

## *Carpinus betulus* L. Yapraklarının Bazı Ekofizyolojik Özellikleri ile Meşcere Işık Geçirgenliği ve Kanopi Boşluğu Arasındaki İlişkiler

Melih ÖZTÜRK<sup>1</sup> İlyas BOLAT<sup>2</sup> Davut ÖZER<sup>2</sup><sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, Bartın<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bartın

\*Sorumlu Yazar:

E-mail: melihozturk@bartin.edu.tr

Geliş Tarihi: Temmuz 08, 2014

Kabul Tarihi: Ağustos 14, 2014

### Özet

Yaprak döken orman ağaçlarının, yaprak boyutu, ağırlık, nem gibi bazı fizyolojik özelliklerinin mevsimlik değişimi üzerinde iklim, bilhassa sıcaklık faktörlerinin etkisi, ekofizyolojinin son yıllardaki yoğun araştırma konuları arasına girmiştir. Küresel ve yerel düzeylerdeki ısınmaların, ağaçların yaprak fizyolojisi ve dolayısıyla peyzaj ve orman ekolojisi üzerindeki tesirlerinin araştırıldığı uluslararası çalışmalar hız kazanmıştır. Bu nedenle, Bartın ili Balamba kent orman parçacığında, *Carpinus betulus* L. yapraklarının boyut, ağırlık ve nem gibi fizyolojik özellikleri ile meşcerenin ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu, 50 günlük süre (16 Nisan ile 5 Haziran 2012 arası) içerisinde takip edildi. Bu yaprak fizyolojisi ve kanopi parametrelerinin değişiminin kendi aralarındaki ve hava-toprak sıcaklığı, hava nemi gibi iklim parametrelerinin değişimi ile arasındaki ilişkiler analiz edildi. Öncelikle, yaprakların boyutu ile ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu arasında anlamlı negatif yüksek ilişki ( $r \leq -0.97$ ,  $P < 0.01$ ) söz konusudur. Yaprakların yaş ağırlığı ile yaprak boyutu arasında pozitif, ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu arasında da negatif olmak üzere yine benzer düzeyde anlamlı ilişki göze çarpmaktadır. Öte yandan, hava sıcaklığı ile kuru yaprak ağırlığı haricindeki diğer yaprak fizyolojisi ve kanopi parametreleri arasında anlamlı yüksek bir ilişki tespit edilememiştir. Buna karşılık, özellikle 20 ve 50 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ile yaprak nemi de (negatif) dâhil olmak üzere tüm yaprak fizyolojisi (pozitif) ve kanopi parametreleri (negatif) arasında anlamlı yüksek ilişkiler dikkati çekmektedir. Tüm bu sonuçlar, sürdürülebilir peyzaj ve orman ekolojisi için iklim faktörlerinden bilhassa kök seviyesindeki toprak sıcaklığının, muhtemel iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirildiğinde, üzerinde durulması gereken bir parametre olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** ekofizyoloji, ışık geçirgenliği, kanopi boşluğu, toprak sıcaklığı, kent orman parçacığı, Avrupa Gürgeni.

## Relations Between Some Ecophysiological Characteristics of *Carpinus betulus* L. Leaves and Stand Light Transmission, Canopy Gaps

### Abstract

The influence of climatic, particularly the temperature factors on the seasonal dynamics within some physiological characteristics of deciduous forest trees such as leaf size, mass and moisture has intensively been introduced into the recent research scope. The international studies which try to investigate the impact of global and local warming on the tree leaf physiology and consequently on the landscape and forest ecology have accelerated. Therefore, the physiological characteristics of *Carpinus betulus* L. leaves i.e. size, mass and moisture together with the stand light transmission and canopy gaps were observed during the 50 days period (between April 16<sup>th</sup> and June 5<sup>th</sup> of 2012) in the Balamba urban forest patch of Bartın province. Correlations among the dynamics of these leaf physiology and canopy parameters and with the dynamics of climate parameters i.e. air-soil temperature and air humidity were examined. First of all, there was significant negative high correlation ( $r \leq -0.97$ ,  $P < 0.01$ ) between the leaf size and light transmission-canopy gaps. Similar significant correlation of wet mass of leaves with their sizes was positive whereas with light transmission-canopy gaps was negative. However, the correlations between the air temperature and all of the leaf physiology and canopy parameters except the dry mass were relatively not high and accordingly insignificant. On the other hand, there were significant high correlations of soil temperature particularly at the 20 and 50 cm depths with all the leaf physiology parameters (positive) including also the leaf moisture (negative) and with the canopy parameters (negative). In order to achieve sustainable landscape and forest ecology, all these results indicated that the climate factors in particular the soil moisture was a parameter that should be stressed around the potential climate change concept.

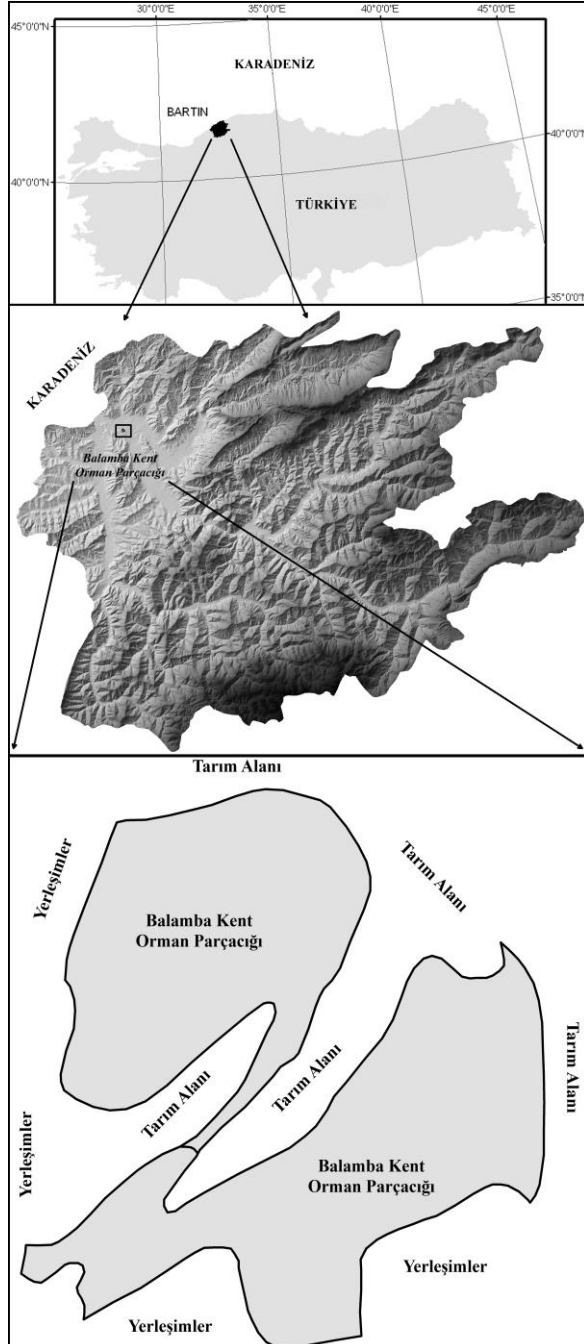
**Keywords:** Ecophysiology, light transmission, canopy gaps, soil temperature, urban forest patch, European hornbeam.

## GİRİŞ

Ekofizyoloji, bitkilerin fizyolojik özellikleri ile bu fizyolojik özellikler üzerinde etkili olan toprak, meteoroloji, bitki örtüsü ve diğer canlılar gibi çevre faktörlerinin ilişkisini inceleyen bilim dalıdır [1]. Orman ağaçlarının fizyolojisinde, yaprakların rolü çok önemlidir. Çünkü, intersepsiyon, evaporasyon, transpirasyon ve bunlara bağlı olarak toprak-su-bitki ilişkileri [2, 3], ışık geçirgenliği, kanopi boşluğu ve bunlara bağlı olarak tohumların çimlenmesi, ölü yaprak örtüsünün ayrışması [4],

gibi süreçler yaprak fizyolojisinden etkilenir. Yaprak döken bitkilerin, meşcerenin ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun değişimi üzerinde önemli etkisi söz konusudur. Kucharik ve diğ. [5] kanopi kapalılığının, kanopinin altına iletilen ışık miktarını etkilediğini ifade etmiştir. Yaprak döken bitkilerin, tomurcuk patlaması, yapraklanma, yaprak büyüme ve yaprak dökme zamanları gibi fenolojik ve fizyolojik süreçleri ile meteorolojik parametrelerin; özellikle de hava-toprak sıcaklık ve neminin ilişkisi

bilinmektedir [6]. Hızlı kentleşme ve sanayileşmeye bağlı olarak, küresel ve bölgesel ölçekte sıcaklık artış tehdidinden bahsedildiği günümüzde [7], bu muhtemel artışın orman ağaçlarının ekofizyolojik hassasiyetleri üzerindeki etkisinin gözlenmesi ve saptanması da oldukça önemlidir [8]. Ağaçların yaprakları ile atmosfer arasında intersepsiyon, buharlaşma ve terleme gibi süreçlere bağlı olarak sürekli gaz ve su alışverişi gerçekleşmekte ve buna bağlı olarak aralarındaki nem dengesi muhafaza olmaktadır [9]. Dolayısıyla, hava nemini ile yaprak nem potansiyeli arasında bir dengenin olması beklenmektedir. Bonan [10] kaybedilen yaprak nemini üzerinde yaprak boyutu ve şeklinin de etkili olduğundan söz etmektedir.



Şekil 1. Balamba kent orman parçasının Bartın Havzası ve Türkiye içindeki konumu.

Bu çerçevede, Bartın İli, Balamba kent orman parçasında bulunan *Carpinus betulus* L. ağaçlarının yapraklarının fizyolojik özelliklerinden boyutu (en ve boy), yaş-kuru ağırlığı ve yaprak neminin değişimi vejetasyon dönemi içerisinde gözlenerek, bunlar ile hava-toprak sıcaklığının ve hava neminin değişimi arasındaki ilişkiler analiz edilmeye çalışılmıştır. Yine, aynı dönem içerisinde, kanopi parametrelerinden ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun değişimi ile bahsedilen fizyolojik ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler de benzer şekilde sorgulanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Alanın Özellikleri

Balamba kent orman parçası, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Bartın şehir merkezinden (Şekil 1) yaklaşık 3 km uzaklıktadır [11]. Hemen hemen düz olan alanın bir kısmı rekreasyon amaçlı kullanılmakta, bir kısmı ise orman olarak muhafaza edilmektedir. Alan 11 hektar yüzölçümüne sahip olup, %70'den fazla kapalılığa sahip olan Avrupa Gürgeni (*Carpinus betulus* L.) ile kaplıdır [12]. Bu gürgenler değişik yaşlı olup, boyları 19 ile 23 m arasında, göğüs yüzeyi çapları ise 14 ile 28 cm arasında değişmektedir [12]. *Betulaceae* familyasının *Coryleae* alt familyasının bir cinsi olan *Carpinus*'un *Carpinus betulus* L. türü aslen orman ağacı olup, 25 m'ye kadar boylanabilir [13]. Hemen hemen bütün Avrupa ve Baltık ülkelerinde yayılmış olduğu için Türkçe'de Avrupa Gürgeni veya Adi Gürgen olarak bilinen bu tür, Türkiye'de Trakya, Marmara ve Karadeniz bölgelerinden Kafkasya ve İran'a kadar uzanır [13]. Bartın Çayı Havzası içerisindeki ormanların alçak ve orta kesimlerinde saf veya karışık meşcereler halinde çoklukla yer almakta [12] ve Bartın kent merkezi içerisinde, ekseriyetle meşelerle (*Quercus robur* L.) karışık orman parçacıkları oluşturmaktadır.

Alanda kahverengi orman toprağı [14] kalkerli ana materyal üzerinde oluşmuştur [15]. Yerleşimler alanın batı ve güney kısımlarında yoğunlaşırken, doğu ve kuzey taraflar tarım arazileri olarak değerlendirilmektedir (Şekil 1). Alandan yaklaşık 350 m uzaklıkta bulunan meteoroloji istasyonunun 30 yıllık (1982-2011) verilerine göre, yıllık sıcaklık ortalaması 12.6°C olup, ortalama yıllık toplam yağış miktarı 1044 mm'dir [16]. Bölge ise nemli mezotermal iklim rejimi içerisine dâhildir [17]. En sıcak ay, ortalama 22.2°C ile Temmuz olup, en serin ay ise, ortalama 4.1°C ile Ocak'tır. En nemli ay, ortalama 123 mm toplam yağış ile Ekim olup, en kurak ay ise, ortalama 49 mm toplam yağış ile Mayıs'tır. Hâkim rüzgâr, Karadeniz'in yer aldığı batı-kuzeybatı ve kuzey-kuzeydoğu yönlerindedir.

### Yaprak Boyut, Ağırlık ve Neminin Hesaplanması

Alandaki kanopi çeşitliliğini en iyi temsil edebilecek toplamda dokuz nokta tespit edildi. Her bir noktanın kanopi izdüşümü kapsamında yer alan ağaçların kolayca ulaşılabilir gölgede kalan yapraklarından, boyut olarak en iyi yansıtılabilir temsil yeteneğinde üçer adet yaprak örneği alınmıştır. Örneklemeler arasındaki süre beş ile dokuz gün arasında değişmekle birlikte, toplam takip süresi 16 Nisan ile 5 Haziran 2012 arasındaki 50 gündür. Bu süre içerisinde, sekiz kez alana gidilip, dokuz noktadan toplamda 216 yaprak örneği alınmıştır. Yaprakların izdüşümleri milimetrik kâğıtlara çizilmek suretiyle yaprak boyutları hesaplanmıştır.

Alınan her bir yaprak, ivedi bir şekilde laboratuvar ortamına taşınmış ve hassas terazi ile tartılmıştır. Böylece yaprakların yaş ağırlığı tespit edilmiştir. Bu yapraklar bir süre bekletilerek hava kurusu haline getirilmiş, daha sonra 70°C sıcaklıktaki etüvde 48 saat bekletilerek tamamen nemsiz hale getirilmiştir. Bu kuru yaprakların tartılması neticesinde de kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlık ile kuru ağırlık farkının, yaş ağırlık içerisindeki yüzdesi cinsinden yaprak nemi ortaya konmuştur [18]. Her noktadan alınan üçer yaprak örneğinin, boyut, ağırlık ve neminin aritmetik ortalaması alınarak o nokta için ortalama bir değer ifade edilmiştir.

### Yarıküre Fotoğraf ile Işık Geçirgenliği ve Kanopi Boşluğunun Analizi

Balamba kent orman parçacığında ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun tespiti, yarıküre fotoğraf tekniğine ve çekilen yarıküre (180°) fotoğrafların görüntü işleme programı kullanılarak analizi yöntemine dayanmaktadır. Alanda bulunan dokuz noktadan, Canon EOS 5D dijital SLR kameraya (Canon EOS 5D Mark II-Canon Şirketi) monte edilen Sigma 8 mm balıkgözü objektif (Sigma F3.5

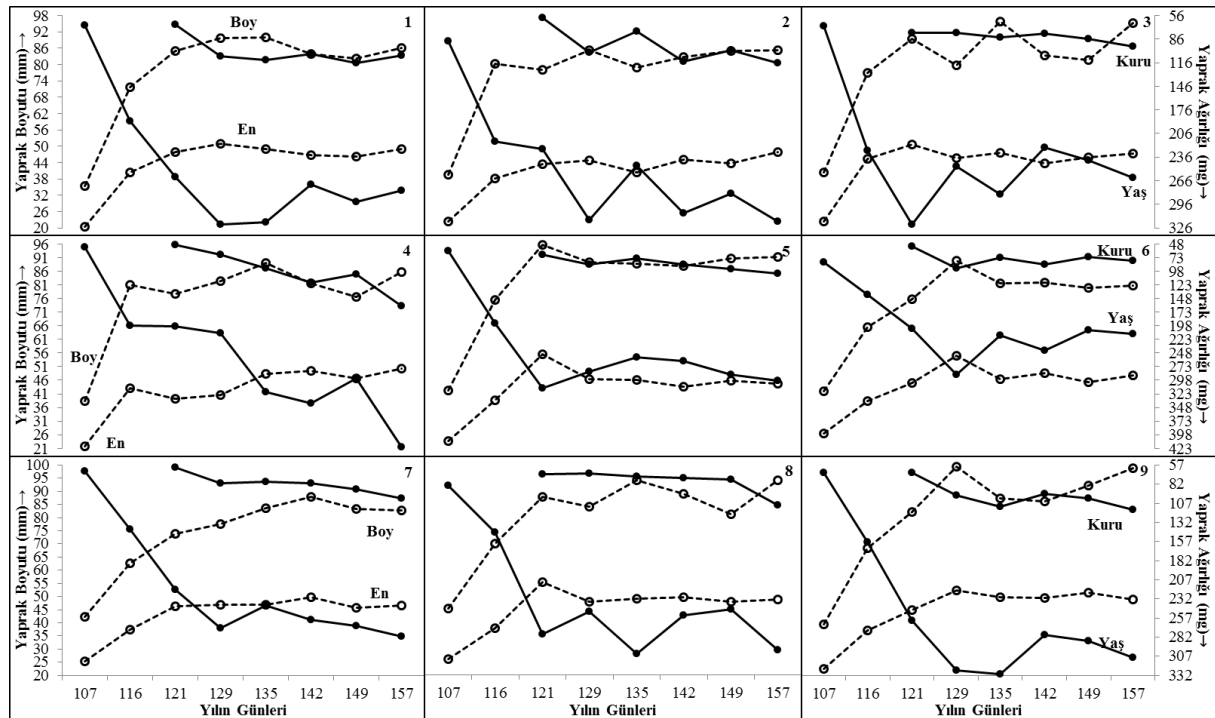
EX DG Dairesel Balıkgözü-Sigma Şirketi) ile çekilen yarıküre fotoğraflar Hemisfer Yazılımı 1.5.3. versiyonu (İsviçre Federal Orman, Kar ve Peyzaj Araştırmaları Enstitüsü) kullanılarak analiz edilmiştir [19]. Dokuz noktadaki farklı kanopilerin yarıküre fotoğraflarının çekilmesi, yaprak örnekleme ile aynı tarihlerde gerçekleştirilmiştir. Dijital yarıküre fotoğrafların analizi sırasında Nobis ve Hunziker'in [20] çalışmasına dayanılarak otomatik eşik belirleme yöntemi tercih edilmiştir. Alana yapılan sekiz teftiş neticesinde, toplamda 72 adet dijital yarıküre fotoğraf çekilmiş ve bunlar analiz edilmiştir. Analizler neticesinde, bu noktalara ait ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun yüzde oranı tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm verilerin istatistik analizi SPSS 16.0 yazılımı (SPSS Firması, Chicago, IL) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaprak boyutu, ağırlık, nem parametrelerinin kendi aralarındaki ve ışık geçirgenliği, kanopi boşluğu ile arasındaki Pearson Korelasyon analizi ve anlamlılık testi yapılmıştır [21]. Ayrıca ifade edilen tüm parametreler ile meteorolojik parametreler arasında da benzer analiz ve testler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Işık geçirgenliği, kanopi boşluğu, yaprak boyutu, ağırlığı ve nemi parametrelerinin kendi aralarındaki ve bazı meteorolojik elemanlar ile ilişkileri.

	Kanopi Boşluğu	Yaprak Boyu	Yaprak Eni	Yaş Y. Ağırlığı	Kuru Y. Ağırlığı	Yaprak Nemi	Ort. H. Stc.	Mak. H. Stc.	Min. H. Stc.	T. Stc. 5 cm	T. Stc. 10 cm	T. Stc. 20 cm	T. Stc. 50 cm	T. Stc. 1 m	Hava Nemi
Işık Geçir.	0.997**	-0.987**	-0.981**	-0.973**	-0.713	0.809	-0.363	-0.076	-0.615	-0.685	-0.744*	-0.841**	-0.870**	-0.855**	-0.354
Kanopi Boşl.		0.985**	0.972**	0.978**	0.896**	0.928**	-0.425	0.124	0.631	0.723*	0.782*	0.876**	0.901**	0.885**	0.307
Yaprak Boyu			0.992**	0.986**	0.671	-0.460	0.400	0.115	0.540	0.745*	0.789*	0.861**	0.860**	0.818*	0.284
Yaprak Eni				0.976**	0.150	0.321	0.312	0.079	0.483	0.703	0.748*	0.819*	0.823**	0.784*	0.352
Yaş Y. Ağırl.					0.863**	-0.691	0.411	0.094	0.587	0.761*	0.812**	0.909**	0.917**	0.875**	0.321
Kuru Y. Ağırl.						0.960**	0.921**	0.733	0.549	0.714	0.797	0.934**	0.986**	0.924**	0.694
Yaprak Nemi							-0.797	-0.647	-0.559	-0.582	-0.682	-0.826*	-0.958**	-0.970**	0.526

\*: Anlamlılık düzeyi;  $P < 0.05$ , \*\*: Anlamlılık düzeyi;  $P < 0.01$ .



**Şekil 2.** Her nokta için yaprak boyutu (boy-en) ve ağırlığının (kuru-yaş) gözlem dönemi süresince değişimi.

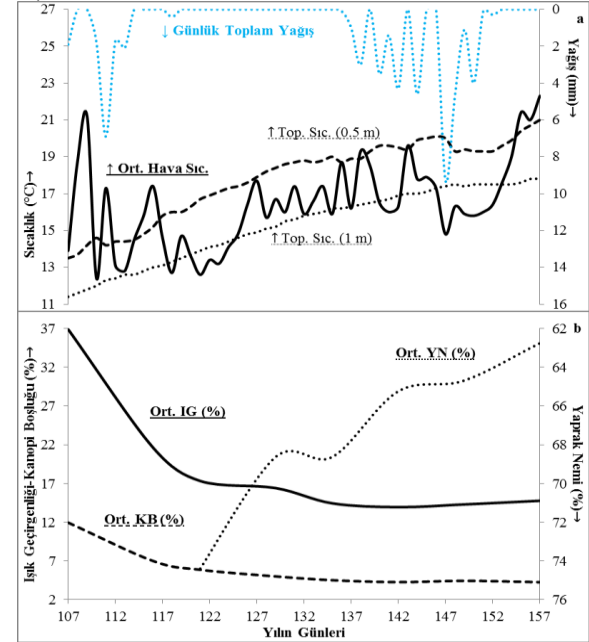
## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yaprak Boyutu, Ağırlık ve Nemi

Yaprakların boyları ve enleri arasında anlamlı pozitif ilişki ( $r=0.99$ ) olup (Çizelge 1), boyları enlerinin en düşük 1.5 ve en yüksek 2.15 katıdır. En uzun yaprak boyu 113 mm ve en geniş yaprak eni ise 62 mm'dir. *Carpinus betulus* L. için, yükseltiye bağlı morfolojik değişimin analiz edildiği İran'da gerçekleştirilen güncel bir çalışmada, 350 m yükseklikte yaprak boyunun yaklaşık 116 mm'ye, eninin ise 58 mm'ye ulaştığı tespit edilmiştir [22]. Yaklaşık Nisan ayının ortasında, sırasıyla 41 mm ve 24 mm olan ortalama yaprak boy ve eninin yine bu ayın sonunda hemen hemen olgun düzeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 2). Bu tarihlerde, ortalama yaprak boyu ve eni sırasıyla 83 mm ve 48 mm'dir (Şekil 2). Nitekim Yaltırık [13], *Carpinus betulus* L. yapraklarının boyu için 30 ile 100 mm, eni için ise 30 ile 50 mm aralığından söz etmektedir. Yaprakların boyutu ile toprak sıcaklığı arasındaki bariz ilişki, köklerin yoğun bulunduğu 0.5 m'lik derinlikte daha belirgin (boy için  $r=0.86$ , en için  $r=0.82$ ) ve anlamlı ( $P<0.01$ ) hale gelmektedir (Çizelge 1). Öztürk ve diğ. [23] aynı alanda yaptıkları bir çalışmada, toprak sıcaklığının *Carpinus betulus* L.'nin yaprak alanı ve kanopi Yaprak Alan İndisi (YAI) üzerinde pozitif anlamlı bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Farnsworth ve diğ. [24] ise genç kayın fidanları üzerinde yaptıkları bir araştırma sonucunda suni toprak ısıtmasının yaprak boyutunu azalttığını tespit etmişlerdir. Nisanın ortalarında, sadece 72 mg olan yaprakların yaş ağırlık ortalamasının yine bu ayın sonlarında 3.5 katına yani 253 mg düzeyine ulaştığı görülmektedir. Bu tarihlerde, yaprak kuru ağırlık ortalaması ise yalnızca 65 mg olup, yaprakların 3/4 oranında nem içerdiğini işaret etmektedir. Bu oran aynı zamanda, yaprakların kuru ağırlıklarının yaklaşık 3.5 katından fazla nem tutabildiğini belirtmektedir. Yaprakların nem içeriğinin zamanla azalmasının yaprak boyutu ile ilişkisinin zayıf olduğu, daha ziyade hava sıcaklığı ve bilhassa kök derinliğindeki toprak sıcaklığından etkilendiği Çizelge 1'den anlaşılmaktadır. Ortalama günlük hava sıcaklığı, 0.5 ve 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı, gözlem süresi içerisinde sürekli artış eğiliminde olduğu Şekil 3a'da görülmektedir. Bu artışın, yaprak nemindeki azalışın zamanla azalmasının yaprak boyutu ile ilişkisinin zayıf olduğu, daha ziyade hava sıcaklığı ve bilhassa kök derinliğindeki toprak sıcaklığından etkilendiği Çizelge 1'den anlaşılmaktadır. Ortalama günlük hava sıcaklığı, 0.5 ve 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı, gözlem süresi içerisinde sürekli artış eğiliminde olduğu Şekil 3a'da görülmektedir. Bu artışın, yaprak nemindeki azalışın zamanla azalmasının yaprak boyutu ile ilişkisinin zayıf olduğu, daha ziyade hava sıcaklığı ve bilhassa kök derinliğindeki toprak sıcaklığından etkilendiği Çizelge 1'den anlaşılmaktadır. Ortalama günlük hava sıcaklığı, 0.5 ve 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı, gözlem süresi içerisinde sürekli artış eğiliminde olduğu Şekil 3a'da görülmektedir. Bu artışın, yaprak nemindeki azalışın zamanla azalmasının yaprak boyutu ile ilişkisinin zayıf olduğu, daha ziyade hava sıcaklığı ve bilhassa kök derinliğindeki toprak sıcaklığından etkilendiği Çizelge 1'den anlaşılmaktadır.

Ortalama yaprak boyutu gibi, yaş ve kuru ağırlık ortalamaları da Mayıs ayının başından Haziran ayının başına kadar hemen hemen sabit seyretmektedir. Nitekim, yaş ağırlık ile yaprak boyu ( $r=0.99$ ) ve eni ( $r=0.98$ ) arasındaki yüksek korelasyon katsayısı da bu anlamlı ilişkiyi ( $P<0.01$ ) ortaya koymaktadır (Çizelge 1). Paridari ve diğ. [22] de yaptıkları çalışmada bu ilişkiyi vurgulamaktadır. Buna karşılık, kuru ağırlık ile yaprak boyutu arasında ilişki düzeyi ise düşüktür. Ortalama yaş ağırlığın 297 mg'a çıktığı Haziran ayı başında, ortalama kuru ağırlık ise 110 mg'a ulaşmıştır. Öte yandan, bu tarihlerde maksimum yaş ve kuru ağırlıklar sırasıyla 442 mg ve 171 mg düzeyindedir (Şekil 2). Ortalama yaprak nemi, ortalama hava sıcaklığının 22.3°C'ye ulaştığı Haziran ayı başında %63'e kadar düşmüştür (Şekil 3a,b). İtalya'da

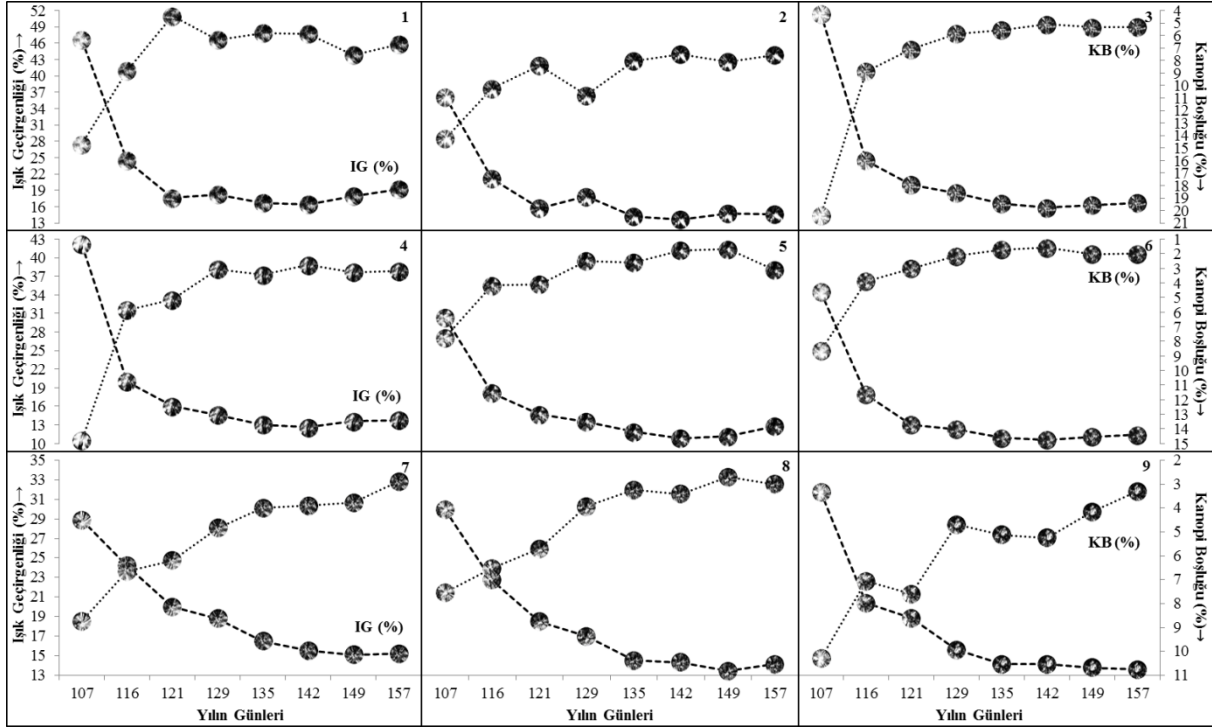
*Fagus sylvatica* L. için yapılan bir çalışmada Haziran ayı ortalarında gölge yapraklar için yaprak nemi %67 bulunmuştur [26]. Çalışma alanında Haziran ayı başında, 0.5 m derinlikteki toprak sıcaklığı 21.0°C'ye, 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı ise 17.8°C'ye çıkmıştır (Şekil 3a).



Şekil 3. Ortalama hava sıcaklığı ile toprak sıcaklığı (0.5 ve 1 m) ve günlük toplam yağışın gözlem dönemi süresince değişimi (a), Ortalama ışık geçirgenliği-kanopi boşluğu (IG-KB) ve yaprak neminin (YN) gözlem dönemi süresince değişimi (b).

### Işık Geçirgenliği ve Kanopi Boşluğu

Işık geçirgenliği ile kanopi boşluğu arasındaki yüksek ilişki ( $r=0.997$ ), Beer yasası olarak bilinen "ışığın soğurulması, soğurucu maddenin yoğunluğuna bağlıdır" ilkesi [27] çerçevesinde değerlendirildiğinde, öngörülebilir bir sonuçtur. Yaprak boyutu ile ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu arasında anlamlı ( $P<0.01$ ) yüksek düzeyde ters korelasyon (boy için  $r=-0.99$ , en için  $r=-0.98$ ,  $-0.97$ ) söz konusudur (Çizelge 1). Yaprak boyutu arttıkça, yaprakların yeri örtme düzeyi artıyor, dolayısıyla ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu azalıyor [10]. Nitekim, Nisan ayı ortalarında, sırasıyla ortalama %37 ve %12 civarında olan ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu, bu ayın sonunda, yaprakların miktar olarak artması ve boyut olarak da büyümesi neticesinde yarı yarıya düşmüşlerdir (Şekiller 2, 3b ve 4). Daha sonra, yaprak boyutu ve yaprak ağırlığı gibi ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğu Mayıs ayının başından Haziran ayının başına kadar hemen hemen durağan bir seyir sergilemektedir (Şekiller 2, 3b ve 4). Bu dönemde en düşük seviye olarak, ışık geçirgenliği %10.6'yı, kanopi boşluğu ise %1.6'yı işaret etmektedir. İlgili parametrelerin aralarındaki anlamlı yüksek korelasyon da bu durumu teyit etmektedir (Çizelge 1). Hava ve bilhassa kök derinliğindeki toprak sıcaklığının teşvik ettiği yaprak büyümesi, ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun azalması ile neticelenmiştir (Şekiller 2, 3ab ve 4). Aralarında *Carpinus betulus* L.'nin de yer aldığı geniş yapraklı orman türlerinin ince kök biyokütlesinin, daha çok toprağın yüzeyden 0.4 m derinlikte yoğunlaştığı, Meinen ve diğ. [28] tarafından ifade edilmektedir. Ortalama ve maksimum hava sıcaklığının ışık geçirgenliği, kanopi boşluğu ve yaprak boyutları üzerinde doğrudan etkisi görülmezken, minimum sıcaklığın bu parametreler ile ilişkili olduğu görülmektedir (Çizelge 1).



Şekil 4. Her nokta için ışık geçirgenliği (IG) ve kanopi boşluğunun (KB) gözlem dönemi süresince değişimi.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonuçları, esas itibarıyla yaprakların boyut, ağırlık, nem gibi fizyolojik özellikleri ve ışık geçirgenliği, kanopi boşluğu gibi kanopi parametreleri üzerinde hava sıcaklığından ziyade kök derinliğindeki toprak sıcaklığının daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, *Carpinus betulus* L.'nin ekofizyolojik özellikleri ve kanopi parametrelerinin değişimi hususunda ışık tutmaktadır. Bununla birlikte, ilgili türün veya başka yaprak döken türlerin diğer fizyolojik özelliklerinin ve kanopi parametrelerinin de dahil olduğu benzer çalışmaların yapılması, uluslararası sahadaki araştırmalara nispeten kısıtlı olan ulusal düzeydeki ekofizyoloji araştırmalarına katkıda bulunacaktır. Benzer çalışmaların, muhtemel iklim değişikliği senaryoları çerçevesinde ekolojik bir model altında irdelenmesi ve öngörülerin değerlendirilmesi de bilime değerli katkı sağlayacaktır.

Kent içerisinde, bitki örtüsünün artan sıcaklığa karşı gölge oluşturmak suretiyle serinletici ve güneş ışınlarına karşı koruyucu etkisi yadsınmaz [29]. Dolayısıyla, kent içerisindeki orman alanlarının ışık geçirgenliği ve kanopi boşluğunun tespit edilmesi, bu alanların rekreasyon amaçlı olarak kullanılma potansiyelini de ortaya koymak açısından önemlidir ve değerlendirilmelidir. Bu durum, rekreasyon amaçlı sürdürülebilir peyzaj planlama ve kent orman parçacıklarının muhafazası açısından oldukça önemlidir.

### Teşekkür

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne sağlamış oldukları yazılı ve sayısal veriler için teşekkürü bir borç bilmekteyiz. Bilhassa, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Ahmet Gedik Bey'e veri temini için ve Orman Genel Müdürlüğü'nden İlksen Ateşoğlu Hanımefendi'ye alana giriş ve uygulama müsaadesi için minnettarız.

## KAYNAKLAR

- [1] Landsberg JJ, Sands P. 2011. Physiological Ecology of Forest Production, Volume: 4, Principles, Processes and Models. Elsevier Academic Press, USA.
- [2] Çepel N. 1993. Toprak, Su, Bitki İlişkileri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [3] Chang M. 2006. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests, 2nd edition. CRC Press, Taylor ve Francis Group, New York.
- [4] Saatçioğlu F. 1976. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri (Silvikültür I). 2. baskı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [5] Kucharik CJ, Norman JM, Gower ST. 1999. Characterization of radiation regimes in non-random forest canopies: theory, measurements, and a simplified modeling approach. *Tree Physiology*. 19:695-706.
- [6] Çepel N. 1983. Orman Ekolojisi, 2. Baskı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [7] IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. In: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden, PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA), 881pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- [8] Root TL, Hughes L. 2005. Present and Future Phenological Changes in Wild Plants and Animals. In: Climate Change and Biodiversity (eds. Lovejoy TE, Hannah L), pp. 61-69. Yale University Press, Michigan, USA.
- [9] Perry DA, Oren R, Hart SC. 2008. Forest Ecosystems, 2nd edition. The Johns Hopkins University Press, Maryland, USA.
- [10] Bonan G. 2008. Ecological Climatology: Concepts and Applications, 2nd edition. Cambridge University Press, New York, USA.

[11] Öztürk M, Bolat İ. 2012. Determination of recreational urban forest patches based on spatial characteristics, Case Study: Bartın (Turkey) city center and vicinity. BENA (Balkan Environmental Association), Sustainable Landscape Planning and Safe Environment. 223-232. Istanbul Technical University, June 21-24, 2012, İstanbul.

[12] OGM (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü) 2011. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne Ait Orman Amenajman Planları. Ankara.

[13] Yalırık F. 1993. Dendroloji Ders Kitabı, Angiospermae. Cilt: 2, Bölüm: 1, 2. baskı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

[14] GTHB (T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı) 2005. Bartın Çayı Havzası'nın Sayısal Toprak Haritaları. Ankara.

[15] MTA (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) 2007. Zonguldak F-29 Paftasına Ait Sayısal Jeoloji Haritaları. Ankara.

[16] MGM (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) 2013. Bartın Meteoroloji İstasyonuna Ait Günlük Meteorolojik Veriler. Ankara.

[17] Atalay İ. 2011. Türkiye İklim Atlası, İnkılâp Kitabevi Yayınları, İstanbul.

[18] Vardar Y, Güven A. 1993. Bitki Fizyolojisine Giriş, Yenileştirilmiş 11. baskı, Bilgehan Basımevi, İzmir

[19] Schleppe P, Conedera M, Sedivy I, Thimonier, A. 2007. Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. Agricultural and Forest Meteorology. 144:236-242.

[20] Nobis M, Hunziker U. 2005. Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection. Agricultural and Forest Meteorology. 128:243-250.

[21] Devore J, Farnum N. 1999. Applied Statistics for Engineers and Scientists, 1. Baskı, Duxbury Press, USA.

[22] Paridari IC, Jalali SG, Sonboli A, Zarafshar M, Bruschi P. 2013. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). Journal of Forestry Research. 24(2):301-307.

[23] Öztürk M, Bolat İ, Ergün A. 2015. Influence of air-soil temperature on leaf expansion and LAI of *Carpinus betulus* trees in a temperate urban forest patch. Agricultural and Forest Meteorology. 200:185-191.

[24] Farnsworth EJ, Nunez-Farfan J, Careaga SA, Bazzaz FA. 1995. Phenology and growth of three temperate forest life forms in response to artificial soil warming. Journal of Ecology. 83:967-977.

[25] Leuzinger S, Zotz G, Asshoff R, Körner C. 2005. Responses of deciduous forest trees to severe drought in Central Europe. Tree Physiology. 25:641-650.

[26] Gratani L, Fida C, Fiorentino E. 1987. Ecophysiological features in leaves of a beech ecosystem during the growing period. Societe Royale De Botanique De Belgique. 120:81-88.

[27] Waring RH, Running SW. 2007. Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales. 3. baskı, Elsevier Academic Press, UK.

[28] Meinen C, Leuschner C, Ryan NT, Hertel D. 2009. No evidence of spatial root system segregation and elevated fine root biomass in multi-species temperate broad-leaved forests. Trees-Structure and Function. 23:941-950.

[29] Oke TR. 1989. The micrometeorology of the urban forest. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 324:335-349.