

Akdeniz iklim bölgesindeki alt yükselti orman ve çalılıklarında yangın sonrası hızlı ekolojik değerlendirme ile restorasyon önerilerinin geliştirilmesi: Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi örneği

İrem Tüfekcioğlu^{a,*}, Gökhan Ergan^{a,b}, Burçin Yenisey Kaynaş^c, Nursema Aktepe^d, Çağatay Tavşanoğlu^a

Özet: Akdeniz Havzası, milyonlarca yıldan beri yangınlara maruz kalan ve yangınlar sonucunda şekillenmiş bir biyocoğrafyadır. Bu nedenle Akdeniz Havzası'ndaki yanan alanların restorasyonunda bitki türlerinin yangına uyarlanma stratejilerinin dikkate alınarak, bitki topluluklarının sonraki yangına karşı direnç ve direngenliğinin artırılmasına yönelik planlamaların yapılması gereklidir. Bu çalışma kapsamında, Marmaris civarında yaklaşık 12.500 hektarlık alanı etkilemiş olan 2021 yangını sonrasında hızlı değerlendirme metodu geliştirilerek Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB) için yangın sonrası restorasyon önerileri hazırlanmıştır. Çalışmada EFFIS (European Forest Fire Information System) ve Sentinel-2 uydu görüntülerinden faydalanılarak yanan alan sınırı belirlenmiş, alan yangın şiddetinin göstergesi olarak kullanılan normalize edilmiş yanma oranı farkı (dNBR) değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Yanan alanların yenilenme potansiyeli, farklı meşcere tipleri ve yanma oranı sınıflarında belirlenen örnekleme alanlarında kızılçam (*Pinus brutia*) serotin kozalak sayısı ve maki elemanlarının potansiyel örtüşme yüzdelere ölçülmesi ile ortaya konmuştur. Boşluklu kapalı kızılçam meşcerelerinin en yüksek serotinitliğe ve makiliklerden sonra en fazla sürgün verme potansiyeline sahip olduğu, genç kızılçam meşcerelerinin (a ve b çağı) ise serotinitlik bakımından en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ve alanların eğim dereceleri dikkate alınarak, Datça-Bozburun ÖÇKB içerisindeki yanan alanlar için aktif ve pasif restorasyon dahil altı farklı restorasyon önerisi geliştirilmiştir. Yanan alanın %6'sının kendi haline bırakılması önerilirken, geri kalan alanlar için doğal gençleştirme + kozalaklı dal serme ve tohum ekimi destekli doğal gençleştirme yöntemleri ile teraslama ve toprak işleme sonrası fidan dikimi gibi suni gençleştirmeler önerilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen metodolojinin, yangını takiben iki ay içinde gerçekleştirilebilmesi ve basit ve düşük maliyetli olması itibarıyla, yerel uygulamacılar ve karar vericiler için uygulanabilirliği yüksektir.

Anahtar kelimeler: Aktif ve pasif restorasyon, Kızılçam, Normalize edilmiş yanma oranı, Orman yangını, Serotinitlik, Sürgün verme

Developing recommendations by rapid ecological assessment for post-fire restoration in low altitude forests and shrublands in Mediterranean climate region: A case study for Datça-Bozburun Special Protection Area

Abstract: The Mediterranean Basin is a biogeography shaped by fires for millions of years. For the restoration of burned areas in the Mediterranean Basin, therefore, planning should increase resistance and resilience of plant communities to fire by considering adaptation strategies of plant species to fire. In this study, following the fire of 2021, affected approximately 12.500 hectares in Marmaris region, a rapid assessment method and post-fire restoration prescriptions were developed for the Datça-Bozburun Special Environmental Protection Area. By using EFFIS and Sentinel-2 satellite images, the burned area was determined and classified to fire severity with normalized burn ratio difference. The regeneration potential of burned areas was revealed by counting the number of serotinous cones of Turkish red pine (*Pinus brutia*) and estimating potential coverage of maquis species in sampling areas based on stand type and burn severity levels. Open pine stands had the highest serotiny and high resprouting potential following maquis vegetation, while the young pine stands have the lowest level of serotiny. Considering results and slope degrees, six restoration prescriptions were developed for burned areas. While 6% of the burned area was recommended to be left unmanaged, natural regeneration + laying out branches with cones and natural regeneration with additional seeding, and artificial regeneration by planting saplings after terracing and tilling were foreseen for the remaining areas. This simple and cost-effective methodology developed in this study is highly applicable to local practitioners and decision makers, as it can be carried out within two months following the fire.

Keywords: Active and passive restoration, Turkish red pine, Normalized burn ratio, Wildfire, Serotiny, Resprouting

✉ ^a Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Ekoloji Anabilim Dalı, 06800 Beytepe, Ankara

^b Çukurova Üniversitesi Aladağ Meslek Yüksekokulu Ormanlık Bölümü Avcılık ve Yaban Hayatı Programı, Aladağ, Adana

^c Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, İstiklal Yerleşkesi, Burdur

^d Kastamonu Üniversitesi Biyoloji Bölümü Ekoloji Anabilim Dalı, 37150 Kuzeykent, Kastamonu

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 20.05.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.08.2022



Citation (Atıf): Tüfekcioğlu, İ., Ergan, G., Yenisey Kaynaş, B., Aktepe, N., Tavşanoğlu, Ç., 2022. Akdeniz iklim bölgesindeki alt yükselti orman ve çalılıklarında yangın sonrası hızlı ekolojik değerlendirme ile restorasyon önerilerinin geliştirilmesi: Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(3): 163-177. DOI: [10.18182/tjf.1118883](https://doi.org/10.18182/tjf.1118883)

1. Giriş

Akdeniz tipi ekosistemler, kuraklık ve yangınlar sonucunda şekillenmiş bir evrimsel tarihe sahip biyocoğrafyalardır (Pausas ve Keeley, 2009; Keeley vd., 2012). Yangın, karasal bitkilerin ortaya çıktığı Paleozoik zamandan itibaren (Glasspool vd., 2004), ekosistemler üzerinde önemli bir ekolojik sınırlayıcı olarak rol oynamıştır (Bond vd., 2005). Akdeniz Havzası'nda, tarım topluluklarından günümüze kadar gelen dönem boyunca insan nüfus artışı ile tarım, hayvancılık, ormancılık, kentleşme ve madenler gibi arazi kullanım değişimleri, ekosistemler üzerinde yeni bir şekillendirici kuvvet olmaya başlayarak doğal habitatların bozulmasına ve biyolojik çeşitliliğin önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur (Cardinale vd., 2012; Bakker vd., 2013). Son yüzyıl boyunca yangınların baskılanması, ağaçlandırma faaliyetleri ve sosyo-ekonomik dönüşümler neticesinde ormanlarda yanıcı madde birikiminin artması, yangın öncesi bakım ve yangın sonrası restorasyon çalışmaları gibi ormancılık yaklaşım ve uygulamaları sonucunda Akdeniz Havzasında yangın rejimleri değişmiştir (Pausas ve Fernández-Muñoz, 2012; Moreira vd., 2020; Pausas ve Keeley, 2021). Bu durum, iklim değişikliğinden kaynaklı olarak yaşanan daha şiddetli ve uzun süren sıcak hava dalgalarının da etkisiyle günümüzde Akdeniz Havzasında çıkan yangınların daha da büyümesine zemin hazırlamıştır (Tavşanoğlu, 2021a).

Orman yangınları, yangınlarla mücadele faaliyetleri (Agee ve Skinner, 2005), odun hammaddesindeki düşüş (Çoşkuner ve Bilgili, 2013) ve yangın sonrası restorasyon uygulamaları nedeniyle ekonomik anlamda kayba neden olmaktadır. Bunların yanı sıra, özellikle insanlar tarafından değişikliğe uğramış yangın rejimleri veya yangından önceki uygulamalar nedeniyle oluşan arazi bozunumları, yangın sonrası toprak erozyonuna ve biyoçeşitliliğin etkilenmesine neden olmaktadır (Mayor vd., 2007; Llovet vd., 2009; Ürker vd., 2018). Diğer yandan ise, yangına uyarlanmış karakterler sayesinde bitki topluluklarında yangından pozitif olarak etkilenen türler bulunmaktadır (Keeley vd., 2011; Ergan, 2017; Tavşanoğlu vd., 2017). Yangınla uyarılan çimlenme ve sürgün verme gibi karakterler sayesinde yangından sonraki ilk yıl bitki tür çeşitliliğinin yüksek olduğu bilinmektedir (Tavşanoğlu vd., 2002; Türkmen ve Düzenli, 2005; Kavgacı vd., 2010; Kavgacı vd., 2016; Ergan, 2017). Farklı süksesyon evrelerinde hayvan topluluklarının farklı tür bileşimlerini barındırdığı bilinmektedir (Kaynaş, 2008; Soyumert vd., 2020). Yangın sonrası yapılan farklı restorasyon uygulamalarının sonucunda, bitki ve hayvan topluluklarında farklı etkiler ortaya çıkabilmektedir. Aktif restorasyon uygulamalarından bitki topluluklarının olumsuz yönde etkilendiği (Leverkus vd., 2018), dal serme ve kendi haline bırakma uygulamalarının bitki toplulukları üzerinde olumlu etkilerinin olduğu (Ürker vd., 2018; Kuş, 2019) yönünde bulgular vardır. Yangın sonrası kendi haline bırakılan alanlarda hayvan topluluklarının pozitif etkilendiği de belirtilmiştir (Gürağaç, 2019; Kuş, 2019).

Yangınların nedenlerinin ve ekosistemdeki rolünün anlaşılması, restorasyon uygulamalarının kapsamını ve başarısını doğrudan etkilemektedir (Moore, 2005). Yangından hemen sonra yangın alanında yapılacak arazi çalışmaları (Vallejo vd., 2012) ve kullanılan uzaktan algılama yöntemleri (Cocke vd., 2005), yangın hasarı ve yenilenme potansiyelinin belirlenerek yangın sonrası restorasyon

uygulamalarının etkili bir biçimde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Nitekim, Mauri ve Pons (2019), yanan alanların vejetasyon durumunun standart protokollerle değerlendirmenin önemine işaret etmiştir. Özellikle sonbahar yağmurları başlamadan önce yanan alanlarda yapılacak arazi çalışmaları ile, alanların yangından zarar görme derecelerinin analiz edilmesinin yangın sonrası restorasyon çalışmaları için yönlendirici bilgiyi toplamak adına önemli olduğunu bildirmektedir (Mauri ve Pons, 2019; Meyer vd., 2021). Uzaktan algılama yöntemleri ise, yangından etkilenen alanlarla ilgili bilgilere ulaşmak için günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır (Chuvienco, 2009; Coşkuner vd., 2021). Özellikle normalize edilmiş yanma oranı (NBR) hesaplamaları, yanan alanların yanma derecelerinin ortaya konması açısından kullanışlı bilgiler sunmaktadır (Szapkowski ve Jensen, 2019). Ayrıca, restorasyon uygulamaları planlanırken, öncelikle disiplinlerarası bir bakış açısıyla restorasyon amacının ortaya konulması ve potansiyel uygulamalar arasında en uygununun belirlenerek ekosistem süreçlerinin devamlılığının ve çeşitliliğinin göz önüne alınması, yangın sonrası restorasyon ilkelerinin etkili bir biçimde uygulanmasına olanak sağlamaktadır (Meyer vd., 2021).

Yangınlar, hem ormancılık uygulamalarında yeni yaklaşımların geliştirilmesi (Leverkus vd., 2019) hem de yanan alanların bir sonraki yangına karşı direncini (İng. *resistance*) ve dirençliliğini (İng. *resilience*) artırmak için iyi bir fırsat olarak görülebilir (Birotd vd., 2009; Moreira vd., 2012; FAO ve Plan Bleu, 2018). Türkiye'de 2011-2020 yılları arasında çıkan orman yangını sayısının yılda yaklaşık 2.600 adet ve yanan alan miktarının da yıllık ortalama yaklaşık 9.000 ha alan olduğu bilinmektedir (Avcı ve Korkmaz, 2021). Türkiye'deki kayıtlı geçmiş orman yangını verilerine bakıldığında, 1937-2018 yılları arasında ülkemizde 1.680.000 ha alanın yangınlara maruz kaldığı görülmektedir (OGM, 2019). Özellikle 2021 yılında gerçekleşen çok sayıda büyük yangının etkilediği 200.000 ha'ın üzerindeki alan (EFFIS, 2022) eklendiğinde, yangın istatistiklerinin tutulduğu 1937 yılından beri Türkiye sınırları içerisinde yaklaşık 2.000.000 ha orman alanı yangına maruz kalmıştır. Dolayısıyla, ülkemizde 80 yıl öncesinden bu yanan orman varlığının, Türkiye'deki ormanların kapladığı alanın yaklaşık onda birine denk gelmekte ve bu yanan alan miktarının Türkiye'deki kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarının yayılım alanının üçte birine eşittir. Uzun vadeli olarak düşünüldüğünde, Türkiye ormanlarında yürütülecek olan yangın sonrası restorasyon uygulamalarının yangına eğilimli orman ekosistemlerin direncini ve dirençliliğinin artırılması için önemli bir araç olma potansiyeli vardır.

Yangın sonrası restorasyon uygulamaları planlanırken Akdeniz ekosistemlerinde yaşayan bitki ve hayvan türlerinin yangına uyarlanmalarının da dikkate alınması, yangın sonrasında biyoçeşitliliğin ve ormanların sahip olduğu ekolojik fonksiyonlarının korunması için gereklidir (Ürker vd., 2018; Leverkus vd., 2020; Tavşanoğlu ve Pausas, 2022). Akdeniz tipi ekosistemlerde yaygın olarak varlıklarını sürdüren bitkilerin yangına karşı gösterdikleri uyarlanmalar, buldukları vejetasyonun yangın öncesinde olduğu kadar yangın sonrası yenilenmesi ve şekillenmesinde de oldukça önemlidir (Tavşanoğlu ve Gürkan, 2004; Tavşanoğlu, 2009; Kavgacı ve Tavşanoğlu, 2010; Keeley vd., 2012; Kavgacı, 2021; Tavşanoğlu, 2021b). Bu uyarlanmalar arasında kozalakları kapalı olarak bekletme (serotinitik) (Kazancı,

2021), yangınla uyarılan çimlenme (Moreira vd., 2010; Tavşanoğlu vd., 2017; Çataş vd., 2018; Kazancı ve Tavşanoğlu, 2019), sürgün verme (Pausas, 1997; Keeley vd., 2005), yangınla uyarılan çiçeklenme (Borchert ve Tyler, 2009) ve yanabilirlik (Neyişçi, 1987; Pausas vd., 2017; Aktepe, 2021) yer almaktadır. Akdeniz ekosistemlerini oluşturan bitki örtüsü yangından sonra hızlıca toparlanma eğilimindedir (Kazanis ve Arianoutsou, 2004; Moreno ve Oechel, 2012; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014). Genel olarak yangına eğilimli ekosistemlerde yenilenme stratejileri yangın sonrası yeniden filizlenerek hayatta kalıp kalmadıklarına (Bond ve Midgley, 2001, 2003; Clarke vd., 2015) veya yangınla uyarılan çimlenme gösteren, yangına dayanıklı tohum bankasına sahip olup olmadıklarına (Pausas vd., 2004b; Pausas ve Keeley, 2009; Moreira vd., 2010) dayanır. Yangına eğilimli ekosistemler içerisinde yangın sonrası çok hızlı bir şekilde sürgünden gelebilene tohumdan gençleşme gösteren türler yangına karşı en yüksek direngenliği gösteren ekosistemleri oluştururlar (Lavorel, 1999; Rodrigo vd., 2004). Bu durum, yangından sonra hızlı ve kolay bir şekilde toparlanarak yenilenme sürecinin başlamasında kilit rol oynayan bu bitkilerin göstermiş oldukları uyarlanmaların yangın sonrası yenilenme çalışmalarında dikkate alınmasını sürdürülebilir bir ekosistem yönetimi için elzem kılmaktadır (Tavşanoğlu, 2021b; Tavşanoğlu ve Pausas, 2022). Örneğin, kızılçam ormanlarında yer alan bitkilerin söz konusu yangın uyarlanmaları sayesinde, kızılçam ormanları hızlı bir şekilde kendini yenileyebilmektedir (Tavşanoğlu, 2009; Kavgacı ve Tavşanoğlu, 2010; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014). Ancak yeterince toprak tohum bankasına sahip olmayan genç kızılçam meşcerelerinin yanması gibi bazı özel durumlarda, kızılçam türü yenilenemediği için ormanın yeniden oluşması gerçekleşmemekte ve ormandan makiliğe dönüşüm gerçekleşmektedir (Kavgacı vd., 2016; Bahar, 2018).

Akdeniz Havzasında yangın sonrası ağaçlandırma çalışmaları, 20. yy'ın başından beri uygulanmaktadır (Pausas vd., 2004b; Vallejo, 2005; Vallejo vd., 2012). Bu uygulamalar öncelikle yanan materyalin alandan çıkartılması ve sonrasında ekim veya dikim yoluyla çam ağaçlarının alana getirilmesi şeklindedir (Mauri ve Pons, 2019). Türkiye'de, kozalaklı dal serme ile doğal gençleştirme uygulamaları üzerine çalışmalar, 1970'li yıllara kadar geriye gidebilmektedir (Özdemir, 1977; Odabaşı, 1983; Boydak vd., 2006; Mehmet Yaka, sözlü görüşme). Kozalaklı dal serme yöntemi, güncel olarak silvikültür araştırmalarında, tıraşlama tekniğinin uygulandığı gençleştirme sahalarında ve yanan alanların gençleştirilmesinde kullanılmaktadır (Çaloğlu, 2021). Kozalaklı dal serme yöntemi, açılacak kozalaklardan tohumların düşüp alanda çimlenmesine olarak sağlamaktadır (Pausas vd., 2004a). Ayrıca dallar, ibreler ve kozalaklar gelişen fidelerin üzerinde gölge oluşturarak, özellikle ilk yıl kuraklığına karşı dirençli olmasına katkı sağlamaktadır. Yanan alanlarda bırakılan tükenmemiş biyokütlenin oluşturduğu mikroklimsel ortam, fidelerin sağ kalmasında kritik öneme sahiptir (Marcolin vd., 2019). Kızılçam türünde, kozalaklı dal serme yöntemine tohumlamanın da eşlik etmesinin Kızılçamda fide yerleşimi başarısını artırdığı bilinmektedir (Boydak vd., 2006). Kesilen çam ağaçlarının ve çalıkların dallarının yangın alanına serilmesi ile fidelerin herbivorlardan korunması da dolaylı olarak sağlanmaktadır. Bu yöntem ile oluşan mikrohabitatları, diğer bitki ve hayvan türleri kullanmaktadır. Yangın alanlarına dal serilmesinin önemli bir diğer etkisi ise toprak erozyonuna karşı önleyici olmasıdır.

Her ne kadar dikim yöntemiyle ağaçlandırma Kızılçamın gençleştirilmesinde on yıllardır uygulanan yöntemlerinden birisi olsa da (Boydak vd., 2006), Türkiye'nin zamanındaki en büyük yangını olan 2008 yılında Antalya-Taşgöl yangını sonrasında, yangın sonrası ağır iş makineleriyle (ekskavatör vb.) geniş çukurlar açılarak ağaçlandırma yapılması yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Aynı zamanda, 2008 Taşgöl yangınından sonra 2010 yılında yayınlanan 6665 sayılı tamim ile hayata geçirilen "Yanan Orman Alanlarının Rehabilitasyonu ve Yangına Dirençli Ormanlar Tesisi Projesi" (YARDOP), o dönemden beri birçok büyük yangın sahasında uygulanmaya başlanmış ve yaygınlaşmıştır (Yılmaz vd., 2012; Çoşkun ve Bilgili, 2013). Söz konusu proje, yangına eğilimli ormanlık alanlarda yangına dirençli ve yöreye uygun türler kullanılarak "yangın önleyici tesisler" olarak değerlendirilen yangın zayıflatma zonları oluşturmayı hedeflemektedir (Yılmaz vd., 2012; OGM, 2014a). Bununla birlikte, YARDOP projesinin beklentileri karşılaması tartışmalı bir konudur (Çoşkun ve Bilgili, 2013; Güngöroğlu vd., 2014) ve yangın sonrası restorasyon konusunda da çok sayıda olumsuzlukla karşılaşmıştır (Kantarci, 2009). Yangına dirençli ormanlar tesis ederek, yangınların büyümesinin engellenmesi konusu Türkiye'de eskiden beri tartışılan bir konudur (Neyişçi vd., 1996). Özellikle yanabilirliği düşük ağaç ve ağaççık türlerinin belirlenerek belirli zonlara dikilmesinin, ormanlarda yangınlarla mücadeleyi kolaylaştıracağı ileri sürülmektedir (Neyişçi, 1996; Aktepe, 2021; Güney vd., 2022). Dünyanın yangına eğilimli başka yerlerinde de benzer yaklaşımlar, günümüzde büyümekte olan yangınların sosyo-ekonomik etkilerinin azaltılmasında bir araç olarak kullanılmaktadır (Koutsias vd., 2010; Moreno, 2014).

Diğer Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye'de de 2021 yılının yaz aylarında gerçekleşen büyük orman yangınları oldukça tahrip edici olmuştur (Tavşanoğlu ve Pausas, 2022). Kesintisiz orman alanlarının varlığı, ormanlardaki yanıcı madde yükünün artmış olması ve iklim değişikliği sebebiyle ortaya çıkan meteorolojik koşulların daha sık ve şiddetli bir şekilde oluşması nedeniyle, büyük orman yangınlarının Türkiye'de ve Akdeniz Havzası'nda gelecek dönemlerde de devam etmesi beklenmektedir (Pausas ve Keeley, 2021; Tavşanoğlu, 2021a). Türkiye'de 2021 yılında gerçekleşmiş olan büyük yangınlar sonrasında birçok kurum tarafından hazırlanmış olan raporlarda, kızılçam ormanlarında ve makiliklerde yangın sonrasında yapılması gereken restorasyon uygulamalarına ilişkin önerilerini ortaya koymuştur (Marmaris Belediyesi, 2021; OGM, 2021; Tavşanoğlu, 2021a; Atmış, 2022; TODBA, 2022; WWF ve NATURA, 2022). Bu raporlarda konuyla ilgili kapsamlı önerilere yer verilmiş olsa da, Akdeniz ekosistemlerinin alt yükselti kuşağında gerçekleşen büyük orman yangınlarının artan sayısı ve etkiledikleri geniş alanlar dikkate alındığında, bu yangınlar sonrasında yapılacak olan restorasyon faaliyetleri için objektif ve standart bir hızlı değerlendirme sistemi geliştirme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı, Dağca-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB) dahilindeki büyük orman yangınından etkilenen kızılçam ve maki ekosistemlerindeki yangın hasarının ve bu ekosistemlerin yenilenme potansiyelinin hızlı değerlendirme ile tespit edilerek, yanan ormanlık alanlarda gerçekleştirilecek restorasyon çalışmaları için öneriler geliştirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, 2021 yılının yaz aylarında (29 Temmuz – 5 Ağustos 2021) Marmaris civarı ve Bozburun Yarımadası'nda (Muğla)

gerçekleşen büyük orman yangınında hasar gören alanlar hızlı değerlendirme yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada, farklı meşcere tipleri ve yanma oranı sınıflarına sahip örnekleme alanlarında bulunan yanmış kızılçam bireylerindeki serotin kozalak sayısı ve maki elemanlarının sürgün verme potansiyelinin değerlendirilmesiyle analizler gerçekleştirilmiş, Datça-Bozburun ÖÇKB sınırları içinde yangına maruz kalmış alanda yer alan her bir bölme için eğim dereceleri de hesaba katılarak restorasyon önerileri hazırlanmış ve haritalandırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

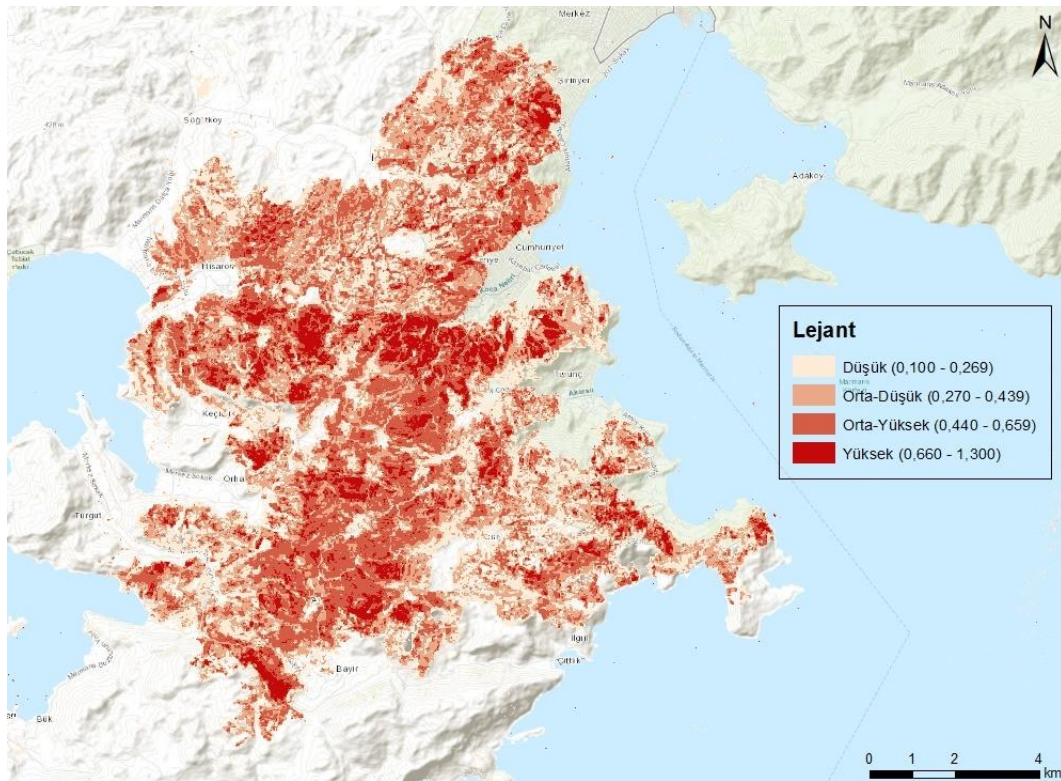
2.1. Çalışma alanı

Bu çalışma, 29 Temmuz 2021 tarihinde başlayarak 5 Ağustos 2021 tarihine kadar süren ve Marmaris civarı ve Bozburun Yarımadası'nda (Muğla) yaklaşık 12.500 hektarlık alanı etkileyen (EFFIS, 2021) orman yangınının tahrip etmiş olduğu alanda yürütülmüştür. Çalışma alanı, Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Bayır ve Hisarönü Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanının iklimi belirgin kurak ve yağışlı dönemleri içeren tipik bir Akdeniz iklimidir. Yangına maruz kalan alanın büyük bir kısmı kalkerli anakaya ve toprak yapısına sahipken, alanın özellikle kuzey kesimlerde ofiyolit kayalar ve serpantin toprak yapısı görülmektedir (Tavşanoğlu, 2008). Yangına maruz kalmış alanın sınırları, hem EFFIS (European Forest Fire Information System) veritabanı (EFFIS, 2021)

hem de ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından geliştirilen 10, 20 ve 60 m mekansal çözünürlüğe sahip (Dereli, 2019) Sentinel-2A uydu görüntülerinden (Sentinel Hub, 2021) faydalanılarak belirlenmiştir.

2.2. Örnekleme alanlarının belirlenmesi

Orman yangını sonrası hızlı değerlendirme çalışması için örnekleme alanları belirlenirken, farklı yanma oranı sınıfları ve meşcere tipleri dikkate alınmıştır. Normalize edilmiş yanma oranı (NBR), yanan alanlardaki yangın şiddetini ortaya koyan bir indeks olup 760-900 nm arası NIR bandı ve 2080-2350 nm arası SWR bandında çalışmaktadır. Sentinel-2A uydu görüntülerinden yangın öncesi ve yangın sonrası normalize edilmiş yanma oranları hesaplanarak (Sentinel Hub, 2021) raster görüntüleri arasındaki fark alınmış ve böylelikle yanan alana ait yanma oranı farkı (dNBR) elde edilmiştir (Keeley, 2009). Çalışma alanının yanma seviyeleri incelenmek istendiği için, yanma oranı farkı sınıflandırmasından düşük, orta-düşük, orta-yüksek ve yüksek alt grupları seçilmiştir (Key ve Benson, 2006; USGS, 2016). Marmaris bölgesi için yapılan bu hesaplama için, yangın öncesini temsilen 18 Temmuz 2021 tarihli uydu görüntüsü ile yangın sonrası temsilen 27 Ağustos 2021 tarihli uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 1).



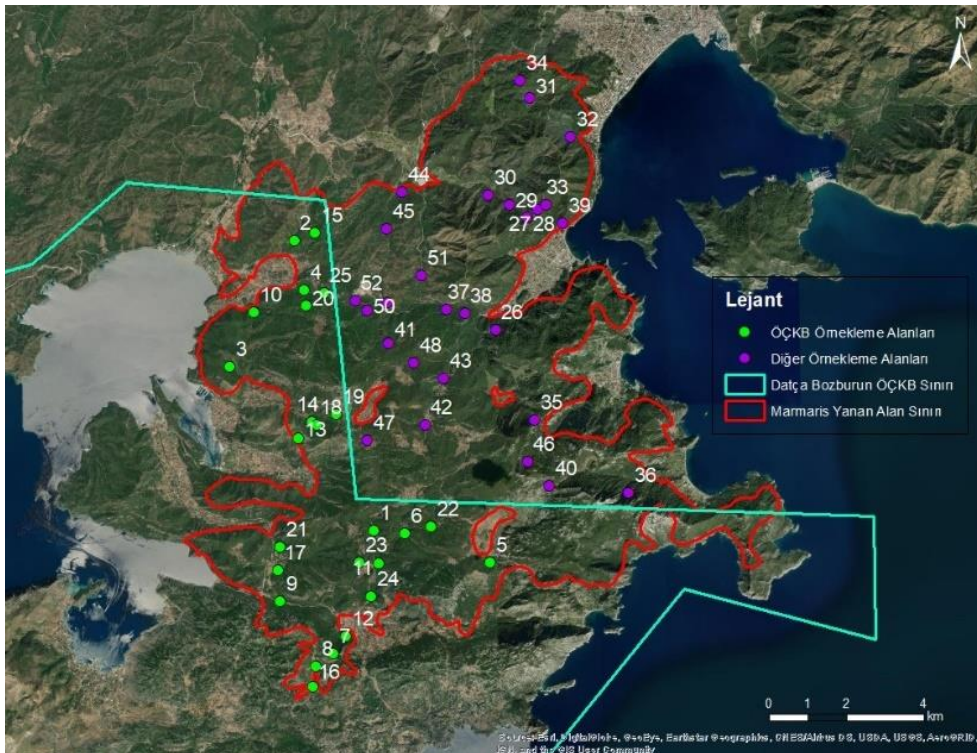
Şekil 1. Marmaris ve Datça Bozburun Yarımadasında 29 Temmuz - 5 Ağustos 2021 tarihleri arası yanan alanın, yanma oranı farkına göre (dNBR) sınıflandırılması

Her bir örnekleme alanına ait meşcere tipi bilgisi, Bayır ve Hisarönü Orman İşletme Şefliklerinin orman amenajman planlarından elde edilmiştir. Söz konusu planların tarih aralığının 2013-2032 yılları olması ve dolayısıyla arazi envanterlerinin 2012 yılında yapılmış olması nedeniyle, arazi çalışması sırasında planlardaki sınıflandırmaya uymayan meşcere tipleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, örnekleme alanlarında rastgele seçilen 12-15 adet kızılçam bireylerinin çap ölçümü gerçekleştirilmiş ve örnekleme alanının kapladığı yeri temsil edecek meşcere tipi verisi gerekiyorsa bu ölçümler dikkate alınarak “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine ait Usul ve Esaslar Tebliği”nde (OGM, 2017) yer alan gelişim çağ sınıflandırmasına göre güncellenmiştir. Hem orman amenajman planlarından hem de arazi gözlemleri sonucunda belirlenen örnekleme alanlarının meşcere tipleri aşağıda belirtilen altı alt başlık altında değerlendirilmiştir:

- Boşluklu kapalı kızılçam: BÇz ve BÇz-T meşcere tipleri (Kızılçam tepe kapalılığı: %1-10; kapladığı alan: 1611,2 ha)
- a çağında kızılçam: Çz0a, Çzab ve Çza meşcere tipleri ($d1,30 < 7,9$ cm; kapladığı alan: 183,5 ha)

- b çağında kızılçam: Çzb ve Çzbc meşcere tipleri ($8,0$ cm $< d1,30 < 19,9$ cm; kapladığı alan: 218,2 ha)
- c çağında kızılçam: Çzc ve Çzcd meşcere tipleri ($20,0$ cm $< d1,30 < 35,9$ cm; kapladığı alan: 1573,8 ha)
- d çağında kızılçam: Çzd ve Çzde meşcere tipleri ($36,0$ cm $< d1,30 < 51,9$ cm; kapladığı alan: 661,8 ha)
- Maki: BMak ve OT meşcere tipleri (Maki tepe kapalılığı: %1-10 veya ağaçsız orman toprağı; kapladığı alan: 125,7 ha; amenajman planında çalışma alanında Mak3 meşcere tipi yer almamaktadır)

Örnekleme alanları belirlenirken, alanların mümkün olduğu kadar farklı yanma oran sınıflarını ve meşcere tiplerini temsil etmesi dikkate alınmıştır (Çizelge 1). Yangın alanının Datça-Bozburun ÖÇKB sınırları içerisinde kalan bölümünden 25 adet, alan sınırlarının dışındaki yanmış sahalardan ise 27 adet birer hektar büyüklüğünde alan çalışma kapsamında örneklenmiştir (toplam 52 adet örnekleme alanı) (Şekil 2, Şekil 3). Örnekleme alanlarının denizden yükseklikleri 35-650 m arasında değişmektedir.



Şekil 2. Marmaris ve Datça Bozburun Yarımadası yanma alanında çalışılan örnekleme alanları haritası (Tarih: 03/05/2021; Kaynak: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community)

Çizelge 1. Farklı yanma oranı sınıfları ve meşcere tiplerine göre örnekleme alanları miktarı. “-” ile belirtilen hücrelerdeki meşcere tipi \times yanma oranı sınıfı kombinasyonları alan genelinde yer almadığından çalışılmamıştır

Meşcere tipi	Yanma oranı sınıfı				Toplam
	Düşük	Orta-düşük	Orta-yüksek	Yüksek	
Boşluklu kapalı kızılçam	1	2	-	-	3
a çağında kızılçam	1	3	2	-	6
b çağında kızılçam	3	2	5	4	14
c çağında kızılçam	2	3	6	1	12
d çağında kızılçam	3	3	6	2	14
Maki	-	3	-	-	3
Toplam	10	16	19	7	52



Şekil 3. Örnekleme yapılan (a) a çağında yanmış kızılçam meşçeresi, (b) d çağında yanmış kızılçam meşçeresi ve (c) yanmış makilikten görüntüler

2.3. Araziden verilerin toplanması

Arazi çalışmaları, 5 Ağustos 2021 tarihinde gerçekleşmiş olan yangını takiben 12 Ağustos - 28 Eylül 2021 tarihleri arasındaki dönemde gerçekleştirilmiştir. Bu süre içerisinde çalışma alanında toplam 25 gün süresince örnekleme ve değerlendirme çalışması yapılmıştır. Çalışma alanlarının yangın sonrası kendiliğinden yenilenme potansiyelinin göstergesi olarak iki temel ölçüt dikkate alınmıştır. Bu ölçütlerden birincisi, kızılçam gençliklerinin yangın sonrası alanda yeniden ortaya çıkma potansiyelinin bir göstergesi olarak yanmış ergin kızılçam bireyleri üzerinde bulunan serotin kozalak miktarıdır. İkinci ölçüt ise, sürgün vererek yanmış alanda yeniden ortaya çıkabilecek çalı türlerinin varlığının bir göstergesi olarak maki elemanlarının yanmış gövdeleri ve dip kalıntılarıdır.

Kızılçam serotin kozalak sayısı verisi, iki yaş ve üzeri serotin kozalakların sayılması ile elde edilmiştir. Kızılçamda iki yaşın sonunda kahverengiye dönmüş olan kozalaklar içerisinde yer alan tohumların anatomik ve fizyolojik olgunluğa eriştiği bilinmektedir (Boydak vd., 2006). Ayrıca, yapılan bir çalışmada kızılçamda iki yaşlı kahverengi kozalakların, üç ve daha yukarı yaştaki kozalaklara göre daha fazla oranda canlı tohum içerdiği görülmüştür (Kütük vd., yayınlanmamış veri). Bu doğrultuda, çalışma alanında yangına maruz kalmış kızılçam ağaçlarında iki yaşlı kapalı kozalakların yangını zarar görmeyen atlattığı gözlemi yapılmış ve toprak tohum bankasına katkı yapmış olduğu tespit edilmiştir. Yangını tükenmeden atlattığı serotin kozalak sayımları Kazancı (2021)'deki metodoloji takip edilerek dürbün yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Serotinlik değerleri, Datça-Bozburun ÖÇKB yanan alan içinde belirlenen 25 adet örnekleme alanının her birinin 10 metre çapında 4 alt alana bölünmesi ve her alt alanda rastgele seçilen üç kızılçam bireyinin kozalak sayımlarının yapılarak ortalamalarının alınmasıyla hesaplanmıştır. Toplam 240 adet kızılçam bireyinde yapılan toplam kozalak verisi sayımları 5 alt kategoriye ayrılmıştır: a) 1-5, b) 5-10, c) 10-25, d) 25-50, e) 50+. Bu kategorilerin ortalaması alınırken ise şu değerler kullanılmıştır: 1-5 için 3, 5-10 için 8, 10-25 için 18, 25-50 için 38 ve 50+ için 75.

Maki elemanlarının yanmış gövdeleri ve dip kalıntıları, örnekleme alanlarındaki çalı vejetasyon katının tahmini örtüş yüzdelerini kaba olarak hesaplanmasında kullanılmıştır. Maki elemanlarının sürgün verme potansiyelinin bir göstergesi olarak ele alınan bu ölçüt, gözle tahmini olarak yapılan kaba bir ölçüm olduğu için, çalışma alanının Datça-Bozburun ÖÇKB sınırı dışında kalan kesimlerinde yapılan ek ölçümlerle güçlendirilmiştir. Dolayısıyla, Datça-Bozburun

ÖÇKB içerisindeki yanan bölgede yer alan 25 adet örnekleme alanının yanı sıra, Marmaris yangın alanının diğer kesimlerinden de seçilen 27 adet örnekleme alanında da bu konuda veri elde edilmesi için çalışılmıştır. Bu doğrultuda, maki elemanlarının tahmini örtüş yüzdesi toplam 52 örnekleme alanının her biri için beş farklı kategoride (1: %0-20, 2: %20-40, 3: %40-60, 4: %60-80, 5: %80-100) ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2.4. İstatistiksel analizler

Kızılçam serotin kozalak sayısı ve maki elemanlarının sürgün verme potansiyeli verilerinin, örnekleme alan bazında, farklı meşçere tipleri ve yanma oranlarına göre ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için doğrusal karma model (Pinheiro ve Bates, 2020) uygulanmıştır. Modelde, kızılçam serotin kozalak sayısı ve maki elemanlarının sürgün verme potansiyeli sabit faktörler, meşçere tipleri ve yanma oranı sınıfları ise rassal faktörler olarak değerlendirmeye alınmıştır. Bütün haritalar ve alan hesaplamaları "ArcGIS" programı ile (ESRI, 2011), grafikler ggplot2 paketi ve istatistiksel analizler ise nlme (Pinheiro ve Bates, 2020) paketi kullanılarak "R" programıyla (R Core Team, 2020) yapılmıştır.

2.5. Restorasyon öneri sınıflarının atanması

Orman Genel Müdürlüğü'nün tebliğlerinde (OGM, 2014b, 2017) mevcut olan yangın sonrası silvikültürel uygulamalar dikkate alınarak her bir bölme için bir restorasyon öneri sınıfı atanmıştır. Bu öneri sınıfları, Türkiye'de 2021 yılında gerçekleşen büyük yangınlar sonrası hazırlanan birçok değerlendirme raporunda da belirtilmiştir (Marmaris Belediyesi, 2021; OGM, 2021, Tavşanoğlu, 2021a; Atmış, 2022; TODBA, 2022; WWF ve NATURA, 2022). Bu çalışma kapsamında, daha önce gerek Orman Genel Müdürlüğü gerekse farklı kurumların raporlarında belirtilen bu uygulama önerilerinin daha somut ve sayısal bir şekilde değerlendirilebilmesine olanak sağlayacak şekilde, restorasyon öneri sınıflarının atanmasında serotin kozalak miktarı ve maki elemanlarının potansiyel sürgün verme kapasitesi ile birlikte toprak erozyon riski de göz önünde bulundurulmuştur. Kızılçam ormanlarının yangın sonrası gençleştirilmesinde eğimi yüksek olan zonlarda alanda yeterli tohum doğal olarak bulunsun dahi, erozyonu azaltmak için kozalaklı ince dalların alana serilmesinin ihmal edilmemesi gerektiği belirtilmiştir (Boydak vd., 2006). Bazı yaşlı kızılçam meşçerelerinde yangından sonra tohum

takviyesine gerek olmadan sadece kozalaklı dalların serilmesi ile başarılı bir şekilde gençlik elde edilebildiği de bilinmektedir (Keskin vd., 2001). “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine ait Usul ve Esaslar Tebliği”nde yer alan doğayı koruma hedefi ölçüt ve göstergeleri çizelgesine göre eğimi %80’den fazla olan alanlar doğayı korumaya ayrılmakta ve aynı tebliğde yer alan erozyonu önleme fonksiyonunun ölçüt ve göstergeleri çizelgesine göre ise %59’dan daha fazla eğimli alanlar şiddetli erozyon risk sınıfına girmektedir (OGM, 2017). Diğer yandan, “Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliği”ne göre, toprak işleme ve teraslama uygulamaları eğimin %40’tan daha düşük olduğu alanlarda yapılmaktadır (OGM, 2014b). Öneriler bu yüzdeler göz önüne alınarak yapılmış, orman amenajman planlarında yer alan her bölmeciğe ait eğim verisi ve atanmışsa erozyonu önleme fonksiyonu bilgilerinden faydalanılmıştır.

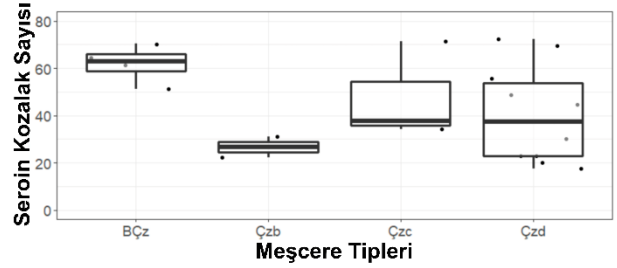
3. Bulgular

3.1. Kızılcamda serotin kozalak sayısı

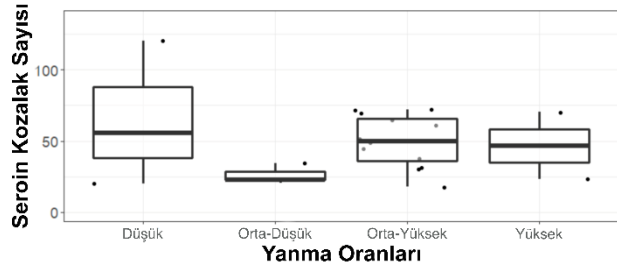
Farklı meşcere tiplerine göre toplam serotin kozalak sayılarına bakıldığında, boşluklu kapalı meşcere tipindeki ortalama değer (73,5) en yüksek olduğu görülmektedir. Bu değeri sırasıyla c çağındaki (47,8) ve d çağındaki (40,4) kızılcam meşcere tipleri takip etmektedir. Son sırada ise 26,7 ortalama değer ile b çağındaki kızılcam meşcere tipi gelmektedir (Şekil 4a, Çizelge 2). Yanma oranları karşılaştırmasında ise düşük, orta-yüksek ve yüksek yanma oranına sahip örnekleme alanlarındaki toplam kozalak sayısı birbirine yakın çıkarken, orta-düşük yanma oranına ait alanlarda bu değer yarisından daha aza düşmektedir (Şekil 4b, Çizelge 3).

3.2. Maki elemanlarının sürgün verme potansiyeli

Maki elemanlarının tahmini örtüş yüzdeleri, yangından sonra maki elemanlarının potansiyel sürgün verme kapasitesi olarak ele alınmıştır. Farklı meşcere tiplerine göre karşılaştırma yapıldığında; maki (4,3), boşluklu kapalı kızılcam (4,2) ve d çağı kızılcam (4,1) meşcere tipleri ortalamalar açısından en yüksek değerlere sahiptir (Çizelge 4). Bu sıralamayı b çağı ve c çağı kızılcam meşcere tipleri hemen hemen aynı değerlerle takip etmektedir. Maki elemanlarının potansiyel sürgün verme kapasitesi en düşük meşcere tipi ise a çağı kızılcam meşcereleri olarak bulunmuştur (Şekil 5a). Yanma oranları bakımından ise meşcere tipleri arasında belirgin bir farkla karşılaşılmamıştır (Çizelge 5, Şekil 5b).



a



b

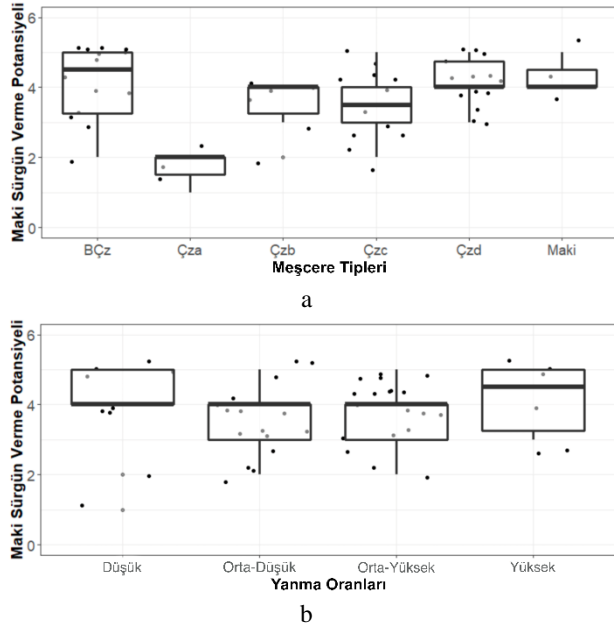
Şekil 4. Farklı meşcere tiplerinde (a) ve farklı yanma oranlarında (b) kızılcam serotin kozalak sayısının karşılaştırılması (Meşcere sınıflarından a çağındaki kızılcam meşcerelerinde yer alan bireylerde serotin kozalak olmadığı, maki ve bazı boşluklu kapalı kızılcam meşcerelerinde de herhangi bir kızılcam bireyi bulunmadığı için, toplam kozalak miktarı karşılaştırmalarında bu meşcere tiplerine ait 5 örnekleme alanı analize dâhil edilmemiştir.).

Çizelge 2. Farklı meşcere tiplerine göre, örnekleme alanlarındaki kızılcam serotin kozalak sayısının ortalama ve standart hata (parantez içinde) değerleri. Doğrusal karma model sonuçları istatistiksel olarak anlamlıdır (olabilirlik oranı: 9,6; $p = 0,022$).

Meşcere tipleri	Serotin kozalak sayısı
Boşluklu kapalı (BÇz)	73,5 (12,1)
b çağı kızılcam (Çzb)	26,7 (4,4)
c çağı kızılcam (Çzc)	47,8 (11,9)
d çağı kızılcam (Çzd)	40,4 (6,5)

Çizelge 3. Farklı yanma oranlarına göre, örnekleme alanlarındaki kızılcam serotin kozalak sayısının ortalama ve standart hata (parantez içinde) değerleri. Doğrusal karma model sonuçları istatistiksel olarak anlamlı değildir (olabilirlik oranı: 3,8; $p = 0,280$).

Yanma oranları	Serotin kozalak sayısı
Düşük	65,3 (29,4)
Orta-Düşük	26,4 (3,9)
Orta-Yüksek	49,9 (5,3)
Yüksek	46,7 (23,6)



Şekil 5. Farklı meşcere tiplerinde (a) ve farklı yanma oranlarında (b) maki elemanlarının sürgün verme potansiyelinin karşılaştırılması

Çizelge 4. Farklı meşcere tiplerine göre, örnekleme alanlarındaki maki elemanlarının sürgün verme potansiyelinin ortalama ve standart hata (parantez içinde) değerleri. Doğrusal karma model sonuçları istatistiksel olarak anlamlıdır (olabilirlik oranı: 29,0; $p < 0.0001$).

Meşcere tipleri	Maki sürgün verme potansiyeli
Boşluklu kapalı (BÇz)	4,2 (0,3)
a çağı kızılçam (Çza)	1,7 (0,3)
b çağı kızılçam (Çzb)	3,5 (0,3)
c çağı kızılçam (Çzc)	3,5 (0,3)
d çağı kızılçam (Çzd)	4,1 (0,2)
Maki	4,3 (0,3)

Çizelge 5. Farklı yanma oranlarına göre, örnekleme alanlarındaki maki elemanlarının sürgün verme potansiyelinin ortalama ve standart hata (parantez içinde) değerleri. Doğrusal karma model sonuçları istatistiksel olarak anlamlı değildir (olabilirlik oranı: 1,6; $p = 0,670$).

Yanma oranları	Maki sürgün verme potansiyeli
Düşük	3,9 (0,5)
Orta-Düşük	3,5 (0,2)
Orta-Yüksek	3,8 (0,2)
Yüksek	4,2 (0,4)

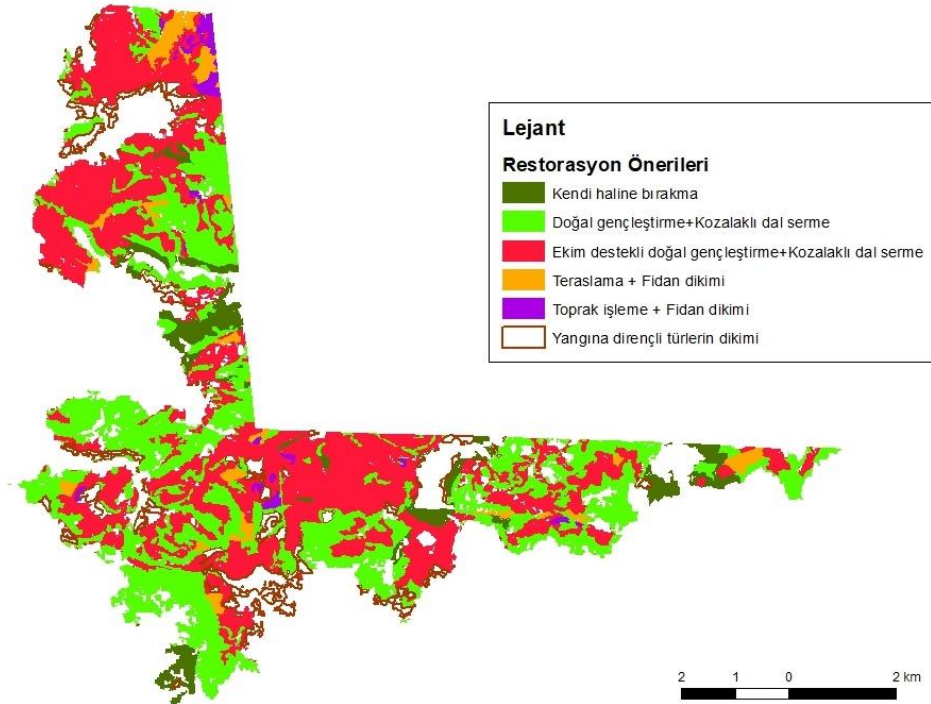
3.3. Restorasyon öneri sınıflarının atanması

Arazi verilerinden elde edilen bulgulara ek olarak orman amenajman planlarındaki eğim verisi değerlendirmeleri sonucunda, Datça-Bozburun ÖÇKB dahilindeki yanan alan için altı adet restorasyon önerisi hazırlanmıştır. Hazırlanan bu restorasyon önerileri, genel hatlarıyla doğal yenilenme, biyolojik çeşitlilik, erozyon önleme, odun üretimi ve yangın zararını en aza indirme ihtiyaçları üzerinden kurgulanmıştır. Her bir alanın bir öneri sınıfına atanması için alandaki yanmış kızılçam bireylerinin serotin kozalak sayısı miktarı ile alandaki sürgün verme kapasitesi ana bileşenler olarak dikkate alınmıştır. Bu atamanın yapılabilmesi için alanlar bu iki özellik bakımından kendi içerisinde karşılaştırılarak düşük-orta-yüksek şeklinde derecelendirilmiştir. Her bir öneri sınıfı için tanımlayıcı özellikler, önerilen faaliyetler ile bu önerilerin uygulanacağı meşcere tipleri ve eğim aralıkları Çizelge 7’de verilmiştir.

Datça-Bozburun ÖÇKB dâhilindeki yanan alan toplamı 4.934 hektar olup alanın makiliklerden oluşan ve eğimin %80’den daha fazla olduğu ve bu nedenle doğa koruma fonksiyonu grubuna giren kızılçam meşcerelerini içeren yalnızca %6’sının kendi haline bırakılması önerilmiştir (Şekil 6, Çizelge 6, Çizelge 7). Önerilerin büyük bir çoğunluğu (3840,5 ha, %77,8) aktif restorasyon ve doğal gençleştirme faaliyetlerini içeren, başka bir deyişle, yanan materyalin alandan çıkarıldıktan sonra yalnızca kozalaklı dal serme veya kozalaklı dal serme + tohum ekimi faaliyetleri için yapılmıştır (Şekil 6, Çizelge 6, Çizelge 7). Teraslama veya toprak işleme (arazi hazırlığı) sonrasında fidan dikimi gibi aktif restorasyon ve suni gençleştirme faaliyetleri ise doğal gençleştirme için yeterli kozalağın bulunmadığı ve erozyon riskinin olduğu alanlar için önerilerek toplam 241 hektarlık alanı (%4,9) kapsamaktadır (Şekil 5, Çizelge 6, Çizelge 7). Restorasyon önerileri arasında yer alan ve yangın sonrası restorasyon çalışmalarının aynı zamanda yangına dirençli türleri de içermesi amacıyla düşünülen “Yangına dirençli türlerin dikimi”, tarla ve yerleşim yeri gibi alanların 20-30 metrelik bir zon halinde uygulanması önerilen bir faaliyet olduğu için (OGM, 2014a), haritalarda bunu vurgulamak üzere renklendirme yalnızca bu uygulama alanlarının dış sınırlarında yapılmıştır (Şekil 6). Yine bu nedenden dolayı, faaliyetin ne kadarlık bir alanı kaplayacağı çalışma yapıldığı sırada bilinmediği için, Çizelge 6’da yangına dirençli türlerin dikimi önerisinin kapsayacağı alan bilgisi boş bırakılmıştır.

Çizelge 6. Datça-Bozburun ÖÇKB sınırları içinde kalan yanan alanlar için restorasyon öneri sınıfları ve kapladıkları alan miktarı

Öneri sınıfı	Öneri tipi	Alan (ha)	Alan (%)
Kendi haline bırakma	Pasif restorasyon ve doğal gençleştirme	292,7	6,0
Doğal gençleştirme + Kozalaklı dal serme	Aktif restorasyon ve doğal gençleştirme	1797,3	36,4
Ekim destekli doğal gençleştirme + Kozalaklı dal serme	Aktif restorasyon ve doğal gençleştirme	2043,2	41,4
Teraslama + Fidan dikimi	Aktif restorasyon ve suni gençleştirme	170,8	3,5
Toprak işleme + Fidan dikimi	Aktif restorasyon ve suni gençleştirme	70,2	1,4
Yangına dirençli türlerin dikimi	Aktif restorasyon ve suni gençleştirme	-	-



Şekil 6. Datça-Bozburun ÖÇKB sınırları içinde kalan yanan alanlar için geliştirilen altı restorasyon önerisi ve harita üzerinde dağılımları

Çizelge 7. Datça-Bozburun ÖÇKB sınırları içinde kalan yanan alanlar için geliştirilen restorasyon önerilerine dair tanımlayıcı özellikler, önerilen faaliyetler ve uygulamaları alanları

Öneri sınıfı	Tanımlayıcı özellikler	Önerilen faaliyetler	Uygulama alanları
Kendi haline bırakma	Ekolojik süreçlere müdahale edilmeden, alanların kendi haline bırakılması ve bölgeyle doğal yenilenmenin gerçekleşmesine izin verilmesini hedefler.	• Yanan materyalin çıkarılması dâhil, hiçbir uygulama yapılmaması	<ul style="list-style-type: none"> • Makilik alanlar (Boşluklu maki - BMak ve tam kapalı maki – Mak3), Ağaçsız orman toprağı (OT) ve Taşlık (T) meşcere tiplerinin hepsi • Eğimin %80'den daha fazla olduğu ve bu nedenle doğa koruma fonksiyonu grubuna giren alanlar • Bilimsel amaçlı izleme çalışmalarının yürütüleceği farklı kızılçam çağ sınıflarına ait ve bitki tür çeşitliliği açısından zengin alanlar
Doğal gençleştirme + Kozalaklı dal serme	Kozalaklı dalların alana homojen bir şekilde serilmesi ve bölgeyle toprağın ve tohumların erozyondan, gençliğin kuraklıktan ve herbivorlardan korunmasının sağlanmasını amaçlar.	<ul style="list-style-type: none"> • Yanan materyalin alandan çıkartılması • Geriye kalan kabuk, dal ve kozalakların homojen bir şekilde toprağa serilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Eğime bakmaksızın, kozalak sayısı en fazla olan meşcere tipi (BÇz) • Şiddetli erozyon sınıfına giren (Eğimin %59'dan fazla olduğu) ve kozalak sayısı bakımından orta derecede olan meşcere tipleri (Çzc ve Çzd sınıfları) (uygulamada kolaylık açısından)
Ekim destekli doğal gençleştirme + Kozalaklı dal serme	Doğal gençleştirme için yeterli kozalak varlığının bulunmadığı alanlarda, yangından önceki çam meşceresinin yeniden oluşturulması amacıyla erozyon önleyici ve tohumlama takviyesinin yapılması uygulamalarını içerir.	<ul style="list-style-type: none"> • Yanan materyalin alandan çıkartılması • Geriye kalan kabuk, dal ve kozalakların homojen bir şekilde sahaya serilmesi • Uygun tohum transfer zonunda getirilmiş Kızılçam tohumlarının homojen bir şekilde ekilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> • İlk iki öneriye dâhil olmayan, eğime bakmaksızın kozalak sayısı bakımından orta derecede ve sürgün verme kapasitesi yüksek olan meşcere tipleri (Çzc ve Çzd) • Eğimi \geq %59 ve \leq %80 arasındaki alanlarda yer alan a ve b çağındaki (kozalak sayısı daha az olan) meşcere tipleri (Çza ve Çzb)
Teraslama + Fidan dikimi	Doğal gençleştirme için yeterli kozalağın bulunmadığı ve erozyon riskinin olduğu alanlarda teraslama ve dikim uygulamalarını önerir.	<ul style="list-style-type: none"> • Yanan materyalin alandan çıkartılması • Mümkün olduğu kadar dar olacak şekilde teraslama yapılması 	<ul style="list-style-type: none"> • Eğimi $>$ %40 ve $<$ %59 arasında olan, kozalak sayısı az olan meşcere tipleri (Çza ve Çzb)
Toprak işleme + Fidan dikimi	Doğal gençleştirme için yeterli kozalağın bulunmadığı alanlarda toprak işleme ve dikim uygulamalarını öngörür.	<ul style="list-style-type: none"> • Yanan materyalin alandan çıkartılması • Toprak işleme yapılması • Kızılçam fidanı dikilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Eğimi \leq %40 olan, kozalak sayısı az olan meşcere tipleri (Çza ve Çzb)
Yangına dirençli türlerin dikimi	Yol, tarla ve yerleşim yerleri gibi insan faaliyetlerinin olduğu alanların etrafına yangına dirençli yapraklı türlerin şerit halinde bir kuşak içerisine dikilmesini planlar.	<ul style="list-style-type: none"> • Yanan materyalin alandan çıkartılması • Yangına dirençli yapraklı tür fidanlarının dikilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Bölgenin doğal türlerinden yangına dirençli olan ağaç türlerinin şerit halinde bir kuşak içerisine dikilmesi

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışma, Akdeniz kızılçam ormanlarında ve makiliklerinde, yangın sonrasında ilk iki ay içinde teknik değerlendirmeler yapılmasıyla, yangın sonrasında gerçekleştirilecek restorasyon uygulamalarına karar verilebilmesine yardımcı olacak öneriler getirilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda ortaya konan hızlı değerlendirme yaklaşımı, hem Orman Genel Müdürlüğü'nün geçmişten beri uygulamakta olduğu restorasyon süreçlerini hem de ekolojik gereksinimleri dikkate almaktadır. Ayrıca, bu çalışmada hızlı değerlendirmeye imkân tanıyacak olan verilerin bilimsel bir standart ile toplanması için gerekli ayrıntılar da sunulmuştur. Orman yangını gibi afetler sonrasında uygulanacak restorasyon çalışmaları planlanırken, öncelikle hasar tespit durum çalışmaları yürütülmelidir. Bu aşamada uzaktan algılama tekniklerinin kullanılmasıyla yanan alan sınırlarının yanı sıra alanların yanma oranlarının belirlenmesi örnekleme alanlarının seçilmesi ve dolayısıyla alanın yangın hasarının ortaya konması açısından pratiklik sağlamaktadır. Alanların afetler sonrasında kendisini toparlayabilme potansiyellerinin bilinmesi, restorasyon çalışmalarındaki önceliğin erozyon ve sel riskinin yüksek olduğu alanlara verilmesi için iyi bir fırsat oluşturur.

Akdeniz ekosistemlerinde yangın sonrası restorasyona ilişkin oluşmaya başlayan ulusal ve uluslararası düzeydeki bilgi birikiminin, doğal ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimi için, politika değişimlerini de beraberinde getirmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Türkiye'de Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllardır sürdürmekte olduğu Kızılçam ormanlarının ve makiliklerin yangın sonrası restorasyonuna ilişkin politikalara ilişkin eleştirel yorumlar paylaşılmıştır (ör: Kavgacı, 2021; Tavşanoğlu, 2021b; Tavşanoğlu ve Pausas, 2022). Bu eleştirel yorumlar, geçmişte gerek ülkemiz Kızılçam orman ve makiliklerinde, gerekse yurt dışındaki benzer yangın rejimlerine sahip doğal ekosistemlerde gerçekleştirilmiş olan bilimsel çalışmaların bulguları dikkate alınarak getirilmektedir. Bu doğrultuda, Akdeniz ekosistemlerinde günümüzde değişen yangın rejimlerini dikkate alarak hem orman yangını yönetiminde (Moreira vd., 2020) hem de yangın sonrası orman restorasyonunda (Tavşanoğlu ve Pausas, 2022) politika değişikliklerinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu makalede ortaya konan yangın sonrası hızlı ekolojik değerlendirme metodolojisi, Türkiye'de yangın sonrası restorasyonun ekosistem üzerindeki olası olumsuz etkilerini en aza indirecek yeni sürdürülebilir yangın sonrası restorasyon politikalarına geçiş konusunda katkı sunabilecektir.

Çalışma kapsamında elde edilen verilere dayanarak, Datça-Bozburun ÖÇKB alanı içinde 292,7 hektarlık alanda yanmış ağaçların kesilmemesi ve alanın kendi haline bırakılması önerisi yapılmıştır. Nitekim, yangın geçiren her alanın restorasyon uygulamasına ihtiyacı olmayabilir (Biot vd., 2009; Moreira vd., 2012; FAO ve Plan Bleu, 2018). Buna ek olarak, yangın sonrası yanan materyalin alandan çıkartılması konusu dünyada halen tartışmalı bir konudur (Lindenmayer vd., 2004; Leverkus vd., 2014; Leverkus vd., 2020). Kızılçam gibi ağaç türleri söz konusu olduğunda, yangın sonrasında yanan emvalin alandan çıkarılması ile önemli bir ekonomik girdi elde edilebilmektedir (Küçükosmanoğlu, 1993). Bununla birlikte, bazı kaynaklar yanan ağaçların hepsinin kesilmesini önermemektedir

(Moore, 2005; Biot vd., 2009; Moreira vd., 2012; FAO ve Plan Bleu, 2018). Akdeniz türlerinin birçoğu kendiliğinden yenilenebildiği için, sürgün veren bu türlerin alanda olup olmadığına bakılması, restorasyon çalışmalarının daha az bütçeyle gerçekleştirilmesine olanak sağlar (Vallejo vd., 2012). Türkiye'de son yıllardaki büyük yangınlardan sonra bu gibi türlerin hâkim olduğu makilik alanlar da Orman Genel Müdürlüğü tarafından sıklıkla kendi haline bırakılmaktadır. Bu nedenlerle, mevcut çalışma sonucunda sürgün verme kabiliyetine sahip odunsu türlerin hâkim olduğu makilik alanlar için de herhangi bir uygulama öngörülmemiştir. Ayrıca, yanan materyallerin hassas alanlardan çıkarılırken toprak erozyonu riskini artırdığı bilinmektedir (Mauri ve Pons, 2019). Bu durum eğimin %80'den fazla olduğu ve amenajman planlarında doğa koruma fonksiyonuna ayrılan alanların hem uygulama zorluğu hem de yüksek erozyon riski nedeniyle pasif restorasyon önerilerine dahil edilmelerine neden olmuştur.

Yukarıda değinilen durumların var olduğu alanlar haricindeki kızılçam meşcerelerinde, Datça-Bozburun ÖÇKB sınırı içinde kalan diğer yanan alanlar için yanan materyalin alandan çıkartılması dahil, aktif restorasyon önerilmiştir. Yanan ağaçların odun endüstrisi için halen ekonomik bir değerinin olması, ülkemizde yanan kızılçam emvalinin ormandan çıkartılması için ana gerekçedir. Buna ek olarak, yangından sonra yanan emvalin alanda bırakılmasının böcek zararlılarının üremesine yol açacağı ve bunun hem yanan emvalin ekonomik değerini düşüreceği (Vallejo vd., 2012) hem de üreyen böceklerin yanmayan ormanlara yayılma riskini artıracığı da ileri sürülmektedir. Nitekim, ksilofag böceklerin birçok türü savunma sistemi stres nedeniyle zayıflamış ya da yangın, fungal hastalıklar gibi etkenlerden dolayı canlılığını yakın zamanda kaybetmiş ağaçları tercih etmektedir (Christiansen vd., 1987; Paine vd., 1997; Parker vd., 2006). Dolayısıyla yeni yanmış alanlar ksilofag böcekler için bol miktarda besin bulabilecekleri yüksek kalitedeki habitatlar niteliğindedir. Yangının düşük şiddette seyrettiği yerlerde sadece gövdesi yanmış, canlılığını koruyan ağaçlar üzerinde ya da yanmış alanlara yakın bulunan sağlıklı ağaçlar üzerinde zarar meydana getirme potansiyeline sahiptir (Hanula vd., 2002; Hood ve Bentz, 2007; Kulakowski ve Jarvis, 2013). Bu doğrultuda, yanmış ağaçların hızlı bir şekilde alandan çıkarılması önerilmekle birlikte (Santolamazza-Carbone vd., 2011) bazı çalışmalarda yanmamış ağaçların ksilofag böcekler tarafından etkilenmeyeceği de bildirilmiştir (Fernández ve Costas, 1999; Hanula vd., 2002; Breece vd., 2008). Ksilofag böceklerin yangın sonrası kolonizasyonunun bir başka boyutu da, farklı ksilofag böceklerin alana giriş yapması nedeniyle artan böcek tür çeşitliliği ve bu türlerin besin zincirine yaptığı katkıdır. Böcek istilasını önlemek için yanmış ağaçların alandan çıkarıldığı durumlarda böcek çeşitliliğini desteklemek amacıyla yanan ağaçların bir kısmının alanda bırakılmasının saproksilofag böcekleri (LaManna vd., 2020) ve odunla beslenen kuşları içeren uzun besin zincirlerini destekleyebilecektir (Nappi vd., 2010). Datça-Bozburun ÖÇKB alanı içinde farklı şiddette yangına maruz kalmış alanlarda çukur böcek tuzakları ile yangın sonrası yaklaşık 2 aylık dönemde yapılan örneklemeler ve gözlemlerde ksilofag böceklerle dair bir bulgu tespit edilmemiştir (Kaynaş vd., 2022). Ancak konu ile ilgili sağlıklı tespitlerin yapılabilmesi için daha uzun vadeli çalışmalar gerekmektedir.

ir diğer konu da, toprak formasyon derecesinin düşük olduğu kurak Akdeniz bölgesinde, toprak kaybının ekolojik anlamda kısa sürede geri dönüşünün olmaması (Wakatsuki ve Rasyidin, 1992; Vallejo vd., 2012) ve yaz aylarında çıkan yangınları şiddetli sonbahar yağmurları takip ederse, yangın sonrası toprak erozyonu ve sel riskinin artmasıdır (Vallejo, 1999). Bu nedenle toprak erozyonu ve sel riskinin yüksek olduğu alanlarda, yangından sonra en kısa süre içerisinde uygulamaya geçilmelidir (Vallejo, 1999; Birot vd., 2009; Moreira vd., 2012; FAO ve Plan Bleu, 2018). Dolayısıyla, bu çalışma kapsamında aktif restorasyon önerileri yapılan uygulamalarda ilk önce erozyon riski değerlendirilmiştir. Yangın sonrası alanlarda erozyon riskinin azaltılması için en pratik ve etkili uygulama dal serme yöntemidir (Boydak vd., 2006). Bu yöntem çıplak toprak yüzeyi dal, kabuk, ibre ve kozalaklar ile kaplanarak, yağmur damlalarının toprak agregatlarının daha küçük parçalara ayrılması engellenmektedir. Ayrıca toprak üzerine serilen bu materyaller, farklı boyutlarda ve rastgele dağılmış şekilde set görevi görerek, yağışla oluşan toprak akışını durdurmaktadır. Özellikle yarı tükenmiş, kavrulmuş ve yanmamış ibreler, çıplak kalan orman toprağı üzerine kaplayarak, rüzgârla oluşan erozyonu azaltmaktadır (Boydak vd., 2006). Alanda kesimler sonucunda geriye kalan bitki biyokütlesinin kullanılması, farklı eğimlerde uygulanabilecek olması, doğal yenilenme sürecinin bir parçası olması ve tutulmuş karbonun ekosistem içerisinde kalmasını sağlaması sebebiyle kullanışlı bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında önerilen fidan dikimi için gerekli teraslama ve toprak işleme gibi arazi hazırlığı yöntemleri, alanın koşullarına ve mevcut olanaklara göre insan gücüyle ya da iş makineleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, özellikle iş makinelerinin yangın alanlarına girmesine bağlı olarak erozyon artışı ve biyoçeşitliliğin olumsuz yönde etkilenmesi gibi durumlar oluşabildiği için (Tavşanoğlu ve Pausas, 2022) arazi hazırlığı yöntemi konusunda karar verilirken bu durum göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, tüm uygulama alanlarında yanan ağaçların kesim işlemlerinin ve doğal gençleştirme alanlarında kozalaklı dal serme işlemlerinin ilk çimlenmeler öncesinde mutlaka bitirilmiş olması ve çimlenmeler sürdüğü sırada alanda bu işlemlerin yapılmaması gerekmektedir.

Yanan alanlarının habitat özellikleri, maruz kaldığı yangının şiddeti ve sürgün verme, tepe tohum bankası gibi yenilenme kapasiteleri ayrıntılı bir şekilde ortaya konulmalıdır. Bu bilgiler yangın sonrası yapılacak restorasyon çalışmalarında karar vermek açısından oldukça önemlidir (Marmaris Belediyesi, 2021). Tepe tohum bankası bakımından yetersiz olan kızılçam bireylerinin bulunduğu alanlarda kızılçam yenilenmesi mümkün olmayacağı için eğer alanda yeniden kızılçamın hâkim olması isteniyorsa, tohum ekimi ya da fidan dikimi çalışmaları yapılmalıdır (Kavgacı vd., 2016; Çalışkan, 2021; Kavgacı, 2021). Bu çalışmalarda ise aynı tohum transfer zonundan toplanmış kızılçam tohumlarının kullanılması çok önemlidir, başka bir bölgeden getirilen tohumlar kesinlikle kullanılmamalıdır (Alan ve Temel, 2021; Kavgacı, 2021). Bu çalışmada saptandığı şekilde a çağı kızılçam meşcerelerinde kızılçamın tohumdan yenilenme kapasitesinin yanı sıra sürgün verme kapasitesinin de oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun, büyük ölçüde bu genç meşcerelerin bir önceki yangından sonra dikim yoluyla ağaçlandırma ile oluşturulmuş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu nedenle, dikim yoluyla ağaçlandırma faaliyetleri, ekosistemin yangın sonrası yenilenme kapasitesine önemli

katkıda bulunan sürgün veren türlere zarar verilmeden yürütülmelidir. Aksi takdirde, alanın ekosistem işlevleri kesintiye uğramakta ve gelecek dönemde gerçekleştirilecek bir yangın sonrasında alanın doğal yenilenme kapasitesi azalmaktadır (Tavşanoğlu ve Pausas, 2022).

Makilik alanların yine makilik olarak restore edilmesi ve uygulamalar sırasında endemik türlerin korunmasına dikkat edilmesi de, üzerinde durulması gereken konuların en başında gelmektedir (OGM, 2021; Kavgacı, 2021; Tavşanoğlu, 2021b). Ayrıca, restorasyon uygulamalarında bir diğer önemli konu, biyolojik çeşitliliğin korunmasıdır. Yangın sonrası restorasyon uygulamalarının planlanması sırasında habitat heterojenliğinin korunması besin ağında daha yukarıda yer alan basamaklardaki organizma gruplarının çeşitliliğinin korunmasında çok önemlidir. Yangın sonrası gençleşmede ormanlık alanların yanısıra makilik alanların da meydana gelmesine izin verilmesi biyoçeşitliliğe katkı sağlayacaktır. Örneğin, bu çalışma sonucunda yangına maruz kalmış olan ve kendini yenileyebilecek tepe tohum bankasına sahip olmayan genç kızılçam meşcerelerinin restorasyonunda tohum ekimi ya da fidan dikimi önerilmiştir, ancak alternatif olarak bu alanların herhangi bir uygulama yapılmayarak makiliğe dönüşmesine de izin verilebilir. Makilik alanlar ve yangın sonrası orta süksesyon evreleri, taç kapalılığına sahip olmayan, vejetasyon boyu yüksek olan habitatlar olmaları itibarıyla ormanlık alanlara göre daha yüksek böcek tür çeşitliliğine sahip oldukları bildirilmiştir (Kaynaş, 2017). Yangından sonra sürgün verme kapasitesi yüksek olan ve biyolojik çeşitlilik açısından zengin olan dere kenarı vejetasyonlarına hiçbir müdahalede bulunulmamalıdır. Orman içi açıklıklarda ekim ve dikim faaliyetleri yapılmamasına ve bu doğrultuda ormanlaştırılmamasına ayrıca dikkat edilmelidir. Bununla birlikte, doğal olmayan veya istilacı karakterdeki türlerin varlığı belirli periyotlarla kontrol edilmelidir (Meyer vd., 2021). Bu gibi değerlendirme çalışmalarına ek olarak, yangın sonrası vejetasyon dinamiklerinin izlenmesi de, farklı yangın sonrası restorasyon uygulamalarının, ortamın zamanla olan değişimi sırasında ekosistem fonksiyonlarının sürdürülebilirliğini koruyup koruyamadığının saptanması açısından da önemli görünmektedir. Dolayısıyla, her ne kadar bu çalışma kapsamındaki restorasyon önerileri mevcut ekolojik ve biyolojik yapı üzerinden yapılmış olsa da, yangın sonrası restorasyon stratejilerinin, ormanın yangın sonrası dirençliliğini artırma, yangına dirençli orman kurma ve ekosistem çeşitliliği yaratma gibi hedefleri de içerecek şekilde yapılması bütüncül bir restorasyon planlaması için uygun görünmektedir.

Yangına dirençli bitki türlerinin tespit edilmesi, restorasyon çalışmaları başta olmak üzere yangın önleme politikalarının ekolojik bir bakış açısıyla sürdürülmesine olanak sağlayacaktır. Bununla birlikte, restorasyon çalışmalarının yapılacağı alanlardaki doğal bitki kompozisyonu tespit edilmesi (Ertekin vd., 2011) ve bu türlerin kullanılmasına yönelik planlama yapılması çok önemlidir. Nitekim, yangına dirençli fidan dikimi restorasyon önerisi için önerilen bölgede doğal olarak yetişen ve fonksiyonel karakterler bakımından yangına dirençli ağaç, ağaççık ve çalı türleri şunlardır: *Styrax officinalis* (tespih), *Laurus nobilis* (defne), *Crataegus monogyna* (alıç), *Spartium juncea* (katırtırnağı) ve *Pistacia terebinthus* (menengiç) (Aktepe, 2021). Makilikleri oluşturan birçok bitki türünün evrimsel süreçleri boyunca yangına karşı farklı adaptasyonlar geliştirmeleri ve kendilerine özgü farklı yanabilirlik

derecelerine sahip olmaları, buldukları vejetasyonda uygulanacak yangın yönetim stratejilerinin etkili bir şekilde uygulanmasına olanak sağlayacaktır. Ormanlaştırma politikalarında uygulanan restorasyon önerilerinden “Yangına dirençli türlerin dikimi” uygulamalarında düşük yanabilirliğe sahip maki elemanlarının tercih edilmesi, söz konusu ekosistemde hem yangının gidişatının kontrolünü hem de biyoçeşitliliği pozitif yönde etkileyecektir.

Bu çalışmada, basit bilimsel ölçümlere dayalı ve pratik hızlı bir ekolojik değerlendirme yöntemi ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilmiş olan bulgular, ortaya konulan hızlı değerlendirme süreçleri ile belirlenen bazı restorasyon önerilerinin yönteminin Akdeniz iklimine sahip alt yükselti orman ve çalılık ekosistemlerinde, yangından hemen sonra ilk iki ay içinde uygulanabilirliği tespit edilmiştir. Bu gibi çalışmalar, yangından zarar görmüş alanın ekosistem yapısının bölgeden bölgeye değişiklik göstermesi nedeniyle farklılık gösterebilir. Ancak özellikler yerel uygulamalar için kısa sürede tamamlanabilmesi ve düşük maliyetli olması gibi nedenlerden dolayı, başka ekosistemlerde de kullanılabilir potansiyeline sahiptir. Güncel ve hatta daha önceki orman amenajman planları hakkında bilgi sahibi olmak, başka bir deyişle yanan alanların yangın öncesi hangi kuruluş özelliklerine sahip olduğunu bilmek de restorasyon önerileri için yol gösterici olacaktır. Bu hızlı değerlendirme çalışmasında, yangın sonrası gençleşme başarısı açısından önemli olabilecek kapalılık, anakaya, yetiştirme ortamı verim gücü (bonitet) gibi parametreler değerlendirilmemiştir ve gelecek çalışmalarda bu çalışmada önerilen metodolojinin bu bilgiler elde edilerek zenginleştirilmesi de mümkündür. Bu çalışma kapsamında sunulan öneri metodolojisinin, başarılı tahminleme oranlarının daha sonra gerçekleştirilecek fide ve sürgün sayımları ile de doğrulanması önemlidir.

Açıklama

Proje çalışmaları sırasında, arazi çalışmaları sırasındaki yardımlarından ötürü Leyla Akdağ ve Hatice Üncü'ye, çalışma süresince verdikleri desteklerden dolayı Mehmet Emin Birpınar, Mehmet Ali Kahraman, Ümit Turan, Nuri Kurt ve Orman Erdem ile Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü ve Marmaris Milli Parkı yetkililerine teşekkür ederiz. Sentinel-2 uydu görüntüleri ile ilgili teknik destekleri için de Tuba Bucak Onay ve Mehmet Göktaş Öztürk'e teşekkürlerimizi iletiriz. Makaleyi geliştirici yorumlarından ötürü Ali Kavgacı ve iki anonim hakeme de ayrıca teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tabiat Varlıkları Koruma Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen ve Doğa Araştırmaları Derneği tarafından yürütülen “Özel Çevre Koruma Bölgeleri ve Doğal Sit Alanlarındaki Orman Alanlarında Yangınların Biyoçeşitlilik Üzerindeki Etkilerinin Tespiti” başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Agee, J.K., Skinner, C.N., 2005. Basic principles of forest fuel treatment. *Forest Ecology and Management*, 211: 83-96. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.01.034.
- Aktepe, N., 2021. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında bitkilerin yanabilirliğinin popülasyon, tür ve komünite düzeyindeki değişkenliği ve bu değişkenliğin yangın rejimi ile ilişkisi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alan, M., Temel, F., 2021. Tohum transfer zonları ve orman yangınları. *Orman ve Av*, 49: 50-53.

- Atmış, E., Kavgacı, A., Tutmaz, V., 2022. Orman Yangınları. In: *Türkiye Ormancılığı 2022: Türkiye’de Ormansızlaşma ve Orman Bozulması* (Ed: Atmış, E.), Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, s: 139-157.
- Avcı, M., Korkmaz, M., 2021. Türkiye’de orman yangını sorunu: Güncel bazı konular üzerine değerlendirmeler. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3): 229-240. DOI: 10.18182/tjf.942706.
- Bahar, A., 2018. Yangın sıklığı ve vejetasyon örtüsünün Akdeniz vejetasyonu dinamikleri üzerine etkisinin modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., Poblome, J., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M., 2013. Climate, people, fire and vegetation: New insights into vegetation dynamics in the Eastern Mediterranean since the 1st century AD. *Climate of the Past*, 9(1): 57-87. DOI: 10.5194/cp-9-57-2013.
- Biro, Y., Borgniet, L., Camia, A., Dupuy, J., Fernandes, P., Goldammer, J.G., Gonzalez-Olabarria, J.R., Jappiot, M., Lampin-Maillet, C., Mavsar, R., Montiel-Molina, C., Moreira, F., Moreno, J.M., Rego, F., Rigolot, E., San-Miguel, J., Vallejo, R., Velez, R., 2009. Living with wildfires: What science can tell us. A contribution to the science-policy dialogue. Discussion Paper 15. European Forest Institute, Finland.
- Bond, W.J., Midgley, J.J., 2001. Ecology of sprouting in woody plants: The persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(1): 45-51. DOI: 10.1016/S0169-5347(00)02033-4.
- Bond, W.J., Midgley, J.J., 2003. The evolutionary ecology of sprouting in woody plants. *International Journal of Plant Sciences*, 164(S3): 103-114.
- Bond, W.J., Woodward, F.I., Midgley, G.F., 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, 165(2): 525-538. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x.
- Borchert, M., Tyler, C., M., 2009. Patterns of post-fire flowering and fruiting in *Chlorogalum pomeridianum* var. *pomeridianum* (DC.) Kunth in southern California chaparral. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 623-630. DOI: 10.1071/WF08039.
- Boydak, M., Dirik, H., Çalikoğlu, M., 2006. Kızılcımın (*Pinus brutia* Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü. OGEM-VAK Yayınları, Ankara.
- Breece, C.R., Kolb, T.E., Dickinson, B.G., McMillin, J.D., Clancy, K.M., 2008. Prescribed fire effects on bark beetle activity and tree mortality in southwestern ponderosa pine forest. *Forest Ecology and Management*, 255: 119-128. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.08.026.
- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S., Naeem, S., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401): 59-67. DOI: 10.1038/nature11148.
- Christiansen, E., Waring, R.H., Berryman, A.A., 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: Searching for general relationships. *Forest Ecology and Management*, 22: 89-106. DOI: 10.1016/0378-1127(87)90098-3.
- Chuvieco, E., 2009. *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*. Springer, New York.
- Clarke, P.J., Lawes, M.J., Murphy, B.P., Russell-Smith, J., Nano, C.E., Bradstock, R., Enright, N.J., Fontaine, J.B., Gosper, C.R., Radford, I., Midgley, J.J., Gunton, R.M., 2015. A synthesis of postfire recovery traits of woody plants in Australian ecosystems. *Science of the Total Environment*, 534: 31-42. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.04.002.
- Cocke, A.E., Fule, P.Z., Croase, J.E., 2005. Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 189-198. DOI: 10.1071/WF04010.

- Coşkuner, K.A., Bilgili, E., 2013. Yanan alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projelerinin (YARDOP) orman amenajman planlarındaki durumu (Muğla-Gökova YARDOP örneği). Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, 26-28 Kasım, Antalya, s. 780-790.
- Coşkuner, K.A., Çil, B., Bilgili, E., Berber, T., 2021. Orman yangınlarının uzaktan algılama teknikleri ve karar destek sistemleri ile analizi: 2021 yılı büyük Marmaris- Armutalan yangını örneği. IV. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 5-9 Aralık, Trabzon, s. 90.
- Çalışkan, A., 2021. Yangın geçirmiş kızılçam ormanlarında uygulanacak silvikültürel teknikler. Orman ve Av Dergisi, 4: 8-13.
- Çaloğlu, V., 2021. Terkos Gölü çevresindeki sahil çamı (*Pinus pinaster* ARN.) meşcerelerinde gençleştirme tekniklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Artvin.
- Çatav, Ş.S., Küçükakyüz, K., Tavşanoğlu, Ç., Pausas, J.G., 2018. Effect of fire-derived chemicals on germination and seedling growth in Mediterranean plant species. Basic and Applied Ecology, 30: 65-75.
- Dereli, M.A., 2019. Sentinel-2A Uydu görüntüleri ile Giresun il merkezi için kısa dönem arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19: 361-368.
- EFFIS, 2021. The European Forest Fire Information System. <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>. Accessed: 27.08.2021.
- EFFIS, 2022. European Forest Fire Information System of the European Commission Joint Research Centre, "EFFIS Annual Country Statistics for TR - Turkey"; <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/effisestimates>. Accessed: 02.11.2021
- Ergan, G., 2017. Akdeniz bitkilerinin yangınla olan ilişkisinin incelenmesi ve yangın efemeralerinin tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Ertekin, M., Özel, H.B., Baygın, G., 2011. Yangın sonrası bozulan alanların yeniden bitkilendirilmesi "Kütahya, Emet, Kovalı Yangını Örneği". Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20: 10-17.
- ESRI, 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Environmental Systems Research Institute. Redlands, CA.
- FAO ve Plan Bleu, 2018. State of Mediterranean Forests 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Plan Bleu, Marseille.
- Fernández, M.M.F., Costas J.M.S., 1999. Susceptibility of fire-damaged pine trees (*Pinus pinaster* and *Pinus nigra*) to attacks by *Ips sexdentatus* and *Tomiscus piniperda*. Entomologia Generalis, 24: 105-114.
- Glasspool, I.J., Edwards, D., Axe, L., 2004. Charcoal in the Silurian as evidence for the earliest wildfire. Geology, 32(5): 381-383. DOI: 10.1130/G20363.1.
- Güney, Ç.O., Sarı, A., Çekim, H.O., Küçüksille, E.U., Şentürk, Ö., Gülsoy, S., Özkan, K., 2022. An advanced approach for leaf flammability index estimation. International Journal of Wildland Fire, 31(3): 277-290. DOI: 10.1071/WF21022.
- Güngöroğlu, C., Güney, Ç.O., Sarı, A., 2014. Yangına dirençli orman projelerine (YARDOP) ait uygulamaların değerlendirilmesi (Antalya Örneği). II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, s. 467-476.
- Gürağaç, M., 2019. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orman ekosistemlerinde yangın sonrası yönetim uygulamalarının Coleoptera komünitesini üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Hanula, J.L., Meeker, J.R., Miller, D.R., Barnard, E.L. 2002. Association of wildfire with tree health and numbers of pine bark beetles, reproduction weevils and their associates in Florida. Forest Ecology and Management, 170: 233-247. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00752-6.
- Hood, S., Bentz, B., 2007. Predicting postfire Douglas-fir beetle attack and tree mortality in the northern Rocky mountains. Canadian Journal of Forest Research, 37: 1058-1069. DOI: 10.1139/X06-313.
- Kantarıcı, M.D., 2009. Taşağıl-Serik (Antalya) orman yangını (31.07.2008-4.8.2008) ve yangın sonrası öngörülen işlemler üzerine ekolojik değerlendirmeler. Orman Yangınları ile Mücadele Sempozyumu, 7-10 Ocak, Antalya, s. 236-239.
- Kavgacı, A., 2021. Orman yangınları sonrası yapılacak restorasyon çalışmaları üzerine. Orman ve Av Dergisi, 4: 26-27.
- Kavgacı, A., Tavşanoğlu, Ç., 2010. Akdeniz tipi ekosistemlerde yangın sonrası vejetasyon dinamiği. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2: 149-166.
- Kavgacı, A., Çarni, A., Başaran, S., Başaran, M.A., Koşir, P., Marinšek, A., Šilc, U., 2010. Long-term post-fire succession of *Pinus brutia* forest in the east Mediterranean. International Journal of Wildland Fire, 19(5): 599-605. DOI: 10.1071/WF08044.
- Kavgacı, A., Örtel, E., Torres, I., Safford, H., 2016. Early postfire vegetation recovery of *Pinus brutia* forests: Effects of fire severity, prefire stand age, and aspect. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40: 723-736.
- Kaynaş, B.Y., 2017. Long-term changes in surface-active beetle communities in a post-fire successional gradient in *Pinus brutia* forests. iForest-Biogeosciences and Forestry, 10: 376-382. DOI: 10.3832/ifor2140-009.
- Kaynaş, B.Y., 2008. *Pinus brutia* orman ekosistemlerinde küçük memeli komünitesini üzerine yangının uzun dönem etkisi ve yangın sonrası komünite yapısının değişimi üzerine çalışmalar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaynaş, B.Y., Kaynaş, S., Tavşanoğlu, Ç., Ergan, G., Tüfekcioğlu, İ., 2022. Short-term effects of fire on arthropod community in a *Pinus brutia* Ten. Forest. 4th International Forest Entomology and Pathology Symposium, 12-14 May, Trabzon, p. 34
- Kazancı, D.D., 2021. Kızılçam'da (*Pinus brutia* Ten.) yangınla ilişkili karakterlerin popülasyonlar arası değişkenliği ve bu değişkenliği ortaya çıkartan faktörler. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kazancı, D.D., Tavşanoğlu, Ç., 2019. Heat shock-stimulated germination in Mediterranean Basin plants in relation to growth form, dormancy type, and distributional range. Folia Geobotanica, 54: 85-98.
- Kazanis, D., Arianoutsou, M., 2004. Long-term post-fire vegetation dynamics in *Pinus halepensis* forests of Central Greece: A functional group approach. Plant Ecology, DOI: 171: 101-121.
- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire, 18(1): 116-126. DOI: 10.1071/WF07049.
- Keeley, J.E., Fotheringham, C.J., Baer-Keeley, M., 2005. Determinants of post fire recovery and succession in Mediterranean-climate shrublands in California. Ecological Applications, 15: 1515-1534.
- Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J., Bradstock, R.A., 2011. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. Trends in Plant Science, 16(8): 406-411. DOI: 10.1016/j.tplants.2011.04.002.
- Keeley J.E., Bond W.J., Bradstock R.A., Pausas J.G., Rundel P.W., 2012. Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management. Cambridge University Press, UK.
- Keskin, S., Sabuncu, R., Şahin, M., 2001. Düzlerçam'nda 1997 Yılında Yanan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Farklı Ekim Yöntemleri ile Gençliğin Elde Edilmesi. Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten, No: 9, Antalya.

- Key, C.H., Benson, N.C., 2006. Landscape Assessment: Remote Sensing of Severity, The Normalized Burn Ratio; and Ground Measure of Severity, The Composite Burn Index. In FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System (Ed: Lutes, D.C., Keane, R.E., Caratti, J.F., Key, C.H., Benson, N.C., Sutherland, S., Gangi, L.J.), USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, pp. 1-55.
- Koutsias, N., Martínez-Fernández, J., Allgower, B., 2010. Do factors causing wildfires vary in space? Evidence from geographically weighted regression. *GIScience and Remote Sensing*, 47: 221-240. DOI: : 10.2747/1548-1603.47.2.221.
- Kulakovski, D., Jarvis, D., 2013. Low-severity fires increase susceptibility of lodgepole pine to mountain pine beetle outbreaks in Colorado. *Forest Ecology and Management*, 289: 544-550. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.10.020.
- Kuş, A.N., 2019. Yangına bağlı değişkenlerin toprak tohum bankası tür çeşitliliği üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Küçükosmanoğlu, A., 1993. Türkiye orman yangınlarına ait bazı verilerin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43: 85-102.
- LaManna, J.A., Burkle, L.A., Belote, R.T., Myers, J.A., 2020. Biotic and abiotic drivers of plant-pollinator community assembly across wildfire gradients. *Journal of Ecology*, 109: 1000-1013. DOI: 10.1111/1365-2745.13530.
- Lavorel, S., 1999. Ecological diversity and resilience of Mediterranean vegetation to disturbance. *Diversity and Distributions*, 5: 3-13.
- Leverkus, A.B., Lindenmayer, D.B., Thorn, S., Gustafsson, L., 2018. Salvage logging in the world's forests: Interactions between natural disturbance and logging need recognition. *Global Ecology and Biogeography*, 27(10): 1140-1154. DOI: 10.1111/geb.12772.
- Leverkus, A.B., García Murillo, P., Jurado Doña, V., Pausas, J.G., 2019. Wildfire: Opportunity for restoration? *Science*, 363(6423): 134-135. DOI: 10.1126/science.aaw2134.
- Leverkus, A.B., Gustafsson, L., Lindenmayer, D.B., Castro, J., Rey Benayas, J.M., Ranius, T., Thorn, S., 2020. Salvage logging effects on regulating ecosystem services and fuel loads. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(7): 391-400. DOI: 10.1002/fee.2219.
- Leverkus, A.B., Lorite, J., Navarro, F.B., Sánchez-Cañete, E.P., Castro, J., 2014. Post-fire salvage logging alters species composition and reduces cover, richness, and diversity in Mediterranean plant communities. *Journal Environmental Management*, 133: 323-31. DOI: 10.1016/j.jenvman.2013.12.014.
- Lindenmayer, D.B., Foster, D.R., Franklin, J.F., Hunter, M.L., Noss, R.F., Schmiegelow, F.A., Perry, D., 2004. Salvage harvesting policies after natural disturbance. *Science*, 303(5662): 1303-1303. DOI: 10.1126/science.1093438.
- Llovet, J., Ruiz-Valera, M., Josa, R., Vallejo, V.R., 2009. Soil response to fire in Mediterranean forest landscapes in relation to previous stage of land abandonment. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 222-232. DOI: 10.1071/WF07089.
- Marcolin, E., Marzano, R., Vitali, A., Garbarino, M., Lingua, E., 2019. Post-fire management impact on natural forest regeneration through altered microsite conditions. *Forests*, 10(11): 1014. DOI: 10.3390/f10111014.
- Marmaris Belediyesi, 2021. Orman Yangınlarını Önleme, Söndürme ve Yangın Sonrası Restorasyon Çalışmayı Sonuç Bildirgesi, 13-14 Kasım, Marmaris.
- Mauri, E., Pons, P., 2019. Handbook of Good Practices in Post-wildfire Management. Universitat de Girona, Spain.
- Mayor, A.G., Bautista, S., Llovet, J., Bellot, J., 2007. Post-fire hydrological and erosional responses of a Mediterranean landscape: Seven years of catchment-scale dynamics. *Catena*, 71: 68-75. DOI: 10.1016/j.catena.2006.10.006.
- Meyer, M.D., Long, J.W., Safford, H.D., 2021. Postfire Restoration Framework for National Forests in California. Albany, CA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report, PSW-GTR-270.
- Moore, P., 2005. Forest Landscape Restoration after fires. In: *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees* (Ed: Mansourian S., Vallauri D., Dudley N.), Springer, New York, pp. 331-338.
- Moreira B., Tormo J., Estrelles E., Pausas J.G., 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Annals of Botany*, 105: 627-635.
- Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., De las Heras, J., 2012. Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests: Managing Forest Ecosystems. Springer, Netherlands.
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M., Moreno, J. M., Pereira, J.C., Catry, F., Armesto, J., Bond, W.J., Gonzalez, M., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoglu, C., Vallejo, R., Van Wilgen, B., Xanthopoulos, G., Fernandes, P., 2020. Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15: 01100. DOI: 10.1088/1748-9326/ab541e.
- Moreno, J.M. 2014. Forest fires under climate, social and economic changes in Europe, the Mediterranean and other fire-affected areas of the world. FUME. Lessons learned and outlook. <http://fumeproject.uclm.es/>; Erişim tarihi: Accessed: 19.04.2022.
- Moreno, J.M., Oechel, W.C., 2012. The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems. Springer-Verlag, New York.
- Nappi, A., Drapeau, P., Saint-Germain M., Angers, V.A., 2010. Effect of fire severity on long-term occupancy of burned boreal conifer forests by saproxylic insects and wood-foraging birds. *International Journal of Wildland Fire*, 19: 500-511. DOI: 10.1071/WF08109.
- Neyişçi, T., 1987. Orman yangınlarının önlenmesinde kullanılacak yavaş yanan bitki türleri üzerinde bir çalışma. *TÜBİTAK Doğa Dergisi*, 2: 595-604.
- Neyişçi, T., 1996. Kolay ve güç yanan bitki türleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 33(5): 3-9.
- Neyişçi, T., Ayaslıgil, Y., Sönmezşık, S., 1996. Yangına dirençli orman kurma ilkeleri. TÜBİTAK TOGTAG-1342, TMMOB Orman Mühendisleri Odası, Yayın No: 21.
- Odabaşı, T., 1983. Kızılçamın doğal gençleştirme tekniğindeki gelişmeler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 33(1): 95-111.
- OGM, 2014a. Yanan Orman Alanlarının Rehabilitasyonu ve Yangına Dirençli Ormanlar Tesisi Projesi (YARDOP). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Silvikültür Dairesi Başkanlığı, Tamim No: 6976, Ankara.
- OGM, 2014b. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliğ No: 298. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Tebliğ No: 299. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2019. Orman Yangınlarıyla Mücadelede Yenilikçi Yaklaşımlar Çalışma Grubu Belgesi, III. Tarım ve Orman Şurası, 2019, Ankara.
- OGM, 2021. İklim Değişikliği Sürecinde Orman Yangınları Çalışmayı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özdemir, T., 1977. Antalya Bölgesinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarının tabii gençleştirme olanakları üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A, 27(2): 239-293.
- Paine, T.D., Raffa, K.F., Harrington, T.C., 1997. Interactions among scolytid bark beetle, their associated fungi, and live host conifers. *Annual Review of Entomology*, 42: 179-206. DOI: 10.1146/annurev.ento.42.1.179.

- Parker, T.J., Clancy, K.M., Mathiasen, R.L., 2006. Interactions among fire, insects and pathogens in coniferous forests of the interior western United States and Canada. *Agricultural and Forest Entomology*, 8: 167–189.
- Pausas, J.G., 1997. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science*, 8: 703-706.
- Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S., 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: From fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic change*, 110(1): 215-226. DOI: 10.1007/s10584-011-0060-6.
- Pausas, J.G., Keeley, J.E., 2009. A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7): 593-601. DOI: 10.1525/bio.2009.59.7.10.
- Pausas, J.G., Keeley J.E., 2021. Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and Environment*, 19(7): 387-395. DOI: 10.1002/fee.2359.
- Pausas, J.G., Riberio, E., Vallejo, R., 2004a. Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology And Management*, 203:251-259.
- Pausas J.G., Keeley J.E., Schwilk D.W., 2017. Flammability as an ecological and evolutionary driver. *Journal of Ecology*, 105: 289-297.
- Pausas, J.G., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J., Fuentes, D., Alloza, J., Milagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J., Vallejo, R., 2004b. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecology*, 171: 209–220. DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029381.63336.20.
- Pinheiro, J.C., Bates, D.M., 2000. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer-Verlag, New York. USA.
- R Core Team., 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rodrigo, A., Retana, J., Pico, F.X., 2004. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. *Ecology*, 85: 716-729.
- Santolamazza-Carbone, S., Pestaña, M., Vega, J.A., 2011. Post-fire attractiveness of maritime pines (*Pinus pinaster* Ait.) to xylophagous insects. *Journal of Pest Science*, 84: 343-353. DOI: 10.1007/s10340-011-0359-0.
- Sentinel Hub, 2021. <https://www.sentinel-hub.com>, Sinergise Ltd. Accessed: 27.08.2021.
- Soyumert, A., Ertürk, A., Tavşanoğlu, Ç., 2020. Fire-created habitats support large mammal community in a Mediterranean landscape. *Mammal Research*, 65: 323-330.
- Szpakowski, D.M., Jensen, J.L.R., 2019. A review of the applications of remote sensing in fire ecology. *Remote Sensing*, 11(22): 2638. DOI: 10.3390/rs11222638.
- Tavşanoğlu, Ç., 2008. Marmaris çevresi *Pinus brutia* (Kızılçam) ormanlarında yangın sonrası vejetasyon dinamikleri. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tavşanoğlu, Ç., 2009. Akdeniz Havzası ormanlarında yangın sonrası kendiliğinden gençleşme. Orman Yangınları ile Mücadele Sempozyumu Tebliği, 7-10 Ocak, Antalya, s. 310-317.
- Tavşanoğlu, Ç., 2021a. Akdeniz Bölgesindeki Büyük Orman Yangınlarının Sebepleri ve Yangın Sonrası Yapılması Gerekenler. Teknik Rapor, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Tavşanoğlu, Ç., 2021b. Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanlarının yangın sonrası doğal onarımı ve ormanların geleceği için öneriler. *Orman ve Av*, 49: 14-17.
- Tavşanoğlu, Ç., Gürkan, B., 2004. Akdeniz Havzası'nda bitkilerin kuraklık ve yangına uyumları. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 11: 119-132.
- Tavşanoğlu, Ç., Gürkan, B., 2014. Long-term post-fire dynamics of co-occurring woody species in *Pinus brutia* forests: The role of regeneration mode. *Plant Ecology*, 215: 355-365.
- Tavşanoğlu, Ç., Pausas, J.G., 2022. Turkish postfire action overlooks biodiversity. *Science*, 375(6579): 391-391. DOI: 10.1126/science.abn5645.
- Tavşanoğlu, Ç., Kaynaş, B.Y., Gürkan, B., 2002. Plant species diversity in a post-fire successional gradient in Marmaris National Park, Turkey. IV. International Conference on Forest Fire Research – 2002 Wildland Fire Safety Summit, 18-23 November, Luso, Coimbra, Portugal, pp. 1-6.
- Tavşanoğlu, Ç., Ergun, G., Çatav, Ş.S., Zare, G., Küçükakyüz, K., Özüdoğru, B., 2017. Multiple fire-related cues stimulate germination in *Chaenorhinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a rare annual in the Mediterranean Basin. *Seed Science Research*, 27: 26-38.
- TODBA, 2022. 2021 Yılı Manavgat Orman Yangını Sonrası Yapılan Çalışmalara İlişkin İnceleme Raporu. Türkiye Ormancılar Derneği Batı Akdeniz Şubesi Yayını, Antalya.
- Türkmen, N., Düzenli, A., 2005. Changes in floristic composition of *Quercus coccifera* macchia after fire in the Çukurova region (Turkey). *Annales Botanici Fennici*, 42: 453-460.
- USGS, 2016. Landsat —Earth Observation Satellites, Version 1.1 U.S. Geological Survey Fact Sheet 2015–3081, U.S. Geological Survey: Washington, DC, ABD.
- Ürker, O., Tavşanoğlu, Ç., Gürkan, B. (2018) Post-fire recovery of the plant community in *Pinus brutia* forests: Active versus indirect restoration techniques after salvage logging. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 11: 635-642.
- Vallejo, V.R., 1999. Post-Fire Restoration in Mediterranean Ecosystems. In: *Wildfire Management* (Ed: Eftichidis, G., Balabanis, P., Ghazi, A.), European Commission, Algosystems, Athens, pp. 199-208.
- Vallejo, V.R., 2005. Restoring Mediterranean Forests. In: *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*. (Ed: Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley, N.), Springer, New York, pp. 313-319.
- Vallejo, V.R., Arianoutsou, M., Moreira, F., 2012. Fire ecology and Post-Fire restoration approaches in Southern European forest types. In: *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests* (Ed: Moreira, F., de las Heras, J., Corona, P., Arianoutsou, M.), Springer, New York, pp. 93-119.
- Wakatsuki, T., Rasyidin, A., 1992. Rates of weathering and soil formation. *Geoderma*, 53: 251–263. DOI: 10.1016/0016-7061(92)90040-E.
- WWF, NATURA., 2022. Akdeniz Bölgesi'ndeki büyük Orman Yangınlarının Ekolojik ve Sosyo-Ekonomik Etkileri. WWF (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)-Türkiye ve NATURA (Doğa ve Kültür Koruma Derneği) Ortak Raporu, s. 64.
- Yılmaz, E., Koçak, Z., Coşgun, U., Ay, Z., Bilgin, F., Şafak, İ., 2012. Orman Yangınları Yönetiminin Bütünleyici Karmaşıklık Yöntemiyle Değerlendirilmesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 41, Mersin.