

Topraküstü meşcere karbonunun zamansal ve konumsal değişiminin değerlendirilmesi: Yukarı Göksu Nehri Havzası örneği

Alkan Günlü^a, Ceyhan Göl^{a,*}, Fatih Sarıçam^b

Özet: Bu çalışmada, Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Göksu Nehri yukarı havzasında 1993 ve 2015 yıllarına ait topraküstü meşcere karbon miktarının zamansal ve konumsal değişimi incelenmiştir. Bu amaçla, ArcGIS 10.5TM yazılım programı yardımıyla sayısal meşcere haritaları kullanılarak, bu yıllara ait topraküstü meşcere karbon haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, yirmi iki yılda ormanlık alanlarda azalma (%0.9), verimli orman alanlarında ise artma (%11.6) olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanı için toplam topraküstü meşcere karbon miktarının 47.6 bin ton arttığı görülmüştür. Bu artışın nedeni ise verimli orman alanlarının ve buna bağlı olarak da hektardaki servetin artmasıdır. Bu araştırma, karbon yönetim politikalarının oluşturulmasında, ormanların alansal artışı kadar servet artışının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Orman, Karbon, Coğrafi bilgi sistemleri, Yukarı Göksu Havzası

The Evaluation of temporal and spatial change of aboveground stand carbon: A case study of Upstream of the Göksu River Basin

Abstract: In this study, the temporal and spatial amount of aboveground stand carbon was investigated between 1993 to 2015 in the upper watershed of Göksu River located in the Eastern Mediterranean region. For this purpose, the aboveground stand carbon maps were produced by using digital forest stand cover maps for these years with the ArcGIS 10.5TM software program. According to the results, a decrease (0.9%) in forest areas and an increase (11.6%) in productive forest areas were determined in the twenty-two years. It was seen that the total amount of aboveground stand carbon was increased by 47.6 thousand tons. The reason for this is the increase in the total productive forests areas and growing stock per hectares. This research revealed the importance of the increase in growing stock as well as the increase in the area of forests in the carbon management policies.

Keywords: Forest, Carbon, Geographic information systems, Göksu Catchment

1. Giriş

Tüm dünyada ekolojik ve sosyo-ekonomik değişimler doğal kaynaklar üzerinde farklı etkiler ortaya çıkarmaktadır. İnsan aktiviteleri ile doğal süreçler arasındaki karmaşık ilişkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için sürdürülebilir kaynak yönetimi için dünyada ve ekosistemlerde ortaya çıkan zamansal ve konumsal değişimlerin analizi esastır. Bu analiz ve değerlendirme, geleceğe dönük doğru kararların alınabilmesi için gereklidir (Lu vd., 2004; Seif ve Mokarram, 2012). Özellikle sanayi devrimi sonrası fosil yakıt tüketimi, ekosistemler üzerinde önemli değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu etki ve değişimlerin en son ve en önemli sonucu ise küresel iklim değişikliği olmuştur. Doğal ve insani birçok faktörün ortak bileşeni olarak ortaya çıkan bu sorunun temel nedeni atmosferde biriken sera gazlarıdır. Sera gazları içerisinde en tehlikelisi sanayileşme, fosil yakıt tüketimi, yangın, enerji prosesleri vb. sonucu yıllık salınım miktarı of 8.6 Pg C yr⁻¹ olan ve atmosferde konsantrasyonu gittikçe artan karbondioksit (CO₂)'dir (Lal, 2008; IPCC, 2014). Diğer nedenler olarak ormansızlaşma, yanlış ve aşırı arazi kullanımı, sulak alanların yok edilmesi, yanlış tarım uygulamaları sonucu

yutak alanların azaltılmasıdır. Bir taraftan sera gazı salınımı artarken, diğer taraftan karasal yutak alanlar azaltılmaktadır.

Dünya milletleri, küresel iklim değişikliği ile mücadele için sera gazı salınımını azaltma ve karasal karbon yutak alanlarını nitelik ve nicelik olarak geliştirilmesini amaçlamaktadır. İklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkileri, 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı'nda ortaya çıkmıştır. Daha sonra 1972'de Stokholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı, 1992 Rio Konferansı'nda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1997 yılında Kyoto'da yapılan 3. Taraflar Konferansı (Dışişleri Bakanlığı, 2019) ve daha birçok uluslararası anlaşmalar ile iklim değişikliği sorunu hakkında bir farkındalık oluşturulmuştur (Karakaya ve Sofuoğlu, 2015). Karasal ekosistemler içerisinde ormanlar büyük miktarlarda karbon depolamakta ve iklim değişikliğini azaltmada kilit rol oynamaktadır (IPCC, 2007; Miles ve Kapos, 2008; Asan, 2012). Ormanlar, ulusal ve uluslararası anlaşmalarda en önemli karasal karbon yutak alanı olarak kabul edilmektedir.

Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında ormanların korunması ve geliştirilmesi, emisyon azaltılma,

^a Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı.

^b Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 06560, Ankara.

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): drceyhungol@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.08.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.10.2019



Citation (Atıf): Günlü, A., Göl, C., Sarıçam, F., 2019. Topraküstü meşcere karbonunun zamansal ve konumsal değişiminin değerlendirilmesi: Yukarı Göksu Nehri Havzası örneği. Turkish Journal of Forestry, 20(4): 352-359. DOI: [10.18182/tjf.601972](https://doi.org/10.18182/tjf.601972)

temiz enerji, iyi tarım ve daha birçok konuda önemli çalışmalar ortaya koymaktadır. Türkiye'nin dünyadaki toplam CO₂ emisyonları içerisindeki payının çok düşük olmasına rağmen (Karakaya ve Sofuoğlu, 2015) ortak olduğu sözleşmeler gereği azaltım, uyum ve yutak alanların korunması/geliştirilmesi konusunda birçok çalışma yürütmektedir. Bu aşamada, Türkiye küresel iklim değişikliği pazarında etkin rol almak istemektedir. Bunun için ekolojik, ekonomik, kurumsal ve insan gücü potansiyellerini geliştirmektedir. Özellikle ormanların karbon depolama fonksiyonunu dikkate alan anlayış benimsenmiştir. Bu amaçla, ülkemizde ormanların tutmuş olduğu karbon miktarının ortaya konulması ve tutulan karbon miktarının zamansal ve konumsal değişimini belirlemeye yönelik birçok araştırma (Sivrikaya vd., 2007; Yolasığmaz ve Keleş, 2009; Sivrikaya ve Bozali, 2012; Kadioğulları ve Karahalil, 2013; Değermenci ve Zengin, 2016; Seki vd., 2017) yapılmıştır. Orman alanlarının karbon depolama potansiyeli toprak altı ve üstü biyokütle hesaplanmasına bağlıdır.

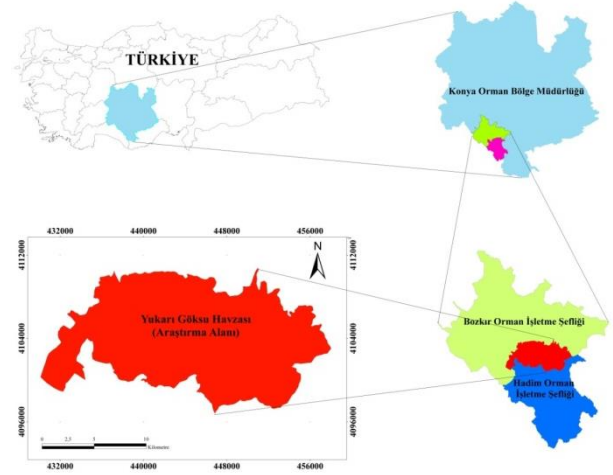
Arazi Kullanım Türü/Arazi Örtüsünde (AKT/AÖ) zamansal ve konumsal değişimin incelenmesi ve tarihsel süreçte meydana gelen değişimin sayısal olarak analiz edilebilmesi için Uzaktan Algılama/Coğrafi Bilgi Sistemleri (UA/CBS) teknikleri sıkça kullanılmaktadır. UA/CBS teknikleri, AKT/AÖ'nün analizi ve haritalanması bakımından oldukça yararlı bilgiler sunmaktadır (Mahajan ve Panwar, 2005; Erasu, 2017; Sarkar ve Patel, 2012, 2017). Son dönemde AKT/AÖ değişimin izleme ve değerlendirilmesinde, UA/CBS teknikleri birçok araştırmada Rawat vd. (2013), Rawat ve Kumar (2015), Boori vd. (2015), Butt vd. (2015), Hegazy ve Kaloop. (2015), Aborahma vd. (2018), Pirnazar vd. (2018), Saha vd. (2019) sıkça kullanılmıştır.

Bu çalışmanın yürütüldüğü araştırma alanı bozuk topoğrafya, tarımsal arazilerin kısıtlılığı, hayvancılığın yeterince gelişmemesi, ulaşım, eğitim, sağlık ve diğer bazı sorunları içerisinde barındıran bir bölgedir. Yetersiz ekolojik ve ekonomik koşullar nedeni ile yoğun göç vermiştir. Zamanla değişen sosyo-ekonomik yapı, araştırma alanı içerisinde AKT/AÖ'nün de değişimine neden olmuştur. Bu çalışmada, alanda son yirmi iki yılda ortaya çıkan AKT/AÖ, demografik yapı ile ormanların alansal ve verim gücü değişimlerinin ormanların topraküstü biyokütle ve topraküstü karbon depolama kapasine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanı

Araştırma alanı (Şekil 1), Doğu Akdeniz Ana Havzası içerisinde, en büyük akarsu havzasını oluşturan Göksu Nehri yukarı havza bölümünde yer almaktadır. Konya Orman Bölge Müdürlüğü, Konya Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Bozkır ve Hadim Orman İşletme Şeflikleri içerisinde yer almaktadır. Alan UTM koordinat sistemine göre 430083-458045 doğu boylamları ile 4096774-4110793 kuzey enlemleri arasındadır. Araştırma alanı toplam 23 289.1 hektardır.



Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye ve Göksu Havzasındaki konumu

Araştırma alanının da içinde yer aldığı Kartal Dağı, Ortadağ, Mağara Dağı'nın kuzey yamaçlarında; Kaplanlı köyü dolayında, Sazak, Afşar, Dereçi ve Fakılar köyleri arasında, Hadim civarında Permo-Karbonifer yaşlı kalkerlere rastlanır (Sarı, 2009; Öztürk vd., 2008).

Araştırma alanı Thornthwaite iklim modeline göre nemli-yarı nemli, mikrotermal, su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli, su eksikliği yaz aylarında ve deniz etkili iklim özelliği göstermektedir. Araştırma alanında içinde olduğu Bozkır Orman İşletme şefliği bölgesi yıllık ortalama sıcaklık 10.3°C, ortalama yıllık yağış 495.9 mm, Hadim Orman İşletme şefliği bölgesi için yıllık ortalama sıcaklık 9.7°C ve ortalama yıllık yağış 647.9 mm dir. Araştırma alanında görülen iklim "Akdeniz Yüksek Dağ İklimi" olarak isimlendirilmiştir. Bu iklim belirgin yaz kuraklığı ile diğer dağ iklimlerinden ve 4-5 ay süreli kar örtüsü ile de tipik Akdeniz ikliminden ayrılmaktadır. Kış mevsimi, soğuk ve kar yağışlı, yaz mevsimi sıcak ve kuraktır. Kış mevsiminde sıcaklıklar eksi değerler alır, yaz mevsiminde alçak alanlarda 20°C'yi geçen ortalama sıcaklıklar, yüksek yerlerde bu değer altındadır. Yükseltinin arttığı yerlerde yazlar serindir. Kış yağışlarının yıllık yağışa oranı % 40-50 arasında ve yaz yağışlarının oranı % 5-10 arasındadır. Yağış miktarının yüksek olması, su kaynaklarını ve orman alanlarını zenginleştirir.

Bölgenin genel bitki örtüsü kızılçam, sedir, göknar, meşe ormanları, yükseltinin arttığı yerlerde ardıç ve alpin çayırardan oluşmaktadır (Sarı, 2009). Araştırma alanında meşe, karaçam, sedir, göknar, ardıç, iğde, söğüt, kavak kuşburnu, karaçalı türleri bulunmaktadır. Havzanın yüksek bölümlerinde ardıç ve otsu türler mevcuttur. Havza içerisinde azalmış olmasına rağmen halen devam eden otlatma vejetasyon gelişimini olumsuz etkilemektedir. Özellikle aşırı otlatmanın olduğu bölgelerde diri örtüde bozulma dikkat çekmektedir. Yüksek eğimli bölgelerde bu durum yüzey erozyonun şiddetini artırmaktadır. Bozuk orman alanlarında diri ve ölü örtü gelişimi tam sağlanamadığı için erozyon yaşanmaktadır (ÇEM, 2019a).

Bu çalışma kapsamında, materyal olarak araştırma alanına ait 1993 ve 2015 yılı sayısal meşcere haritaları ve amenajman planları (OGM, 1993a-b; OGM, 2015a-b), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) tarafından hazırlanan Yukarı Göksu Havzası Entegre Rehabilitasyon Projeleri

kapsamında Sazak-Afşar Entegre Mikrohavza Rehabilitasyon Projesi (2015-2019) (ÇEM, 2019b) ve Bağbaşı Barajı Entegre Mikrohavza Rehabilitasyon Projesi (2016-2020) veri altyapısı olarak kullanılmıştır (ÇEM, 2019a).

Araştırma alanına ait meşcere haritaları (OGM, 1993 a-b; OGM, 2015 a-b) kullanılarak Çizelge 1'de verilen AKT/AÖ sınıflandırma birimlerinin alansal ve oransal dağılımları belirlenmiştir.

2.2. Ormanların topraküstü biyokütle ve karbon miktarının belirlenmesi

Ormanların tutmuş olduğu topraküstü karbon (TÜK) miktarlarını hesaplamak için öncelikli olarak bu ormanların tutmuş olduğu topraküstü biyokütle (TÜB) miktarlarının hesaplanması gerekmektedir (Sivrikaya ve Bozali, 2012; Değermenci ve Zengin, 2016). Bu amaçla araştırma alanı içerisinde yer alan ormanların TÜB miktarı ve sonra da TÜK miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Tolunay (2013) tarafından geliştirilen katsayılar kullanılmıştır. TÜB ve TÜK hesaplanmasında kullanılan katsayılar ve yararlanılan eşitlikler Çizelge 2'de verilmiştir.

2.3. Topraküstü biyokütle ve karbon miktarlarının haritalanması

Çalışmada, 1993 ve 2015 (OGM, 1993a-b; OGM, 2015a-b) yıllarına ait sayısal meşcere tipleri haritaları kullanılarak TÜB ve TÜK haritaları hazırlanmıştır. Meşcere tiplerinin alansal dağılım ve servet durumları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.'de verilen katsayılar kullanılarak meşcerelerin TÜB ve TÜK miktarları ArcGIS 10.5 kullanılarak hesaplanmıştır. Meşcere TÜB ve TÜK miktarları, 1993 ve 2015 yılları için zamansal ve konumsal dağılım haritaları üretilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Arazi kullanım türleri ve arazi örtüsü değişimi

Araştırma alanı toplam 23289.1 hektardır. Alanın 1993 yılı meşcere tipleri haritası incelendiğinde; toplam ormanlık alan 11309.2 hektardır. Bu ormanlık alanın 8540.9 hektarı (%36.7) boşluklu kapalı orman ve 2768.3 hektarı (%11.9) normal kapalı ormanlardan oluşmaktadır. Geriye kalan 11979.9 hektar (%51.4) ise yerleşim - mera - ziraat vb. gibi alanlardan oluşmaktadır. 2015 yılına ait meşcere tipleri haritası incelendiğinde ise; toplam ormanlık alan 11093.4 hektardır. Bu alanın 5629.3 hektarı (%24.2) boşluklu kapalı orman ve 5464.0 hektarı (%23.5) ise normal kapalı ormanlardan oluşmaktadır. Geriye kalan 12195.7 hektar (%52.4) ise yerleşim - mera - ziraat - su vb. gibi alanlardan oluşmaktadır.

Araştırma alanının yirmi iki yıllık süreçte AKT/AÖ değişimi incelendiğinde, iki önemli bulgu elde edilmiştir. Bunlardan birincisi, ormanlık alanlarda 215.7 hektarlık (%0.9) bir azalma olmuştur. Bu azalan alanın 82.6 hektarında Bağbaşı barajı inşa edilmiştir. Geri kalan alanı ise orman içi açıklık, çeşitli amaçla açılmış yollar, tarım arazisi ve yerleşim alanı olarak değişime uğradığı belirlenmiştir. İkinci önemli bulgu ise normal kapalı (verimli) ormanlarda 2696.4 hektarlık (%11.6) bir artma,

boşluklu kapalı (bozuk) ormanlarda ise 2911.5 hektarlık (%12.5) bir azalmanın olmasıdır (Çizelge 3).

Orman kuruluş türleri bakımından değişim incelendiğinde; 1993 yılına ait meşcere tipleri haritasında iğne yapraklı orman alanı 2625.7 hektar (%11.3), karışık orman alanı 142.6 hektar (%0.6), bozuk orman alanı 8540.9 hektar (%36.7) dir. 2015 yılı meşcere tipleri haritasına göre iğne yapraklı orman alanı 4441.1 hektar (%19.1), karışık orman alanı 569.6 hektar (%2.5), geniş yapraklı orman alanı 453.3 hektar (%1.9) ve bozuk orman alanı ise 5629.3 hektar (%24.2) dir.

Araştırma alanı içerisinde AKT/AÖ bakımından değişime göre, iğne yapraklı ormanlarda %7.9, karışık ormanlarda %1.8 ve geniş yapraklı ormanlarda %1.9 artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4, Şekil 2 - 3).

Çizelge 1. Araştırma alanı AKT/AÖ sınıflandırma birimleri

Sıra no	Sınıf adı	Tanımlama
1	İğne yapraklı orman	Herdem yeşil ağaç türlerinden oluşan orman
2	Geniş yapraklı orman	Kışın yaprağını döken ağaç türlerinden oluşan orman
3	Karışık orman	Herdem yeşil ve kışın yaprağını döken ağaç türlerinin belirli oranda karışım halinde bulunduğu orman
4	Bozuk orman	Kapalılığı kırık, ağaç, dikili hacim ve boniteti düşük orman
5	Diğer alanlar	Yerleşim, tarım, mera ve orman içi açıklık alanlar
6	Su	Akarsu, göl, baraj

Çizelge 2. Topraküstü Biyokütle (TÜB) ve Topraküstü Karbon (TÜK) hesaplama katsayıları (Tolunay, 2013)

Bileşenler	AKT/AÖ	TÜB ve TÜK miktarı (Ton)
TÜB	Geniş yapraklı orman	DGH*0.541*1.310
	İğne yapraklı orman	DGH*0.446*1.212
TÜK	Geniş yapraklı orman	TÜB*0.48
	İğne yapraklı orman	TÜB*0.51

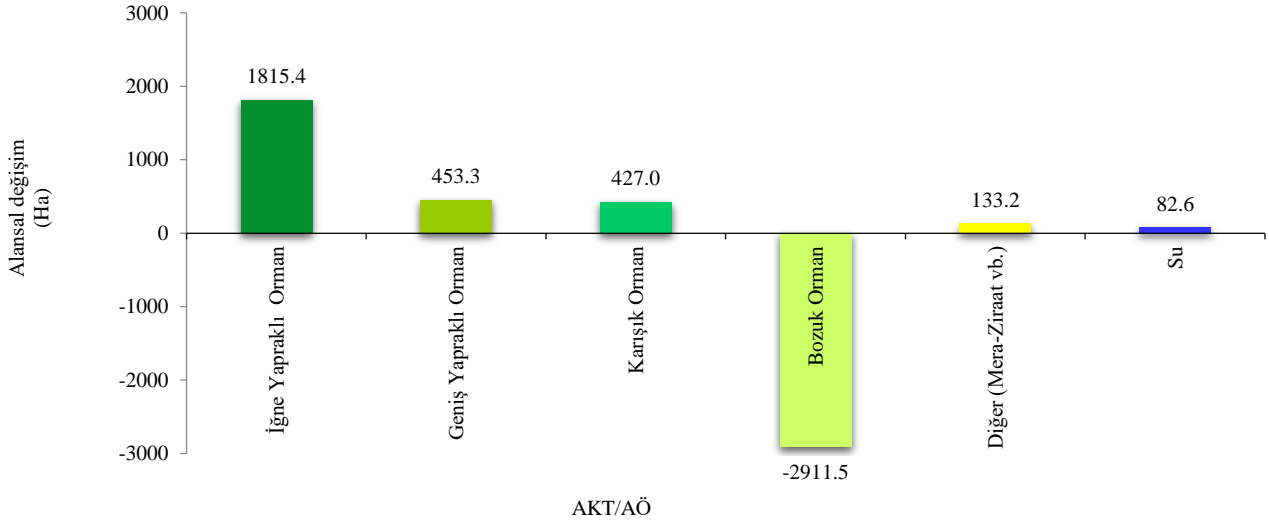
Not: DGH: Her ağaç için toplam dikili kabuklu gövde hacmini (m³), 0.541: geniş yapraklı ağaçlar için kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı değeri (ton/m³), 0.446: iğne yapraklı ağaçlar için kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı değeri (ton/m³), 1.310: geniş yapraklı ağaçlar için dikili kabuklu gövde odunu hacmine karşılık gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütleye çevirmek için kullanılan katsayı değeri, 1.212: iğne yapraklı ağaçlar için dikili kabuklu gövde odunu hacmine karşılık gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütleye çevirmek için kullanılan katsayı değeri, 0.48: geniş yapraklı ağaç türleri için biyokütleyi karbon miktarına dönüştürme katsayısı, 0.51: iğne yapraklı ağaç türleri için biyokütleyi karbon miktarına dönüştürme katsayısı olarak kullanılmıştır

Çizelge 3. Araştırma alanı içerisinde yer alan arazi kullanım türleri ve arazi örtüsünün (AKT/AÖ) zamansal ve konumsal değişimi

AKT/AÖ	1993		2015		Değişim	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Orman	11309.2	48.6	11093.3	47.7	-215.7	-0.9
Su			82.6	0.3	82.6	0.3
Diğer alanlar (Yerleşim - mera - ziraat vb.)	11979.9	51.4	12113.2	52.0	133.2	0.6
Toplam	23289.1	100	23289.1	100	0.0	0.0

Çizelge 4. Araştırma alanı içerisinde yer alan orman kuruluşlarının zamansal ve konumsal değişimi

AKT/AÖ	1993		2015		Değişim	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
İğne yapraklı orman	2625.7	11.3	4441.1	19.1	1815.4	7.9
Geniş yapraklı orman	-	-	453.3	1.9	453.3	1.9
Karışık orman	142.6	0.6	569.6	2.5	427.0	1.8
Bozuk orman	8540.9	36.7	5629.3	24.2	-2911.5	-12.5
Diğer alanlar (yerleşim - mera - ziraat vb.)	11979.9	51.4	12113.2	52.0	133.2	0.6
Su			82.6	0.3	82.6	0.3
Toplam	23289.1	100.0	23289.1	100.0	0.0	0.0



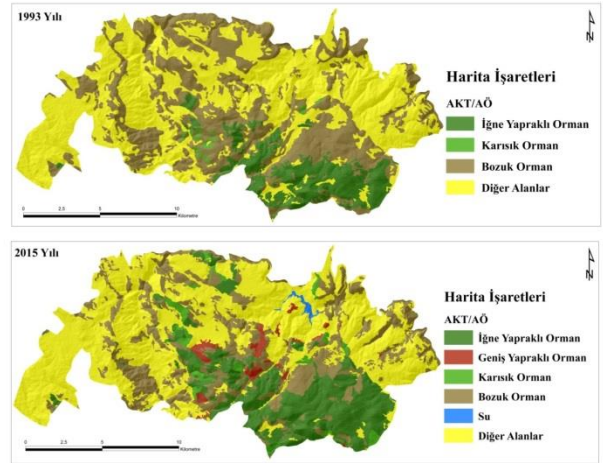
Şekil 2. Araştırma alanı 1993-2015 yılları arası AKT/AÖ değişimi

3.2. Ormanlık alan topraküstü karbon değişimi

Araştırma alanında verimli orman alanlarının ve hektardaki ağaç servetinin artması ile TÜB ve TÜK miktarı artmıştır. Meşcere haritalarına göre 1993 yılında ormanların toplam serveti 320797.4 m³ iken 2015 yılında bu değer 486628.2 m³ olmuştur. Değermenci ve Zengin (2016)'de yürüttükleri bir çalışmada, ormanlık alanlarda azalış, verimlilikte ise artış sonucu TÜK depolama kapasitesinin arttığını tespit etmişlerdir.

Araştırma alanı içerisinde yer alan ormanların tutmuş olduğu TÜK miktarları incelendiğinde, meşcere haritasına göre 1993 yılı toplam TÜK miktarı 88.5 ton, 2015 yılı için ise bu değer 136.1 ton olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Araştırma alanı içerisinde yer alan ormanların TÜK depolama kapasiteleri 1993 ve 2015 yılları için 5 farklı sınıfa ayrılarak (0-50 ton/ha, 50-100 ton/ha, 100-150 ton/ha, 150-200 ton/ha ve >200 ton/ha) Çizelge 6 ve Şekil 4'te verilmiştir. Bozuk ormanlar için tüm TÜK sınıflarında azalma olduğu görülmektedir. İbrelî ormanlarda en yüksek artış (1022 ha), geniş yapraklı ormanlarda en yüksek artış (285.5 ha) 200≤ ton/ha sınıfındadır. Karışık ormanlarda en yüksek artış (195.1 ha) 0-50 ton/ha sınıfındadır. El edilen sonuçlar iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlık alanlarda verim artışına paralel olarak hektarda tutulan TÜK miktarının da arttığını işaret etmektedir (Çizelge 6).



Şekil 3. Araştırma alanı 1993 ve 2015 yılları arası arazi kullanım türleri ve arazi örtüsü dağılımı

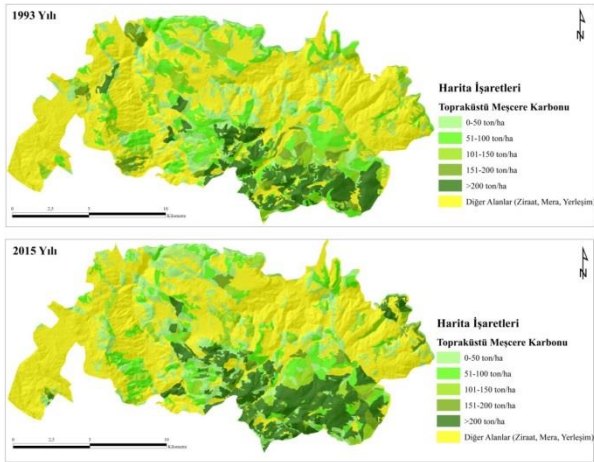
Çizelge 5. Araştırma alanı 1993 ve 2015 yıllarında AKT/AÖ'ne göre depolanan toplam topraküstü biyokütle ve topraküstü karbon miktarlarının zamansal ve konumsal değişimi

AKT/AÖ	1993						2015						Değişim			
	Alan		TÜB		TÜK		Alan		TÜB		TÜK		TÜB		TÜK	
	(ha)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(ha)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)
İğne yapraklı orman	2625.7	11.3	132151.3	76.2	67397.2	76.2	4441.1	19.1	235281.8	89.0	119993.7	89.0	103130.5	12.8	52596.5	12.8
Geniş yapraklı orman	-	-	-	-	-	-	453.3	1.9	2185.8	0.9	1049.2	0.9	2185.8	0.9	1049.2	0.9
Karışık orman	142.6	0.6	1642.0	0.9	837.4	0.9	569.6	2.4	3007.5	1.1	1533.8	1.1	1365.5	0.2	696.4	0.2
Bozuk orman	8540.9	36.7	39676.1	22.9	20234.8	22.9	5629.3	24.2	23908.2	9.0	12193.2	9.0	-15767.9	-13.9	-8041.6	-13.9
Diğer alanlar	11979.9	51.4	-	-	-	-	12113.2	52.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Su	-	-	-	-	-	-	82.6	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	23289.1	100	173469.4	100	88469.4	100	23289.1	100	264383.3	100	134769.9	100	90913.9	-	46300.5	-

Not: TÜB - Topraküstü Biyokütle, TÜK - Topraküstü Karbon, ha - Hektar

Çizelge 6. Araştırma alanı 1993 ve 2015 yıllarında depolanan topraküstü karbon miktarının AKT/AÖ ve karbon sınıflarına göre değişimi

AKT/AÖ	Toplam alan (ha)	1993 TÜK Miktarı (Ton)					Toplam alan (ha)	2015 TÜK Miktarı (Ton)					Değişim (Ton)				
		0-50	51-100	101-150	151-200	201≤		0-50	51-100	101-150	151-200	201≤	0-50	51-100	101-150	151-200	201≤
		(ha)						(ha)					(ha)				
İğne yapraklı orman	2 625.7	57.9	193.6	145.3	168.7	2 060.2	4 441.1	278.5	367.1	356.7	356.6	3082.2	220.6	173.5	211.4	187.9	1 022
Geniş yapraklı orman	-	-	-	-	-	-	453.3	64.2	28.3	22.6	52.8	285.5	64.2	28.3	22.6	52.8	285.5
Karışık orman	142.6	47.4	77.9	17.3	-	-	569.6	242.5	123.6	73.4	34.4	95.7	195.1	45.7	56.1	34.4	95.7
Bozuk orman	8 540.9	2 903.9	2 949.8	1 805.2	576.3	305.7	5 629.3	2 613.8	1 740.1	898.9	148.1	228.4	-290.1	-1209.7	-906.3	-428.2	-77.3
Diğer alanlar	11 979.9	-	-	-	-	-	12 113.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Su	-	-	-	-	-	-	82.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	23 289.1	3 009.2	3 221.3	1 967.8	745.0	2 365.9	23 289.1	3 198.9	2 259.1	1 351.6	591.9	3 691.8					



Şekil 4. Araştırma alanı 1993 ve 2015 yılları topraküstü karbon miktarının zamansal ve konumsal değişimi

3.3. Demografik yapı, tarım ve hayvancılık faaliyetleri

Araştırma alanı içerisinde yer alan Konya ili Bozkır ve Hadim ilçeleri ve bunlara bağlı köylerin demografik özellikleri incelendiğinde dikkat çeken en önemli özellik havzanın sürekli nüfus kaybetmesidir. Tapur (2016)'da yürüttüğü araştırmaya göre Bozkır ilçesi toplam nüfusu 1990 yılında 54 bin, 2007 yılında yapılan adrese dayalı nüfus sayımına göre 32 bin, 2015 yılında ise 27 bin olarak ortaya koymuştur. Adrese dayalı nüfus sayımlarının başladığı 2007 yılından itibaren ise nüfusun her yıl azaldığını belirtmektedir. Hadim ilçesi için nüfus 1990 yılında 25 bin, 2007 yılında 16 bin, 2015 yılında ise 12 bin olarak belirlenmiştir (Çelik, 2016; TÜİK, 2019; Konya

Valiliği, 2019). Her iki ilçe toplam nüfuslarında da göçe bağlı olarak sürekli azalış olduğu belirtilmektedir. Göçün nedenleri arasında ilk sırayı işsizlik almaktadır. Ayrıca, yetersiz tarımsal alan, dağlık bir arazi yapısı, iş gücü imkânlarının yetersizliği, eğitim, sağlık ve kırsal kesimin yaşantısının itici özellikleri nedeniyle yurt içi ve yurt dışına göç devam etmektedir.

Araştırma alanı içerisinde bulunan Bozkır ilçesinde 2015 yılı itibari ile 5 bin adet küçükbaş, 8,5 bin adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Hadim ilçesi için 2014 yılı itibari ile 28 bin küçükbaş ve 3,5 bin adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Her iki ilçe genelinde göç ile birlikte nüfusun azalması sonucu hayvancılığın gerilediği, 90'lı yıllarda hayvan sayısının üç kat daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Tapur, 2016; Çelik, 2016; OGM, 2014).

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, Yukarı Göksu Havzasında belirlenen araştırma alanı için 1993-2015 yılları arasında AKT/AÖ değişiminin topraküstü meşcere karbon (TÜK) depolama kapasitesi üzerine etkileri zamansal ve konumsal olarak incelenmiştir. Araştırma alanı içerisinde yirmi iki yıllık süreçte toplam ormanlık alanlarda %0.9'luk bir azalma belirlenmiştir. Bu azalmanın baraj, yol, yerleşim, tarım arazi amaçlı ormandan dönüştürme şeklinde olduğu anlaşılmıştır. Buna karşılık aynı dönemde verimli orman alanlarında ise %11.6'lık bir artma olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın birçok nedeni olduğu ancak en önemlilerinin orman işletmesi tarafından yürütülen bakım çalışmaları ve nüfusun azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan insan ve hayvan baskının azalması gösterilebilir. Araştırma alanı için verimli orman alanlarındaki olumlu artış, ormanların TÜK

depolama miktarını da artırmıştır. Değirmenci ve Zengin (2016)'de Daday Orman İşletme Müdürlüğü'nde yürüttükleri benzer çalışmada verimli orman artışının topraküstü biyokütle ve karbon depolama kapasitesini olumlu etkilediğini ortaya koymuşlardır. Yürüttükleri bu araştırmada verimli orman artışının nedenlerin göç, tarım alanlarının terk edilmesi ve orman üzerine baskının azalması olarak ortaya koymuşlardır. AKT/AÖ doğal ve sosyo-ekonomik yapının bir bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır (Weng, 2002). Araştırma sonuçları da göstermektedir ki ormanlar üzerinde insan ve hayvan baskının azalması, verimli orman alanları ile ormanların TÜK depolama kapasitelerinin artmasına neden olmuştur. Dale vd. (2001) çalışmasında orman degradasyonunun en önemli nedeninin antropojenik olduğunu belirtmektedir. Ülkemiz ormanlarının korunması ve geliştirilmesinde ormanlar üzerindeki insan baskının azaltılmasında kırsal kalkınmanın sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde, ormanların tutmuş olduğu karbon miktarlarının zamansal ve konumsal değişiminin belirlenmesine yönelik yapılmış birçok çalışmada (Sivrikaya vd., 2007; Yolasığmaz ve Keleş, 2009; Sivrikaya ve Bozali, 2012; Kadioğulları ve Karahalil, 2013; Arıcağ vd., 2015, Değirmenci ve Zengin, 2016, Seki vd., 2017, Sakıcı vd., 2018) depolanan karbon miktarlarının geçmişten günümüze doğru arttığı görülmüştür. Benzer sonuçlar bu çalışmada da elde edilmiştir. TÜK miktarının artırılması için ormanların alan ve verim artışı birlikte değerlendirilmelidir. Bu araştırma, ormanlık alanların niceliksel ve niteliksel gelişimin birlikte ele alınması gerektiği ve ormanların verim gücünün karasal karbon deposu olarak önemini ortaya koymaktadır.

Araştırma alanının içerisinde bulunduğu Bozkır ve Hadim ilçelerinde göçle birlikte demografik yapının değişmesi, AKT/AÖ değişimini ve en önemlisi doğal alanlar üzerindeki olumsuz baskının azalmasına neden olmuştur. Orman içi hayvancılık faaliyetlerinin gerilemesi ormanların nicelik ve nitelik olarak gelişmesine neden olmuştur.

Araştırma alanı içerisinde yer alan TÜK miktarlarının hesaplanmasında, Tolunay (2013) tarafından geliştirilen katsayılar kullanılmıştır. Bu katsayılar yanında farklı ekosistemler, iğne yapraklı - geniş yapraklı ve hatta her bir ağaç türü için karbon dönüşüm katsayıları geliştirilmelidir.

Uzaktan algılama (UA) ve CBS altyapısı kullanılarak AKT/AÖ'de ortaya çıkan değişim birçok araştırmada Weng (2002), Huang vd. (2009), Hais vd. (2009), Zhu vd. (2012), Göl ve Yılmaz (2017) kullanılmıştır. Yavaşlı vd. (2013), Weng (2002) ile Rawat ve Kumar (2015)'de UA/CBS tekniklerinin kullanılarak gelecek dönemde biyokütle ve biyokütlerdeki değişimin izlenmesinin daha kolay ve hızlı olacağını belirtmişlerdir. Yürütülen araştırmalarda değinilen en önemli konulardan birisi arşiv ve veri alt yapısı güvenilirliğidir. Ülkemiz ormanlarının zamansal ve konumsal değişiminin incelenmesinde güvenli ve güncel veri alt yapı sisteminin oluşturulması önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Aborahma, R., Mahmud, W., Fath, H., 2018. Morphometric temporal change analysis for the river Nile forced bends using RS/GIS techniques: Case study of damietta branch of the Nile river, Egypt. *Applied Environmental Research*, 40(1): 75-86.
- Arıcağ, B., Bulut, A., Altunel, A.O., Sakıcı, O.E., 2015. Estimating above-ground carbon biomass using satellite image reflection values: A case study in camyazı forest directorate, Turkey. *Sumarski List*, 139(7-8): 369-376.
- Asan, Ü., 2012. Türkiye ormanlarındaki yıllık karbon stok değişimi trendinin irdelenmesi ve 2023 yılındaki durumun kestirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Doğa Bilimleri Dergisi*, 1: 109-120.
- Boori, M.S., Voz'eni'lek, V., Choudhary, K., 2015. Land use/cover disturbance due to tourism in jesen'ky mountain, Czech Republic: A remote sensing and GIS based approach. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 17-26.
- Butt, A., Shabbir, R., Ahmad, S.S., Aziz, N., 2015. Land use change mapping and analysis using remote sensing and GIS: A case study of simly watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18: 251-259.
- Çelik, Y., 2016. Hadim ilçesi tarım sektörünün swot analizi. *Ulusal Sempozyum: Geçmişten Günümüze Bozkır*. Selçuk Üniversitesi, Türkiye Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, 9: 1459-1468.
- ÇEM, 2019a. Yukarı Göksu Havzası Bağbaşı Barajı mikrohavzası entegre rehabilitasyon projesi. http://www.cem.gov.tr/erozyon/AnaSayfa/havza_yeni/ulusal_projeler_havza/havza_bagbasi.aspx?sflang=tr, Erişim: 29.07.2019.
- ÇEM, 2019b. Yukarı Göksu Havzası Sazak-Afşar mikrohavzası entegre rehabilitasyon projesi (Taşkent). http://www.cem.gov.tr/erozyon/AnaSayfa/havza_yeni/ulusal_projeler_havza/havza_sazak.aspx?sflang=tr, Erişim: 13.06.2019.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J., Wotton, M.B., 2001. Climate change and forest disturbances. *BioScience*, 51(9): 723-734.
- Değirmenci, A.S., Zengin, H., 2016. Ormanlardaki karbon birikiminin konumsal ve zamansal değişiminin incelenmesi: Daday planlama birimi örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2): 177-187.
- Dışişleri Bakanlığı, 2019. Kyoto protokolü. <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>, Erişim: 31.07.2019.
- Erasu, D., 2017. Remote sensing-based urban land use/land cover change detection and monitoring. *Journal of Remote Sensing and GIS*, 6(2): 1-6.
- Göl, C., Yılmaz, H., 2017. The effect of land use type/land cover and aspect on soil properties at the Gökdere catchment in northwestern Turkey. *Şumarski List, Journal of Forestry Society of Croatia*, 9(10): 459-468.
- Hais, M., Jonášová, M., Langhammer, J., Kučera, T., 2009. Comparison of two types of forest disturbance using multitemporal Landsat TM/ETM+ imagery and field vegetation data. *Remote Sensing of Environment*, 113 (4): 835-845.

- Hegazy, I.R., Kaloop, M.R., 2015. Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustain. Built Environ.*, 4: 117-124.
- Huang, C., Goward, S.N., Schleeeweis, K., Thomas, N., Masek, J.G., Zhu, Z., 2009. Dynamics of national forests assessed using the Landsat record: Case studies in Eastern United States. *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1430-1442.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (Eds.: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M.M.B., Miller, H.L.M. and Chen, Z.), Cambridge University Press, Printed by Friesens, Canada.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (Eds.: Edenhofer, O. R., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C.), Cambridge University Press, USA.
- Kadıoğulları, A.İ., Karahalil, U., 2013. Spatiotemporal change of carbon storage in forest biomass: A case study in Köprülü Canyon National Park. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1): 1-14.
- Karakaya, E., Sofuoğlu, E., 2015. İklim değişikliği müzakerelerine bir bakış: 2015 Paris iklim zirvesi. *International Symposium on Eurasia Energy Issues*. 28-30 Mayıs, İzmir.
- Konya Valiliği, 2019. 2018 Yılı Konya il ve ilçe nüfusları. <http://konyailnufus.gov.tr/2015-yili-konya-ilimiz-ve-ilelerine-ait-nfus-istatistikleri>, Erişim: 01.08.2019.
- Lal, R., 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions*, 363: 815-830.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25: 2365-2407.
- Mahajan, S., Panwar, P., 2005. Land use changes in ashwani khad watershed using GIS techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(2): 227-232.
- Miles, L., Kapos, V., 2008. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation: Global land-use implications. *Science*, 320: 1454-1455.
- OGM, 1993a. Konya Orman İşletme Müdürlüğü, Hadim Orman İşletme Şefliği, Orman amenajman planı (1993-2002). Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 1993b. Konya Orman İşletme Müdürlüğü, Bozkır Orman İşletme Şefliği, Orman amenajman planı (1993-2012). Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2014. Hadim İlçe Raporu. <http://www.mevka.org.tr/Yukleme/Uploads/DsyfU0Tng719201730842PM.pdf>, Erişim: 01.08.2019.
- OGM, 2015a. Konya Orman İşletme Müdürlüğü, Bozkır Orman İşletme Şefliklerinin ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planları (2016-2035). Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2015b. Konya Orman İşletme Müdürlüğü, Hadim Orman İşletme Şefliklerinin ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planları (2016-2035). Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Öztürk, A., Karadağ, M.M., Deli, A., 2008. Bozkır (Konya) ilçesinin doğu ve güneyini kapsayan bölgenin stratigrafisi. *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4): 11-27.
- Pirnazar, M., Ali- Askari, K.O., Eslamian, S., Singh, V.P., Dalezios, N.R., Ghane, M., Qasemi, Z., 2018. Change detection of urban land use and urban expansion using GIS and RS, case study: Zanjan province, Iran. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering*, 4(1): 23-38.
- Rawat, J.S., Biswas, V., Kumar, M., 2013. Changes in land use/cover using geospatial techniques: A case study of ramnagar town area, district nainital, uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 16: 111-117.
- Rawat, J.S., Kumar, M., 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of hawalbagh block, district almora, uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18: 77-84.
- Saha, S., Paul, G.C., Hembram, T.K., 2019. Classification of terrain based on geo-environmental parameters and their relationship with land use/land cover in bansloi river basin, eastern India. RS-GIS approach. *Applied Geomatics*. pp. 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00277-4>
- Sakıcı, O.E., Seki, M., Sağlam, F., 2018. Above-ground biomass and carbon stock equations for crimean pine stands in Kastamonu region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10): 7079-7089.
- Sarı, S., 2009. Batı Akdeniz bölümünden İç Anadolu'ya geçiş iklimleri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Sarkar, A., Patel, P.P., 2012. Terrain classification of the dulung drainage basin. *Indian Journal of Spatial Science*, 3(1): 1-8.
- Sarkar, A., Patel, P.P., 2017. Land use - terrain correlations in the piedmont tract of eastern India. In: *Remote Sensing Techniques and GIS Applications in Earth and Environmental Studies*. (Ed: Santra, A., Mitra, S.S.) IGI Global, United States of America, pp.147-192.
- Seif, A., Mokarram, M., 2012. Change detection of gil playa in the northeast of Fars province. *Iran Am. J. Sci. Res.* 86: 122-130.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., Büyükterzi, M., Sağlam, F., 2017. Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü ormanlarında karbon stoğunun zamansal değişimi. *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu*, 10-12 Nisan, Taşköprü, Kastamonu, s. 1564-1577.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 69-76.
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Çakır, G., 2007. Spatial distribution and temporal change of carbon storage in timber biomass of two different forest management units. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132: 429-438.
- Tapur, T., 2016. Bozkır ilçesinin nüfus gelişimi ve bazı demografik özellikleri. *Uluslararası Sempozyum:*

- Geçmişten Günümüze Bozkır. Selçuk Üniversitesi, Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Yayınları. 9: 1335-1347.
- Tolunay, D., 2013. Türkiye’de artım ve ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında kullanılabilirlik katsayıları. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 26-28 Kasım 2013 Antalya, s. 240-251.
- TUİK, 2019. Temel istatistikler, nüfus ve demografi. <http://www.tuik.gov.tr/PreTabloArama.do>, Erişim: 13.06.2019.
- Weng, Q., 2002. Land use change analysis in the zhujiang delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management*, 64(3): 273-284.
- Yavaşlı, D.D., Masek, J.G., Franks, S., 2013. Muğla ilinde 2000-2010 yılları arasındaki orman bozunum ve geri kazanımının Landsat görüntüleri ile izlenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 22(2): 91-102.
- Yolasiğmaz, H.A., Keleş, S., 2009. Changes in carbon storage and oxygen production in forest timber biomass of Balci forest management unit in Turkey between 1984 and 2006. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4872-4883.
- Zhu, Z., Woodcock, C.E., Olofsson, P., 2012. Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*. 122: 75-91.