. 2011. Tree-Ring Width and Vessel Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Along An Altitudinal Gradient in The Caspian Forests, Northern Iran. *IAWA Journal* 32(4): 461-473.
- Sarıbaş M. ve Yaman Ö. 2009. Antalya-Kemer ve Zonguldak-Devrek'te Yetişen *Celtis australis* L. Üzerinde Ksilolojik Araştırmalar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 11(15): 1-15.
- Serdar B. ve Gerçek Z. 2007. Kavak (*Populus* L.) Odunlarının Anatomik Özelliklerinin Anatomik Olmayan Faktörlere Bağlı Varyasyonları. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi* 3(1): 76-89.
- Serdar B, Birtürk T ve Genç R 2010. Artvin-Camili Bölgesinde Yetişen *Rhododendron* L. Taksonları Odunlarının Yükseltiye Bağlı Varyasyonları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, 1091-1099.
- Serdar, B 2003. Türkiye'de Doğal Olarak Yetişen Salicaceae Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

- Sheikh M. A. Kumar M. and Bhat J. A. 2011. Wood Specific Gravity of Some Tree Species In The Garhwal Himalayas, India. *Forestry Studies in China* 13(3): 225-230.
- Sopushynskyy I, Vintoniv I, Teischinger A and Michalak R. 2005. The Influence of Site Factors on Wood Density and Moisture Content of Beech in the Ukrainian Carpathians. *Wood Research* 50(1): 43-49.
- Splechtina B. E. Dobryns J and Klinka K. 2000. Tree-Ring Characteristics of Subalpine Fir (*Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt.) in Relation to Elevation and Climatic Fluctuations. *Annals of Forest Science* 57(2): 89-100.
- Swenson N. G. and Enquist B. J. 2007. Ecological and Evolutionary Determinants of A Key Plant Functional Trait: Wood Density and its Community-Wide Variation Across Latitude and Elevation. *American Journal of Botany* 94(3): 451-459.
- Şanlı, İ 1978. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'nin Türkiye'de Çeşitli Yörelerde Oluşan Odunları Üzerinde Anatomik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2410, Orman Fakültesi Yayın No: 256, İstanbul.
- Takahashi K. Tokumitsu Y. and Yasue K. 2005. Climatic Factors Affecting the Tree-Ring Width of *Betula ermanii* at the Timberline on Mount Norikura, Central Japan. *Ecological Research* 20: 445-451.
- Terrazas T. Aguilar-Rodriguez S. and Lopez-Mata L. 2008. Wood Anatomy and its Relation to Plant Size and Latitude in *Buddleja* L. (Buddlejaceae). *Interciencia* 33(1): 46-50.
- Topaloğlu, E 2013. Doğu Kayını'nın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Odun Özellikleri Üzerine Bazı Yetiştirme Ortamı Koşullarının Etkisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Van Den Oever L. Baas P. and Zandee M. 1981. Comparative Wood Anatomy of *Symplocos* and Latitude and Altitude of Provenance. *IAWA Bulletin n.s.* 2(1): 3-24.
- Wang T. Ren H. and Ma K. 2005. Climatic Signals in Tree Ring of *Picea schrenkiana* Along An Altitudinal Gradient in the Central Tianshan Mountains, Northwestern China. *Trees* 19: 735-741.
- Wiemmann M. C. and Williamson G. B. 2002. Geographic Variation in Wood Specific Gravity: Effects of Latitude, Temperature, And Precipitation. *Wood and Fiber Science* 34(1): 96-107.
- Wimmer, R 2002. Wood Anatomical Features in Tree-Rings as Indicators of Environmental Change. *Dendrochronologia* 20(1-2): 21-36.
- Yaltrık, F 1968. Memleketimizin Doğal Akçağaç (*Acer* L.) Türlerinin Odunlarının Anatomik Özellikleri ile Yetiştirme Yeri Arasındaki Münasebet. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 18(2): 77-89.
- Yaman, B ve Sarıbaş, M. 2004. Türkiye'nin Euxine Bölgesindeki Doğal Kavak (*Populus* L.) Taksonlarında Yükseltiyle İlişkili Olarak Trahe Hücre Boyutlarındaki Varyasyonlar. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 1: 111-123.
- Yaman, B 2008. Variation in Quantitative Vessel Element Features of *Juglans regia* Wood in the Western Black Sea Region of Turkey. *Agrociencia* 42(3): 357-365.
- Yılmaz M, Serdar B, Altun L ve Usta A. 2008. Relationship Between Environmental Variables and Wood Anatomy of *Quercus pontica* C. Koch (Fagaceae). *Fresenius Environmental Bulletin* 17(7b): 902-910.
- Zhang S. B. Slik J. W. Zhang J. L. and Cao K. F. 2011. Spatial Patterns of Wood Traits in China are Controlled by Phylogeny and the Environment. *Global Ecology and Biogeography* 20(2): 241-250.