



TÜRKİYE VE DÜNYADA ORMAN MÜHENDİSLİĞİ

Editör: Doç.Dr. Göksel ULAY

yaz
yayınları

Türkiye ve Dünyada Orman Mühendisliği

Editör

Doç.Dr. Göksel ULAY

yaz
yayınları

2025

Türkiye ve Dünyada Orman Mühendisliği

Editör: Doç.Dr. Göksel ULAY

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8574-30-2

Aralık 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Orman Yangını Üzerine Hazırlanmış Çalışmaların Lisansüstü Tezlere Dayalı Bibliyometrik Analizi.....	1
<i>Damla YILDIZ</i>	
Orman Köylerinde Mikro Kredi Destekleri	26
<i>İnci Zeynep YILMAZ, Meryem TIRAŞ, Ufuk DEMİRCİ</i>	
Hidrolojik Kuraklık Tehdidine Karşı Entegre Havza Yönetimi	47
<i>Saim YILDIRIMER</i>	
Occupational Safety Analysis and Deep Learning in Forest Workers.....	87
<i>Erhan ÇALIŞKAN</i>	
Orman Yangını Risk Haritalarının Oluşturulması (Çankırı Örneği).....	105
<i>Burak ÇONTAR, Ender BUĞDAY</i>	
Ormancılıkta Depo Yeri Seçiminde Lokasyon Uygunluk Analizi.....	132
<i>Bilge Kağan ŞEKER, Ender BUĞDAY</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

ORMAN YANGINI ÜZERİNE HAZIRLANMIŞ ÇALIŞMALARIN LİSANSÜSTÜ TEZLERE DAYALI BİBLİYOMETRİK ANALİZİ¹

Damla YILDIZ²

1. GİRİŞ

Orman yangınlarının ekosisteme etkilerinin büyüklüğü ve düzeyinin ne boyutta olduğu hiç kuşkusuz bilinmekte ancak nedenleri ve sonuçları tek faktöre bağımlı olacak şekilde net olarak ortaya koyulamamaktadır. Özellikle son yıllarda daha sık ve birden fazla bölgede ortaya çıkan büyük ve mega orman yangınlarının etkilerinin neler olduğu hala tartışılan bir konudur (Gültekin vd., 2023). Türkiye’de 2021 yılı yangınları sonrasında, orman yangınları kamuoyu tarafından yakından takip edilmeye başlanmış hatta 2021 yılının orman yangınları konusunda bir felaket yılı olarak tarihe geçtiği bildirilmiştir (Atmış vd., 2023). Yangınlar, Türkiye’nin yanı sıra Avustralya’da, ABD’nin bazı bölgelerinde ve Akdeniz ülkelerinde ormanların geleceğinin tehdit edildiği faktörler arasındadır (Avcı ve Korkmaz, 2021). Gerek Türkiye’de gerekse dünyada orman yangınları ve yönetimi üç ana başlık halinde ele alınmaktadır. Bunlar; yangın öncesi yapılacak çalışmalar (yangın önleme), yangın sırasında yapılacak çalışmalar (yangın söndürme) ve yangın sonrası ekosisteme olan etkiler, yönetim ve restorasyon (yangın sonrası yönetim) çalışmalarıdır (Gültekin vd., 2023). Orman yangınlarına yönelik

¹ Bu çalışma, V. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar (ORMİS-2024; 30 Ekim-1 Kasım 2024-Isparta) Kongresi’nde sunulmuş ve sadece özeti yayınlanmıştır.

² Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ormancılık Politikası ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Karabük, ORCID: 0000-0002-6809-0538.

hem ulusal hem de uluslararası seviyede birçok çalışma bulunmaktadır.

Orman yangını genel anlamı itibarıyla “Çevresinin açık olmasından dolayı serbest yayılma eğilimde olan ve ormandaki çalı, ot, dikili kuru, ince ve kalın kuru dal, yaprak, kütük ile belli orandaki canlı ağaçlar biçimindeki yanıcı maddeleri yakan bir yangındır” şeklinde tanımlanmıştır (Çanakçıoğlu, 1979). Türkiye’de orman yangınlarıyla mücadele anlayışının daha çok yangın çıkınca söndürmek ve minimum maddi zarar ile yangını ortadan kaldırmaya yönelik olduğu görülmektedir. Aslında yangın çıkmadan alınacak bazı önlemler ile daha az maliyetle yangınla mücadele edilebileceği düşünülmektedir. Bu önlemlerin insanları doğadan uzaklaştırmanın benimsendiği yasakçı zihniyetten ziyade insanı ekosistemin bir parçası sayarak doğa ile insan ilişkisini düzenlemeye yönelik olması gerektiği vurgulanmaktadır (Özden vd., 2012).

Geçmişe göre bilimsel bilgi üretiminin daha da artmasıyla üretilen bilgilerin gelişim seyrinin izlenmesi ve analizi bazı araçların geliştirilmesini gerektirmiştir. Bu bağlamda, araştırmacıların son zamanlarda en yaygın biçimde kullandığı araç da bibliyometrik analiz olmuştur. Bibliyometrik analiz, “Belirlenen kriterler doğrultusunda herhangi bir konunun özelliklerinin analiz edilmesini” ifade etmektedir (Ak, 2021). Belli alan için sayım yapılması esasına dayanan bir inceleme alanıdır. Konu üzerine çalışan disiplinlerin geçmişten günümüze akademik seyri ve gelişimini ortaya koymanın yanı sıra gelecekte bu konuda yapılması planlanan araştırmalar için tavsiye edici sonuçlar ortaya koyması açısından önemli bir rehber niteliğindedir (Al ve Coştur, 2007; Yılmaz, 2017). Bibliyometrik çalışmalar literatür incelemesi gibi içeriği özetlemeyi amaçlamaz, aksine “belirli bir araştırma alanının yapısını ortaya çıkarmaya” odaklanır. Bununla birlikte bliyometrik çalışmaların taranan literatürün konu, dil, yıl, tür, yöntem gibi özelliklerinin

değerlendirilmesini sağladığı bildirilmektedir (Tecer, 2019). Türkiye’de doğrudan, Y ÖK Tez verileri üzerinden, orman yangınlarının bibliyometrik analizini gerçekleştiren herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Orman yangınlarının bibliyometrik analizinin farklı veri tabanlarında ve farklı parametrelerle gerçekleştirildiği uluslararası bazı çalışmalar (Santos vd., 2021; Zonge ve Tian, 2022; Bastem vd., 2024; Atalay, 2025) bulunduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye ve Dünya genelinde oldukça hassas ve üzerinde durulması gerekli konulardan biri olup bu kapsamda ormana bağımlı tüm canlılar açısından hayati önem ve değer taşıyan orman yangını kavramını ele alan lisansüstü tezlerin, bibliyometrik analiz yöntemi yoluyla incelemektir. Bu doğrultuda orman yangınlarını konu edinen tezlerin iç içe olduğu disiplinlerin, genel yönelimlerinin, ana bilim dallarına yönelik yapılan çalışmalara ait verilerin nesnel bir değerlendirme ile akademik ortamda yer alması sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, “*Türkiye’de orman yangınları üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerde yönelim nedir?*” sorusuna cevap aranmaktadır. Türkiye’de orman yangını üzerine hazırlanan ve son taraması 17.08.2024’e kadar olan tüm lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizleri yapılmıştır. Bu veriler 29.07.2024 - 17.08.2024 tarihleri arasında YÖK UTM’de yazarlar tarafından çalışma amacına uygun olarak belirlenen “*Orman yangını*” anahtar kelimesi kullanılarak elde edilmiş ve tez başlıklarında bu kelime gruplarını içeren tüm lisansüstü tezler çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

Bir durum çalışması deseni şeklinde gerçekleştirilen bu çalışmanın örnekleme yöntemi olarak amaçlı örnekleme yönteminden biri olan “ölçüt örnekleme tekniği” seçilmiştir. Bu

yöntemde araştırmacılar örnekleme sayısını, seçimini sadece kendi kararları doğrultusunda belirlemekte ve zengin bilgi içerdiği varsayılan durumların derinlemesine çalışılmasına olanak sağlayan örnekleri seçmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2021; Güçlü, 2021). Söz konusu ölçüt / ölçütler araştırmacı(lar) tarafından oluşturulabileceği gibi daha önceden hazırlanan ölçüt listesinin kullanılabileceği bildirilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Örneklemin belirlenmesinde dikkat edilen temel ölçüt ise son erişim tarihi 17 Ağustos 2024 olan, YÖK UTM web sayfasında orman yangınları üzerine hazırlanmış olan 122 adet lisansüstü tez olmasıdır. Ulaşım sağlanan tüm bu 122 tez çalışmaya dahil edilmiş ve analizleri yapılmıştır.

Her bilimsel çalışmada olabileceği gibi bu çalışmanın da birtakım kısıtları ve sayıtları bulunmaktadır. Araştırma veri toplama aracı olarak “<https://tez.yok.gov.tr/>” adresinden ulaşılan YÖK UTM resmi sitesi ile sınırlandırılmıştır. Araştırmaya, YÖKTEZ veri tabanına kayıtlı tezler dahil edildiğinden, tamamlanmış ama henüz daha veri tabanına girişi gerçekleştirilememiş lisansüstü tezler, çalışma kapsamı dışında yer almıştır. Ayrıca YÖK’ün veri tabanındaki tez künyelerinde bulunan bilgilerin hatasız ve güncel olduğu, tez tarama motorunda yer alan ilgili tezlerin kategori haline getirilmesinde hatalı olmadığı varsayılmıştır.

Çalışma amacına uygun olarak anahtar kelime ile gerçekleştirilen tarama sonucunda ilk tezin 1989 yılında yazılmış olduğu ortaya çıkmıştır. 1989-2024 yılları arasında orman yangınlarıyla ilgili 122 adet lisansüstü tez yayınlandığı ortaya konmuştur. Söz konusu bu tezlerin tamamı, çalışma kapsamında hazırlanan parametrelere göre incelenmiş ve bibliyometrik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda ve çalışma kapsamına dahil edilen tezlerin sınıflandırılması hususunda ortaya koyulan

kriterleri saptamada önceden yapılan bibliyometrik çalışmalardan (Tayfun vd., 2018; Kılıç vd., 2021; Güncan, 2021; Sağtaş ve Ercoşkun, 2022; Diktaş Yerli, 2023; Topçu ve Ataoğlu, 2023) yararlanılmıştır. Lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizinde parametreler: “tez yılı, tez türü, akademik danışman ünvanı, yazar cinsiyeti, katkı veren üniversite, hazırlanan enstitü, ana bilim dalı, izin durumu, tez yazım dili, ilişkili olunan mesleki disiplin konuları, anahtar kelimeler, çalışma ili-ilçesi, çalışma sahası, tezde kullanılan araştırma yöntemleri ve veri toplama teknikleri” şeklinde belirlenmiştir.

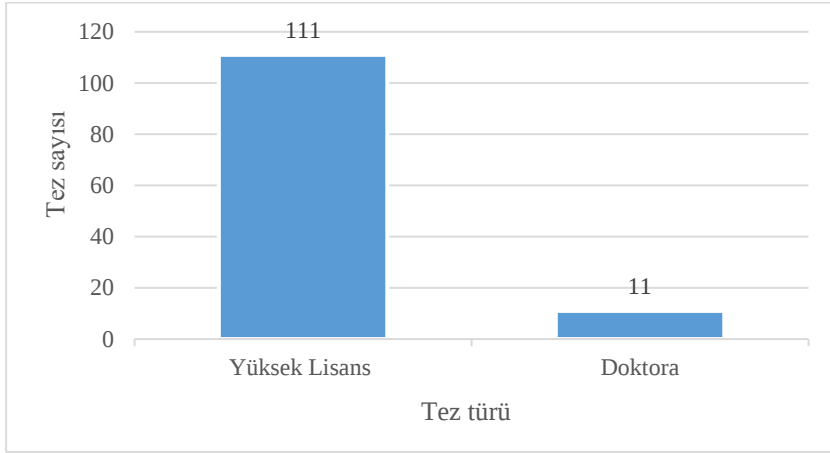
Bu araştırmada kullanılan yöntem, YÖK veri tabanından toplanan ikincil veriler olup lisansüstü tezlerden yararlanılan bir belge (doküman) incelemesini kapsayan bibliyometrik analiz tekniğidir. Çalışma, bu yönü ile etik kurul onayını gerektirmemektedir. YÖKTEZ veri tabanına kayıtlı tezlerden oluşan dokümanlardaki verilerin değerlendirilmesinde “içerik analizi” tekniği kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz sonucu toplanan veriler analiz edilerek çözümlendikten sonra, sıklık (f) ile yüzde (%) değerleri tablo haline getirilip yorumlanmıştır. Ayrıca mesleki disiplin, anahtar kelime, çalışma sahası ili ve kullanılan yöntemlerden kodlar üretilerek “Kod - Kelime Bulutları” oluşturulmuş ve tezler mesleki disiplin konularına göre “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” MAXMaps ile görselleştirilmiştir.

Araştırmada geçerlik için örneklemin doğru seçildiği ve değişkenlerin literatürden faydalanılarak oluşturulmasıyla sağlanmıştır. Güvenirlik ise ilk tarama sonrası tekrar bir tarama daha gerçekleştirilmesiyle kontrol edilmiş ve benzer sonuçlara ulaşıncaya elde edilen veriler dosyasına aktarılmıştır. Ayrıca çalışmada, güvenilirliğin sağlanması için, değişkenler ile kategoriler açıkça belirtilmiştir. Yine araştırmacı tarafından Excel dosyasına yüklenen verilerin uzman yardımı ve karşılaştırmalarla uzlaşma sağlanması yoluyla son şeklini alması sağlanmıştır.

Böylece çalışmanın güvenilirlik koşullarını taşıdığı öngörülmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Orman yangınlarına yönelik hazırlanan 122 adet lisansüstü tez çalışmasının tez türleri bakımından dağılımları Şekil 1’de yer almıştır.



Şekil 1. Lisansüstü tezlerin türleri açısından dağılımı

Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan toplam 122 adet lisansüstü tezin 111 (%91,0)’inin yüksek lisans tezi olduğu, 11 (%9,0)’inin ise doktora tezi olduğu tespit edilmiştir. Yüksek lisans türündeki tez sayısının doktora tezlerine oranla nicelik olarak daha fazla sayıda yazıldığı hatta neredeyse on katı kadar olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 1).

3.1. Lisansüstü Tezlerin Erişim Durumu

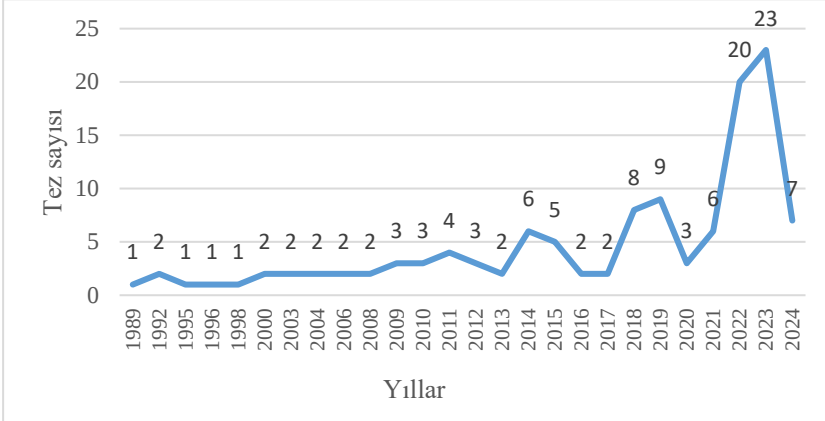
Lisansüstü tezlerin izin durumlarına Tablo 1’de yer verilmiştir. Tezlerin %93,4’ünün erişim izni bulunduğu ve sadece %6,6’sının erişime kapalı olduğu görülmüştür. Tez türüne göre erişim durumları incelendiğinde de benzer oranlar bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Lisansüstü tezlere erişim izni durumu

Erişim durumu	Lisansüstü tezler	
	f	%
İzinli	114	93,4
İzinsiz	8	6,6
Toplam	122	100,0

3.2. Lisansüstü Tezlerin Yayınlandıkları Yıllar İtibariyle Dağılımı

Lisansüstü tezlerin yayınlandıkları yıllar bazındaki durumu Şekil 2’de yer almaktadır. Orman yangınlarıyla ilgili YÖK UTM’de kaydı olan ilk tezin 1989’da hazırlandığı bulunmuştur. Lisansüstü tezlerin yayımlandığı yıllara göre dağılımı incelendiğinde; %18,9 oranıyla (23 adet) 2023 ve %16,4 oranıyla (20 adet) 2022 en fazla tezin hazırlandığı yıllar olmuştur (Şekil 2). Son yıllarda büyük ve mega orman yangınlarının daha sık ve birden fazla bölgede ortaya çıktığı (Gültekin vd., 2023) ve Türkiye’de 2021 yılının orman yangınları konusunda ayrı yerinin olduğu (Atmış vd., 2023) dikkate alındığında gerçekleştirilen bu çalışmayla da 2021 sonrasında özellikle 2022 ve 2023 yıllarında orman yangınlarıyla ilgili yapılan çalışmaların artış göstermesi beklenen bir durum olarak görülmektedir.



Şekil 2. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı (1989-2024)

3.3. Lisansüstü Tezlere Ait Danışman Ünvanlarının Durumu

Tablo 2’de lisansüstü tezlere danışmanlık yapan akademisyenlerin ünvanlarına yer verilmiştir.

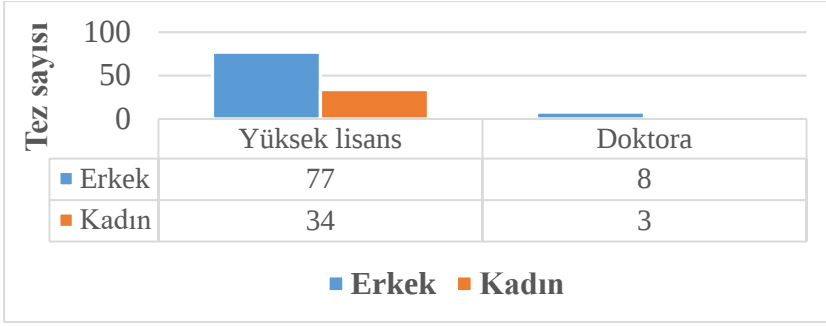
Tablo 2. Lisansüstü tezlere danışmanlık yapan akademisyenlerin ünvanları

Ünvanlar	Yüksek lisans		Doktora		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Prof. Dr.	56	50,5	7	63,6	63	51,6
Doç. Dr.	23	20,7	2	18,2	25	20,5
Dr. Öğr. Üyesi	32	28,8	2	18,2	34	27,9

Tablo 2’de görüldüğü gibi yüksek lisans tezlerinin %50,5’ine ve doktora tezlerinin de %63,6’sına Prof. Dr. ünvanlı akademisyenler danışmanlık yapmıştır. Lisansüstü tezlerin yarısından fazlasına Prof. Dr. (%51,6), %20,5’ine Doç. Dr. ve %27,9’una Dr. Öğr. Üyesi ünvanlı akademisyenlerin danışmanlık yaptığı görülmektedir. Ayrıca 11 tez iki danışmanlı ve 1 tez de üç danışmanlı olarak hazırlanmıştır (Tablo 2).

3.4. Tez Yazarlarının Cinsiyete Göre Dağılımı

1989-2024 yılları arasında yayımlanan 122 adet tezin cinsiyete göre dağılım oranı incelendiğinde yayımlanan tezlerin %69,7’sinin erkekler ve %30,3’ünün kadınlar tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir (Şekil 3). Yüksek lisans tez yazarlarının 77’si erkek olup 34’ü kadın yazarlardan oluşmaktadır. Doktora tezlerinin 8’i erkek ve 3’ü de kadın yazarlar tarafından hazırlanmıştır. Sonuçlar cinsiyet kapsamında erkeklerin daha fazla bu alanda çalışma yaptıklarını ortaya koymaktadır. Bu da göstermektedir ki orman yangını konusu erkeklerin dikkatini kadınlardan daha fazla çekmektedir. Kadın araştırmacıların gerçekleştirecekleri daha çok çalışma ile literatür daha fazla zenginleşecektir.



Şekil 3. Tez yazarlarının cinsiyete göre dağılımı

3.5. Lisansüstü Tezlerin Hazırlanmasına Katkı Sunan Üniversiteler

Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan toplam 122 lisansüstü tezin üniversiteler bazındaki dağılımları Tablo 3’te yer almıştır.

Tablo 3. Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları üniversiteler

Üniversitenin İsmi	f	%
İstanbul Teknik Ü.	11	9,0
İstanbul Ü.	9	7,4
Çanakkale Onsekiz Mart Ü.	7	5,7
Kahramanmaraş Sütçü İmam Ü.	5	4,1
Süleyman Demirel Ü.	5	4,1
Akdeniz Ü.	4	3,3
Ankara Üniv.	4	3,3
Bursa Teknik Üniv.	4	3,3
Karadeniz Teknik Üniv.	4	3,3
Çankırı Karatekin Üniv.	3	2,5
Hacettepe Üniv.	3	2,5
İhsan Doğramacı Bilkent Ü.	3	2,5
İnönü Ü.	3	2,5
Orta Doğu Teknik Ü.	3	2,5
Zonguldak Bülent Ecevit Ü.	3	2,5
Diğer Ü.	51	41,8
Toplam	122	100,0

Türkiye’de toplam 208 üniversite³ bulunmakta olup bu üniversitelerin %24,04’ünde (50 üniversite) orman yangınlarıyla ilgili lisansüstü tez hazırlandığı görülmektedir. Üniversitelere göre hazırlanan lisansüstü tez sıralamasında; İstanbul Teknik Üniversitesi (%9) birinci sırada, İstanbul Üniversitesi (%7) ikinci sırada ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (%6) ise üçüncü sırada yer alarak alanyazına daha fazla katkı sağlayan üniversiteler oldukları görülmektedir (Tablo 3).

3.6. Lisansüstü Tezlerin Hazırlandıkları Enstitülere Göre Dağılımı

Şekil 4’e göre, orman yangınlarıyla ilgili lisansüstü tezlerin yedi farklı enstitü bünyesinde hazırlandığı ortaya konmuştur. Tezlerin hazırlandığı enstitülerin dağılımında ilk sırada %60,7 ile Fen bilimleri enstitüsü gelmekte olup bu orandan da neredeyse beşte üçünün bu enstitü bünyesinde hazırlandığı görülmektedir.



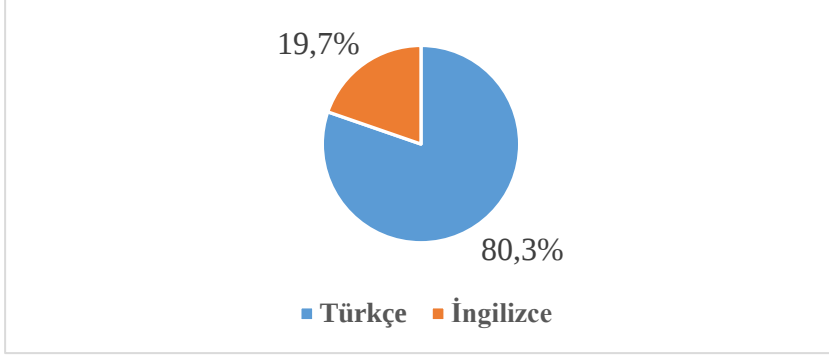
Şekil 4. Tezlerin hazırlandıkları enstitüler

3.7. Lisansüstü Tezlerin Yazım Dilleri Durumu

Lisansüstü tezlerin yazım dilleri Şekil 5’te yer almıştır. Orman yangınları hakkında hazırlanan lisansüstü tezlerden 98 tez (%80,3) Türkçe, 24 tez (%19,7) ise İngilizce olarak yalnızca iki

³ Yükseköğretim Kurulu (YÖK), Üniversiteler, <https://www.yok.gov.tr/universiteler/universitelerimiz> (Erişim tarihi: 20.10.2025).

dilde yazılmıştır. Hazırlanan tezlerin büyük çoğunluğunun Türkçe dilinde yazıldığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 5. Tezlerin yazım dilleri (1989-2024)

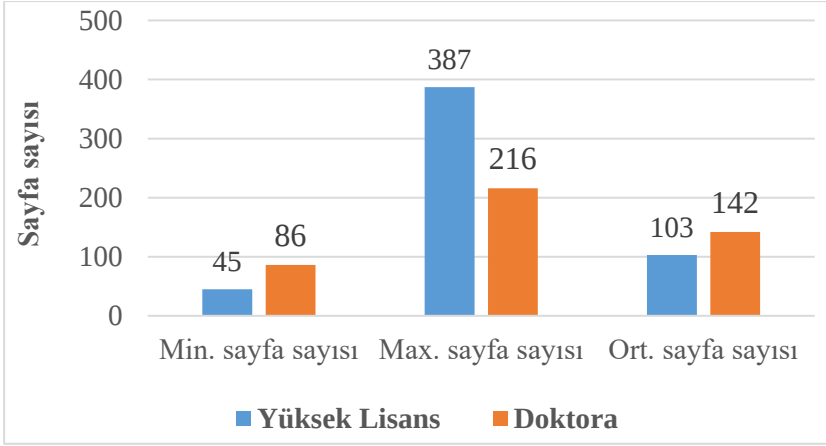
3.8. Lisansüstü Tezlere Ait Sayfa Sayıları Durumu

Tablo 4'te tezlerin yüksek lisans ve doktora tez türü itibarıyla sayfa sayıları sunulmuştur. Literatürdeki diğer bibliyometrik çalışmalara paralel şekilde yüksek lisans ve doktora tezlerindeki sayfa sayılarında farklılıklar söz konusu olduğu bulunmuştur. Yüksek lisans tezlerinin %54,1'inin 51-100 sayfa aralığında ve doktora tezlerinin de %45,5'inin 101-150 sayfa aralığında yoğunlaştığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Lisansüstü tezlerdeki sayfa sayıları durumu

Lisansüstü tez türü	0-50 syf.	51-100 syf.	101-150 syf.	151-200 syf.	201-250 syf.	251 ve üzeri syf.
	f	f	f	f	f	f
Yüksek lisans	3	60	35	7	5	1
Doktora	-	2	5	3	1	-
Toplam	3	62	40	10	6	1

Şekil 6'da Lisansüstü tezlerin en az, en fazla ve ortalama sayfa sayılarına yer verilmiştir. Orman yangınları üzerine yazılan lisansüstü tezlerin hizmet ettiği sayfa sayıları sunulmuştur.

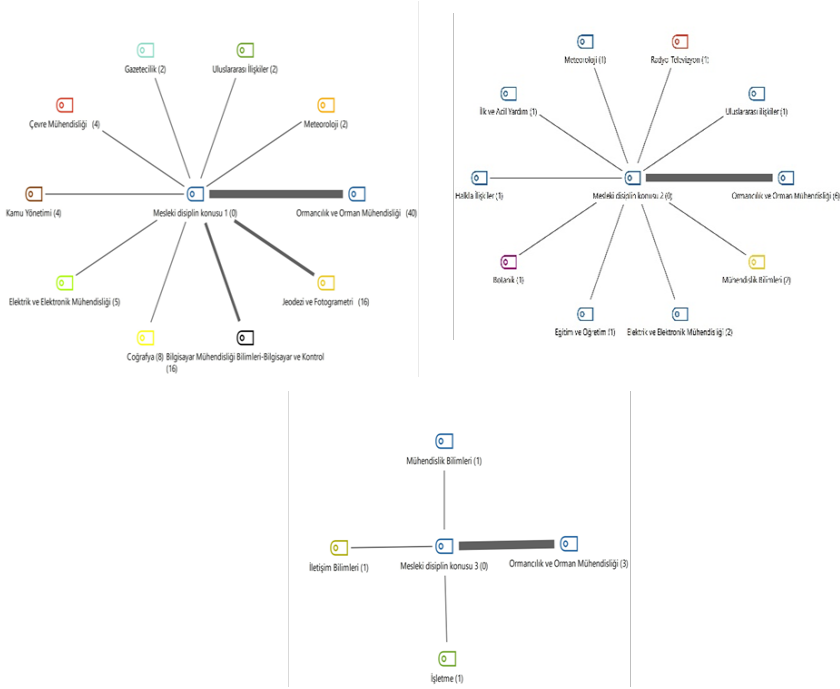


Şekil 6. Lisansüstü tezlerin min., max. ve ort. sayfa sayıları

Şekil 6'ya göre yüksek lisans tezlerin en az 45 sayfa, en fazla 387 sayfa hazırlanmış olduğu ortaya konmuş ve ortalama 103 sayfa olarak hazırlandıkları belirlenmiştir. Doktora tezlerinin en az 86 sayfa, en fazla 216 sayfa hazırlandığı bulunmuş olup ortalama sayfa sayısı 142 sayfa olarak belirlenmiştir (Şekil 6).

3.9. Lisansüstü Tezlerin İlişkili Olduğu Mesleki Disiplin Konularının Dağılımı

Orman yangınlarına dair lisansüstü tezlerin hazırlandığı mesleki disiplin konularına Şekil 7'de yer verilmiştir. Birinci konuda 122, ikinci konuda 17 ve üçüncü konuda da 6 adet olmak üzere toplamda 145 adet mesleki disiplin konusu yer almıştır. İlk konuda sırasıyla “Ormancılık ve Orman Mühendisliği (%32,8)”, “Jeodezi ve Fotogrametri (%13,1)”, “Bilgisayar Mühendisliği Bilimleri-Bilgisayar ve Kontrol (%13,1)” ve “Coğrafya (%6,6)” meslek disiplinlerine yer verildiği ortaya konmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Lisansüstü tezlerin ilişkili olduğu mesleki disiplin konuları

Lisansüstü tezlerin mesleki disiplin konuları “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” aracılığıyla Şekil 7’de sunulmuş ve Şekil 8’de “Kod Bulutu” ile de görselleştirilmiştir. Orman yangınları konusunda hazırlanan lisansüstü tezlerin mesleki disiplinler bakımından kod bulutu sonuçlarına göre toplamda 34 farklı kod üretildiği bulunmuştur. Sık kodlanan ifadelerin fon büyüklüğü artmıştır. Kod bulutuna göre en sık tekrarlanan kodlar; Ormanlık ve Orman Mühendisliği (f:49), Bilgisayar Mühendisliği Bilimleri-Bilgisayar ve Kontrol (f:16), Jeodezi ve Fotogrametri (f:16), Coğrafya (f:8), Elektrik ve Elektronik Mühendisliği (f:7) şeklinde belirlenmiştir. Görüldüğü üzere çalışma kapsamında incelenen 122 tezde toplam 145 adet mesleki disiplin konusu yer almıştır (Şekil 8).



**Şekil 8. Lisansüstü tezlerin mesleki disiplinlere göre oluşturulmuş
“Kod Bulutu”**

3.10. Lisansüstü Tezlerin Anahtar Kelimelerde Yer Verdikleri Kelimelerin Bulguları

Lisansüstü tezlerin anahtar kelimelerinde yer verdikleri ifadelerin kelime bulutu oluşturulurken metin içerisindeki tekrarlanma sayısı dikkate alınmıştır. Orman yangınları konusunda hazırlanan 122 lisansüstü tezdten 31’inde anahtar kelimelerin boş bırakıldığı görülmüştür. Şekil 9’da anahtar kelime bilgilerine yer veren tezlerin “Anahtar Kelime Bulutu” yer almaktadır.



Şekil 9. Anahtar kelime bilgilerine yer veren tezlerin “Anahtar Kelime Bulutu”

Anahtar kelime bulutunda en fazla kullanılan anahtar kelimelerin frekansları incelendiğinde; yangın (f:213), orman (f:95), tespit (f:35), analiz (f:31), ağ (f:19), sistemler (f:17), öğrenme (f:15), görüntü (f:11), risk (f:11), makine (f:11), derin (f:9), Antalya (f:7), CBS (f:7) şeklinde anahtar kelime bulutu sözcük frekansı içerisinde bulunduğu görülmüştür (Şekil 8). Orman yangınlarına yönelik yazılan tezlerde en az 1 anahtar kelime yer alırken en fazla 15 anahtar kelimeye yer verildiği ve tezlerde toplam 457 adet anahtar kelime kullanıldığı ve 1154 adet sözcüğe yer verildiği ortaya çıkmıştır. Orman yangınları ve uzaktan algılama konusuyla ilgili çalışılan çalışmada benzer olarak yangın, orman, analiz kodlarının birçok çalışma konusu içerisinde yer aldığı bildirilmiştir (Santos vd., 2021).

3.11. Lisansüstü Tezlerin Hazırlandıkları Ana Bilim Dalları

Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları ana bilim dalları Tablo 5'te sunulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen 122 tezin 50 farklı üniversite bünyesindeki 44 farklı ana bilim dalında hazırlandıkları ortaya konmuştur.

Tablo 5. Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları ana bilim dalları

Ana Bilim Dalı Adı	f	Ana Bilim Dalı Adı	f
Orman Mühendisliği	37	Tarih	1
Bilgisayar Mühendisliği	14	Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi	1
Coğrafya	7	Sivil Havacılık	1
Geomatik Mühendisliği	6	Savunma Teknolojileri	1
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği	3	Radyo Televizyon ve Sinema	1
İletişim Sistemleri	3	Peyzaj Mimarlığı	1
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	3	Orman Endüstri Mühendisliği	1
Çevre Bilimleri	3	Mekatronik Mühendisliği	1
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri	2	Matematik	1
Uluslararası İlişkiler	2	Lojistik Yönetimi	1
Meteoroloji Mühendisliği	2	Katı Yer Bilimleri	1
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi	2	Kamu Yönetimi	1

Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri	2	Kamu Hukuku	1
Harita Mühendisliği	2	Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği	1
Gazetecilik	2	İş Sağlığı ve Güvenliği	1
Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği	2	Fizik	1
Çevre Mühendisliği	2	Endüstri Mühendisliği	1
Afet Yönetimi	2	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Teknolojileri	1
Yangın Güvenliği ve Yanma	1	Eğitim Bilimleri	1
Yaban Hayatı	1	Biyomühendislik ve Bilimleri	1
Bilgi Teknolojileri	1	Biyoloji	1
Afet Eğitimi ve Yönetimi	1	Bilişim Uygulamaları	1

Tablo 5’te 44 farklı ana bilim dalında hazırlanan tezlerin “*Orman mühendisliği (%30,3)*, *bilgisayar mühendisliği (%11,5)*, *coğrafya (%5,7)* ve *geomatik mühendisliği (%4,9)*” olmak üzere dört ana bilim dalında yoğunlaştığı ve hatta sadece bu anabilim dallarının %52,5 gibi yüksek bir orana sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5).

3.12. Lisansüstü Tezlere Konu Çalışma ili-ilçesi/Çalışma sahası

Lisansüstü tezlerin hazırlandığı çalışma sahalarının bilgisi Şekil 10’da yer almıştır. Toplam 122 tezden 70’inde çalışma sahası bilgilerine yer verildiği bulunmuş ve 102 il-ilçe kodu ortaya çıkmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Lisansüstü tezlerin çalışma sahası kod bulutu.

Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan lisansüstü tezlerde 30 farklı çalışma sahasının kapsam içerisinde yer aldığı bulunmuştur. Tezlerde en fazla çalışma sahası olarak yer verilen iller azalan sıralamaya göre Antalya (25 kez), Muğla (18 kez), Çanakkale (7 kez), İzmir (6 kez), Mersin (5 kez), Balıkesir (4 kez) ve Kahramanmaraş (4 kez) şeklinde olmuştur (Şekil 10). Gerçekleştirilen bir çalışmada 2012 - 2021 yıllarında en fazla yangının Muğla’da meydana geldiği ve en fazla orman alanının 68.905 ha ile Antalya’da zarar gördüğü bildirilmiştir (Atmış vd., 2023: 33). Bu bulgu da dikkate alındığında ağırlıklı olarak Antalya, Muğla illerinde söz konusu olan orman yangınlarına lisansüstü tez çalışmalarında da yer verilmesi beklenen bir paralellik olarak görülmektedir.

Şekil 11’de orman yangını kavramına yönelik hazırlanan tezlerde uygulanan yöntem anlayışı ortaya konmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. Lisansüstü tezlerde kullanılan yöntemlerin kod bulutu.

Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan lisansüstü tezlerin araştırma yöntem ve tekniklerinde en fazla “Analiz (f:87)” kodunun kullanıldığı görülmüştür. CBS verilerinin analizleri, yangın verilerinin analizi, ikincil kaynak analizleri, istatistiksel analizler, çok kriterli karar verme analizleri, ağ analizleri, toprak örnek analizleri gibi birçok farklı yöntem ve teknikler kullanılarak lisansüstü tezlerde orman yangınlarının sunumu

gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Ayrıca yerinde gözlemler ve incelemeleri de içeren arazi çalışmaları, anket, laboratuvar çalışmaları, deneysel ve modelleme çalışmaları, makine öğrenmeleri, uzaktan algılama ve görüntü işleme teknikleri gibi geniş yelpazede yöntemler kullanıldığı ortaya konmuştur. Santos vd. (2021), orman yangınları ve uzaktan algılama teknikleri üzerine gerçekleştirdikleri bibliyometrik analiz çalışmasında teknolojinin gelişimiyle uzaktan algılama, modelleme, analiz çalışmalarının hızla artmaya başladığını bildirmişlerdir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma ile, Türkiye’deki orman yangınları konusuna dair hazırlanan, son erişim tarihi 17.08.2024 olarak belirlenen, tez başlığında belirlenen anahtar kelimeleri içeren YÖK UTM’de kayıtlı 122 adet lisansüstü tezin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışma sonucunda orman yangınlarına yönelik hazırlanan lisansüstü tezler konusunda bir kesit sunulurken tezlerin genel eğilimi belirlenmiş ve çalışma sınırlılıkları dahilinde mevcut durum ortaya konarak alan yazına katkıda bulunulmuştur. Araştırma bulguları orman yangınları üzerine çalışma yapmayı planlayan araştırmacılara yol göstermesinin yanı sıra mesleki disiplin konuları arasındaki ilişkiyi ortaya koyması bakımından da önemli bir rehber niteliğindedir. Çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Orman yangınlarına yönelik hazırlanan 122 adet lisansüstü tezin %9’u doktora tezi ve %91’i yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Orman yangınlarına yönelik doktora düzeyinde daha az araştırma yapıldığı bulunmuş olup doktora düzeyinde yeterince literatürün zenginleşmediği görülmüştür. Bu sonuç ileriki süreçlerde daha fazla doktora düzeyinde çalışma yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

- Tezlerin neredeyse tamamının (%93,4) erişime açık olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun tezlerin daha fazla kişinin faydalanmasına hizmet etmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.
- Araştırma kısıtları kapsamında ulaşılan bulgular sonucunda çalışma konusuyla ilgili hazırlanan ilk tezin 1989 yılında tamamlanarak bilime sunulduğu bulunmuştur. Literatüre paralel bir şekilde orman yangınları üzerine yazılan tezlerin nicelik olarak en fazla 2023 yılında hazırlandığı ortaya konmuştur. Tezlerin yıllar bazında dalgalı bir eğiliminin olduğu, artışların olduğu yıllar olabildiği gibi sık sık azalmaların da görüldüğü bulunmuştur. Özellikle 2020 yılı sonrasında orman yangınları sayısı yıllar bazında düzenli bir şekilde artan sayıda çalışmalar yapıldığı dikkati çekmektedir.
- Gerek yüksek lisans gerekse doktora tezlerinde Prof. Dr. ünvanlı akademisyenlerin daha fazla oranda (%50) danışmanlık yaptığı görülmektedir.
- Orman yangınlarına yönelik hazırlanan lisansüstü tezlerin %69,7'si erkek ve %30,3'ü kadın yazarlara ait olup, tezlerin yazar cinsiyeti bakımından eşit oranda dağılmadığı görülmektedir. Bu da erkek araştırmacılar tarafından kadın yazarlara göre orman yangınlarına yönelik daha fazla bir çalışma isteği, ilgisi olduğunu göstermektedir.
- Orman yangınlarına yönelik en fazla tez İstanbul Teknik Ü., İstanbul Ü. ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi katkılarıyla hazırlanmıştır. Ayrıca çalışma sonucunda Türkiye'deki toplam üniversitelerin neredeyse dörtte birinde orman yangınlarıyla ilgili lisansüstü tez hazırlandığı bulunmuştur.

- Orman yangınlarıyla ilgili lisansüstü tezler yedi farklı enstitü bünyesinde yazılmış olup neredeyse beşte üçünün (%60,7) Fen bilimleri enstitüsünde hazırlandığı görülmektedir.
- Lisansüstü tezlerin %80,3'ü Türkçe dilinde hazırlanmış olup beşte biri İngilizce olmak üzere sadece iki dilde yazılmıştır. Yabancı dilde yazılan tezlerin sayısının artırılması yurtdışı literatürde de yer alma açısından önemli görülmekte ve bu sayının artırılmasında fayda olduğu düşünülmektedir.
- Yüksek lisans tezlerinin %54,1'inin 51-100 sayfa aralığında ve doktora tezlerinin de %45,5'inin 101-150 sayfa aralığında yoğunlaştığı bulunmuştur.
- Lisansüstü tezlerde birinci konuda 122, ikinci konuda 17 ve üçüncü konuda da 6 adet olmak üzere toplamda 145 adet mesleki disiplin konusuna yer verildiği görülmüştür. Mesleki disiplin konuları azalan sıralamayla; Ormancılık ve Orman Mühendisliği (f:49), Bilgisayar Mühendisliği Bilimleri-Bilgisayar ve Kontrol (f:16), Jeodezi ve Fotogrametri (f:16), Coğrafya (f:8), Elektrik ve Elektronik Mühendisliği (f:7) şeklinde yer almıştır. Orman yangınlarına yönelik birçok değişik mesleki disiplinlerde tezlerin hazırlandığı dikkati çekmektedir. Bu sonuç orman yangınlarının farklı çalışma alanlarına yönelik bilimsel araştırmalar gerçekleştirileceği yönünde bir eğilimi olacağını göstermektedir.
- Orman yangınları konusunda yazılmış tezlerde en az 1 anahtar kelime yer alırken en fazla 15 anahtar kelimeye yer verildiği ve tezlerde toplam 457 adet anahtar kelime kullanıldığı belirlenmiştir. Tezlerde en fazla kullanılan anahtar kelimelerin frekansları incelendiğinde; yangın

(f:213), orman (f:95), tespit (f:35), analiz (f:31), ağ (f:19), sistemler (f:17), öğrenme (f:15), görüntü (f:11), risk (11), makine (11), derin (9), Antalya (7), CBS (7) olduğu saptanmıştır.

- Çalışma kapsamında incelenen 122 tezin 50 farklı üniversite bünyesindeki 44 farklı ana bilim dalında hazırlandıkları ortaya konmuştur. Tezlerin orman mühendisliği (%30,3), bilgisayar mühendisliği (%11,5), coğrafya (%5,7) ve geomatik mühendisliği (%4,9)” olmak üzere dört ana bilim dalında yoğunlaştığı görülmüştür.
- Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan lisansüstü tezlerin ağırlıklı olarak Antalya (25 kez), Muğla (18 kez), Çanakkale (7 kez), İzmir (6 kez), Mersin (5 kez), Balıkesir (4 kez) ve Kahramanmaraş (4 kez) olmak üzere 30 farklı çalışma sahasında yoğunlaştığı ortaya konmuştur.
- Orman yangınlarıyla ilgili hazırlanan lisansüstü tezlerin araştırma yöntem ve tekniklerinde en fazla “Analiz (f:87)” kodunun kullanıldığı görülmüştür.

Sonuç olarak bu çalışmayla orman yangınlarıyla ilgili literatürün eğilimleri hakkında fikir sahibi olmak adına bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca orman yangınlarına yönelik çalışma konularına daha çok ağırlık verilmesinin gerekli olduğu ve öğrencilerin bu alanda çalışmaları için desteklenmesinin önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle orman yangınlarının da içerisinde yer aldığı doğal afetlerin son yıllarda artış trendinde olması bu konuda bilimsel çalışmalar üretilmesinin gerekliliğini işaret etmektedir. Gelecekte orman yangınlarına yönelik gerçekleştirilecek bibliyometrik analiz çalışmalarında, bu araştırma sınırlılıklarında çalışmaya dahil edilemeyen diğer çalışmalar üzerinde yapılmasında fayda

olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda orman yangınları üzerine yazılmış makalelerin ve bildirilerin de değişik veri tabanları ve parametreler dahilinde bibliyometrik açıdan irdelenmesi araştırma konusunun eğilimi ve değişimi açısından kıyaslama yapılmasına destek olacak ve literatüre de katkı sağlayacaktır.

Bilgi Notu: Bu çalışma, V. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar (ORMİS-2024; 30 Ekim - 1 Kasım 2024 – Isparta / Türkiye) Kongresi'nde sunulmuş ve sadece özeti yayınlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Ak, M. (2021). Yönetim ve örgütsel davranışta bibliyometrik analizler. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., ISBN: 978-625-439-455-3. Ankara.
- Al, U., & Coştur, R. (2007). Türk psikoloji dergisinin bibliyometrik profili. *Türk Kütüphaneciliği*, 21(2), 142-163.
- Atalay, E. (2025). Afet ve orman yangını araştırmalarının bibliyometrik analizi. *Toplum, Ekonomi ve Yönetim Dergisi*, 6 (2), 358-375. DOI: 10.58702/teyd.1662735
- Atmış, E., Tolunay, D., & Erdönmez, C., 2023. Orman yangınları. Editör: Kavgacı, A., Başaran, M. A., Orman Yangınlarının Sayısal Analizi, Türkiye Ormancılar Derneği (TOD) Yayını, Ankara, s. 23-44.
- 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
- Bastem, E., Ayçam, İ., & Soyluk, A. (2024). Orman yangınları ve olay ağacı yönteminin bibliyometrik analizinin mimarlık disiplini açısından değerlendirilmesi: Vosviewer ve Biblioshiny ile bilimsel haritalama. 1. Uluslararası Avrasya Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi. 22-24 Kasım 2024, 922-942, Bakü/Azerbaycan, ISBN: 978-625-367-989-7
- Çanakçıoğlu, H. (1979). Türkiye orman yangın istatistiklerinin temeline ilişkin tartışmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, 29(2), 11-19 <https://doi.org/10.17099/jffiu.68609>.

- Diktaş Yerli, G. (2023). Sosyal bilimlerde afet konulu lisansüstü çalışmaların bibliyometrik ve tematik analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 961-976. DOI: 10.35341/afet.1279328
- Güçlü, İ. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri teknik-yaklaşım-uygulama. *Nika Yayınevi*, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, ISBN: 978-625-7653-34-3.
- Gültekin, Y. S., Coşgun, U., Sabuncu, R., & Kavgacı, A. (2023). Orman yangınları. Editör: Kavgacı, A., Başaran, M. A., Türkiye’de Orman Yangınları Sonrası Üretim İşlerinin Planlanması ve Pazarlama Yönetimi, Türkiye Ormancılar Derneği (TOD) Yayını, Ankara, s. 409-422.
- Güncan, Ö. (2021). “Oyuncak” konulu lisansüstü tezlere yönelik bibliyometrik bir inceleme. *Pearson Journal of Social Sciences & Humanities*, 6(12), 133-160, <http://dx.doi.org/10.46872/pj.259>
- Kılıç, E., Bak, G., Budak, E., Bak, A., & Kutlu, M. K. (2021). Küresel pazarlama konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *International Academic Social Resources Journal*, (e-ISSN: 2636-7637), 6(25), 874-880
- Özden, S., Kılıç, H., Ünal, H. E., & Birben, Ü. (2012). Orman yangını insan ilişkisi. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD) Yayını, 1. Baskı, ISBN 978-9944-0048-7-9
- Sağtaş, S., & Ercoşkun, S. (2022). YÖK ulusal tez merkezine kayıtlı e-ticaret alanında yazılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Journal of Awareness*. 7(1), 47-55, DOI: 10.26809/joa.7.1.04
- Santos, S. M. B. d.; Bento-Gonçalves, A., & Vieira, A. (2021). Research on wildfires and remote sensing in the last three decades: a bibliometric analysis. *Forests*, 12, 604. <https://doi.org/10.3390/f12050604>

- Tayfun, A., Ülker, M., Gökçe, Y., Tengilimoğlu, E., Sürücü, Ç., & Durmaz, M. (2018). Turizm alanında yiyecek ve içecek ile ilgili lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(2), 523-547, DOI: 10.21325/jotags.2018.227
- Teceren, E. (2019). Türkiye’de kadın konusu üzerine yazılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik incelemesi (2008-2018). *İşletme Bilimi Dergisi*, 7(2), 499-530. <https://doi.org/10.22139/jobs.543163>
- Topçu, T., & Ataoğlu, A. (2023). Türkiye’de afet yönetimi ile ilgili yapılmış olan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(4), 1388-1400. DOI: 10.35341/afet.1301195
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Seçkin Yayıncılık, ISBN: 978-975-02-6982-0.
- Yılmaz, G. (2017). Restoranlarda bahşiş ile ilgili yayınlanan makalelerin bibliyometrik analizi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 14(2), 65-79.
- Zong, X., & Tian, X. (2022). Bibliometric analysis of fires on wildland-urban interfaces. *Natural Hazard Research*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2022.08.003>

ORMAN KÖYLERİNDE MİKRO KREDİ DESTEKLERİ¹

İnci Zeynep YILMAZ²

Meryem TIRAŞ³

Ufuk DEMİRCİ⁴

1. GİRİŞ

Yoksulluk, günümüzde yalnızca düşük gelirli ülkelerin değil, gelişmiş ülkelerin de karşı karşıya olduğu küresel bir sorun olmayı sürdürmektedir. Gelir yetersizliği, temel hizmetlere erişimde güçlük, sosyal dışlanma, eğitim ve sağlık imkânlarının sınırlılığı gibi çok boyutlu unsurlar yoksulluğun etkilerini derinleştirmekte ve kuşaklar arası aktarımını güçlendirmektedir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın (UNDP) yayımladığı “İnsani Gelişme Raporları”, yoksulluğun salt gelir düzeyiyle açıklanamayacak kadar karmaşık bir olgu olduğunu ve yapısal eşitsizliklerle yakından ilişkili bulunduğunu ortaya koymaktadır (UNDP, 2023).

Dünya genelinde var olan yoksulluk sorununun etkilerini azaltabilmek amacıyla uluslararası toplantılarda çeşitli çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır. Örneğin 1987 yılında Dünya

¹ Bu çalışmanın özeti, 30 Ekim-1 Kasım 2024 tarihlerinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde düzenlenen “V. Ormancılıkta Sosyoekonomik Sorunlar Kongresi”nde sözlü sunum olarak sunulmuştur.

² Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-3307-1193.

³ Orman Mühendisi, Güğü Orman İşletme Şefliği, Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Balıkesir.

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0001-9230-3778.

Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan Ortak Geleceğimiz Raporu’nda yoksulluk, küresel çevre sorunlarının başlıca nedeni ve sonucu olarak ifade edilmiş ve dünya yoksulluğunun ve uluslararası eşitsizliğin altında yatan faktörlerin daha geniş bir şekilde ele alınması gerektiği ifade edilmiştir. Bu nedenle ilk kez bu raporda ifade edilen “sürdürülebilir kalkınma” kavramı ile herkesin temel ihtiyaçlarının karşılanması ve daha iyi bir yaşam için fırsatlar sunulması neticesinde yoksulluğun azaltılmasının mümkün olacağı fikri dile getirilmiştir (BM, 1987).

Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, ekonomik büyümenin toplumsal refahı artırma kapasitesinin çevresel sınırlar çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, yoksulluğun azaltılması, sürdürülebilir kalkınmanın hem ön koşulu hem de temel hedeflerinden biri olmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre sürdürülebilir kalkınma politikaları, özellikle kırsal bölgelerde yaşayan düşük gelirli grupların üretim, pazarlama ve finansmana erişim sorunlarının çözümünde kritik bir rol üstlenmektedir (WB, 2022). Kırsal yoksulluğun azaltılması, sadece gelir artışı sağlamakla değil; aynı zamanda bireylerin ekonomik hayata katılımını güçlendirecek kapsayıcı mekanizmaları geliştirmekle mümkündür.

Bu çerçevede Birleşmiş Milletlere üye ülkeler tarafından 2015 yılında oybirliğiyle “2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi” kabul edilmiştir. Bu uluslararası anlaşma ile, dünya çapında yoksulluğun azaltılması, sağlıklı ve kaliteli bir yaşamın sağlanması, kaliteli eğitimin sunulması, dezavantajlı grupların ihtiyaçlarının karşılanması, ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilir üretim ve tüketim uygulamalarının teşvik edilmesi dahil olmak üzere 169 hedef içeren 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı belirlenmiştir. Küresel yoksulluğun sona erdirilmesi ise ilk amaç olarak ortaya konulmuştur. SKA 1: “Yoksulluğa Son”

amacı, “yoksulluğun tüm biçimlerini her yerde sona erdirmek” ilkesiyle özellikle *“kırsal alanlarda yaşayan nüfusun ekonomik kırılganlığının azaltılmasını, ekonomik kaynaklara ulaşılmasını, temel hizmetlere erişimin artırılmasını ve finansal destek mekanizmalarının güçlendirilmesini”* öngörmektedir (UN, 2015).

Buradan da anlaşılacağı üzere, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için sürdürülebilir kırsal kalkınmanın gerçekleştirilmesi ve bu sayede yoksulluğun sona erdirilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de kırsal kalkınma anlayışı zaman içerisinde gelişim göstermiştir. 1980’lerden önce, kırsal kalkınma politikalar daha çok büyümeye dayalı iken, daha sonraları, yerini toplumun tamamını kapsayan bütüncül kalkınma arayışlarına bırakmıştır. Kırsal kalkınma artık sadece kamusal bir hizmet alanı olarak görülmemekte, aynı zamanda toplumun tümünü ilgilendiren ortak uğraş olarak değerlendirilmektedir (Gülçubuk ve ark., 2010).

Bu nedenle gerek kalkınma planlarında gerekse de ilgili kamu kurumlarının stratejik belgeleri ile eylem planlarında kırsal kalkınmanın sağlanması temel bir amaç olarak ifade edilmektedir. Günümüzde yürürlükte olan 12. Kalkınma Planı’nda kırsal kalkınmaya bir alt başlık olarak yer verilmiş ve temel amacı *“kırsal kesimde üretken işgücü oluşturularak ekonominin canlandırılması, sürdürülebilir doğal kaynak yönetiminin sağlanması ve yaşam kalitesinin artırılması suretiyle nüfusun kırsalda tutundurulması”* olarak ifade edilmiştir (SBB, 2023).

Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı Stratejik Planı’nda temel amaçlardan biri olarak *“kırsal alanlarda yaşam kalitesini, refah seviyesini ve ekonomik çeşitliliği geliştirmek”* şeklinde belirlenmiştir. Bu amaç kapsamında ise *“kırsalda gelir ve istihdam olanaklarını artırmak, kırsal ekonomiyi çeşitlendirmek”* ve *“kırsalda aile işletmelerine, kadınlara ve gençlere yönelik*

üretim, yatırım ve istihdam olanaklarını artırmak” hedefleri ifade edilmiştir (TOB, 2024). Benzer şekilde Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Planı’nda da “orman köylüsünün yerinde istihdamı ve kalkınmasını desteklemek” şeklinde bir amaca ve bu amaca ait “*orman köylüsü sosyoekonomik projelerle desteklenerek orman halk ilişkileri iyileştirilecek, yerinde istihdama ve ormanların sürdürülebilir yönetimine katkı sağlanacaktır*” şeklinde bir hedefe yer verilmiştir (OGM, 2023).

Mevcut durumda yürürlükte olan ve sürdürülebilir kırsal kalkınma anlayışı çerçevesinde hazırlanan “4. Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi (2024-2028)”nde ise “*kırsal alanda sürdürülebilirliğin sağlanması, ekonominin canlandırılması, doğal kaynak yönetimi yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, nüfusun kırsalda tutulması*” en temel amaç olarak belirlenmiş ve bu amaca hizmet edecek çok sayıda hedef ortaya konulmuştur (TOB, 2023).

Türkiye’de yukarıda ifade edilen sürdürülebilir kırsal kalkınma politika ve amaçlarına hizmet etmek amacıyla ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Hem yaşam şartlarını iyileştirici sosyal içerikli destekler ve yatırımlarla hem de hibe ya da kredi şeklinde sağlanan finansal yardımlar ile kırsalda yaşayan insanlara çeşitli desteklemeler sağlanmaktadır. Bu kapsamda sağlanan destek türlerinden biri de “mikro kredi”dir.

Tanım olarak mikro kredi, geleneksel finans sisteminden kredi alması mümkün olmayan yoksul girişimcilere, kendileri ve ailelerinin ekonomik durumlarını iyileştirmelerine fırsat sağlayacak bir serbest meslek sahibi olmaları için düşük miktarlı ve faizsiz kredi türlerinden biridir. Mikro kredinin diğer banka kredilerinden farkı; kısa vadeli olması, verilen kredinin belli bir kısmının hibe özelliğini barındırması, geri ödeme süresinin esnek bir yapıya sahip olması ve düşük faizli/faizsiz bir kredi türü olmasıdır (Schreiner ve Colombet, 2001).

Mikro krediler, finansal olarak dışlanmış bireyler için verilen küçük krediler şeklinde ifade edilebilir. Modern anlamda mikro kredinin başlangıcı, 1970’lerde Bangladeş’te Prof. Dr. Muhammed Yunus’un çalışmaları ile başlamıştır. 1974’te kırsal yoksulluğu gözlemleyen Prof. Dr. Muhammed Yunus, 42 kadına toplam 27 dolar civarında küçük krediler vererek bir deneme yapmıştır. Bu kadınların tamamı kredilerini geri ödemiş ve küçük ölçekli üretimlerine devam edebilmiştir. Yaşanan bu tecrübe neticesinde geleneksel bankaların riskli gördüğü düşük gelirli kesimlere de kredi verilebileceğini kanıtlamıştır. Bunun neticesinde 1976 yılında Grameen modeli oluşturularak mikro kredi uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır (Yunus, 1996; Yunus, 1998).

Mikro kredi uygulaması 1990’lardan itibaren dünya genelinde hızla yayılmıştır. 2000’lerde ise yoksullukla mücadelede küresel bir mücadele aracı olarak kabul edilmiştir. Hatta Birleşmiş Milletler, mikro kredi desteklerini teşvik etmek ve yaymak amacıyla 2005 yılını Uluslararası Mikro Kredi Yılı ilan etmiştir. Prof. Dr. Muhammed Yunus’un Grameen Bank ile bu başarılı girişimi sayesinde, kendisi 2006 yılında Nobel Barış Ödülüne layık görülmüştür (Güzel, 2011; Levin, 2012).

Türkiye’de; Kadın Emeğini Değerlendirme Vakfı (KEDV) tarafından “Maya Mikro Ekonomik Destek İşletmesi”nin Marmara deprem bölgesinde başlatılan uygulaması ve 2003 yılında Türkiye İsrافی Önleme Vakfı (TİSVA) ile ilk kez Bangladeş’te kurulmuş olan Grameen Bank’ın işbirliği ile oluşturulan “Türkiye Grameen Bank Mikro Kredi Projesi (TGMP)’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde başlatılan uygulaması Türkiye’deki mikro kredinin ilk örneklerindendir (İTO, 2004).

Ülkemiz orman varlığı 23.363.084 hektar ile ülke yüzölçümünün yaklaşık %30’unu kaplamaktadır (TÜİK, 2025).

Bu ormanlık alanlarda 23.344 orman köyü bulunmakta ve bu köylerde 7.426.831 kişi yaşamaktadır (URL, 1). Diğer bir ifade ile Türkiye nüfusunun yaklaşık %8,7'si orman köylerinde ikamet etmektedir. Türkiye'de orman köylüleri, sosyoekonomik kırılganlık, coğrafi zorluklar ve sınırlı gelir kaynakları nedeniyle mikro kredi ve benzeri her türlü ekonomik ve sosyal desteklemelerin doğrudan muhatabı durumundadır.

Bu çalışmada Türkiye'de orman içinde veya bitişiğindeki köylülerin sosyal ve ekonomik gelişmelerini ve kalkındırılmalarını desteklemek amacıyla faaliyette bulunan Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı Orman ve Köy İlişkileri Dairesi Başkanlığı'nın (ORKÖY) orman köylerinde ikamet eden dar gelirli ev hanımlarını desteklemek amacıyla 2020 yılında başlattığı ve ferdi krediler içerisinde yer alan mikro kredi uygulamalarını irdelemek amaçlanmaktadır. Bu amaçla, ORKÖY tarafından Türkiye genelinde 2020-2024 yılları arasında hangi Orman Bölge Müdürlüklerinde ne tür mikro kredi desteği verildiği ile kredi ve hibe miktarları ortaya konulmuştur.

2. ORMAN KÖYLÜLERİ İÇİN MİKRO KREDİ DESTEKLEMELERİ

Orman köylüsünü desteklemek amacıyla ülkemizde tarım arazilerinin ve orman kaynaklarının yönetilmesinden sorumlu olan Bakanlıklar ve Genel Müdürlükler ile diğer bazı kamu kurum ve kuruluşları faaliyette bulunmaktadır. Ormancılıkta gelir seviyesi çok düşük olan orman köylülerini sosyal ve ekonomik açıdan desteklemek için 1957 yılında Orman Genel Müdürlüğü (OGM) bünyesinde "Köy Kalkınma Şubesi" kurulmuştur. Daha sonra 1970 yılında ise Orman Bakanlığı'na bağlı Orman ve Köy İlişkileri (ORKÖY) Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Teşkilatta yapılan değişiklik neticesinde günümüzde Daire Başkanlığı statüsünde Orman Genel Müdürlüğü birimlerinden biri olarak

faaliyette bulunan ORKÖY, kuruluş tarihinden itibaren, sağlamakta olduğu çeşitli desteklemeler ile kırsal kalkınmada önemli bir rol üstlenmiş durumdadır. ORKÖY'ün amacı, ormanların içinde ve bitişiğindeki orman köylerinde yaşayan orman köylülerinin sosyal ve ekonomik kalkınmalarına katkıda bulunmak suretiyle ormanlar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli destekler sağlamaktır (OGM, 2024).

ORKÖY, orman köylülerine ferdi kredi ve kooperatif kredisi olmak üzere iki tür kredi desteği vermekte ve ferdi krediler içerisinde ekonomik ve sosyal amaçlı krediler yer almakta iken; Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2017 yılında 22/02/2017 tarihli ve 29987 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan “Orman Köylülerinin Kalkındırılmalarının Desteklenmesi Faaliyetlerine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik” te ilk defa mikro kredi kavramı tanımlanmış ve sonrasında Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından da orman köylülerini desteklemek amacıyla 2020 tarihi itibarıyla mikro kredi uygulamaları orman köylüsü kadınlara verilmeye başlanmıştır (URL, 2).

Mikro kredi, gelir getirici bir faaliyette bulunmak üzere küçük bir başlangıç sermayesine ihtiyacı olan ve orman köylerinde ikamet eden orman köylüsü kadınlara imkân sağlamak, ev ekonomisine katkıda bulunmalarını teşvik maksadıyla verilen destek türüdür (URL, 3). Bu bağlamda mikro kredi uygulamaları, kırsal yoksulluğun azaltılmasına yönelik yenilikçi ve etkili araçlardan biri olarak öne çıkmakta; küçük ölçekli ekonomik faaliyetleri destekleyerek hane gelirlerini artırma potansiyeli taşımaktadır.

ORKÖY tarafından verilen mikro krediler, dar gelirli ev hanımlarına yönelik gelir getirici faaliyetler için girdi niteliğinde olan yılda bir taksit olmak üzere 3 taksitle ödenen, faizsiz, verilen kredi desteğinin %20'si hibe özelliğinde olan kredi

türlerindendir. Mikro kredi de verilen destek üst limitleri 2020 yılı için 10.000 TL, 2021 yılı için 12.000 TL, 2022 yılı için 18.000 TL, 2023 yılı için 30.000 TL ve 2024 yılı için 50.000 TL olarak belirlenmiştir.

2.1. ORKÖY Tarafından 2020 Yılında Verilen Mikro Krediler

İlk mikro kredi desteklemelerin yapılmaya başlandığı 2020 yılında, ORKÖY tarafından, dar gelirli kırsal kadınların gelir getirici faaliyetlere erişimini desteklemeye yönelik iki farklı proje üzerinden mikro kredi çalışması yürütülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. ORKÖY tarafından verilen mikro kredi türleri ve destek miktarları (2020 yılı) (TL)

Yıl	Bölge Müdürlüğü	Mikro kredi türü	ORKÖY Desteği		Öz kaynak	Toplam Yatırım
			Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2020	Elazığ	Ceviz kabuğu soyma makinesi	3.200	800	---	4.000
	İzmir	Nazar boncuğu üretimi	8.000	2.000	---	10.000
Toplam			11.200	2.800	---	14.000

2020 yılında Elazığ ve İzmir Orman Bölge Müdürlüklerine ceviz kabuğu soyma makinesi ve nazar boncuğu üretimi ile ilgili mikro kredi desteği verilmiştir. Toplamda 14.000 TL tutarında yatırım gerçekleştirilerek, bunun 11.200 TL'si faizsiz kredi ve 2.800 TL'si hibe olarak verilmiştir. Bu yıl içerisinde desteklenen projelerde herhangi bir öz kaynak katkısı görülmemiş, tüm yatırım tutarı ORKÖY tarafından finanse edilmiştir (Tablo 1).

2020 yılında Elazığ'da desteklenen *ceviz kabuğu soyma makinesi* yatırımının hane ölçeğinde makineleşmeye dayalı küçük üretim altyapısının geliştirilmesine katkı sağlaması ve İzmir'de desteklenen *nazar boncuğu üretiminin* ise kültürel üretim ve el sanatlarına dayalı bir gelir modeli olması dikkat

çekmektedir. Bu destekler, kapsam olarak sınırlı fakat hedef odaklı uygulamalar olması ile önem arz etmektedir. Ayrıca, el sanatları ve makineleşmeye dayalı iki farklı üretim türünün desteklenmesi, mikro kredinin hem kültürel hem ekonomik yönden çeşitliliği gözettiğini göstermektedir.

2.2. ORKÖY Tarafından 2021 Yılında Verilen Mikro Krediler

2021 yılında ise ORKÖY mikro kredileri, dar gelirli kırsal kadınların gelir getirici faaliyetlere erişimini desteklemeye yönelik yedi farklı proje üzerinden yürütülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. ORKÖY tarafından verilen mikro kredi türleri ve destek miktarları (2021 yılı) (TL)

Yıl	Bölge Müdürlüğü	Mikro kredi türü	ORKÖY Desteği		Öz kaynak	Toplam Yatırım
			Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2021	Ankara	Plastik örtü sera naylonu	8.160	2.040	4.450	14.650
	Bursa	Salça üretim	9.600	2.400	---	12.000
	Elazığ	Ceviz kabuğu soyma makinesi	6.136	1.534	---	7670
	İzmir (Salihli)	Çömlek yapımı	9.600	2.400	---	12.000
	İzmir	Nazar boncuğundan süs eşyası yapımı	9.600	2.400	---	12.000
	Şanlıurfa Batman (Sason)	İpekböcekçiliği için kapama dut bahçesi tesisi	8.216	2.054	---	10.270
	Zonguldak	Kozalak pekmezi yapımı	9.600	2.400	---	12.000
	Toplam		60.912	15.228	4.450	80.590

2021 yılında ORKÖY tarafından sağlanan mikro kredi destekleri, hem proje sayısı hem de toplam yatırım tutarı bakımından 2020 yılına oranla önemli oranda bir artış göstermiştir. Tablo 2’deki verilere göre; 2021 yılında toplam 80.590 TL yatırım gerçekleştirilmiş; bunun 60.912 TL’si kredi, 15.228 TL’si hibe ve 4.450 TL’si öz kaynak katkısından oluşmuştur. Özellikle 2020 yılına kıyasla, 2021 yılında yeni

Orman Bölge Müdürlükleri'nin de dâhil edilmesiyle gerek proje sayısında gerekse finansal kaynağın artmasında mikro kredi desteklerinin genişlemeye başladığının göstergesidir.

2021 yılında proje türlerinde tarım ve tarımsal üretime dayalı, gıda işlemeye dayalı, el sanatları ve kültürel üretime dayalı ve makine desteklerine dayalı birçok mikro kredi desteği verilmiştir. Bu çeşitlilik, mikro kredinin yalnızca tek tip bir üretim alanını değil, kırsal ekonomideki çok yönlü faaliyetleri desteklediğini ortaya koymaktadır.

2021 yılındaki toplam ORKÖY kredi miktarı olan (60.912 TL) ve yılın hibe tutarı (15.228 TL) ile birlikte değerlendirildiğinde hibenin toplam desteğin yaklaşık %20'si düzeyinde tutulmaya devam ettiği görülmektedir. Bu oran, programın sosyal amaçlı fakat geri ödemeli yapısını koruduğunu işaret etmektedir. Önemli bir farklılık olarak, 2021 yılında bazı projelerde öz kaynak katkısının ortaya çıktığı görülmektedir (toplam 4.450 TL). Bu durum, özellikle Ankara'daki plastik sera örtüsü projesinde olduğu gibi daha büyük ölçekli yatırımların hem ORKÖY desteği hem de bireysel katkı ile finanse edildiğini göstermektedir. Bu yapı, kadın girişimcilerin projelere daha aktif katılımını teşvik ederek sahiplenme düzeyini artırabileceği gibi, desteklenen projelerin sürdürülebilirliğini de güçlendirmektedir. Çeşitlenen üretim türleri, hem kültürel hem ekonomik açıdan değer taşıyan girişimlerin desteklendiğini göstermekte olup, programın kırsal kadınların ekonomik güçlenmesine yönelik önemli bir araç olarak işlevini sürdürdüğü sonucuna ulaşılmaktadır.

2.3. ORKÖY Tarafından 2022 Yılında Verilen Mikro Krediler

2022 yılı ORKÖY mikro kredi destekleri, hem proje sayısı hem de finansal büyüklük bakımından önceki yıllara oranla belirgin bir şekilde artış göstermiştir. Ayrıca kredi üst limiti 2022

yılında 18.000 TL'ye çıkarılmış ve daha yüksek bütçeli girişimlerin de fonlanmasına fırsat tanınmış hale gelmiştir. Tablo 3' teki verilere göre 2022 yılında toplam 182.053 TL yatırım yapılmış; bunun 104.080 TL'si kredi, 26.020 TL'si hibe ve 51.953 TL'si öz kaynak katkısından oluşmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. ORKÖY tarafından verilen mikro kredi türleri ve destek miktarları (2022 yılı) (TL)

Yıl	Bölge Müdürlüğü	Mikro kredi türü	ORKÖY Desteği		Öz kaynak	Toplam Yatırım
			Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2022	Ankara	Plastik örtü sera naylonu	12.000	3.000	5.743	20.743
	Erzurum	Kaz yetiştiriciliği	9.600	2.400	3.240	15.240
	Isparta	İbecik bezi	14.400	3.600	3.820	21.820
	Şanlıurfa	Badem soyma makinesi	14.400	3.600	---	18.000
	Şanlıurfa	Kafes tel örgü ilhata	14.400	3.600	32.000	50.000
	Trabzon	Süt soğutma tankı	14.400	3.600	7.000	25.000
	Trabzon	El örgü işlemeciliği	14.400	3.600	150	18.150
	Zonguldak	Tarhana	10.480	2.620	---	13.100
	Toplam		104.080	26.020	51.953	182.053

2022 yılında yeni illerin de katılım sağlayarak geniş bir bölgesel dağılım ile; Ankara, Erzurum, Isparta, Şanlıurfa, Trabzon ve Zonguldak Orman Bölge Müdürlüklerine plastik örtü sera naylonu, kaz yetiştiriciliği, İbecik bezi, badem soyma makinesi, kafes tel örgü, süt soğutma tankı, el örgü işlemeciliği ve tarhana mikro kredi destekleri sayesinde İç Anadolu, Doğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgelerinde yaygınlaştığını gösteren bir niteliktedir.

2.4. ORKÖY Tarafından 2023 Yılında Verilen Mikro Krediler

2023 yılında ORKÖY mikro kredileri, dar gelirli kırsal kadınların gelir getirici faaliyetlere erişimini desteklemeye

yönelik on farklı proje üzerinden yürütülmüştür. 2023 yılı, ORKÖY mikro kredi programının finansal hacim, proje sayısı ve çeşitlilik açısından en yüksek düzeye ulaştığı yıl olarak öne çıkmaktadır. 2023 yılında yıl boyunca toplam 334.959 TL tutarında yatırım yapılmış olup, bunun 233.362 TL'si kredi, 55.840 TL'si hibe ve 55.757 TL'si öz kaynak katkısından oluşmaktadır. Bu yıl, önceki yıllara nazaran hem kredi hem hibe hem de öz kaynak açısından en yüksek değerlere ulaşılmıştır. Mikro kredi üst limitinin 2023 yılında 30.000 TL'ye çıkarılması, proje başına sağlanan desteğin önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Bu durum, ORKÖY mikro kredilerinin kurumsal kapasitesinin güçlendiğini, tanınırlığının arttığını ve daha geniş ölçekli girişimleri desteklediğini göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4. ORKÖY tarafından verilen mikro kredi türleri ve destek miktarları (2023 yılı) (TL)

Yıl	Bölge Müdürlüğü	Mikro kredi türü	ORKÖY Desteği		Öz kaynak	Toplam Yatırım
			Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2023	Ankara	Plastik örtü sera naylonu	19.362	4.840	6.608	30.810
	Balıkesir	Kozalak şurubu yapımı	16.000	4.000	2.250	22.250
	Elazığ	Üzüm sıkma makinesi	24.000	6.000	3.300	33.300
	Elazığ	Su kovası çarkı	24.000	6.000	12.639	42.639
	İzmir	Keçeli sabun yapımı	24.000	6.000	3.300	33.300
	İzmir	Evde halı dokumacılığı	20.000	5.000	2.750	27.750
	İzmir	Zeytinyağlı sabun yapımı	24.000	6.000	3.300	33.300
	Sakarya	Fasulye sırtığı	24.000	6.000	4.610	34.610
	Şanlıurfa	Kafes tel örgü ihata	24.000	6.000	6.000	36.000
	Trabzon	Gümüş kazaz işlemeciliği	24.000	6.000	11.000	41.000
	Toplam		233.362	55.840	55.757	334.959

2023 yılında desteklenen projelerde mikro kredi desteğinin çeşitliliği de artırılarak Ankara, Balıkesir, Elazığ,

İzmir, Sakarya, Şanlıurfa, Trabzon Orman Bölge Müdürlükleri olmak üzere Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerine dağılım göstermiştir. Bu coğrafi bölgelere plastik örtü sera naylonu, kozalak şurubu yapımı, üzüm sıkma makinesi, su kovaı çarkı, keçeli sabun yapımı, evde halı dokumacılığı, zeytinyağı sabun yapımı, fasulye sırgı, kafes tel örgü ve gümüş kazaz işlemeciliği mikro kredi destekleri verildiği tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu çeşitlilik, mikro kredilerin yalnızca küçük ölçekli ev ekonomisine değil, kültürel üretimden tarımsal altyapıya kadar çok yönlü ekonomik faaliyetlere destek verdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak 2023 yılı, ORKÖY mikro kredi programının önceki yıllara göre en yoğun ve kapsamlı uygulama yılı olmuştur. Sağlanan yüksek kredi ve hibe miktarları, öz kaynak katkısının artması ve proje çeşitliliğinin genişlemesi programın hedef kitlesi olan kırsal kadınların ekonomik hayata katılımını güçlendiren önemli bir ilerlemeye işaret etmektedir. Bu kapsamda 2023 yılı yatırımları, mikro kredilerin kırsal üretim, kültürel girişimler ve küçük ölçekli ticari faaliyetler üzerinde çok boyutlu olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

2.5. ORKÖY Tarafından 2024 Yılında Verilen Mikro Krediler

2024 yılı mikro kredi destekleri, ORKÖY'ün önceki yıllara göre daha yüksek destek tutarlarıyla daha büyük ölçekli yatırımları hedeflediğini göstermektedir. Tablo verilerine göre toplam 221.951 TL yatırım yapılmış olup bunun 159.839 TL'si kredi, 39.960 TL'si hibe ve 22.152 TL'si öz kaynak katkısından oluşmuştur. Her bir proje için verilen kredi tutarlarının 40.000 TL seviyesine yaklaşması, 2024 yılında mikro kredi üst limitinin 50.000 TL olarak belirlenmesinin doğal bir yansımasıdır.

Tablo 5. ORKÖY tarafından verilen mikro kredi türleri ve destek miktarları (2024 yılı) (TL)

Yıl	Bölge Müdürlüğü	Mikro kredi türü	ORKÖY Desteği		Öz kaynak	Toplam Yatırım
			Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2024	Sakarya	Fasulye sırtığı	39.839	9.960	5.540	55.339
	Trabzon	Süt soğutma tankı	40.000	10.000	5.500	55.500
	Zonguldak	Salça makinesi	40.000	10.000	5.556	55.556
	Zonguldak	Hamur yoğurma ve erişte makinesi	40.000	10.000	5.556	55.556
	Toplam		159.839	39.960	22.152	221.951

Bölgesel çeşitlilik önceki yıllara kıyasla daha sınırlı olmakla birlikte desteklenen projelerin nitelik olarak makineleşme ve tarımsal üretim kapasitesi artırma odaklı olduğu görülmektedir. 2024 yılı mikro kredi programının doğrudan üretim süreçlerine yönelik mekanizasyon yatırımlarını öncelediğini göstermektedir. Ancak, 2024 yılı finansal verileri incelendiğinde, önceki yıllara göre birim başına sağlanan destek miktarı ciddi şekilde yükselmiştir. Her bir proje için kredi tutarı 39.839–40.000 TL arasında ve hibe tutarı da 9.960–10.000 TL arasında gerçekleşmiştir. Bu durum, 2024 yılı için belirlenen 50.000 TL’lik mikro kredi limitinin neredeyse tam kapasiteyle kullanıldığını ortaya koymaktadır. Hibe oranının yine yaklaşık %20 düzeyinde tutulduğu görülmektedir ve bu durumun da bir nevi programın sosyal destek niteliğini korurken geri ödemeli yapısını da sürdürdüğünü göstermektedir.

2024 yılında toplam 22.152 TL öz kaynak, proje başına ortalama öz kaynak katkısının önceki yıllara kıyasla azaldığını göstermektedir. Bunun nedeni, sağlanan kredi ve hibe tutarlarının yükselmiş olmasıyla desteklenen girişimcilerin daha az ek finansman ihtiyacı duyması etken olması muhtemeldir. Denilebilir ki, bölgesel çeşitlilik azalsa da desteklenen projelerin yüksek bütçeli ve daha profesyonel nitelikte olduğu görülmektedir.

2.6. ORKÖY Tarafından Verilen Mikro Krediler İle İlgili Genel Değerlendirmeler

ORKÖY tarafından verilen mikro kredi destek miktarlarının yıllar itibariyle dağılımı Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Yıllar itibariyle ORKÖY tarafından verilen mikro kredi destek miktarları (TL)

Yıllar	ORKÖY Desteği		Öz Kaynak	Toplam Yatırım
	Kredi Miktarı	Hibe Miktarı		
2020	11.200	2.800	---	14.000
2021	60.912	15.228	4.450	80.590
2022	104.080	26.020	51.953	182.053
2023	233.362	55.840	55.757	334.959
2024	159.839	39.960	22.152	221.951
Genel Toplam	569.393	139.848	134.312	833.553

ORKÖY tarafından 2020 yılında 2.800 TL’si hibe olmak üzere 14.000 TL; 2021 yılında 15.228 TL’si hibe olmak üzere 76.140 TL; 2022 yılında 26.020 TL’si hibe olmak üzere toplam 112.100 TL mikro kredi desteği verilmiştir. 2023 yılında ise destek miktarında önemli bir artış olmuş ve 55.840 TL’si hibe olmak üzere toplam 279.202 TL mikro kredi desteği sağlanmıştır. 2024 yılında ise şu ana kadar yaklaşık 40.000 TL hibe ve 160.000 TL kredi olmak üzere 200.000 TL mikro kredi verilmiştir. Sonucunda, ORKÖY mikro kredi desteklerinin 2020–2024 yılları arasında önemli ölçüde genişlediğini göstermektedir (Tablo 6).

Genel olarak mikro kredi desteklemeleri değerlendirildiğinde, 2020 yılında toplam 14.000 TL olan yatırım tutarı, 2024 yılında 221.951 TL’ye yükselmiş; böylece beş yıllık süreçte toplam yatırım hacmi 833.553 TL’ye ulaşmıştır. Mikro kredi üst limitlerindeki yıllık artış da (10.000 TL’den 50.000 TL’ye) bu genişlemeyi destekleyen kurumsal bir politika değişimini işaret etmektedir. Tüm yıllar toplamında 569.393 TL kredi ve 139.848 TL hibe kullanılmıştır. Hibe oranının yaklaşık %20 seviyesinde tutulduğu görülmekte olup, bu durum

programın kısmen geri ödemeli ancak sosyal amaçlı olarak tasarlandığını doğrulamaktadır.

Ülkemizde ORKÖY tarafından verilen desteklemelerde görüldüğü gibi, mikro krediler ilk başladığı yıldan beri sürekli bir artış gözlemlenmekte ve destekler kırsal nüfustaki dar gelirli kadınlara önemli katkılar sağlamıştır. ORKÖY mikro kredilerinin özellikle kırsal kadınların gelir getirici faaliyetlere erişimini kolaylaştırdığını göstermektedir. Mikro kredi türlerinin büyük çoğunluğu ev içi üretime dayalı olduğundan, kadınların hane içi üretim kapasitesinin ekonomik değere dönüştürülmesi söz konusudur.

Türkiye'nin çeşitli illerinde başka kurum ve kuruluşlar tarafından verilen mikro kredi desteklerinde de kadınların ekonomik anlamda rahatladıkları, kredi kullanımı ile özgüvenlerinin arttığı, çok yüksek düzeyde olmasa bile refah seviyelerinde olumlu gelişmelerin yaşandığı ve doğrudan ya da dolaylı olarak istihdama katkı sağlamak gibi önemli katkılarının olduğu tespit edilmiştir (Şengür ve Taban, 2012; Yaprak ve Helvacıoğlu, 2014; Mancı, 2022).

Yine, desteklenen faaliyetlerin çeşitliliği (gıda, el sanatları, tarımsal üretim, işleme makineleri vb.) kırsal kadın girişimciliğinin çok yönlü geliştiğini göstermektedir. Bu durum, mikro kredilerin sadece ekonomik değil, aynı zamanda kültürel ve sosyal açıdan da etkili olduğunu, özellikle geleneksel üretim pratiklerinin ekonomik birer girişime dönüştürülmesinde önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Ancak, elde edilen verilerde bu destek türlerinin kaç kişiye verildiği ile ilgili bilgilere ulaşamadığı için, tam olarak mikro kredi destek türlerinin katkı düzeyleri ortaya konulamamaktadır. Her ne kadar verilerdeki yetersizliklere rağmen, kredi miktarının her yıl artış göstermesi bu destek türünün daha da yaygınlaşacağını göstermektedir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mikro kredi desteklerindeki temel amaç, dar gelirli ve her alanda çalışan ev hanımlarını evde tüketici konumdan çıkarıp, üretici konuma getirerek hem sosyo-ekonomik durumlarını geliştirmek hem de dolaylı yoldan bölge istihdamına katkı sağlamaktır. Dünyada 1970’li yıllardan beri uygulanan mikro kredi sistemi, ülkemizde yaklaşık on yıldır çeşitli kurumlar tarafından uygulanmakta ve ORKÖY tarafından da 2020 yılından beri uygulanmaya başlamış olan bir uygulamadır. ORKÖY’ün mikro kredi desteklerinin, sosyal ve ekonomik yönden olumsuz şartlara sahip kadınlar için orta ve uzun vadede olumlu sonuçlar oluşturması beklenmektedir. Sonuç olarak; yapılan çalışmanın verileri doğrultusunda mikro kredi desteği alan çeşitli bölge müdürlükleri tespit edilmiş ve desteklendikleri toplam yatırım tutarları ortaya konularak mevcut durum belirlenmiştir.

Desteklerin coğrafi dağılımı incelendiğinde, Elazığ, İzmir, Şanlıurfa ve Trabzon illerinin yıllar boyunca tekrar eden şekilde mikro kredi desteği aldığı görülmektedir. Bu illerde kırsal kadın girişimciliğinin program tarafından sürdürülebilir bir şekilde desteklendiği söylenebilir. Ankara ve Zonguldak ise hem farklı yıllarda hem de farklı proje türleriyle öne çıkarak bölgesel çeşitliliğin arttığını göstermektedir.

Mikro kredi türlerine bakıldığında; ev içi üretim, el sanatları, tarımsal üretim, gıda işleme ve küçük ölçekli makineli üretim gibi çok çeşitli faaliyetlerin desteklendiği görülmektedir. Özellikle geleneksel el sanatlarına (nazarlık, çömlekçilik, halı dokuma, keçeli sabun yapımı, gümüş kazaz işlemeciliği) sağlanan destekler, kırsal kültürel üretimin ekonomik değer yaratma potansiyeline işaret etmektedir. 2023 ve 2024 yıllarında ortaya çıkan daha yüksek tutarlı yatırım kalemleri ise (örneğin süt soğutma tankı, fasulye sırası üretimi) mikro işletmelerde makine bazlı kapasite artışına yönelişi göstermektedir.

Ancak, bu desteklerden istifade eden kişi sayısına yönelik net bilgiler mevcut olmadığından mikro kredi desteğinin önemi, gelir getirici özelliği ve istihdama etkisine yönelik tam olarak açıklayıcı bilgiler verilememiştir. Bu amaçla, orman köylüsüne verilen ve gündemde yeni yeni yer edinmeye başlayan mikro kredi desteğinin daha fazla tanıtımı yapılarak ve bunun neticesinde destek miktarlarını arttırabilmek için ORKÖY mikro kredi desteklerine düzenlenme getirilmelidir.

Bu bağlamda sürdürülebilir kırsal kalkınmanın sağlanması için verilen mikro kredi destekleme miktarlarının ve destek verilen kadın sayısının artırılması adına sivil toplum kuruluşları ve kooperatifler ile iş birliği içerisinde bu sürecin yönetilmesi gerekmektedir. Ayrıca yönetim sürecinde verilen tüm desteklemelerin etkin bir takibi yapılarak, desteklemelerin istenilen hedefe ulaşp ulaşılmadığını ve destek alan kişilerin memnuniyet durumlarını ortaya koyan çalışmalara da ağırlık verilmelidir. Bu sayede kırsal kalkınma için tahsis edilmiş finansal kaynakların ne kadar etkin ve verimli kullanılabildiği de belirlenmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

- Gülçubuk, B., Yıldırak, N., Kızılaslan, N., Özer, D., Kan, M., & Kepoğlu, A. (2010). Kırsal kalkınma yaklaşımları ve politika değişimleri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi* (11–15 Ocak), 1227–1243, Ankara.
- Güzel, S. (2011). Kadın yoksulluğu ile mücadelede Dünya Bankası ve mikro kredi uygulaması: Türkiye açısından bir değerlendirme. *Azerbaycan Vergi Rehberleri Dergisi*, 79–96.
- İstanbul Ticaret Odası (İTO). (2004). *Mikrokredi yoluyla yoksulluğun azaltılması* (Yayın No. 2004-32). Acar Matbaacılık, İstanbul.
- Levin, G. (2012). Critique of microcredit as a development model. *Pursuit -The Journal of Undergraduate Research at the University of Tennessee*, 4(1), Article 9. <https://doi.org/10.7290/pur41hpzd>
- Mancı, E. (2022). Şanlıurfa ilinde kadın yoksulluğu ile mücadelede mikro kredi uygulamasının etkisinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM). (2023). *Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Plan 2024–2028*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM). (2024). Orman ve Köy İlişkileri Dairesi Başkanlığı. <https://www.ogm.gov.tr/tr/kurulusumuz/merkez-birimleri/orman-ve-koy-iliskileri-dairesi-baskanligi> (Erişim tarihi: 12.09.2024)
- Schreiner, M., & Colombet, H. (2001). From urban to rural: Lessons for microfinance from Argentina. *Development Policy Review*, 19(3), 339–354.

- Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB). (2023). *On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028)*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- Şengür, M., Taban, S. (2012). Yoksullukla mücadele stratejisi olarak mikro kredi uygulaması: Eskişehir ili örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13 (1):59-89.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). (2023). *Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi (2024–2028)*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). (2024). *Tarım ve Orman Bakanlığı 2024–2028 Stratejik Planı*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). *Tarım ve Orman Alanları, 1988–2024*.
- United Nations (UN). (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations.
- United Nations (UN). (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- United Nations Development Programme (UNDP). (2022). *Human Development Report 2021–22: Uncertain times, unsettled lives: Shaping our future in a transforming world*. New York.
- URL, 1. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim Tarihi: 07.12.2024.
- URL, 2. <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170222-41.htm>, Erişim Tarihi: 07.12.2024.
- URL, 3. <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/mikro-kredi-makro-destek>, erişim tarihi: 03/12/2025.

- World Bank (WB). (2022). *Poverty and shared prosperity report: Correcting course*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1893-6>
- Yaprak, Ş., Helvacıoğlu, E.T. (2014). Kadınların çalışma yaşamına katılımının arttırılmasında mikro kredi uygulamasının önemi ve Afyonkarahisar örneği. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 6(2): 20-35.
- Yunus, M. (1996). *The empowerment of the poor*. Lecture presented at The State of the World Forum, San Francisco.
- Yunus, M. (1998). Poverty alleviation: Is economics any help? Lessons from the Grameen Bank experience. *Journal of International Affairs*, 52(1), 47–65.

HİDROLOJİK KURAKLIK TEHDİDİNE KARŞI ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİ

Saim YILDIRIMER¹

1. GİRİŞ

Kuraklık, bir bölgedeki yağışların uzun bir süre normal seviyelerin altına düşmesi sonucu su kaynaklarında dengesizlik yaratan doğal bir olgu olarak tanımlanır. Kuraklığın farklı türleri içinde en temel ayrım meteorolojik kuraklık ve hidrolojik kuraklık şeklindedir. Meteorolojik kuraklık, belirli bir dönem boyunca yağışların bölgesel ortalamaların altında kalması durumunu ifade eder; nispeten kısa vadeli olup yağış miktarındaki anormalliklerle tanımlanır. Buna karşılık hidrolojik kuraklık, uzun süreli yağış eksikliğinin akabinde nehirler, göller ve barajlar gibi yüzey suyu kaynaklarında ve yeraltı suyu rezervlerinde belirgin azalmalar görülmesiyle karakterize edilir (Loon, 2015). Önemli bir fark olarak, meteorolojik kuraklık sona erse bile hidrolojik kuraklığın etkileri uzun süre devam edebilir; zira su rezervuarlarının (ör. barajlar, akiferler) yeniden dolması ve su seviyelerinin toparlanması zaman alır. Bu nedenle hidrolojik kuraklık, yüzey ve yeraltı sularındaki kalıcı düşüşler ile kendini gösteren ve su temini üzerinde daha uzun vadeli etkiler oluşturan bir süreçtir (Tallaksen & Lanen, 2023).

Kuraklık yönetimi bağlamında dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, yağış miktarının düşüklüğünden ziyade yağışla meydana gelen suyun havzada tutulamamasıdır. Başka bir deyişle, yağmur yağsa bile eğer düşen su bulunduğu havzada

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3240-0968.

kalmadan hızla akışa geçip bölgeden uzaklaşıyorsa, o suyun faydalı kullanım veya depolama potansiyeli büyük ölçüde yitirilmiştir (Öztürk et al., 2014). Suyun havzada tutulamaması, kuraklık dönemlerinde su açığını derinleştiren önemli bir risk faktörüdür çünkü yağış alındığı halde suyun yerinde kalmaması, ekosistemlerin ve insanların bu sudan yararlanamaması anlamına gelir.

Örneğin, şiddetli bir yağış sonrasında suyun büyük kısmının şehirlerdeki beton yüzeyler ve drenaj altyapısı aracılığıyla hızla akıp denize veya havza dışına ulaşması sık rastlanan bir durumdur. Bu senaryoda yağın su, ne toprak nemine ne de yeraltı suyuna yeterince katkı sağlayamadan bölgeden uzaklaşmış olur. Benzer şekilde, eğimli arazilerde veya ormansızlaşmış bölgelerde yağmur suyu toprağa sızmadan yüzeysel akışla derelere karışıp kısa sürede havzayı terk edebilir. Sonuç olarak, suyun bu şekilde elde tutulamaması, dönemsel olarak yüksek yağış alınan yıllarda dahi ilerleyen zamanlarda kuraklık etkilerinin hissedilmesine yol açmaktadır. Havzanın su tutma kapasitesinin düşük olması, yağış rejimindeki dalgalanmalara karşı bölgeyi hassas hale getirir; yağmurun büyük kısmı hızla tahliye edildiğinde, barajlar ve akiferler yeterince beslenemez ve kurak dönemlerde su kıtlığı daha şiddetli yaşanır.

Günümüzde iklim değişikliği ve diğer insan kaynaklı baskılar nedeniyle hidrolojik kuraklık eğilimlerinin hem dünyada hem Türkiye’de artış gösterdiği gözlenmektedir (Can & Yılmaz, 2023; Cüceloğlu Et Al., 2019; Hezarani Et Al., 2021; Koç, 2024). Küresel ölçekte yükselen sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri, birçok bölgede uzun yağışsız periyotların ve aşırı hava olaylarının (örneğin ani sağanaklar ile uzun kurak dönemlerin) daha sık görülmesine yol açmaktadır. İklim değişikliğinin etkisiyle yağışlar mekânsal ve zamansal olarak düzensizleşirken, ortalama yağış miktarlarının azaldığı veya yağışın kısa süreli şiddetli sağanaklar şeklinde düştüğü bölgeler artmaktadır (Arabaci &

Sırdaş, 2024; Partigöç & Soğancı, 2019; Yılmaz et al., 2024). Bu da, suyun doğal döngüsünü bozarak bazı havzalarda yağış olsa bile suyun hızla akıp gitmesine ve kullanılabilir su rezervlerinin yeterince dolmamasına sebep olmaktadır. Nitekim Türkiye de bu küresel eğilimin etkilerini yaşamaktadır: Son yıllarda ülkemizde baraj doluluk oranlarının mevsim normallerinin altında seyretmesi, akarsu debilerinin en yağışlı kış aylarında dahi düşük seviyelerde kalması ve yeraltı suyu seviyelerindeki genel düşüş, ciddi bir hidrolojik kuraklık riskinin işaretleri olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, 2020’li yıllardaki bazı kış mevsimlerinde yağışların yetersiz kalması sonucunda İstanbul, Ankara gibi büyük şehirlerin su rezervleri kritik seviyelere inmiştir. Yine Konya Ovası gibi tarımsal üretim havzalarında, uzun yıllar boyunca süregelen az yağış ve yoğun yeraltı suyu kullanımı nedeniyle göllerin kuruma noktasına geldiği ve yeraltı su seviyelerinin belirgin şekilde gerilediği rapor edilmektedir (Duman, 2024; Partigöç & Soğancı, 2019). Bu gibi örnekler, meteorolojik koşullar geçici olarak iyileşse bile su kaynaklarındaki toparlanmanın yavaş ve sınırlı kaldığını, dolayısıyla iklim değişikliğinin de etkisiyle hidrolojik kuraklığın kalıcı bir sorun haline gelme tehlikesi bulunduğunu göstermektedir.

Buna ek olarak, artan su talebi ve arazi kullanımındaki değişimler de su kaynakları üzerindeki baskıyı büyütürken hidrolojik kuraklık riskini artırmaktadır. Türkiye’nin nüfus artışı, kentleşme ve tarımsal üretim genişlemesi sonucu suya olan ihtiyacı her geçen yıl yükselmektedir. Kişi başına düşen yıllık su miktarı ~1300 m³ civarında olup Türkiye, su stresi yaşayan ülkeler kategorisine girmek üzeredir (Öztürk et al., 2020). Su talebindeki bu artış, mevcut su kaynaklarının üzerindeki baskıyı artırarak kuraklık dönemlerinde sıkıntıları derinleştirmektedir. Özellikle tarım sektöründe yoğun sulama ihtiyacı ve bazı bölgelerde kontrolsüz yeraltı suyu çekimi, su rezervlerinin

yenilenme hızını aşarak yeraltı su tablolarının düşmesine yol açmaktadır. Diğer yandan arazi kullanımı baskıları – örneğin yaygın kentleşme, betonlaşma ve ormansızlaşma – havzaların doğal su tutma kapasitesini azaltmaktadır. Şehirleşme ile artan geçirimsiz yüzeyler (asfalt, beton vb.), yağmur suyunun toprağa infiltre olmasını engelleyip yüzey akışını artırırken; sulak alanların kurutulması, doğal gölet ve bataklıkların kaybedilmesi gibi uygulamalar suyun doğal olarak depolanabileceği alanları daraltmaktadır. Bu değişimler, yağışlı dönemlerde suyun hızla havza dışına taşınmasına ve yerel su döngüsünün zayıflamasına neden olur. Neticede, iklimsel kuraklık ile insan kaynaklı bu faktörlerin birleşimi, hem dünya genelinde hem de Türkiye’de daha sık ve şiddetli hidrolojik kuraklıkların yaşanmasına zemin hazırlamaktadır.

Tüm bu nedenlerden ötürü “suyu havzada tutmak” kavramı, günümüz su yönetimi politikalarında merkezi bir öneme sahip olmaya başlamıştır. Yağışla gelen suyun olabildiğince bulunduğu havza içinde tutulması, yer altı ve yerüstü depolara sızmasının sağlanması ve böylece daha sonra kullanılmak üzere korunması; kuraklıkla mücadelede ve su güvenliğini sağlamada kilit bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, ulusal su politikası yapımcılarından havza ölçeğinde planlama yapan yerel yönetimlere, üniversitelerden konu üzerinde çalışan araştırmacılara kadar geniş bir paydaş kitlesini ilgilendirmektedir. Dolayısıyla, suyu havzada tutmaya yönelik tedbirlerin ve politikaların hayata geçirilmesi, iklim değişikliğiyle şiddetlenen hidrolojik kuraklık riskine karşı entegre ve sürdürülebilir bir çözüm olarak değerlendirilmelidir.

2. HİDROLOJİK KURAKLIĞIN BİLEŞENLERİ

2.1. Yağış Rejimi

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle yağış rejimlerinde belirgin kaymalar gözlenmektedir (Contractor et al., 2020). Ortalama yağış miktarlarında her yerde istatistiksel bir trend saptamak güç olsa da yağışın zamansal dağılımı ve ekstrem olayların karakteri değişmektedir. Özellikle Akdeniz havzası gibi bölgelerde yağışlar daha düzensiz hale gelmiş; kısa süreli ve şiddetli sağanak yağışlar geçmişe kıyasla daha sık görülmeye başlanmıştır (André et al., 2024; Tuğrul et al., 2025). İklim sistemindeki ısınmaya paralel olarak hidrolojik döngü hızlanmakta, buharlaşma miktarının artması ile belirli bölgelerde aşırı yağışlar, diğerlerinde kurak dönemler daha sık yaşanmaktadır. Sonuç olarak, yağışlı ve kurak dönemlerin sıklığında ve şiddetinde artışlar gözlenmekte, hidrolojik denge alışılmış düzeninden sapmaktadır.

Yağış rejimindeki bu değişimin en çarpıcı yönlerinden biri, ekstrem yağışların yoğunluğundaki ve tekerrür sıklığındaki artıştır. Yağış şiddet-süre-frekans analizleri, birçok bölgede belirli periyotlarda beklenen maksimum yağış miktarlarının geçmiş dönemlere göre yükseldiğini ortaya koymaktadır. Örneğin İstanbul ve çevresindeki 7 pluviyograf istasyonunda yapılan çalışmada, 7 istasyonun 6'sında kısa süreli maksimum yağışlarda istatistiksel olarak anlamlı artış trendleri saptanmıştır. Sarıyer istasyonunda 5 saat süreli, 2 yıl tekerrürlü maksimum yağış miktarı son yıllarda önceki döneme kıyasla %30 artış göstermiştir; bu durum aynı bölgedeki Bekar Deresi için 500 yıllık taşkın debisinin %60 daha yüksek hesaplanmasına yol açmıştır (Şen & Aksu, 2020). Benzer eğilimler dünyanın farklı kesimlerinde de rapor edilmektedir. IPCC verilerine göre son on yıllarda aşırı yağış olaylarının sayısı küresel ölçekte artış göstermiş; büyük fırtınalar ve sağanakların daha sık meydana

gelmesi sonucu sel afetlerinin sıklığı ve şiddeti yükselmiştir. Böylece, eskiden nadir görülen yağış ekstremeleri günümüzde daha kısa tekerrür aralıklarıyla karşımıza çıkmaktadır (Green et al., 2025; Twinomuhangi et al., 2025).

Yağış rejimindeki bu değişimler havzaların su bütçesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yağışın kısa sürede ve şiddetli gerçekleşmesi, toprak tarafından emilimini zorlaştırarak yüzey akışını artırmaktadır (Koçyiğit & Akay, 2018). Şiddetli sağanaklar toprağın infiltrasyon kapasitesini aştığında su hızla akışa geçip havzayı terk eder; bu durum barajlara veya yeraltı suyuna yeterli beslenme olmamasına neden olur. Nitekim arazi kullanımındaki değişimler ve kentleşme ile artan geçirimsiz yüzeyler, yağış sularının miktar ve hızını yükselterek daha sık ve ani taşkınlara yol açmaktadır. Bu hızlı akışa geçen sular, yeraltı ve yüzey depolamasını azaltıp kurak dönemlerde kullanılabilecek su rezervlerini azaltmaktadır (Bilgiç & Baba, 2023; Shiferaw et al., 2025). Yağış rejiminin bozulmasıyla birlikte, bir yandan taşkın riski artarken diğer yandan uzun kurak periyotlar arasında yeterli su depolanamadığından hidrolik kuraklık riski yükselmektedir.

2.2. Yeraltı Suyu

Yeraltı suyu, su döngüsünün görünmeyen en önemli bileşenidir. Yağış sularının toprağa sızarak oluşturduğu yeraltı suyu akiferleri, yüzey sularını besleyerek akarsu taban akışını sağlar ve kurak dönemlerde ekosistemlerin su ihtiyacını karşılar. Sağlıklı bir havza su bütçesinde, yağışın önemli bir bölümü toprağa infiltre olarak yeraltı suyu depolarına katılır ve buradan yavaşça geri salınarak nehir akımlarını ve kaynakları sürekli kılar (Ünal, 2019). Bu nedenle yeraltı suları, iklimsel dalgalanmalara karşı havzanın tamponu niteliğindedir. Ne var ki, son yıllarda hem iklim kaynaklı uzun süreli kuraklıklar hem de insani faaliyetler sonucu artan çekimler, bu önemli su rezervlerini tehdit

etmektedir. Uzun süreli meteorolojik kuraklık dönemlerinde yağış azlığı nedeniyle yeraltı suyu beslenimi ciddi oranda düşmekte; yeraltı ve yerüstü su kaynakları, kuraklığın şiddeti ve süresine bağlı olarak su gelirlerinde belirgin azalma eğilimiyle karşı karşıya kalmaktadır (Öztürk et al., 2020). Aynı anda tarım, sanayi ve kent kullanımı için yoğun yeraltı suyu çekimi yapıldığında akiferlerdeki su seviyesi sürekli gerileyerek yenilenme kapasitesinin altına düşmektedir. Nitekim kontrolsüz yeraltı suyu kullanımı, bölgesel kuraklığı gün geçtikçe artıran bir faktör haline gelmiştir. Sürekli azalan akifer seviyeleri, akarsu ve göllerin beslediği taban suyunu azaltarak yüzeysel su kıtlığını da beraberinde getirmektedir.

Türkiye’de çeşitli havzalardaki gözlemler, yeraltı su seviyelerindeki düşüş ve buna eşlik eden hidrolik kuraklık trendlerini ortaya koymaktadır. Örneğin, Fırat’ın yukarı kollarından Murat Nehri havzasında yapılan bir akım kuraklığı değerlendirmesi, 1968-2011 dönemindeki akış verilerini incelemiş ve hidrolojik kuraklığın dönemsel izlerini tespit etmiştir. Sonuçlar, özellikle 1970’lerden itibaren bölgede akarsu akımlarında belirgin azalmalar yaşandığını ve kurak dönemlerin süre ve şiddetinin arttığını göstermektedir (Gümüş et al., 2018). Benzer şekilde, kapalı havza niteliğindeki Akarçay Havzası’nda 45 yıllık akım kayıtları analiz edilmiştir. Bu analizde 1980’lerin ortasından itibaren hidrolojik kuraklığın baskın hale geldiği, yani akarsu akımlarının normalin altına düştüğü dönemlerin belirgin biçimde arttığı saptanmıştır. Akarçay Havzası’nda akım verilerindeki negatif eğilim, hidrolik kuraklığın genlik ve süresinin 1980’lerden bu yana net bir şekilde yükseldiğini ortaya koymaktadır (KALE, 2021). Havzadaki önemli sulak alanların (Eber ve Akşehir gölleri gibi) alan kaybetmesi de yeraltı suyu seviyelerinin düşmesine paralel gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, yeraltı suyu seviyelerindeki düşüş trendi ülkemizde Murat Nehri, Akarçay gibi örneklerle kendini göstermekte; bu trend,

meteorolojik kuraklığın ve aşırı çekimlerin birleşik etkisiyle su döngüsünün yeni ve endişe verici bir yüzünü ortaya koymaktadır.

2.3. Kar Örtüsü, İnfiltrasyon ve Yavaş Beslenme

Kar örtüsü, su döngüsünde doğal bir su deposu ve düzenleyici faktördür. Kış aylarında yüksek kesimlerde biriken kar, sıcaklıklar yükseldiğinde yavaş yavaş eriyerek toprak tarafından emilir ve yeraltı sularını besler. Bu sayede kar yağışı, yağmurun aksine anında yüzey akışına geçmez; erime sürecinin kademeli oluşu hem ilkbaharda nehirlerle düzenli akım sağlar hem de topraktaki infiltrasyon yoluyla akiferleri doldurur (Ferencz et al., 2024). Karla kaplı bir havzada, suyun önemli bir kısmı kademeli eriyik halinde yeraltına süzülür ve yavaş beslenme denilen olguyla kurak mevsimler için bir su stoğu oluşturur. Böylece kar örtüsü, yıllık su bütçesinde dengeleyici bir unsur olup kurak mevsimde can suyu işlevi görür. Ancak küresel ısınmanın etkisiyle kar rejiminde belirgin değişimler yaşanmaktadır. Artan sıcaklıklar, birçok bölgede yağışın formunu ve zamanlamasını değiştirmektedir: Kış aylarında düşen yağışın daha büyük bir bölümü kar yerine yağmur şeklinde gerçekleşmekte, düşen kar ise mevsiminden önce erimektedir. Yapılan çalışmalar, sıcaklık artışları sonucunda özellikle kış mevsiminde yağmur şeklindeki yağışların arttığını, kar erimelerinin ise daha erkene kaydığını göstermektedir (Han et al., 2024; Maina & Kumar, 2025). Daha yüksek kış sıcaklıkları nedeniyle kar birikimi azaldığı gibi, mevcut kar kütleleri de normalden erken çözülmeaktadır.

Kar sezonunun kısalması, topraktaki yavaş beslenme evresinin süresini de kısaltmaktadır. Kar yerine yağmur yağması ise suyun toprağa nüfuz etmeden doğrudan akışa katılma ihtimalini artırmaktadır. Şiddetli kış yağmurları, donmuş veya doymuş topraktan yüzeysel akışa geçerek sel riskini büyütürken, kar yoksunluğundan kaynaklı infiltre olacak su miktarı

düşmektedir. Sonuçta, kar örtüsündeki azalma yeraltı suyu beslenmesini olumsuz etkileyerek kurak dönemlerde kullanılabilir su miktarını azaltmaktadır. Kar suyu ile beslenen kaynaklar ve dereler zayıflamakta, yaz aylarında su sıkıntısı daha belirgin hale gelmektedir (Harpold et al., 2017). Kar hidrolojisinin bozulması, su döngüsünün yavaş ve düzenli bileşenini zayıflatarak hidrolojik kuraklığın yeni bir boyutunu ortaya çıkarmaktadır.

2.4. Kentleşme Etkisi

Hızlı kentleşme ile birlikte doğal arazilerin beton, asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerle kaplanması, şehirlerin lokal su döngüsünü kökten değiştirmektedir. Kentsel alanlarda toprağın üzeri bina ve yollarla örtüldüğünde, yağış sularının büyük kısmı infiltre olamadan yüzey akışına geçmektedir (Kocabaş, 2024; Tunçay et al., 2021). Geçirimsiz yüzeylerin artışı, bir yandan yağmur suyunun kısa sürede drenaj sistemlerine yüklenmesine yol açarken diğer yandan şehir içi suyun havzada tutulmasını zorlaştırır. Örneğin büyük bir kentsel meydan veya yoğun yapılaşmış bir mahallede yağan yağmur, toprağa sızamayarak hızla akıp gider. Bu durum özellikle birleşik kanalizasyon sistemine sahip kentlerde ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Ani sağanaklarda altyapı kapasitesi aşılnca taşkın ve su baskınları meydana gelir, kanalizasyon taşmalarıyla kirlilik yayılır ve halk sağlığı riske girer (Dinçer & Yılmaz, 2022; Hazem et al., 2025). İstanbul, Ankara gibi büyükşehirlerde yoğun yağışlarda yaşanan su baskınları bu durumu teyit etmektedir. Altyapının yetersiz kaldığı bu koşullarda, kent yüzeylerinden akan suların yerinde depolanıp yönetilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Toyran & Var, 2022). Nitekim uzmanlar, şehir meydanları gibi geniş geçirimsiz alanlarda doğa temelli çözümlerin entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Meydanlarda suyu toplayıp filtreleyecek yeşil altyapı öğelerinin tasarıma dahil edilmesi, hem taşkın riskini hem de kirlilik yükünü azaltmak için elzemdir (Deveci & Kaptan

Ayhan, 2023; Kocabaş, 2024; Tunçay et al., 2021). Kentsel yüzeylerin su tutma kapasitesini artırmak, suyun hızlıca tahliye edilmesi yerine yerinde değerlendirilmesini sağlar. Örneğin geçirgen kaldırım ve yol malzemeleri, yağmur bahçeleri, biyolojik hendekler ve yeşil çatılar gibi uygulamalar sayesinde yağış suları toplanıp yavaşılatılarak toprağa sızdırılabilir.

Kentleşmenin su döngüsüne bir diğer etkisi de kentsel ısı adası olgusudur (Üstündağ et al., 2023). Şehirlerde geniş ölçekli beton-asfalt yüzeylerin varlığı ve atık ısı kaynakları, yerel iklimi kırsal alanlara göre daha sıcak hale getirir. Kentsel ısı adası, özellikle yaz gecelerinde şehirlerin yeterince soğuyamamasına ve civarına göre birkaç derece daha sıcak kalmasına neden olur. Bu sıcaklık farkı, şehir atmosferinin dinamiklerini ve nem dengesini etkiler. Sıcak hava, buharlaşma-terleme (evapotranspirasyon) süreçlerini hızlandırır ve bitki örtüsü azaldığı için havadaki nemi düşürmektedir. Kent merkezlerinde yükselen sıcak hava, çevresindeki bölgelerde ani fırtına ve yağış oluşumunu etkileyebilmektedir (Kaya, 2018; Ortaçesme & Altunbey, 2022). Yağmur suyu kentsel alanlarda bir atık değil, aksine yönetilmesi gereken bir kaynaktır. Bu anlayışla, şehir planlamasında yağmur suyunu kaynağında yakalayıp depolayan ve faydaya dönüştüren çözümler önem kazanmaktadır. Örneğin, birleşik kanalizasyona hemen verilmek yerine, şehir meydanlarında ve parklarında yağmur suyunu toplayıp bir tutma havuzunda veya sarnıçta depolamak mümkündür. Toplanan bu su, kurak dönemlerde yeşil alanların sulanmasında veya dekoratif-su öğelerinin beslenmesinde kullanılabilir. Nitekim Taksim Meydanı özelinde yapılan bir tasarım çalışması, meydandaki yağmur sularının yakınındaki Gezi Parkı'nda oluşturulacak bir su toplama havzasında biriktirilerek kamusal yeşil alanların ihtiyacına sunulabileceğini ortaya koymuştur (Avşar, 2025). Bu tür entegre yaklaşımlar, bir yandan alt yapı üzerindeki yükü hafifletirken diğer yandan kentsel ekosistemi suyla zenginleştirmektedir.

Ayrıca kent içindeki ağaçlandırma ve yeşil alanların artırılması da hem yağış sularının tutulmasına hem de kentsel ısı adasının hafifletilmesine hizmet etmektedir (Ortaçesme & Altunbey, 2022; Tülek & Mirici, 2019). Yoğun kent ısı adalarını soğutmak için parklar, yeşil koridorlar ve gölgelik alanlar oluşturmak mikroklimayı iyileştirir; aynı zamanda bu yeşil dokular yağış suyunu emerek küçük birer su rezervuarı işlevi görür. Sonuç olarak, kentleşmenin su döngüsünde yol açtığı tahribatı azaltmak için suya duyarlı planlama şarttır. Geçirimsiz yüzeylerin olumsuz etkilerini yeşil ve mavi altyapı çözümleriyle dengeleyerek, şehirlerde suyun tutulması ve tekrar kullanımı sağlanmalıdır. Bu yaklaşımlar, iklim değişikliğinin getirdiği aşırı hava olaylarına karşı kentlerin dayanıklılığını da artıracak, su döngüsünün kent ölçeğinde yeniden tesisine katkı sunacaktır.

2.5. Arazi Kullanımındaki Dönüşümler

Peyzaj ölçeğindeki antropojenik dönüşümler, su döngüsünün doğal dinamiklerini temelden etkilemektedir. Tarım alanlarının genişlemesi, ormanlık arazilerin tarla ve yerleşimlere dönüşmesi, madencilik ve sanayi tesislerinin yaygınlaşması gibi arazi kullanımı değişiklikleri, havza bazında suyun hareketini ve depolanmasını değiştirmektedir (Shiferaw et al., 2025). Ormanlar, meralar ve doğal bitki örtüsünün parçalanması ve küçülmesi, yağış sularının yerinde tutulmasını zorlaştırmaktadır (Shiferaw et al., 2025). Ormanların su döngüsünü desteklediği, toprak erozyonunu önleyip yeraltı sularının beslenmesine katkı sağladığı bilinmektedir. Ancak ormanlık alanlar tarım veya yerleşim lehine tahrip edildiğinde bu faydalar yitirilmektedir. Tarımsal araziler ise çoğu zaman monokültür ekimler ve yoğun toprak işleme nedeniyle infiltre olan suyun azalmasına yol açar; üstelik sulama için açılan kanallar ve kuyular yoluyla su çekişi arttığından doğal denge bozulur. Neticede, arazi kullanımındaki bu dönüşümler havzanın doğal drenaj ağını da bozmaktadır. Akarsuların doğal akış yolları baraj, kanal, drenaj hendekleri gibi

yapılarla değiştirilip sulak alanlar kurutulduğunda, suyun havza içinde dolanım ve depolanma kapasitesi önemli ölçüde azalır. Doğal taşkın ovaları ve bataklıklar tarıma açıldığında, taşkın sularını emecek sünger bölgeler ortadan kalkar; su ya yapay setlerle doğrudan denize/su gölüne kanalize edilir ya da buharlaşarak kaybolur (Shiferaw et al., 2025; Wada et al., 2017).

Madencilik faaliyetleri de arazi yapısını değiştirerek su döngüsüne zarar vermektedir. Açık maden ocakları ve yeraltı galerileri için yeraltı suyunun sürekli çekilmesi akiferleri boşaltır, toprağın su tutma kapasitesi azalır (Öztürk et al., 2020; Şimşek, 2021). Sanayi bölgeleri ve kentsel gelişme ise hem suya talebi hem de suyu kirletici yükleri artırarak doğal su döngüsünü kirletir ve kesintiye uğratır. Tüm bu insan kaynaklı baskılar birleştiğinde, havzanın su bütçesi üzerinde derin bir tahribat oluşur. Su artık eskisi gibi doğal yollardan yenilenip depolanamaz, yağış ile akış arasındaki bağlantı kopmaya başlar. Sonuçta hidrolojik kuraklık, sadece iklimsel değil arazi kullanımı kaynaklı nedenlerle de tetiklenir hale gelmektedir.

Arazi kullanım değişikliklerinin su üzerindeki etkisi en belirgin şekilde sulak alanlar ve akiferler üzerinde görülmektedir. Sulak alanlar – göller, bataklıklar, sazlıklar – bir havzanın su döngüsünde denge unsurlarıdır; taşkın dönemlerinde suyu bünyelerinde tutarak taşkın piklerini azaltır, kurak dönemlerde yavaşça salarak taban suyu düzeyini ve akımları desteklerler (Evirgen & Orhon, 1992; Yıldırım & Demirci, 2024). Ne yazık ki son yüzyılda dünya genelinde doğal sulak alanların yaklaşık %70'i (bu alanlardaki tatlı su canlılarıyla birlikte) kaybedilmiştir. Ülkemizde de Konya Havzası'ndan Trakya'ya pek çok bölgede bataklıklar kurutulmuş, göller küçülmüştür. Sulak alanların kaybı, hidrolojik kuraklık riskini artıran en önemli faktörlerden biridir. Bir sulak alan kurutulduğunda, o bölgedeki yeraltı suyunu besleyen kaynaklar ortadan kalkar ve sonuçta akiferler zayıflar. Sulak alan kurutulması, yeraltı suyunun beslenmesini azaltarak

uzun vadede su kıtlığına yol açabilmektedir (Kanık, 2023; Yiğit & Ketten, 2024). Örneğin geçmişte sulak bir ova olan Konya Ovası'nda onlarca büyük göl ve bataklık tarım için drenajla yok edilmiş; bugün bölge, Türkiye'nin en ciddi yeraltı suyu seviyesinin düştüğü ve kuraklığın yoğun yaşandığı alanlarından biri haline gelmiştir. Bu doğrultuda, arazi kullanım kararları ile hidrolojik kuraklık arasında güçlü bir bağ olduğu aşikârdır. Yanlış arazi yönetimi, su döngüsünü adeta kırılğan hale getirmekte ve kuraklık etkilerini şiddetlendirmektedir.

Türkiye'den somut bir örnek, Akarçay Kapalı Havzası'dır. İçerisinde Eber ve Akşehir gibi önemli sulak alanları barındıran bu havza, son yıllarda hem iklim değişikliği hem de hatalı su-yönetim politikaları nedeniyle büyük baskı altına girmiştir (Kale, 2021). Yağış rejiminin değişmesi ve su talebinin artmasıyla havzanın su bütçesi belirgin şekilde bozulmuş; sulak alanlarda ciddi alan kayıpları gözlenmiştir. Coğrafya Dergisi'nde yayımlanan bir araştırmada, Akarçay havzasının hidrolojik kuraklık izleri incelenmiş ve 1980'lerden itibaren akım miktarlarında anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Çalışma, havzanın su döngüsünün insan etkileriyle ne denli kırılğan hale geldiğini vurgulamaktadır: İklimsel kuraklık periyotları, yanlış su yönetimi (aşırı yeraltı suyu çekimi, sulak alanları besleyen akarsulara yapılan müdahaleler vb.) ile çakıştığında havzanın su bütçesi toparlanamamış ve kuraklık kalıcı izler bırakmıştır.

Hidrolojik kuraklık, yalnızca meteorolojik yağış eksikliğinin değil, bozulan su döngüsünün bütüncül bir ürünüdür. Suyun havza içinde tutulamaması, doğal depolama kapasitesinin (kar, orman, sulak alan gibi unsurların) yitimi ve yeraltı suyunun aşırı tüketimi birleşerek su kıtlığını derinleştirmektedir. Arazi kullanımındaki dönüşümler, yüzeysel akışın miktar ve hızını artırarak selleri sıklaştırırken aynı zamanda yavaş beslenme mekanizmalarını zayıflatarak kurak dönemlerde su yoksunluğunu

ağırlaştırır. Doğal ve yapay tüm su varlıklarının (akarsu, göl, bataklık, yeraltı suyu) korunup restore edilmesi, bozulmuş su döngüsünün onarılması için gereklidir. Aksi halde, iklim değişikliğinin de baskısıyla, 21. yüzyılda daha sık, daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar yaşamamız kaçınılmaz olacaktır (T.C.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023).

3. HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ÖLÇÜMÜ VE HAVZA SU BÜTÇESİNİN TAKİBİ

3.1. Akım Tabanlı Kuraklık İndeksleri

Akım tabanlı kuraklık indeksleri, nehir akış kayıtlarını kullanarak hidrolojik kuraklığın şiddetini ve süresini nicelleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu indekslerin başında, Nalbantis ve Tsakiris (2009) tarafından geliştirilen Akarsu/Akım Kuraklık İndisi (AKİ) veya uluslararası literatürdeki adıyla Streamflow Drought Index (SDI) gelir (Nalbantis & Tsakiris, 2008). SDI, meteorolojik kuraklık için yaygın kullanılan SPI indeksine benzer şekilde, belli bir periyottaki kümülatif akış hacmini uzun dönem ortalama ve standart sapmasına göre standartlaştırır. Böylece SDI değeri negatif çıktığında akımın normalin altında olduğunu (kurak bir dönem), pozitif çıktığında ise akımın normalden fazla olduğunu (nemli dönem) göstermektedir.

3.2. Havza Su Bütçesi

Havza su bütçesi yaklaşımı, bir havzaya giren ve havzadan çıkan su miktarlarının dengelenmesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda temel denklem, girdiler (başlıca yağış, kar erimesi ve havza dışından gelen akışlar) ile çıktılar (yüzey akışı ile havzadan dışarı akan su, buharlaşma-terleme kayıpları ve yeraltı suyu sızımları veya çekimleri) eşitliğini esas alır. Girdilerin çıktılardan sürekli olarak az olması durumunda havzanın su

bütçesi açığı verdiği söylenir ki bu durum, hidrolojik kuraklığın başlıca göstergesidir. Bu bakış açısına göre hidrolojik kuraklık, sadece kısa vadeli yağış azlığının bir sonucu değildir; aksine uzun dönemli ve kalıcı bir su bütçesi dengesizliğinin ürünüdür. Yani, yağış normal seviyelere dönse bile havzanın su depoları (yeraltı suyu, göller/barajlar, toprak nemi vs.) yeterince dolmuyorsa veya kullanım nedeniyle tükeniyorsa, havza hidrolojik kuraklık yaşamaya devam eder (Aktürk & Yıldız, 2018). Nitekim çalışmalar, hidrolojik kuraklığın çoğu zaman meteorolojik kuraklıktan gecikmeli olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Örneğin Seyhan ve Ceyhan havzalarını inceleyen bir araştırmada, meteorolojik kuraklık dönemlerinden yaklaşık bir yıl sonra hidrolojik kuraklığın yaşandığı tespit edilmiştir. Bu gecikme, havza su bütçesinin birikimli etkilerle bozulması sonucu hidrolojik sistemin (nehirler, göller, akiferler) daha geç tepki verdiğine işaret etmektedir (Özfidaner et al., 2018).

Bu nedenle, hidrolojik kuraklığın tanım ve takibinde havza su bütçesi yaklaşımı oldukça önemlidir. Havzanın su bütçesi; iklimsel faktörlerin (uzun süreli yağış azlığı, sıcaklık artışı ile buharlaşmanın yükselmesi) yanı sıra insan faaliyetlerinin (baraj inşası, sulama için aşırı su çekimi, yanlış su yönetimi) etkisiyle kalıcı olarak açık verebilir. Örneğin Akarçay Kapalı Havzası'nda son yıllarda iklim değişikliği ile birlikte hatalı su kaynakları yönetimi, havzanın su bütçesinin bozulmasına yol açmıştır (KALE, 2021). Bu da, önemli sulak alanların alan kaybetmesine ve göl seviyelerinde düşüslere neden olmuştur. Nitekim 1990–2016 döneminde havza içindeki Akşehir Gölü'nün yüzey alanında %71'e varan dramatik bir küçülme saptanmıştır. Aynı süreçte Eber Gölü'nde de belirgin daralmalar gözlenmiş; ayrıca bölgedeki yeraltı su seviyelerinin düşmesi ve akarsu debilerinin azalması, havzanın kalıcı bir su kıtlığı eşiğine yaklaştığını ortaya koymuştur.

3.3. Uzaktan Algılama ve Gözlem Sistemleri

Günümüzde hidrolojik kuraklığın izlenmesinde uzaktan algılama teknikleri ve gelişmiş gözlem ağıları önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle geniş alanlarda bitki örtüsünün su stresine tepkisini izleyen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) gibi uydu tabanlı göstergeler, kuraklığın etkilerini dolaylı olarak ortaya koymaktadır (Aşık, 2020; Graw et al., 2019). NDVI, bitki yeşilliğini ve sağlığını izleyerek kurak dönemlerde vejetasyonun zayıflamasını veya kurumasını sayısal olarak yansıtır. Kuraklık yönetimi çalışmalarında geçmiş uydu görüntülerinden NDVI ve benzeri bitki örtüsü indisleri hesaplanmakta ve bunlar meteorolojik/hidrolojik kuraklık indisleriyle karşılaştırılarak kuraklığın arazi üzerindeki etkileri doğrulanmaktadır. Örneğin Kızılırmak Havzası'nda, kurak dönemlere ait uydu verileri kullanılarak NDVI ve SVI (Standartlaştırılmış Vejetasyon İndisi) gibi göstergeler çıkarılmış; bunların kuraklık indeksleriyle tutarlılık gösterip göstermediği incelenmiştir (Aras et al., 2023).

Hidrolojik döngünün önemli bir parçası olan kar örtüsü, optik uydu görüntüleri (MODIS, Landsat vb.) aracılığıyla periyodik olarak haritalanmakta; kar alanındaki azalma veya kar erime zamanının öne kayması, sonraki akışlarda yaşanacak eksikliklerin habercisi olabilmektedir. Yine yüzey sularındaki değişimler (göl alanları, baraj dolulukları, nehir debileri) uydu görüntüleriyle tespit edilebilmektedir. Örneğin Tuz Gölü ve çevresinde uydu verileri kullanılarak yapılan bir çalışmada, gölün su rezervindeki azalmalar ve buna eşlik eden yeraltı suyu seviyelerindeki düşüş net olarak gözlenmiştir. Bu tür bulgular, uzaktan algılamanın kuraklık sürecinde hem yüzeysel hem yeraltı su bileşenlerindeki değişimleri izlemek için önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, uzaktan algılama verilerinin etkin kullanımı, sağlam bir yer gözlem ağı ile desteklendiğinde en yüksek faydayı sağlamaktadır. Hidrolojik kuraklığın erken tespiti ve sürekli takibi için otomatik akım gözlem istasyonları (nehir seviye/debi sensörleri) ve yeraltı suyu izleme kuyularının yaygınlaştırılması gereklidir. Türkiye’de son yıllarda hazırlanan kuraklık eylem planları, bu ihtiyacı vurgulayarak yeni istasyonların kurulmasını hedeflemektedir. Örneğin Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı, havza genelinde 112 yeni akım gözlem istasyonu kurulmasını, kapatılmış istasyonların yeniden açılmasını ve ölçümlerin sürekli hale getirilmesini öngörmüştür (Aras et al., 2023). Aynı planda, 62 adet yeni yeraltı suyu gözlem kuyusu tesis edilerek akifer seviyelerinin düzenli izlenmesi de önemli bir tedbir olarak sunulmuştur. Otomatik istasyonlardan ve uydulardan gelen verilerin entegre analizi sayesinde sıcaklık, yağış, akış, toprak nemi gibi değişkenlerin uzun vadeli eğilimleri ve anormallikleri tespit edilebilir.

4. SUYU HAVZADA TUTMAK: DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER VE HAVZA TASARIMI

4.1. İnfiltrasyon Kapasitesini Artıran Havza Yönetimi

Havza genelinde infiltrasyonu (suyun toprak yüzeyinden toprak içine sızması) artıran müdahaleler, suyun yerinde tutulmasını sağlayarak yüzey akışını ve pik debileri azaltır. Bu amaçla uygulanabilecek başlıca doğa temelli önlemler şunlardır:·

Toprağın yapısının organik madde ilavesiyle güçlendirilmesi ve bozulmasının önlenmesi, infiltrasyon kapasitesini yükseltir. Yüksek organik madde içeriği, toprakta stabil agregatlar oluşturarak gözenekliliği artırır ve suyun toprağa girişini kolaylaştırır (Franzluebbers, 2002; Lal, 2020)

Buna karşılık, toprağın sıkışmasının engellenmesi de gerekir; zira sıkışma, infiltrasyonu ciddi ölçüde düşürerek daha fazla yüzey akışına yol açar (Frene et al., 2024; Yasin & Ghazal, 2021)

Eğimli yamaçlarda kontur hendekleri, teraslar ve şerit halinde ağaçlandırmalar gibi yapısal-biyolojik önlemler yüzey akışını yavaşlatır. Örneğin teraslama uygulaması arazinin etkin eğimini azaltıp yağmur suyunun hızını düşürerek erozyonu ve yüzeysel akışı belirgin biçimde azaltır; böylece sızma miktarını ve topraktaki nem içeriğini artırır (Apollonio et al., 2021; Marcin, 2011) .

Yağışın risk oluşturduğu üst havza kesimlerinde, yaygın ve küçük ölçekli müdahaleler akışı kaynağında dengelemeye yardımcı olur. Küçük su tutma çukurları, setler (mini bentler) veya sızdırma çukurları gibi yapılar dereciklerde ve yamaç hatlarında kullanılarak akışın enerjisi kademeli biçimde düşürülür ve suyun yerel olarak toprağa sızması sağlanır. Su kaynakta yavaşlatılıp depolandığında, havzanın aşağı kesimlerine ulaşan taşkın hacmi ve hızı azalır; böylece hem ani taşkın riski düşer hem de suyun yeraltına geçişi artar (Coşkun Hepcan, 2022; Founds et al., 2020).

4.2. Orman Ekosistemlerinin Rolü

Orman ekosistemleri, yağışın tepe tacı, alt tabaka ve ölü örtü bileşenleri tarafından tutulmasını sağlayarak yağmur damlalarının kinetik enerjisini düşürmekte ve suyun toprağa kontrollü biçimde iletilmesine aracılık etmektedir. Orman toprakları, yüksek organik madde içeriği, gelişmiş agregat yapısı ve yaygın kök sistemleri sayesinde yüksek infiltrasyon kapasitesine ve belirgin bir su tutma potansiyeline sahip bulunmaktadır. Orman örtüsü, suyun havza içinde tutulmasını destekleyerek yüzey akış hızını düşürmekte, pik debilerin şiddetini azaltmakta ve doğal bir taşkın tamponu işlevi

görmektedir. Aynı zamanda erozyon süreçlerini sınırlandırmakta, toprak kaybını azaltmakta ve sediman taşınımını kontrol altında tutmaktadır. Bu bağlamda, bir havzada orman alanlarının korunması veya artırılması, hidrolojik yanıtın düzenlenmesi ve ani taşkın risklerinin azaltılması açısından önemlidir (Palta et al., 2019; Uslu, 1969).

5. KENTSEL ALANLARDA “SÜNGER ŞEHİR” YAKLAŞIMI

5.1. Sünger Şehir

Sünger şehir yaklaşımı, kentlerde suyun doğal döngüsünü yeniden tesis etmeyi amaçlayan bütüncül bir felsefedir (Avşar, 2025; Hui et al., 2017). Klasik gri altyapı çözümlerinde yağmur suyu hızla uzaklaştırılmakta, kanallar ve borularla şehir dışına iletilmektedir. Sünger şehir felsefesi ise bunun aksine suyu şehirden tamamen tahliye etmek yerine kentsel dokuya entegre etmeyi, yani yağmur suyunu kaynağında tutarak şehir tarafından absorbe edilmesini öngörür. Bu yaklaşıma göre yağış suları kanallar ve mazgallarla beton sistemlere hapsedilmez; bunun yerine doğal yollarla emilir, toprağa sızdırılır ve bitki-toprak sistemi tarafından arıtılır. Böylece sellerin kontrol altına alınması, su kirliliğinin ve kirliliğinin giderilmesi sağlanırken aynı zamanda tahrip olmuş habitatlar onarılmakta ve kent içinde yaşam kalitesi yüksek yeşil-mavi alanlar oluşmaktadır. Sünger şehirlerin temel ilkeleri “doğal absorpsiyon – doğal infiltrasyon – doğal arıtım” şeklinde özetlenebilir. Ana amaç, yağmur suyunu yüzey akışına geçmeden tutmak, akışını yavaşlatmak ve gerektiğinde doğanın içinde depolayarak arıtmak suretiyle kentin suya uyum sağlamasını mümkün kılmaktır (Wang et al., 2024).

5.2. Havza Çerçevesinde Kentsel Alanların Rolü

Sünger şehir yaklaşımı, yalnız tekil şehir parçalarında değil, havza ölçeğinde de ele alınması gereken bir stratejidir. Günümüzde kentsel alanlar, suyun en hızlı biçimde toplanıp tahliye edildiği mekanlar olarak tasarlanmakta olup; yağmur suları geçirimsiz yüzeylerden mazgallar vasıtasıyla yeraltı kanal sistemlerine akmakta ve kısa sürede nehirler yoluyla denizlere ulaşmaktadır. Bu suyun doğal döngüsünde kesintiye yol açmakta ve şehirlerin aşağı havzalara aşırı yük bindirerek taşkın riskini artırırken, uzun vadede suyun havzada tutulmaması nedeniyle hidrolojik kuraklığı şiddetlendirmektedir (Coşkun Hepcan, 2022; Tunçay et al., 2021). Havza bazında dirençli bir su yönetimi için kentlerin bu rolü tersine çevrilmelidir. Yani şehirler, bulundukları havzada suyu hemen tahliye eden noktalar olmak yerine, suyu tutan, geciktiren ve filtreleyerek yer altına ileten düğümler olarak yeniden tasarlanmalıdır. Özellikle kentsel alt-havzalarda yağış sularının yüzeyde yeşil altyapı elemanlarında depolandıktan sonra yavaşlatılarak salınması temel prensip olarak benimsenmelidir. Böylece şehir içinde yağmur suyunun doğrudan beton kanal ve kolektörlere ani giriş yapması engellenir; bunun yerine, bitkili hendekler, yağmur bahçeleri ve yapay sulak alanlar aracılığıyla suyun akış hızı kontrol edilir ve çevreye vereceği zarar minimize edilir. Kentte tutulan her damla su, yer altı akiferlerini besleyerek nehirlerin taban akışını destekler ve böylece uzun süreli yağış eksikliklerinde su seviyelerinin çok düşmesini engeller. Bu nedenle, şehirlerin havza su bütçesindeki rolü yeniden tanımlanmalı; planlama ve tasarım aşamalarında mavi ve yeşil altyapı stratejileri entegre edilerek kentler birer hidrolojik süzgeç gibi kurgulanmalıdır (Akay & Ertan, 2025; Coşkun Hepcan, 2022; Karlı & Artar, 2021; Uluggergerli, 2021). Özellikle kentsel yeşil alanlar, sadece rekreatif peyzaj unsurları değil, aynı zamanda suyun tutulup buharlaşarak tekrar atmosfere gönderildiği ve bir kısmının da yer altına geçirildiği aktif

hidrolojik birimler olarak düşünülmelidir. Bu fonksiyonların sağlanamadığı bir şehirde iklimsel düzenleme mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla, entegre havza yönetimi kapsamında kentlerin yağmur suyu hasadı, infiltrasyon ve ekolojik arıtım rolleri vurgulanmalı ve her kademedeki kentsel proje bu rolleri destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır.

6. KURUMSAL ROLLER VE ENTEGRE PLANLAMA

6.1. Havza Ölçeğinde Entegre Su Yönetimi

Entegre su yönetimi, su kaynaklarının havza ölçeğinde bütüncül bir yaklaşımla planlanmasını ve yönetilmesini öngörmektedir. Avrupa Birliği'nin 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi (WFD) de bu yaklaşımı temel almış, sürdürülebilir su politikası hedeflerine ulaşmak için bütüncül havza yönetimini ana araç olarak ortaya koymuştur (Mumlu, 2023). Bu kapsamda farklı sektörlerin ve kullanıcıların ihtiyaçları ile su ekosistemlerinin korunması birlikte düşünülmekte; havza içinde yapılan bir müdahalenin olumlu-olumsuz tüm etkileri uzun vadede değerlendirilerek yönetilmektedir. Türkiye, AB mevzuatına uyum çerçevesinde 2012'de yürürlüğe konan ve 2017'de güncellenen Havza Yönetim Planları Yönetmeliği ile havza bazlı planlamayı hukuki zemine oturtmuştur (Kocabaş, 2024; Öztürk et al., 2014). Bu yönetmelik; yerüstü ve yeraltı su kütlelerinin miktar ve kalite açısından “iyi su durumu” hedefini sağlamak, bozulmuş suları iyileştirmek ve su tahsislerini önceliklere göre planlamak üzere havza ölçeğinde plan hazırlanmasını, uygulanmasını ve takibini düzenlemektedir. Entegre havza yönetimi yaklaşımı, iklim değişikliğiyle artan kuraklık riskini de göz önünde bulundurarak, havza planlarına kuraklık bileşeninin dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Nitekim Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM), 2018 tarihli

Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'ne dayanarak “kurak dönemlerde su yönetimini sağlamak üzere Kuraklık Yönetim Planları hazırlanması” görevini üstlenmiştir. Bu çerçevede Türkiye'nin 25 nehir havzasının her biri için ayrı Kuraklık Yönetim Planları (KYP) geliştirilmekte ve bunlar havza sınırları esas alınarak ilgili havza yönetim planlarıyla entegre edilmektedir. Örneğin, Kızılırmak Havzası için hazırlanan KYP, havzanın su bütçesi ve kuraklığa hassasiyeti dikkate alınarak, kuraklık öncesi, sırası ve sonrasında alınacak tedbirleri tanımlayan entegre bir plan dokümanıdır. Türkiye'nin On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) da entegre havza yönetimi anlayışıyla tüm havzalar için nehir havza planları ile birlikte kuraklık yönetim planlarının hazırlanıp uygulanmasını bir politika hedefi olarak belirlemiştir. Bu sayede havza bazlı su yönetimi ile kuraklık eylem planlarının bütünleşik ele alınması, su kıtlığı risklerinin havza ölçeğinde proaktif yönetilmesini mümkün kılacaktır.

6.2. Kamu Kurumlarının Rolü

Hidrolojik kuraklıkla mücadelenin kurumsal yapısı, Türkiye'de çok aktörlü ve çok kademeli bir sistem olarak yapılandırılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), su yönetiminden sorumlu ana icracı bakanlık olup ulusal ölçekte su politikalarının koordinasyonunu sağlar. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik stratejilerin belirlenmesi TOB'un görev alanındadır; bu kapsamda bakanlık teşkilatı, çeşitli genel müdürlükler vasıtasıyla su yönetimini yürütür. Bu yapılanmada, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) politika geliştirme, planlama ve koordinasyondan sorumlu birimdir; nehir havza yönetim planlarını, kuraklık planlarını ve sektörel tahsis planlarını ilgili paydaşlarla birlikte hazırlamak ve uygulanmasını izlemek SYGM'nin temel görevlerindendir. Diğer kritik birim olan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü, su yapıları geliştirme ve işletme konusundaki

geniş yetki ve sorumluluklarıyla öne çıkar. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, baraj inşaatları, sulama ve taşkın kontrolü tesislerinin inşası, nehir ıslahı, hidroelektrik enerji santralleri, yeraltı suyu sondajları ile tahsis süreçleri gibi sahalarda faaliyet göstermek suretiyle su talebinin karşılanmasındaki belirleyici bir kurum olmaktadır. Kuraklık dönemlerinde DSİ, baraj rezervuarlarının işletimi ve su tahsisi planlamasıyla suyun etkin kullanımını sağlamak, kritik sektörlerle su teminini düzenlemek ve gerekli kısıtlamaları uygulamakla yükümlüdür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ise hidrolojik kuraklığın erken tespiti için meteorolojik verileri sağlayan temel kurumdur. MGM, yağış gözlemleri ve iklim verilerine dayanarak standart kuraklık indislerini (ör. SPI) hesaplar, normal-ön alarm-alarm-acil durum gibi kuraklık aşamalarını belirleyerek yetkililere bildirir. Bu veriler, kuraklık yönetim planlarında eşik değerler ve tetikleyici mekanizmaların oluşturulmasında kullanılır. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) de dolaylı olarak kuraklık yönetimine katkı sunar: Ormancılık faaliyetleri ve üst havza ıslahı çalışmaları, uzun vadede su rejimini dengeleyerek kurak mevsimlerde akışların korunmasına yardımcı olur. Özellikle ağaçlandırma ve erozyon kontrolü projeleri, yağış sularının toprağa infiltre olmasını ve yeraltı su rezervlerinin beslenmesini artırarak hidrolojik kuraklığın etkilerini azaltabilir. Ayrıca OGM bünyesindeki Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, kuraklıkla ilişkili arazi tahribatını önleme konusunda ulusal planlar geliştirmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı da su yönetiminde önemli bir ulusal aktördür. Bu bakanlık, bir yandan yerel yönetimler üzerindeki idari vesayet konumuyla suyla ilgili belediye hizmetlerini denetlerken diğer yandan su kalitesinin korunması ve kirliliğin önlenmesi konusunda yetkilidir. Atıksu deşarj standartlarının belirlenmesi, alıcı ortamlara deşarj izinlerinin verilmesi ve su kaynaklarını kirleticili faaliyetlerin kontrolü çevre bakanlığının sorumluluk alanına girer. Kuraklık dönemlerinde, azalan su

miktarı su kalitesini de olumsuz etkileyebileceğinden, bu bakanlığın kirlilik önleme tedbirleri kritik önem kazanır. İçişleri Bakanlığı ise kuraklık yönetiminde daha çok koordinasyon ve kriz yönetimi boyutunda rol oynar. İl düzeyinde valilikler aracılığıyla İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulları ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) gibi yapılar, kuraklık acil durum planlarının uygulanması, su kesintileri veya kısıtlama kararlarının alınması ve yerel düzeydeki uygulamaların denetlenmesi süreçlerinde devreye girer. Sonuç olarak, ulusal ölçekte hidrolojik kuraklık yönetimi; politika geliştiren, altyapı işleten, veri üreten ve uygulamayı denetleyen bir dizi kurumun işbirliğini gerektirir. Bu kurumlar arası eşgüdümün sağlanması için Ulusal Su Kurulu gibi mekanizmalardan yararlanılmakta, kurul kararlarının uygulanması SYGM koordinasyonunda takip edilmektedir. Kurumsal rollerin net tanımlanması ve etkin koordinasyon, kuraklık risklerinin yönetiminde başarının anahtarıdır.

6.3. Yerel Yönetimler ve Havza Kurulları

Kuraklık yönetiminin sahadaki uygulamaları büyük ölçüde yerel yönetimler, özellikle belediyeler, tarafından gerçekleştirilir. Su arzının kısıtlandığı dönemlerde belediyeler hem su tasarrufu önlemlerini hayata geçirmek hem de alternatif su kaynakları geliştirmek durumundadır. Son yıllarda gündeme gelen “sünger şehir” (sponge city) yaklaşımı, kentlerin yağış sularını maksimum düzeyde yakalayıp yeraltına sızdırmasını ve gerektiğinde tekrar kullanmasını hedefleyen entegre bir kentsel tasarım modelidir. Bu model kapsamında belediyeler; yeşil altyapının güçlendirilmesi, geçirimsiz yüzeylerin azaltılması, yağmur suyu hasadı sistemlerinin kurulması ve atık suların arıtılarak yeniden kullanımını teşvik eden planlamalar yapmaktadır. Örneğin, yeni binalarda gri su (lavabo ve duş suları) hatlarının projelendirilerek bahçe sulaması gibi amaçlarla tekrar kullanılması bazı belediyelerce zorunlu koşula başlanmıştır.

Kentsel peyzajda kurakçıl (az su tüketen) bitki türlerinin kullanılması ve yeşil alanlarda akıllı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması da sünger şehir konseptinin bir parçasıdır. Belediyelerin su verimliliği konusundaki görevleri aynı zamanda şebeke suyu yönetimini iyileştirmeyi içerir. Birçok şehirde içme suyu şebekelerindeki kayıp-kaçak oranları yüksektir; kuraklıkla mücadelede bu kayıpların azaltılması kritik bir adımdır. Bunun için belediyeler, şebeke altyapısını yenilemek, basınç yönetimi uygulamak ve akıllı su izleme sistemleri kurmak suretiyle su sızıntılarını en aza indirmeye çalışır. Hatta bazı öneriler, belediyelerde “su muhafaza memurları” istihdam edilerek kent içi su israfının denetlenmesini önermektedir. Su talebini yönetmek amacıyla, kurak periyotlarda park/bahçe sulamalarının kısıtlanması, örneğin hobi bahçelerine şehir şebeke suyunun verilmemesi gibi tedbirler de belediyelerin alabileceği kararlardandır. Su kullanımına ilişkin yerel kararların mutlaka havza ölçeğindeki planlarla uyumlu olması gerekir. Bu bağlamda, arazi kullanım kararlarında su hassasiyeti gözetilmesi önemli bir ilkedir. Örneğin, bir havzada yeni imara açılacak alan belirlenirken, o bölgenin su kaynakları üzerindeki etkisi (yeraltı suyu besleme alanı olup olmadığı, taşkın sahası içinde kalıp kalmadığı) değerlendirilmelidir. Tarım arazilerinin kontrolsüz kentleşmeye kurban gitmesi, uzun vadede hem gıda güvenliğini hem de su döngüsünü olumsuz etkiler; bu nedenle belediyelerin imar planlarında suyun doğal dolaşımını koruyan yaklaşımlar geliştirmesi beklenir. Ayrıca büyükşehir belediyeleri ve il özel idareleri, kendi yetki alanlarındaki kuyuların ruhsatlandırılması ve denetlenmesinden sorumlu olarak, aşırı yeraltı suyu çekimini engelleme yönünde adımlar atabilirler.

Havza bazında planlama ve uygulamanın uyumunu sağlamak üzere oluşturulan en önemli mekanizmalardan biri Havza Kurulları (ya da Havza Yönetim Heyetleri) yapısıdır. Havza kurulları, ilgili havzadaki tüm paydaş kurumları bir araya

getiren ve su yönetimiyle ilgili kararların koordine edildiği platformlardır. Bu kurullar tipik olarak valiler, DSİ bölge müdürleri, SYGM temsilcileri, ilgili bakanlıkların il müdürleri, belediye başkanları, su ve kanalizasyon idareleri (SKİ) yöneticileri ve gerektiğinde üniversiteler ile sivil toplum temsilcilerinden oluşur. Amaç, havza ölçeğinde bütüncül karar alma ve uygulama takibinin sağlanmasıdır. Örneğin, bir havzada hazırlanmış Nehir Havza Yönetim Planı ve Kuraklık Eylem Planı kapsamındaki tedbirlerin, ilgili tüm kurumlarca hayata geçirilmesi gerekir. Havza kurulları bu tedbirlerin uygulanmasını izler, kurumlar arası iş bölümünü netleştirir ve ortaya çıkan sorunları çözüme kavuşturur. Mevcut mevzuatta havza yönetim heyetlerine genellikle bulundukları bölgenin valisi başkanlık etmektedir; ancak literatürde, bu yapının daha etkin işlemesi için teknik kurumlardan birinin (örneğin DSİ'nin) liderliğinde çalışması önerilmektedir. Nitekim bazı değerlendirmelerde, havza kararlarının uygulanmasında DSİ bölge müdürlüklerinin koordinatör sorumluluk üstlenmesi ve kurula başkanlık etmesinin, yetki karmaşasını azaltıp daha teknik bir önderlik sağlayacağı vurgulanmıştır. Havza kurullarının etkinliği, kuraklık gibi kriz dönemlerinde daha da belirgin hale gelir. Kuraklık şiddetlendiğinde su tahsislerinin önceliklendirilmesi, içme suyu temininde acil eylem planlarının devreye sokulması, barajlardan salınacak su miktarlarının ayarlanması gibi kararlar ancak tüm paydaşların mutabakatıyla başarılı olabilir. Bu nedenle havza kurulları, bir koordinasyon merkezi olarak çalışmalı; merkezi yönetimin politikalarını yerelde uygularken, yerelin ihtiyaç ve geri bildirimlerini de merkeze ileten çift yönlü bir yönetim işlevi görmelidir. Sonuç olarak, belediyelerin su verimliliği ve sürdürülebilir arazi kullanımı odaklı çalışmaları ile havza kurullarının sağladığı kurumsal eşgüdüm, entegre havza yönetiminin sahadaki başarısını belirleyen unsurlardır.

6.4. Üniversiteler ve Araştırma Kurumları

Bilimsel kurumlar ve akademi, hidrolojik kuraklığın anlaşılması, izlenmesi ve yenilikçi çözümler geliştirilmesi konularında vazgeçilmez aktörlerdir. Kuraklık, yavaş gelişen ve kümülatif etkileri olan bir afet türü olduğu için, uzun vadeli izleme, veri analizi ve modelleme ihtiyacı doğurur. Türkiye’de çeşitli üniversitelerin yaptıkları araştırmalar, farklı bölgelerdeki kuraklık eğilimlerinin istatistiksel yöntemlerle incelenmesine önemli katkılar sunmuştur. Örneğin, bazı bilimsel çalışmalar iklim değişikliğiyle artan kuraklık riskine dikkat çekerek su yönetiminde bütüncül bir yaklaşım benimsenmesinin gereğini vurgular. Kuraklık trendinin tespiti için zaman serisi analizleri (Mann-Kendall trend testleri gibi) uygulanmakta; meteorolojik veriler yanında akım ve yeraltı suyu verileri birlikte değerlendirilerek hidrolojik kuraklığın seyri ortaya konmaktadır. Bu tür akademik çalışmalar, belirli havzalar için risk haritaları üretmekte ve ileride karşılaşılabilecek kuraklık senaryolarına hazırlık sağlamaktadır. Nitekim Kuraklık Yönetim Planları hazırlanırken, üniversitelerin sağladığı iklim projeksiyonları ve hidrolojik modelleme çıktıları kritik rol oynar. SYGM tarafından havza bazında geliştirilen kuraklık planlarında, IPCC’nin RCP 4.5 ve 8.5 senaryolarına dayalı olarak 2050 ve 2100 yıllarına yönelik su potansiyeli değişimleri öngörülmektedir. Bu projeksiyonlar, meteorolojik kayıtların istatistiki analizleri, coğrafi bilgi sistemleri tabanlı havza modellemeleri ve senaryo analizleriyle mümkündür ve çoğunlukla üniversitelerin katkılarıyla hazırlanmaktadır. Akademik dünyanın sağladığı bir diğer fayda, erken uyarı sistemleri ve karar destek mekanizmalarının geliştirilmesidir. “Akıllı su izleme ve kuraklık erken uyarı sistemleri” literatürde iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik mühendislik çözümleri arasında sayılmaktadır. Bu kapsamda, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile çeşitli üniversitelerin iş birliğiyle, gerçek zamanlı veri akışına dayalı

kuraklık takip yazılımları ve platformları geliştirilmiştir. Örneğin, ülkemizde her ay yayımlanan meteorolojik kuraklık haritaları (Standart Yağış İndisi – SPI değerlerine göre) bilimsel metodolojiler ışığında oluşturulmakta ve kamuoyuyla paylaşılmaktadır. Üniversitelerin sağladığı bilimsel katkı, sadece mevcut durumun analizinde değil, aynı zamanda doğa temelli çözümlerin tasarımında da kendini gösterir. Doğa temelli çözümler (DTÇ), ekosistemlerin su döngüsündeki fonksiyonlarını kullanarak hem kuraklık hem de sel gibi uç olayların etkilerini azaltmayı amaçlayan yenilikçi yaklaşımlardır. Bu alanda, örneğin sulak alan restorasyonu, ormanlaştırma, tarımsal sulamada akıllı yöntemler veya kentsel yeşil altyapı uygulamaları gibi DTÇ stratejilerinin etkinliği akademik araştırmalarla ortaya konulur. Türkiye’de Dayanıklı Peyzaj Entegrasyonu (TULIP) gibi projeler kapsamında bazı havzalarda DTÇ uygulamaları pilot olarak test edilmektedir. Dünya Bankası destekli bu tür projelerde, yeşil altyapının sel, erozyon ve toprak kayması riskini azaltırken aynı zamanda su temini, su kalitesi ve kuraklık yönetimi gibi birbiriyle bağlantılı sorunlara eş zamanlı çözümler sunabildiği gösterilmiştir. DTÇ, karbon tutumu, biyolojik çeşitlilik ve iklim dirençliliği gibi yan faydalar da sağlayarak uzun vadeli sürdürülebilirliğe hizmet eder. Üniversiteler, bu tür projelerde yöntem geliştirme, izleme ve etki değerlendirme konularında uzmanlık sağlar; mühendislik, ekoloji ve sosyo-ekonomi boyutlarını entegre eden araştırmalar yapar.

Kamu idaresi ile akademi arasındaki iş birliği, kuraklık yönetiminde kapasite geliştirmek için hayati önemdedir. Kamu-yönetişim-akademi işbirliği sayesinde bilimsel bulgular politika yapıcılara aktarılır ve karar alma süreçleri bilimsel temele oturtulur. Türkiye’de bu işbirliğinin kurumsallaşması adına çeşitli adımlar atılmıştır: Örneğin, Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde su yönetimi konusunda oluşturulan bazı kurullar ve çalışma gruplarına akademisyenler davet edilmekte, ulusal su

planları hazırlanırken üniversitelerin rapor ve önerilerinden faydalanılmaktadır. Ulusal Kuraklık eylem planları hazırlanırken de farklı disiplinlerden uzmanların katkıları alınarak kuraklık azaltım stratejileri geliştirilmektedir. Literatürde, Türkiye için bölgesel/ulusal bir Kuraklık Azaltma Merkezi kurulması, iklim izleme sistemlerinin güçlendirilmesi, kuraklık tahmin ve alarm sistemlerinin oluşturulması gibi öneriler bulunmaktadır. Bu tür merkezler genellikle üniversiteler veya araştırma enstitülerinin ev sahipliğinde, kamu kurumlarıyla koordinasyon içinde çalışır. Sonuç olarak, hidrolojik kuraklığın izlenmesi ve yönetiminde üniversitelerin rolü, bilimsel veri üretiminden yenilikçi çözüm geliştirmeye ve karar destek olmaya kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu roller, etkin bir kuraklık yönetişimi için kritik olup, bilim ve yönetimin ortak çalışmasıyla su kıtlığına karşı daha dirençli bir toplum ve ekosistem yapısı oluşturulabilecektir.

7. SONUÇ

Hidrolojik kuraklık, yalnızca yağış eksikliğine indirgenemeyecek kadar çok boyutlu bir çevresel risktir. Bu nedenle kalıcı çözüm, yağışı artırmaktan ziyade mevcut yağışın havzada mümkün olduğunca uzun süre tutulmasını sağlayacak stratejilerin geliştirilmesini gerektirir. Yeraltı suyu rezervleri, kar örtüsünün rejimi, orman ve sulak alanların su döngüsündeki rolleri ile kentsel yeşil-mavi altyapı uygulamaları, bu bütüncül yaklaşımın temel yapıtaşlarını oluşturur. Suyun doğal depolama ve dolaşım kapasitesine dayalı bu anlayış, yalnız fiziksel mühendislik çözümlerine değil, aynı zamanda arazi planlaması, yönetişim ve kurumsal iş birliği alanlarına da yayılmalıdır.

Hidrolojik kuraklığın etkin şekilde yönetilebilmesi için üniversiteler, kamu kurumları ve yerel yönetimler arasında kesintisiz ve yapısal bir iş birliği gereklidir. Bilimsel bilgi üretimi, kurumsal kapasite ve uygulama gücü ancak eşgüdüm içinde

çalıştığında, su kıtlığına karşı dirençli ve sürdürülebilir bir yönetim modeli inşa edilebilir. Bu çerçevede, aşağıda vadeye göre sınıflandırılmış politika ve eylem önerileri sunulmaktadır:

Kısa Vadede (0–2 yıl):

- Kritik havzalarda hidrolojik kuraklık ve su bütçesi değerlendirmeleri yapılmalı, risk analizleri tamamlanmalıdır.
- Akım, yeraltı suyu ve kar örtüsüne ilişkin gözlem ağlarındaki boşluklar tespit edilerek ölçüm kapasitesi artırılmalıdır.
- Seçilen pilot alanlarda sünger şehir uygulamaları başlatılmalı; yağmur suyu hasadı, geçirgen yüzeyler ve yeşil altyapı gibi çözümler denenmelidir.

Orta Vadede (2–5 yıl):

- Havza bazında doğa tabanlı çözüm paketleri (ormanlaştırma, sulak alan restorasyonu, infiltrasyon yapıları) uygulanmalıdır.
- Tarım ve arazi kullanım planları, havza su bütçesiyle uyumlu hale getirilmeli; suyu tüketen faaliyetler denetim altına alınmalıdır.
- Kurumlar arası eşgüdümü sağlayacak veri paylaşım ve karar destek platformları kurulmalıdır.

Uzun Vadede (5+ yıl):

- Tüm stratejik havzalarda, “suyu havzada tutma” anlayışına dayalı entegre su yönetim planları standart hâline gelmelidir.
- Kuraklık ve sel risklerinin birlikte yönetildiği, iklim değişikliğine uyumlu, esnek ve çok aktörlü bir su yönetimi modeli hayata geçirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Akay, B., & Ertan, K. (2025). İklim Değişikliği İle Mücadelede Yeşil Altyapının Rolü.
- Aktürk, G., & Yıldız, O. (2018). The Effect Of Precipitation Deficits On Hydrological Systems In The Çatalan Dam Basin, Turkey. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 10. <https://doi.org/10.29137/umagd.441389>
- André, J., D'Andrea, F., Drobinski, P., & Müller, C. (2024). Regimes of Precipitation Change Over Europe and the Mediterranean. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 129(15). <https://doi.org/10.1029/2023jd040413>
- Apollonio, C., Petroselli, A., Tauro, F., Cecconi, M., Biscarini, C., Zarotti, C., & Grimaldi, S. (2021). Hillslope Erosion Mitigation: An Experimental Proof of a Nature-Based Solution. *Sustainability*, 13(11), 6058. <https://doi.org/10.3390/su13116058>
- Arabacı, Ö. O., & Sırdaş, S. (2024). Türkiye’de İklim Değişikliği Ve Küresel Salınımların Olası Maksimum Yağış Üzerindeki Etkileri. *DergiPark (Istanbul University)*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atik/issue/89485/1473722>
- Aras, M., Fındık, S. B., Özaltın, A. M., Duygu, M. B., Özçam, B., Gürler, Ç., Sürücü, E., Kaya, H., Akcengiz, H., Sarıcan, Y., Akyatan, A., Türkeri, M. K., Köken, E., Şimşek, Ç., Güner Gökdağ, M., Kaya, Ş., Altan, H., Işık, G., Harbalioğlu, A., ... Türkeş, M. (2023). Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) İzleme Raporu.
- Aşık, Ş. (2020). Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Yüzey Sıcaklığı ve Vejetasyon İndeksleri ile Tarımsal Kuraklığın

- İzlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 151.
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.836217>
- Avşar, Y. (2025). Sünger Kentlere Geçiş: Türkiye’de Kentsel Su Sorununun ve Yönetiminin Çözümüne Yönelik Zorluklar ve Fırsatlar. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(1), 459.
<https://doi.org/10.15869/itobiad.1616174>
- Bilgiç, E., & Baba, A. (2023). Effect of Urbanization on Water Resources: Challenges and Prospects. In Earth and environmental sciences library (p. 81). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43348-1_4
- Can, A. B., & Yılmaz, D. (2023). Effect of the Dams in Kızılırmak Basin’s Drought. DergiPark (Istanbul University).
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/maummfd/issue/79592/1274904>
- Contractor, S., Donat, M. G., & Alexander, L. V. (2020). Changes in Observed Daily Precipitation over Global Land Areas since 1950. Journal of Climate, 34(1), 3.
<https://doi.org/10.1175/jcli-d-19-0965.1>
- Coşkun Hepcan, Ç. (2022). Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik.
- Cüceloğlu, G., Öztürk, İ., Gürel, M., Ertürk, A., Özger, M., & Karakaya, N. (2019). İklim Değişikliğinin İstanbul’un Yüzeysel Su Kaynaklarına Etkisi Ve Kuraklık Dirençli Bütünleşik Su Yönetimi.
- Deveci, S., & Kaptan Ayhan, Ç. (2023). İklim Değişikliğine Karşı Kentsel Dirençlilik Açısından Mavi-Yeşil Altyapının Önemi: Edirne Kent Merkezi Örneği.

- Dinçer, T., & Yılmaz, S. (2022). Yeşil Altyapı Sistemleri Kapsamında Yağmur Suyu Yönetimi: Malatya Kent Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1088. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1177827>
- Duman, E. (2024). Kuraklık ve Su Kıtılığının Eğirdir Gölü'ne Yönetmel Yansımaları. *International Journal of Business Economics and Management Perspectives*, 2(2), 170. <https://doi.org/10.29228/ijbemp.78826>
- Evirgen, M., & Orhon, R. (1992). Turizm ve Çevre Değerleri Açısından Sulak Alanların Ülkemiz İçin Önemi ve Eber Gölü. *DergiPark* (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atad/issue/53092/703342>
- Ferencz, S. B., Mangel, A. R., & Day-Lewis, F. D. (2024). Managed aquifer recharge as a strategy to redistribute excess surface flow to baseflow in snowmelt hydrologic regimes. *Frontiers in Water*, 6. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1375523>
- Founds, M., McGwire, K. C., Weltz, M. A., Nouwakpo, S. K., & Verburg, P. (2020). Predicting micro-catchment infiltration dynamics. *CATENA*, 190, 104524. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104524>
- Franzluebbers, A. J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 197. [https://doi.org/10.1016/s0167-1987\(02\)00027-2](https://doi.org/10.1016/s0167-1987(02)00027-2)
- Frene, J. P., Pandey, B. K., & Castrillo, G. (2024). Under pressure: elucidating soil compaction and its effect on soil functions. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06573-2>
- Graw, V., Dubovyk, O., Duguru, M., Heid, P. J., Ghazaryan, G., León, J. C. V. de, Post, J., Szarzynski, J., Tsegai, D., &

- Walz, Y. (2019). Assessment, monitoring, and early warning of droughts: the potential for satellite remote sensing and beyond. In Current directions in water scarcity research (p. 115). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814820-4.00009-2>
- Green, A. C., Fowler, H. J., Blenkinsop, S., & Davies, P. (2025). Precipitation extremes in 2024 [Review of Precipitation extremes in 2024]. Nature Reviews Earth & Environment, 6(4), 243. Nature Portfolio. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00666-x>
- Gümüş, V., Yildiz, M. S., & Şimşek, O. (2018). Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi: Murat Nehri-Palu Örneği. 3(3), 297. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/humder/issue/42425/511951>
- Han, J., Liu, Z., Woods, R., McVicar, T. R., Yang, D., Wang, T., Hou, Y., Guo, Y., Li, C., & Yang, Y. (2024). Streamflow seasonality in a snow-dwindling world. Nature, 629(8014), 1075. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07299-y>
- Harpold, A. A., Kaplan, M. L., Klos, P. Z., Link, T. E., McNamara, J. P., Rajagopal, S., Schumer, R., & Steele, C. M. (2017). Rain or snow: hydrologic processes, observations, prediction, and research needs. Hydrology and Earth System Sciences, 21(1), 1. <https://doi.org/10.5194/hess-21-1-2017>
- Hazem, N., Mostafa, A. M., & Baradei, S. A. E. (2025). Hybrid storm water management for water conservation in cities nearby surface water streams. Innovative Infrastructure Solutions, 10(10). <https://doi.org/10.1007/s41062-025-02252-y>

- Hezarani, A. B., Zeybekoğlu, U., & Keskin, A. Ü. (2021). Yeşilirmak Havzası için Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Tahmini, Türkiye. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 4(2), 121. <https://doi.org/10.51764/smutgd.993792>
- Hui, L., Ding, L., Ren, M., Li, C., & Wang, H. (2017). Sponge City Construction in China: A Survey of the Challenges and Opportunities. Water, 9(9), 594. <https://doi.org/10.3390/w9090594>
- Kale, M. M. (2021). Akarçay Kapalı Havzası için Hidrolojik Kuraklık Analizi. Coğrafya Dergisi / Journal of Geography, 42. <https://doi.org/10.26650/jgeog2021-892360>
- Kanık, D. (2023). Izmit City Planning and Plan Desicions Regarding the Wetland Region. Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi. <https://doi.org/10.26835/my.1233614>
- Karlı, R. G. Ö., & Artar, M. (2021). Water footprint and blue-green infrastructure as a tool in urban water management. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58(1), 145. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>
- Kaya, Y. (2018). Urban Vulnerability To Climate Change: An Assessment On İstanbul. DergiPark (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijisi/issue/41585/502488>
- Kocabaş, H. M. (2024). Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Suya Duyarlı Kentsel Planlama ve Tasarım Yaklaşımlarının Önemi. Kent Akademisi, 17(5), 1611. <https://doi.org/10.35674/kent.1516739>
- Koç, C. (2024). Su Kaynakları Yönetiminin Geleceği, Su Güvenliği ve Ortaya Çıkan Sorunlar. Doğal Afetler ve

- Çevre Dergisi, 10(1), 211.
<https://doi.org/10.21324/dacd.1359958>
- Koçyiğit, M. B., & Akay, H. (2018). Estimation of potential flash flood risk in a basin using morphometric parameters: A case study of Akçay Basin.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*, 112(5), 3265.
<https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
- Loon, A. F. V. (2015). Hydrological drought explained. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 2(4), 359.
<https://doi.org/10.1002/wat2.1085>
- Maina, F. Z., & Kumar, S. V. (2025). Global patterns of rain-on-snow and its impacts on runoff from past to future projections. *Nature Communications*, 16(1), 4731.
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-59855-3>
- Marcin, K. (2011). Terracing as a Measure of Soil Erosion Control and Its Effect on Improvement of Infiltration in Eroded Environment. In *InTech eBooks*.
<https://doi.org/10.5772/24683>
- Mumlu, D. T. (2023). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Bağlamında Türkiye’de Su Yönetimi: Doğu Karadeniz Havzası Üzerine Bir İnceleme. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 193.
<https://doi.org/10.22466/acusbd.1282924>
- Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2008). Assessment of Hydrological Drought Revisited. *Water Resources Management*, 23(5), 881. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>
- On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028): Su yönetimi özel ihtisas komisyonu raporu. (2023). Strateji ve Bütçe Başkanlığı Yayınları. <https://www.sbb.gov.tr/wp->

content/uploads/2025/08/Su-Yonetimi-OIK-
Raporu_01082025.pdf

- Ortaçesme, V., & Altunbey, P. Z. (2022). İKLİM ADAPTASYONUNUN ANAHTARI OLARAK YEŞİL ALTYAPI: KENTSEL DOĞA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ. PEYZAJ, 4(2), 123. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.1220747>
- Özfıdaner, M., Şapolyo, D., & Topaloğlu, F. (2018). Seyhan Havzası Akım Verilerinin Hidrolojik Kuraklık Analizi. Soil Studies, 57. <https://doi.org/10.21657/topraksu.410140>
- Öztürk, İ., Özgün, H., Özabalı Sabuncugil, A., Çiçekalan, B., Deneri, E. Z., Cüceloğlu, G., Sarıkaya, M. S., Aydın, A., & Sarıkaya, H. Z. (2020). Su, İklim Değişimi ve Ortak Geleceğimiz.
- Öztürk, S., Tönük, G. U., & Gülgün, B. (2014). Türkiye’de Havza Yönetimi ve Yönetim Planı Yaklaşımları. Ziraat Mühendisliği, 361, 59. <https://dergipark.org.tr/en/pub/zm/issue/52105/680874>
- Palta, Ş., Yurtseven, İ., & Aksay, H. (2019). Göksu Nehri Havzasının Yağış-Akış İlişkileri. DergiPark (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd/issue/46384/560701>
- Partigöç, N. S., & Soğancı, S. (2019). Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık. Resilience, 3(2), 287. <https://doi.org/10.32569/resilience.619219>
- Shiferaw, N., Habte, L., & Waleed, M. (2025). Land use dynamics and their impact on hydrology and water quality of a river catchment: a comprehensive analysis and future scenario. Environmental Science and Pollution Research, 32(7), 4124. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-35946-y>

- Şen, K., & Aksu, H. (2020). İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri. *Teknik Dergi*, 32(1), 10495. <https://doi.org/10.18400/tekderg.647558>
- Şimşek, C. (2021). Açık Ocak Madenciliğinde Su Kaynaklarının Yönetimine Bağlı Sorunlar Management Problems of Water Resources in Open-Pit Mining. *DergiPark (Istanbul University)*.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/mtb/issue/72610/1176205>
- Tallaksen, L. M., & Lanen, H. A. J. van. (2023). Hydrological drought – processes and estimation methods for streamflow and groundwater. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-13352>
- Toyran, C., & Var, M. (2022). Yağmur Suyu Hasadının Kentsel Tasarım Ve Yeşil Altyapı Uygulamalarında Değerlendirilmesi-Büyükçekmece İlçesi Örneği.
- Tuğrul, T., Oruç, S., & Gunes, B. (2025). Quantifying future rainfall extremes in Türkiye: a CMIP6 ensemble approach with statistical downscaling. *Acta Geophysica*, 73(4), 3477. <https://doi.org/10.1007/s11600-025-01551-3>
- Tunçay, H. E., Sarıkaya, M. S., Gölbaşı, G. Y., Tunçay, H. E., & Torun, E. (2021). Suya Duyarlı Şehirler.
- Tülek, B., & Mirici, M. E. (2019). Green Infrastructure and Ecosystem Services on Urban Systems. *DergiPark (Istanbul University)*.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/peyzaj/issue/51771/651252>
- Twinomuhangi, M. B., Bamutaze, Y., Kabenge, I., Wanyama, J., Kizza, M., Gabiri, G., & Egli, P. (2025). Analysis of stationary and non-stationary hydrological extremes under a changing environment: A systematic review [Review of Analysis of stationary and non-stationary hydrological extremes under a changing environment: A

- systematic review]. HydroResearch. Elsevier BV.
<https://doi.org/10.1016/j.hydres.2024.12.007>
- Ulugergerli, F. G. (2021). İçme Suyu Havzalarının Ekosistem Yaklaşımli Planlama Paradigmalarının Kapsamı. Resilience, 5(2), 119.
<https://doi.org/10.32569/resilience.876486>
- Uslu, S. (1969). ORMANLARIN TOPRAK KORUMASI VE HİDROLOJİK BAKIMDAN ÖNEMİ. DergiPark (Istanbul University).
<https://doi.org/10.17099/jffiu.83376>
- Ünal, Ç. (2019). Yeraltı Suları ve Kaynaklar. In Pegem Akademi Yayıncılık eBooks (p. 176).
<https://doi.org/10.14527/9786052416860.09>
- Üstündağ, Ç., Karataş, Ş. İ., Parıldar, N. N., & Artar, M. (2023). Kentsel Isı Adalarının Azaltılmasında Yeşil Altyapı Sistemlerinin Önemi. Peyzaj, 5(2), 124.
<https://doi.org/10.53784/peyzaj.1406139>
- Wada, Y., Bierkens, M. F. P., Roo, A. de, Dirmeyer, P. A., Famiglietti, J. S., Hanasaki, N., Konar, M., Liu, J., Schmied, H. M., Oki, T., Pokhrel, Y., Sivapalan, M., Troy, T. J., Dijk, A. I. J. M. van, Emmerik, T. van, Huijgevoort, M. H. J. van, Lanen, H. A. J. van, Vörösmarty, C. J., Wanders, N., & Wheeler, H. S. (2017). Human–water interface in hydrological modelling: current status and future directions. Hydrology and Earth System Sciences, 21(8), 4169. <https://doi.org/10.5194/hess-21-4169-2017>
- Wang, Q., Wang, Q., & Wang, X. (2024). Can “sponge city” pilots enhance ecological livability: Evidence from China. PLoS ONE, 19(6).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297251>

- Yasin, H., & Ghazal, E. (2021). Infiltration and Some Physical Properties of Soil. *Mağallaî Al-Handasaî al-Rāfīdayn*, 26(2), 249.
<https://doi.org/10.33899/rengj.2021.129941.1089>
- Yıldırım, S., & Demirci, U. (2024). Havza yönetimi yaklaşımlarında uluslararası alanda yaşanan gelişmelerin Türkiye'deki politika ve strateji belgelerine yansımaları. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 78.
<https://doi.org/10.53516/ajfr.1465516>
- Yılmaz, B. A., Özgün, B., & Gözet, E. (2024). 20 Eylül 2024 Tarihinde Türkiye'de Meydana Gelen Şiddetli Yağış Ve Sel Olayının Meteorolojik Analizi (Trabzon İli, Araklı Ve Çevre İlçeleri). *Dergipark (Istanbul University)*.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/csid/issue/89607/1602697>
- Yiğit, F. S., & Keten, A. (2024). Türkiye'nin Sulak Alanlarının Genel Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi/Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(1), 348.
<https://doi.org/10.58816/duzceod.1404950>

OCCUPATIONAL SAFETY ANALYSIS AND DEEP LEARNING IN FOREST WORKERS

Erhan ÇALIŞKAN¹

1. INTRODUCTION

Throughout human history, forests have been used for various purposes, with wood production to meet the need for fuel and construction materials forming the basis of these practices. Since wood production processes are mostly carried out in remote, sloping, and mountainous areas far from main transportation networks, the work is directly affected by meteorological conditions and terrain. The high intensity of labor-intensive work in these environments requires workers to maintain unbalanced body postures; factors such as dust, vibration, and noise are significant contributors to occupational diseases. Therefore, forestry activities involve many controllable and uncontrollable risk factors in terms of occupational health and safety due to challenging environmental and ergonomic conditions.

The concept of Occupational Health and Safety (OHS) aims to anticipate negative situations that may arise in the workplace and ensure the safest possible working conditions, taking into account the interests of both the employer and the employee. In this context, OHS has emerged from fundamental needs such as minimizing the effects of occupational accidents, improving work ergonomics, and protecting employee health.

¹ Prof. Dr., Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, 61080, Trabzon, TÜRKİYE, ORCID: 0000-0002-1066-4922.

In forestry activities carried out in our country, there are many variables such as the work area, working conditions, tools and equipment used, level of mechanization, seasonal differences, practices related to chemical use, technology, and production methods. Therefore, in order to accurately and comprehensively assess occupational health and safety in forestry, each production activity must be considered separately, and the problems encountered and proposed solutions must be systematically identified.

The limited mechanization in forestry leads to many tasks being performed manually, placing physical strain on workers. The health hazards and occupational safety issues faced by workers vary depending on the type of work performed and the working conditions. Forestry work involves high natural and material risks and has been defined by the International Labor Organization (ILO) as a “3-D” occupation, referring to dirty, difficult, and dangerous work (Poschen, 1993). According to ILO assessments, forestry work falls into the heavy work category (ILO, 1998). The implementation of basic forestry activities such as afforestation, production, maintenance, and protection requires intensive labor, which is provided by forestry workers (Erdaş and Acar, 1995).

In addition to the technical competence of workers in the forestry sector, it is also critically important that they are physically and mentally healthy and able to withstand harsh natural conditions. Bodily injuries and illnesses that occur during work can develop into occupational diseases in later years and cause concern for workers' health. In addition, the difficulties of the working environment, often involving temporary or seasonal employment, poor nutrition, and a lack of personal protective equipment, negatively affect worker motivation and put pressure on their mental health (Poschen, 1993; Erdaş and Acar, 1995; Ünver and Acar, 2011; Tunay and

Emir, Yaylı and Çalışkan, 2019a; Yaylı and Çalışkan, 2019b; Bacı and Çalışkan, 2022).

Precautions against hazards primarily begin with collective protection methods. Collective protection measures aim to protect workers as a whole against hazards and systematically reduce risks in the workplace. However, the challenging conditions and dispersed settlement structure of construction and forest sites prevent this protection method from always being sufficient. In such cases, the use of Personal Protective Equipment (PPE) is necessary either as a supplement to collective protection or as an independent measure. PPE encompasses all tools and equipment worn, or used by workers to protect occupational and worker health. For the safety of forest workers, the use of PPE such as hard hats, work gloves, steel-toed boots, and safety glasses is mandatory. This equipment protects workers against both mechanical accidents and environmental hazards.

The forestry sector remains a high-risk industry in many countries, and data on early retirement rates, occupational diseases, and workplace accidents among forest workers worldwide demonstrate the high level of risk in the sector. However, effective occupational health and safety practices can be implemented in forestry. Forest workers are exposed to various physical hazards while performing tree felling, transportation, and maintenance work. Occupational accidents and diseases negatively impact workers' quality of life and lead to economic losses. Therefore, occupational safety is a priority in the forestry sector.

In recent years, the applicability of deep learning and artificial intelligence techniques in occupational safety has increased significantly. Image processing and object recognition algorithms are increasingly employed as effective tools for

identifying workers' unsafe behaviors and environmental hazards. Compared to classical observation-based methods, these technologies enable faster, more accurate, and more systematic analyses, thereby contributing to improved occupational safety.

2. OCCUPATIONAL SAFETY RISKS IN FOREST WORK

The primary objective of the OHS management system is to reduce all hazards and risks arising from working conditions in the workplace that may compromise human health, and in this context, risk analysis forms the basis of the OHS management system.

OHS services involve regulations that concern many sectors, and forestry production work, which is generally classified as hazardous in terms of workplace health and safety, is among these sectors. Forestry work is mostly dependent on human labor, and the difficulty, diversity, and variability of the working environment increase the potential hazards of forest areas. The forestry sector is considered one of the most dangerous sectors in terms of occupational accidents (Klun and Medved, 2007; Rhee et al., 2013). The forestry sector is affected by both environmental and personal factors (Lilley et al., 2002). Unlike many other sectors, the majority of workers in the forestry sector operate in open environments and are directly exposed to dense vegetation, variable and challenging terrain, and extreme weather conditions. Under such hazardous conditions, human error constitutes one of the most significant factors contributing to an increased risk of occupational accidents.

Numerous studies in the literature have examined occupational accidents in the forestry sector. A subset of these

studies has specifically focused on accidents occurring during the unloading process, thereby elucidating the nature of the risks encountered at this stage of the workflow (Gümüş et al., 2019). Occupational accidents associated with chainsaw use have been investigated by another group of researchers, with emphasis placed on the serious hazards faced by workers due to improper or unsafe operation of this equipment (Bentley et al., 2005; Cividino et al., 2012; Robb and Cocking, 2014). Furthermore, accidents occurring in production operations using overhead lines also occupy a significant place in the literature particularly highlighting the risks inherent in operations performed at height (Tsioras et al., 2011; Allman, 2017). Studies evaluating the general OHS situation of forest workers show that occupational risks in the sector are addressed in a holistic manner (Acar and Şentürk, 1999).

One of the key factors affecting a worker's productivity is the physical workload involved in forestry work, while another is the environmental conditions of the working environment. High levels of physical workload, combined with environmental factors such as steep and uneven terrain and difficult ground conditions, have a significant negative impact on forestry workers. During their work, forestry workers face various physical hazards, such as broken or falling branches, injuries caused by chainsaws, and falls due to working on slippery and uneven terrain. In addition, heat stress caused by excessive temperatures, prolonged exposure to cold and rainy weather conditions, direct contact with chemicals, or risks associated with inhaling these substances also pose a significant threat to occupational health. Musculoskeletal disorders resulting from carrying heavy loads for long periods and vehicle accidents that may occur while accessing work areas are among the main hazards of forestry activities. In addition, forest workers working in open areas are also exposed to biological

hazards and may encounter various disease risks. Infections that can be transmitted from animals and plants, poisonous insect and bee stings, wild animal attacks, and allergic reactions caused by plants or pollen are the main biological risk factors that adversely affect workers' health and safety. A comprehensive analysis of these risks is critical for the effective and sustainable implementation of occupational safety planning in the forestry sector.

3. OCCUPATIONAL SAFETY ANALYSIS WITH DEEP LEARNING

Today, OHS is of critical importance in terms of protecting workers in high-risk sectors and improving work processes. Especially in hazardous industries such as forestry, mining, construction, and industrial production, the use of technological methods to predict and prevent workplace accidents is becoming increasingly widespread. In this context, deep learning, an advanced subfield of artificial intelligence and machine learning, offers significant opportunities in the field of OSH thanks to its capacity to analyze complex data structures. Deep learning is a subfield of machine learning and is an advanced learning approach based on artificial neural networks developed specifically by drawing inspiration from the structure of the human brain (Bingöl et al., 2020).

Deep learning models typically consist of at least three layers: an input layer that receives raw data, one or more hidden layers responsible for extracting features or attributes from the data, and an output layer that generates the final network output (Chowdhury et al., 2019). Each of these layers can also contain specialized layers within themselves. During training, the weights of the network are adjusted to minimize a loss function that measures the difference between the network's estimates

and the realized output. This creates a high-performance training model. With this training model, inference can be obtained from new data that the network has never encountered (Xu et al., 2018).

Unlike classical machine learning approaches, deep learning has the capability to automatically extract relevant features from data. Architectures such as Convolutional Neural Networks (CNNs), Recurrent Neural Networks (RNNs), and Long Short-Term Memory (LSTM) networks can identify complex patterns in visual, auditory, and temporal data with high accuracy. This capability enables superior performance in the analysis of multidimensional data commonly encountered in occupational safety studies.

Deep learning models make significant contributions to the field of OHS thanks to their ability to perform high-level analysis on multidimensional data structures. These models can automatically identify complex risk patterns that arise in the workplace and enable more accurate and comprehensive risk analyses by evaluating environmental, behavioral, and physiological variables within a holistic framework. Furthermore, deep learning-based approaches support the development of risk prediction models and early warning systems to predict potential hazards and increase the effectiveness of data-driven decision support mechanisms by enabling real-time monitoring of business processes. In these respects, deep learning provides a proactive, fast, and reliable approach to OHS.

Image processing and deep learning techniques are among the most effective methods currently used for the automatic detection of hazards in workplaces. In particular, CNN-based models and advanced object detection algorithms such as YOLO and Faster R-CNN have the capacity to identify

safety violations in real time. Thanks to these technologies, it is now possible to monitor whether personal protective equipment is being used correctly, detect dangerous work behaviors, identify high-risk situations such as working dangerously close to machinery and equipment, detect the misuse of dangerous equipment such as chainsaws, and analyze risky work positions such as falling, slipping, or unstable standing. Especially in the forestry sector, where the physical workload is intense, these visual analysis systems contribute significantly to both improving worker safety and making work processes more transparent, measurable, and controllable.

In occupational safety analysis, not only visual data but also multidimensional data obtained from physical and environmental sensors play a critical role. Deep learning models can predict potential risk situations by processing time series data obtained from temperature, humidity, heart rate, GPS, and vibration sensors. Recurrent neural network architectures, particularly LSTM, demonstrate high success in predicting risks from heat stress and fatigue, modeling the effects of terrain slope, slippery ground, or weather conditions on workplace accidents, predicting equipment failures from machine vibrations, and identifying non-ergonomic worker working postures. Thus, deep learning enables the development of a proactive approach to occupational safety management and supports the implementation of effective strategies for accident prevention.

Past occupational accident records are considered a critical source of information in occupational safety management. Deep learning-based classification and clustering methods can effectively uncover root causes, patterns, and high-risk processes from this data. This allows for the automatic categorization of accident types, identification of frequently occurring risk factors, identification of hazardous behavior

clusters, and identification of high-risk workstations. These analyses enable occupational safety planning to be conducted within a data and science-based framework, enabling more effective implementation of preventative measures.

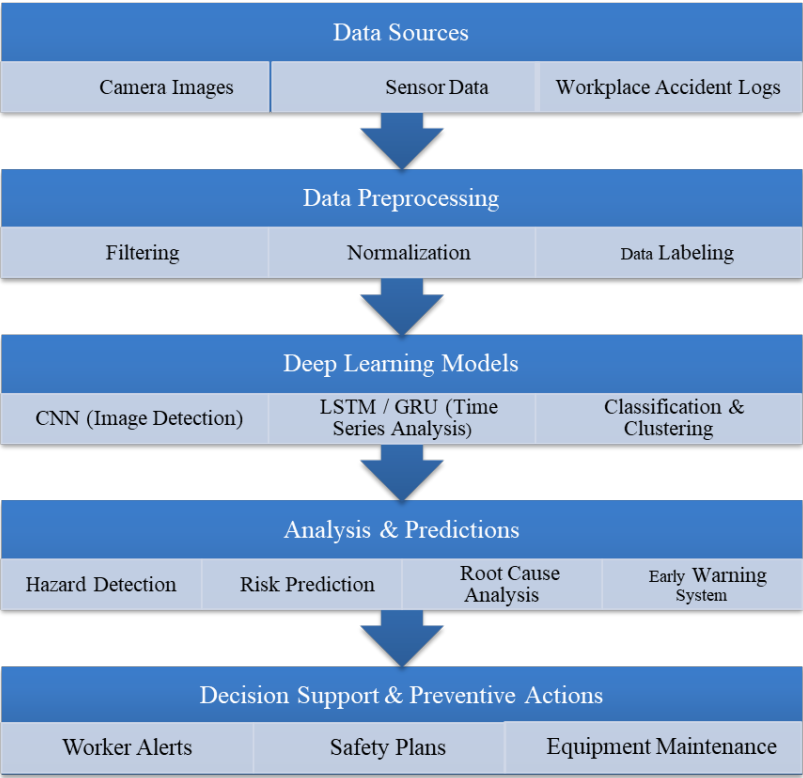


Figure 1. Deep learning-based occupational safety analysis

Deep learning-based applications aimed at improving occupational health and safety in forestry enable real-time risk detection and the implementation of preventive measures in the field. For example, analyzing camera footage with artificial intelligence allows for automatic monitoring of workers' helmet usage and ensures that personal protective equipment is used appropriately. Furthermore, the risk of falling on sloped or slippery surfaces can be detected using deep learning algorithms, allowing potential hazards to be identified in

advance. Monitoring whether workers maintain a safe distance during tree felling also contributes significantly to preventing accidents. Such systems not only support the reduction of workplace accidents but also enable the sustainable development of a workplace safety culture in the field.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Occupational safety is of critical importance under today's rapidly evolving industrial and technological conditions. The increasing labor force potential, intense competition in the production of goods and services, and the continued relevance of workplace accidents and occupational diseases clearly demonstrate the necessity of addressing occupational safety as a priority area of work.

Activities carried out in forests consist of work performed in large work areas and subject to physical, biological, and technological factors to meet different needs. These activities can generally be classified under basic categories such as timber production, afforestation, forest road construction, biotic control of insect pests, and forest firefighting. As forestry operations are typically conducted in large, unprotected areas, protecting workers from adverse weather conditions is often challenging. From an ergonomic perspective, climatic factors such as extreme temperatures, high relative humidity, strong winds, heavy rainfall, and snowfall directly influence work efficiency. Consequently, when operations are carried out under unfavorable weather conditions, achieving normal productivity levels is often not possible. In situations where weather conditions are unsuitable for safe work, stopping the work is considered one of the most effective measures that can be taken in terms of occupational safety.

A study conducted in Ireland emphasized that a series of health and safety measures must be implemented before commencing forestry activities. These measures include conducting a documented risk assessment, ensuring the provision of equipment suitable for the planned work, incorporating measures to protect public health and safety into the process, selecting safe working methods, documenting operator qualifications, and maintaining supervision and monitoring activities at every stage of the work. These rules are binding on all parties, without distinction between the principal employer, subcontractors, or self-employed workers (URL,1)

A statistical study on work accidents in the forestry sector in Spain (URL,2) examined data from eight years of activities in 34 different tree felling sites. In this context, the use of work equipment, worker characteristics, accident risk, the effects of these risks on worker health, and the safety measures implemented were evaluated for a total of 2,200 hours of cutting work and 3,000 hours spent in the field. The study determined that incidents such as falling trees or branches, eye injuries, cuts, fatigue, and tripping and falling were among the main accident risks.

Howard (2019) examined the impact of artificial intelligence on the future of the business world and assessed the potential contributions of AI technologies to occupational safety and worker health. The study discussed the capacity of technological developments to transform job descriptions, workforce structure, and work dynamics in the workplace, addressing how artificial intelligence offers innovative opportunities in OHS applications. Adem and colleagues (2020) addressed OHS risk assessment within the scope of Industry 4.0 and examined in detail the effects of technological developments on risk analysis processes. The study discussed how occupational safety practices need to be reshaped alongside

industrial transformation and emphasized the necessity of integrating new-generation technologies into risk assessment methods. Pishgar and colleagues (2021) comprehensively examined the artificial intelligence and OHS application they developed, called “REDECA.” The study presents a comprehensive evaluation of the application of artificial intelligence in the field of OHS, highlighting its potential impacts on workplace safety, possible use cases, and key areas of application.”

While the integration of artificial intelligence applications into OHS offers significant advantages, these technologies cannot replace traditional safety measures on their own. Ensuring the use of PPE such as hard hats and raising employee awareness through regular training are fundamental requirements. Furthermore, to address privacy and data security concerns in the use of artificial intelligence systems, transparent processes must be conducted and employees must be informed about the technology. Occupational safety should not be solely based on technological solutions; the human factor should also be at the core of the process. In this regard, supporting employee motivation, encouraging participation, and contributing to the development of an occupational safety culture are crucial. Regularly updating and improving artificial intelligence systems will increase the effectiveness of these measures, while supporting the integration process with continuous monitoring and feedback mechanisms will be essential for sustainable occupational health and safety management.

Deep learning is an artificial intelligence method that can detect complex patterns and behaviors by utilizing large data sets, and it is considered an effective tool for improving the OHS of forest workers. In this context, image-based risk detection approaches can automatically identify workers' risky postures, lack of personal protective equipment, or entry into

hazardous areas through drone images. Furthermore, security violations can be classified and object recognition processes can be performed with high accuracy using deep learning models such as ResNet, YOLO, and EfficientNet. Real-time communication of detected risks to workers via mobile devices or sensors in the field strengthens early warning mechanisms. Compared to traditional monitoring methods, these systems offer faster, more objective, and uninterrupted monitoring, thereby increasing the effectiveness of occupational safety processes.

Deep learning-based occupational safety systems contribute significantly to accident prevention by enabling early detection of risks in forestry work. However, there are various limitations, such as data privacy, high costs, and technical infrastructure requirements. In the future, it appears possible to develop more comprehensive and integrated safety systems through the integration of sensor fusion (image + motion sensors), augmented reality (AR), and IoT-based approaches. Additionally, training models using local data sets to improve the accuracy level of algorithms is of great importance; this enables risk analyses that are compatible with local working conditions and highly reliable.

Forestry work is a critical field in terms of OHS due to challenging environmental conditions, heavy workloads, and high accident risks.. In this context, deep learning and artificial intelligence-based technologies offer a powerful alternative to traditional monitoring methods by enabling the real-time detection of potential hazards in the field and the rapid implementation of preventive measures. Monitoring the use of personal protective equipment with image processing techniques, identifying risky behaviors, and providing instant feedback with warning systems directly contributes to strengthening the culture of occupational safety.

However, addressing limiting factors such as data privacy, infrastructure requirements, and cost; adapting models using local data sets; and integrating technologies such as sensor fusion, IoT, and augmented reality into the system will enable the development of more comprehensive and intelligent occupational safety systems in the future.

As a conclusion, deep learning-based solutions hold significant potential for enhancing workplace safety in forestry operations and play a critical role in establishing sustainable and safe production processes.

REFERENCES

- Acar, H.H., Şentürk, N. (1997). Yusufeli ve İskenderun Yöresindeki Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı Üzerine Bir Araştırma, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Cilt:47, Sayı:2, 102-103s.
- Adem, A., Çakit, E., ve Dağdeviren, M. (2020). Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0. SN Applied Sciences, 2, 1- 6.
- Allman, M., Jankovský, M., Allmanová, Z., Ferenčík, M., Messingerová, V., Vlčková, M., Stoilov, S. (2017). Work accidents during cable yarding operations in Central Europe 2006–2014. Forest Systems, 26(1), 1-8.
- Bacı, N., and Çalışkan, E. (2022). A research on health problems of working in forest fire workers”. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. Cilt: 23 Sayı: 1 Sayfa: 94 – 101.
- Bentley, T., Parker, R., Ashby, L. (2005). Understanding felling safety in the New Zealand forest industry. Applied Ergonomics, 36 (2), 165–175.
- Bingöl, K., Aslı, E. R., Örmecioğlu, H. T., & Arzu, E. R. (2020). Depreme dayanıklı mimari tasarımda yapay zeka uygulamaları: Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile düzensiz taşıyıcı sistem tespiti. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(4), 2197-2210.
- Chowdhury, T. T., Hossain, A., Fattah, S. A., & Shahnaz, C. (2019). Seizure and non-seizure EEG signals detection using 1-D convolutional neural network architecture of deep learning algorithm. In 2019 1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology (ICASERT) (pp. 1-4). IEEE.

- Cividino, S. R. S., Maroncelli, E., Vello, M., Gubiani, R., Snidero, I., Pergher, G., Colantoni, A. (2012). Accident analysis during the chainsaw use: prevention and protection measures to reduce injuries. In Proceedings of the International Conference RAGUSA SHWA.
- Erdaş, O., Acar, H. H., Tuna, Y. M. ve Karaman, A. (1995). Türkiye'de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Trasportu, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet Kadastro ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Türkiye Ormancılık Raporu, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No. 48, 44-79.
- Gumus, S., Okan, S.U., Hatay, T.Y. (2019). Analysis of work accidents in wood harvesting: a case study of the East Black Sea region. *Forestist*, 70(1), 1-7.
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American journal of industrial medicine*, 62(11), 917-926.
- ILO, (1998). Resolution concerning statistics of occupational injuries and accidents, Sixteenth International Conference of Labour Statisticians. Geneva.
- Klun, J., Medved, M. (2007). Fatal accidents in forestry in some European countries. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 28(1), 55-62.
- Lilley R. Feyer A.M. Kirk P. Gander P. (2002). A survey of forest workers in New Zealand: Do hours of work, rest, and recovery play a role in accidents and injury? *J. Safety Res.* 33, 53–71.
- Pishgar, M., Issa, S. F., Sietsema, M., Pratap, P., ve Darabi, H. (2021). REDECA: a novel framework to review artificial intelligence and its applications in occupational safety

- and health. International journal of environmental research and public health, 18(13), 6705.
- Poschen P (1993). “Forestry, a safe and healthy profession?”, Unasylva No 172. FAO.
- Rhee, K. Y., Choe, S. W., Kim, Y. S., Koo, K. H. (2013). The trend of occupational injuries in Korea from 2001 to 2010. Safety and Health at Work, 4(1), 63-70.
- Robb, W., Cocking, J. (2014). Review of European chainsaw fatalities, accidents and trends. Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry, 36(2), 103-126.
- Tsioras, P. A., Rottensteiner, C., Stampfer, K. (2011). Analysis of accidents during cable yarding operations in Austria 1998–2008. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 32(2), 549-560.
- Tunay, M. and Emir, T. (2015). Ormancılık üretim işlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin yasal çerçevede değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(2), 195-202.
- URL-1 (2025). Code of Practice for Managing Safety and Health in Forestry Operations, <http://www.teagasc.ie/forestry/docs/advice/HSA%20Safety%20Code%20of%20Practice%20Forestry%202009.pdf>.
- URL-2 (2025). Logging Safety, <http://www.cdc.gov/niosh/topics/logging>.
- Ünver, S. ve Acar H.H. (2011) Ormancılık Faaliyetlerinde Risk Değerlendirmesi, 17.Ergonomi Kongresi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,14-17 Ekim, 412-421,Eskişehir.

- Xu, J., Zhang, Z., Friedman, T., Liang, Y., Broeck, G. (2018). A semantic loss function for deep learning with symbolic knowledge. In International conference on machine learning (pp. 5502-5511). PMLR.
- Yaylı, D. And Çalışkan E.(2019b) Comparison of Ergonomic Risk Analysis Methods for Working Postures of Forest Nursery Workers. European Journal of Forest Engineering , cilt.5, sa.1, ss.18-24.
- Yaylı, D. and Çalışkan, E. (2019a). A Study on The Health Problems of Forest Nursery Workers. Bartın Orman Fakültesi Dergisi , cilt.21, sa.2, ss.517-524.

ORMAN YANGINI RİSK HARİTALARININ OLUŞTURULMASI (ÇANKIRI ÖRNEĞİ)¹

Burak ÇONTAR²

Ender BUĞDAY³

1. GİRİŞ

Orman yangınları, ekosistemlerin işleyişini bozarak biyolojik çeşitliliği tehdit eden, toprak kayıplarına yol açan ve atmosfere salınan karbon miktarını artırarak iklim değişikliğini hızlandıran; bununla birlikte insan yaşamı, yerleşim alanları ve ekonomik faaliyetler üzerinde de ciddi etkiler oluşturan karmaşık çevresel afetlerdir (Bowman et al., 2009). Bu çok boyutlu etkiler, orman yangınlarının yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik bağlamında da ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu noktada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknolojileri, yangın öncesi risk tahmininden yangın sonrası hasar analizine kadar uzanan süreçlerde mekânsal veri üretimi ve karar destek açısından kritik araçlar olarak öne çıkmaktadır. Nitekim modern yangın yönetiminde meteorolojik, topoğrafik ve insan kaynaklı verilerin CBS ortamında bütünleştirilmesi, önleyici ve müdahaleye

¹ Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü - Orman Mühendisliği Bölümü'nde Burak ÇONTAR tarafından yürütülen ve 2025 yılında tamamlanan "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Orman Yangını Risk Haritalarının Oluşturulması" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Tüm yazarlar, bu çalışmaya mekânsal veri sağlayan Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerini sunmaktadır.

² Orman İşletme Şefi, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü, ORCID: 0009-0004-6050-8639.

³ Doç. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-3054-1516.

yönelik stratejilerin etkinliğini artırmaktadır (Sakellariou et al., 2017). CBS tabanlı mekânsal analizlerin, yangın tehlikesi taşıyan alanların belirlenmesi ve risk zonlarının oluşturulmasında metodolojik bir temel sunduğu, tematik haritalama ve uzamsal veri yönetimi yetenekleri sayesinde karar vericilere önemli avantajlar sağladığı belirtilmektedir (Akay ve Bilici, 2022). Bu kapsamda, Weighted Overlay yöntemi gibi ağırlıklandırmaya dayalı yaklaşımlar, farklı risk kriterlerinin birlikte değerlendirilmesine olanak tanıyarak doğal afet risk haritalamasında yaygın biçimde kullanılmakta ve farklı uygulama alanlarında geçerliliği doğrulanmaktadır (Tešić et al., 2020; Basha et al., 2024). Orman yangını risk analizinde topoğrafya, arazi kullanımı, bitki örtüsü ve insan etkisi gibi çok sayıda kriterin birlikte ele alınmasının gerekliliği, bu analizlerin yangın yönetimi karar süreçlerine doğrudan katkı sunduğunu ortaya koymaktadır (Kaplan ve Kuru, 2019). Bu doğrultuda, CBS, uzaktan algılama ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi çok kriterli karar verme yöntemlerinin entegrasyonu, yangın riski haritalarının daha kapsamlı ve güvenilir biçimde üretilmesini sağlamaktadır (Akbulak et al., 2018). Güncel çalışmalar, uzaktan algılama verileriyle desteklenen CBS tabanlı modellerin yangın yayılımı ve çevresel etkilerin analizinde önemli bir potansiyel sunduğunu ve kaynak yönetimini optimize ettiğini göstermektedir (Hichou et al., 2023). Ayrıca, statik risk haritalarının ötesine geçilerek dinamik karar destek sistemleri ve senaryo tabanlı modelleme yaklaşımlarının geliştirilmesi, iklim değişikliği etkisiyle artan yangın sıklığı karşısında adaptif yangın yönetimi politikalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Kalabokidis et al., 2011). Bu bağlamda, yangın risk zonlarının bilimsel temellere dayalı olarak doğru biçimde modellenmesi, önleme ve müdahale süreçlerinde kaynakların etkin kullanımına olanak tanımaktadır (Chuvieco et al., 2014).

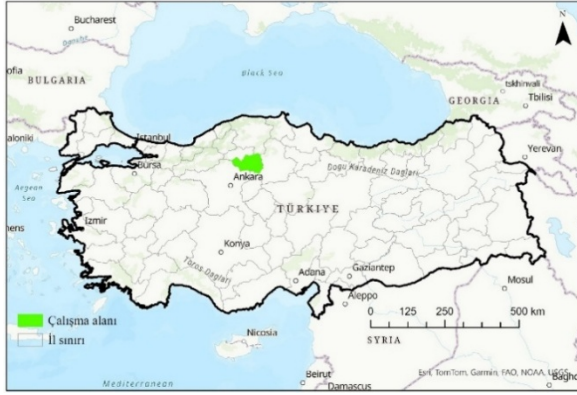
Ulusal ve uluslararası literatürde orman yangınlarının önlenmesi, erken tespiti, risk analizi ve etkilerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama, çok kriterli karar verme yaklaşımları ve yapay zekâ temelli yöntemlerin giderek merkezi bir rol üstlendiği görülmektedir. Yangın gözetleme kulelerinin uygun konumlandırılmasında CBS'nin etkinliğini vurgulayan çalışmalar (Kudu, 2019; Akay ve Erdoğan, 2021), risk ve hassasiyet haritalarının oluşturulmasında Analitik Hiyerarşi Süreci, Gri İlişkisel Analiz ve bulanık mantık gibi yöntemlerle desteklenen mekânsal modellerin karar verme süreçlerini güçlendirdiğini ortaya koymaktadır (Akay, 2020; Kumi-Boateng vd., 2021; Coşkun ve Toprak, 2023; Demir ve Akay, 2024). Uydu verileri, bitki örtüsü indeksleri, yüzey sıcaklığı, termal anomaliler ve toprak nemi gibi çevresel göstergeler kullanılarak yangınların önceden tahmin edilebileceği ve riskin daha doğru değerlendirilebileceği belirtilirken (Beşli ve Tenekeci, 2020; Sharma ve Dhakal, 2021; Farhat vd., 2021), Google Earth Engine, insansız hava araçları ve yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verilerinin yangın öncesi ve sonrası hasar tespiti ile şiddet analizlerinde önemli avantajlar sunduğu ifade edilmektedir (Yılmaz vd., 2021; Sarı, 2022; Çelik vd., 2024; Eyi ve Buğdaycı, 2024). Bunun yanı sıra, CBS tabanlı çok kriterli modellerin ağaçlandırma planlaması, arazi kullanım değişimlerinin izlenmesi ve yangına duyarlı alanların belirlenmesi gibi konularda ekolojik planlamaya katkı sağladığı vurgulanmaktadır (Muğla ve Türk, 2020; Önkol ve Menteşe, 2023; Djellouli vd., 2024; Benbakkar vd., 2024). Derin öğrenme ve ileri modelleme yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmalar, yangınların nerede ve ne zaman çıkabileceğine dair öngörü kapasitesini artırarak risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanırken (Fidanboy vd., 2022), müdahale ekiplerinin konumlandırılması ve kaynakların etkin tahsisi gibi operasyonel kararların da CBS destekli analizlerle optimize edilebileceği ortaya konulmaktadır

(Ercan vd., 2023; Atmaca vd., 2022; Fekir vd., 2022). Literatür aynı zamanda orman yangınlarının toplumsal etkileri, gönüllülük, restorasyon ve sürdürülebilir orman yönetimi gibi sosyal ve yönetsel boyutlara da dikkat çekerek, bilimsel veriye dayalı bütüncül yaklaşımların gerekliliğini vurgulamaktadır (Kolukırık vd., 2022; Kemer, 2022; Ergün, 2023; Akyürek, 2023; Küçükarslan vd., 2024; Ocak vd., 2024). Bu çalışma, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahasında orman yangını riski taşıyan alanların belirlenmesine yönelik olarak, CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin entegre edildiği çok kriterli bir mekânsal karar destek modelinin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma alanı

Bu araştırma, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü bünyesinde yer alan Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü'nün sorumluluk alanı kapsamında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışmanın temel veri setini, ilgili Orman İşletme Şefliklerinden temin edilen ve son beş yıllık dönemi kapsayan yangın konum bilgileri ile her bir şefliğe ait orman amenajman planları ve amenajman haritaları oluşturmaktadır. Buna ek olarak, çalışma alanındaki orman yol ağlarına ilişkin mekânsal veriler de kullanılarak analiz süreci desteklenmiş ve değerlendirmeler bu bütüncül veri altyapısı üzerinden yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyonu

2.2. Yöntem

Bu çalışmada orman yangını riskinin mekânsal olarak modellenmesinde, çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan Weighted Overlay Model (WOM) esas alınmıştır. WOM, eğim, arazi kullanımı, bitki örtüsü gibi farklı tematik katmanların, yangın riski üzerindeki göreceli etkilerini temsil eden ağırlıklar aracılığıyla bütünleştirilmesine olanak tanıyan bir yaklaşımdır ve CBS tabanlı risk analizlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Tešić et al., 2020). Bu doğrultuda analiz sürecinde; eğim, arazi kullanımı/arazi örtüsü, bitki örtüsü yoğunluğu (NDVI), yola uzaklık, geçmiş yangınlar, nüfus yoğunluğu ve Fire Weather Index (FWI) kriterleri dikkate alınmıştır. Seçilen tüm kriterler, literatürde orman yangını oluşumu ve yayılımı üzerinde etkili olduğu kabul edilen faktörler doğrultusunda belirlenmiş; her bir veri katmanı normalize edilerek yangın riski açısından göreceli önemine uygun biçimde ağırlıklandırılmıştır (Akbulak vd., 2018; Özenen Kavlak vd., 2021).

Analiz kapsamında kullanılan tüm mekânsal veriler, ArcGIS 10.3 yazılım ortamında UTM projeksiyon sistemine dönüştürülerek ortak bir referans sistemine getirilmiş ve değerlendirmeye hazır hale getirilmiştir. Çalışmada yararlanılan veri katmanları; ASTER GDEM'den elde edilen sayısal

yükseklik modeli (SYM) tabanlı eğim verileri, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) CBS veri tabanından sağlanan arazi kullanımı/arazi örtüsü ve yol ağı verileri, TÜİK ve OGM kaynaklı nüfus verileri, Landsat 9 OLI uydu görüntülerinden üretilen NDVI katmanı, OGM'den temin edilen geçmiş yangın konumları ile ERA5 meteorolojik verilerine dayalı olarak hesaplanan FWI bileşenlerinden oluşmaktadır.

Eğim katmanı, çalışma alanını kapsayan SYM verisi kullanılarak türetilmiş ve literatürde yaygın biçimde kullanılan sınıflandırma yaklaşımı benimsenerek beş farklı sınıfa ayrılmıştır (%0–5 eğim: düşük risk; %5–15: orta risk; %15–30: yüksek risk; %30–45: çok yüksek risk; >%45: yüksek/orta risk). Bu sınıflar, eğimin artışıyla birlikte yangın yayılım hızının ve risk düzeyinin yükseldiği varsayımına dayanmaktadır. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü verileri ise orman, tarım alanı, yerleşim alanı ve açıklık alanlar (su yüzeyleri dâhil) olacak şekilde sınıflandırılmış ve yangına duyarlılık açısından değerlendirilmiştir. Çok yüksek eğim değerlerinde yakıt sürekliliğinin azalması ve toprak derinliğinin sınırlanması nedeniyle risk düzeyi görece düşebilmektedir.

Bitki örtüsünün mekânsal dağılımı ve yoğunluğunu temsil etmek amacıyla Normalize Edilmiş Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI) hesaplanmıştır. NDVI, Landsat 9 OLI multispektral uydu görüntülerinin kırmızı (Band 4) ve yakın kızılötesi (Band 5) bantları kullanılarak ArcGIS ortamında Raster Calculator aracı ile üretilmiştir. Elde edilen NDVI değerleri, bitki örtüsünün yanıcı madde potansiyelini yansıtacak şekilde yeniden sınıflandırılmış (<0.1 NDVI: çok düşük risk (yakıt yok, 0); 0.1–0.2: düşük risk (1); 0.2–0.3: çok yüksek risk (4); 0.3–0.5: orta risk (2); >0.5: yüksek risk (3)) ve her sınıfa yangın riski açısından uygun puanlar atanmıştır. Orta yoğunluklu ve kurak vejetasyonun, yüksek NDVI'ya sahip daha nemli ve canlı örtülere kıyasla daha yanıcı

olduğu kabul edilmiştir; bu nedenle maksimum risk orta NDVI aralığında tanımlanmıştır.

Ulaşım ağları kapsamında karayolları, köy yolları ve orman yolları tek bir katman altında birleştirilmiş; bu verilerden yararlanılarak Multi Ring Buffer analizi ile yollara olan mesafe sınıfları (1 km, 3 km, 5 km ve >5km) oluşturulmuştur. Müdahale kolaylığı ve insan etkisi göz önünde bulundurularak, yollara yakın alanların farklı risk düzeylerine sahip olduğu kabul edilmiştir.

Geçmiş yangınlar kriteri, 2015–2024 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen toplam 57 yangın olayına ait konumsal veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Yangın noktaları, yanan alan büyüklükleri dikkate alınarak buffer işlemiyle alansal hale getirilmiş ve bu veriler yangın tekrar olasılığının göstergesi olarak analiz sürecine dâhil edilmiştir.

Nüfus yoğunluğu verileri, insan kaynaklı yangın riskini temsil etmek amacıyla değerlendirilmiştir. İlçe, belde ve köy ölçeğinde elde edilen nüfus verileri spline interpolasyon yöntemiyle yüzey haline getirilmiş ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak farklı risk sınıflarına ayrılmıştır. Çalışma alanındaki nüfus verileri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı nüfus yoğunluğu

	Belde ve köyler	İl ve ilçe merkezleri	Toplam
Çankırı	61354	138627	199981
Merkez	9830	89142	98972
Atkaracalar	3030	2096	5126
Bayramören	1838	524	2362
Çerkeş	7447	9802	17249
Eldivan	3085	3307	6392
İlgaz	6148	7848	13996
Kızılırmak	4896	2202	7098
Korgun	1938	2415	4353
Kurşunlu	3043	6594	9637
Orta	11182	3527	14709
Şabanözü	3157	9494	12651
Yapraklı	5760	1676	7436

Meteorolojik koşulların yangın riski üzerindeki belirleyici etkisini yansıtmak amacıyla, tek tek meteorolojik parametreler yerine Fire Weather Index (FWI) kullanılmıştır. Kanada Orman Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi'ne dayalı olarak geliştirilen FWI; sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı, yağış ve çiy noktası sıcaklığı gibi değişkenlerin birleşimiyle yangın çıkma ve yayılma potansiyelini nicel olarak ifade etmektedir. Bu çalışmada FWI, ERA5 verileri kullanılarak 22 Temmuz 2024 tarihine ait raster katmanlar üzerinden hesaplanmış, birim dönüşümleri yapılmış ve çalışma alanı sınırlarına göre kırılarak analiz edilmiştir. FWI katmanı, uzun dönemli ortalamayı değil, yüksek riskli tipik bir yaz günü koşullarını temsil eden senaryo bazlı bir gösterge olarak modele dahil edilmiştir. Hesaplanan FWI değerleri normalize edilerek düşükten aşırı yüksek risk düzeyine kadar beş sınıfta değerlendirilmiştir (0–15: Düşük risk, 15–30: Orta risk, 30–60: Yüksek risk, 60–85: Çok yüksek risk, 85–100: Aşırı yüksek risk).

Tüm kriterlerin göreceli önem düzeyleri, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak belirlenmiştir. Literatüre dayalı olarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi yardımıyla her bir kriter için ağırlık katsayıları hesaplanmış (eğim: %20; arazi kullanımı: %18; bitki örtüsü/NDVI: %17; yola uzaklık: %15; yangın geçmişi: %12; nüfus yoğunluğu: %10; FWI: %8) ve bu katsayılar WOM analizine aktarılmıştır. ArcGIS Spatial Analyst modülünde yer alan Weighted Overlay aracı kullanılarak, ağırlıklandırılmış raster katmanlar üst üste bindirilmiş ve bileşik orman yangını risk haritası üretilmiştir. Nihai risk değerleri 0–1 aralığında normalize edilmiş, ardından “çok düşük”, “düşük”, “orta”, “yüksek” ve “çok yüksek” risk sınıfları altında kategorize edilmiştir.

Elde edilen risk haritasının doğruluğu, geçmiş yangın konumları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş; alan bazlı örtüşme analizi ve ROC eğrisi kullanılarak model başarımı ölçülmüştür. Sonuçlar, modelin %85'in üzerinde bir doğruluk

düzeyine sahip olduğunu göstermiş ve geliştirilen yaklaşımın operasyonel kullanım açısından güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu süreçte, tüm kriterler yüksek değerlerin yüksek riski, düşük değerlerin ise düşük riski temsil edeceği biçimde 1–9 ölçeğinde puanlanmış; böylece yangına daha duyarlı alanların mekânsal olarak ayırt edilmesi sağlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

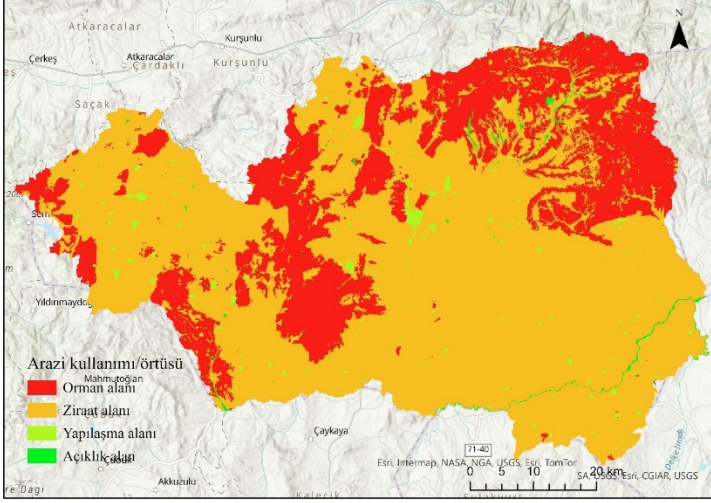
Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) sorumluluk sahasında 2015–2024 dönemine ait kayıtlar değerlendirildiğinde, on yıllık süreçte toplam 57 orman yangınının meydana geldiği ve bu olaylarda 94,31 ha alanın yandığı belirlenmiştir. Yangın verileri, olayların hem mekânsal hem de zamansal açıdan homojen bir dağılım sergilemediğini; belirli ilçelerde ve belirli yıllarda yoğunlaşma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. İlçe ölçeğinde en fazla yangın Yapraklı’da (18 vaka) görülmüş; bunu Eldivan (11), Çankırı Merkez ve Şabanözü (her biri 10) izlemiştir. Korgun’da 7 yangın kaydedilirken, Orta ilçesinde yalnızca 1 olayın raporlanmış olması, riskin mekânsal olarak kümelenebildiğine işaret etmektedir. Yıllar bazında incelendiğinde ise en yüksek yangın sayısının 2017 yılında (11 olay) gerçekleştiği; 2019 ve 2022 yıllarında (her biri 3 olay) görece düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Yangınların çıkış nedenleri değerlendirildiğinde, birincil nedenler içinde “nedeni bilinmeyen” vakaların %66,6 gibi oldukça yüksek bir oranla öne çıktığı; bunu “ihmal ve dikkatsizlik” (14 olay; %24,6), “doğal nedenler” (4 olay; %7,0) ve “kaza” (1 olay; %1,8) kategorilerinin izlediği anlaşılmaktadır. 2015-2024 yılları arasında Çankırı OİM sorumluluk sahası içerisinde meydana gelen orman yangınlarına ait bazı istatistikler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. 2015-2024 yılları çalışma alanında meydana gelen orman yangınları

Kategori	Alt Kategori	Yangın Sayısı	Oran (%)
İlçelere Göre	Yapraklı	18	31,6
	Eldivan	11	19,3
	Çankırı Merkez	10	17,5
	Şabanözü	10	17,5
	Korgun	7	12,3
	Orta	1	1,8
	Toplam (İlçeler)	57	100
Yıllara Göre	2015	6	10,5
	2016	9	15,8
	2017	11	19,3
	2018	4	7,0
	2019	3	5,3
	2020	7	12,3
	2021	7	12,3
	2022	3	5,3
	2023	6	10,5
	2024	1	1,8
	Toplam (Yıllar)	57	100
Birincil Nedenler	Nedeni Bilinmeyen	38	66,6
	İhmal ve Dikkatsizlik	14	24,6
	Doğal Nedenler	4	7,0
	Kaza	1	1,8
	Toplam (Birincil Nedenler)	57	100
Tali Nedenler	Nedeni Bilinmeyen	11	34,4
	Bitki Artığı	6	18,8
	Anız Yakma	6	18,8
	Yıldırım	4	12,5
	Diğer Ateş Kullanımı (Avcı/Çoban)	2	6,3
	Kendiliğinden Yanma	2	6,3
	Diğer Kazalar	1	3,1
	Toplam (Tali Nedenler)	32	100

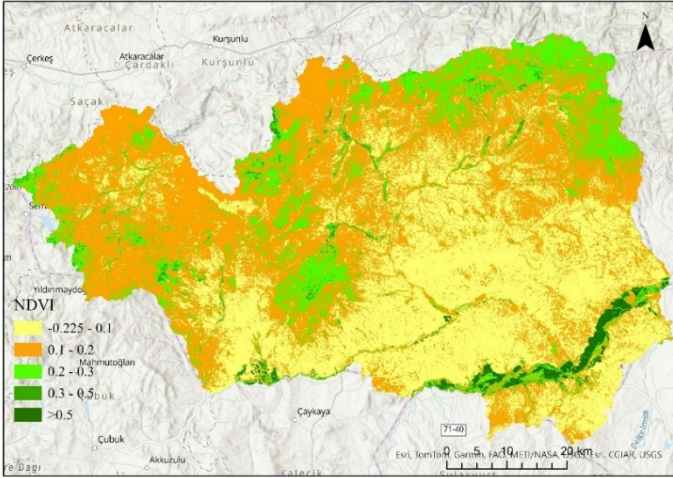
Tali nedenler açısından da “nedeni bilinmeyen” grubunun öne çıkmasıyla birlikte, bitki artığı temizliği ve anız yakma gibi insan kaynaklı uygulamaların toplamda kayda değer bir paya sahip olması, yangınların önlenmesinde izleme, eğitim ve

Arazi kullanımı/arazi örtüsü, Çankırı OİM sınırları için sınıflandırılarak arazi kullanım haritasına dönüştürülmüştür (Şekil 3).

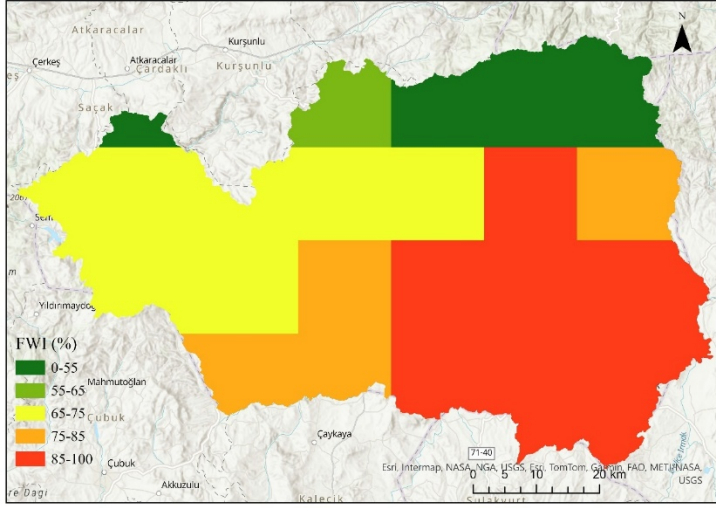


Şekil 3. Çalışma alanı arazi kullanımı

NDVI, vejetasyon yoğunluğunu temsil edecek biçimde hesaplanmış ve elde edilen yoğunluk desenleri risk değerlendirmesine aktarılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanı NDVI endeksi dağılımı



Şekil 8. Çalışma alanı meteorolojik indeks (FWI) dağılımı

3.2. AHP ile Kriter Ağırlıklandırması

AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalar sonucunda kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve modelde kullanılacak katsayılar elde edilmiştir. Sonuçlar, eğim (0,20), arazi kullanımı (0,18) ve NDVI (0,17) kriterlerinin ağırlık bakımından öne çıktığını; yol ağlarına uzaklık (0,15) ve yangın geçmişinin (0,12) önemli ancak ikincil düzeyde katkı sağladığını göstermektedir. Nüfus yoğunluğu (0,10) ve FWI (0,08) ise bu yapı içinde daha düşük ağırlık değerleriyle temsil edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışmadaki kriterlerin ağırlık değerleri

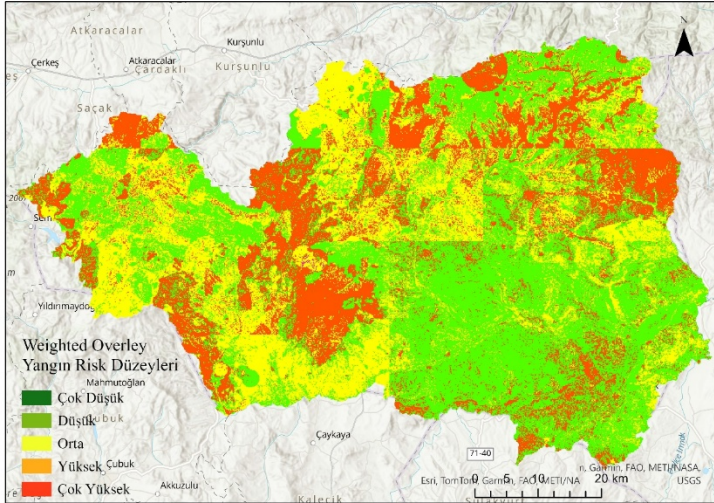
Kriter	Ağırlık (w_i)
Eğim	0.20
Arazi Kullanımı	0.18
Bitki Örtüsü (NDVI)	0.17
Yol Ağlarına Uzaklık	0.15
Yangın Geçmişi	0.12
Nüfus Yoğunluğu	0.10
FWI (Fire Weather Index)	0.08

Öte yandan, 22 Temmuz 2024 tarihli meteorolojik verilerle üretilen FWI katmanı, tek başına değerlendirildiğinde

riskin özellikle saha genelinin güneydoğu ve batı kesimlerinde görece yükseldiğini, buna karşın daha yüksek rakımlı ve nemli kuzey kesimlerde düşük seyrettiğini göstermektedir. Bu görünüm, sıcaklık–nem–rüzgâr–yağış bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesiyle ortaya çıkan mikroklimatik ayrışmayı yansıtmaktadır.

3.3. Risk Haritasının Oluşturulması

AHP ile elde edilen ağırlıklar, WOM yaklaşımına aktarılmış ve ArcGIS ortamında katmanlar ağırlıklı biçimde üst üste bindirilerek çalışma alanına ait orman yangını risk haritası üretilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Çalışma alanı için üretilen yangın risk haritası

Elde edilen sonuçlar, risk sınıflarının çalışma alanında belirgin bir oran farklılığı ile dağıldığını göstermektedir: çok düşük risk %44,47; düşük risk %30,88; orta risk %0,02; yüksek risk %6,21 ve çok yüksek risk %18,42 oranında alan kaplamaktadır. Harita üzerinden yapılan mekânsal yorumlar, yüksek ve çok yüksek riskli bölgelerin çoğunlukla eğimli topoğrafyada, yanıcı biyokütlenin bulunduğu alanlarda ve yol

ağları ile yerleşim/insan hareketliliğinin etkisinin hissedildiği kesimlerde yoğunlaştığını düşündürmektedir. Buna karşılık, düşük riskli alanların daha nemli koşullara sahip, eğimin sınırlı olduğu veya yangın yayılımını zorlaştırabilecek doğal bariyerlerin bulunabileceği kesimlerde yer aldığı görülmektedir. Risk dağılımının uç değerlerde yoğunlaşması, kriterlerin ağırlıklandırma yapısının alanı baskın biçimde düşük ve yüksek risk zonlarına ayırdığını göstermektedir.

Model güvenilirliğini sınamak amacıyla, üretilen risk haritası geçmiş yangın verileriyle karşılaştırılmış ve gerçekleşmiş yangınların %89,3'ünün haritadaki “yüksek” ve “çok yüksek” risk sınıflarıyla çakıştığı belirlenmiştir. ROC analizi, gerçekleşmiş yangın noktalarının yüksek ve çok yüksek risk sınıflarıyla örtüşmesine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu oran, modelin geçmiş olayları açıklama başarısını yansıtmakta olup, ileriye dönük öngörü kapasitesi için mutlak bir doğruluk göstergesi olarak değerlendirilmemelidir. Bu bulgu, modelin geçmiş olay örüntülerini önemli ölçüde yakalayabildiğini ve risk sınıflandırmasının pratikte anlamlı bir ayrım ürettiğini göstermektedir. Mekânsal dağılım yorumları ayrıca, özellikle orta ve kuzey-kuzeydoğu kesimlerde çok yüksek risk yoğunlaşmasının dikkat çektiğini; bu alanların turistik kullanımlar ve yerleşimlere görece yakın olabilmesi nedeniyle insan etkisinin yangın tetikleyicisi olarak daha belirgin hale geldiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla yalnızca meteorolojik bileşik gösterge (FWI) üzerinden yapılan değerlendirmelerin sahadaki toplam risk yapısını açıklamada tek başına yeterli olmayabileceği; geçmiş yangınlar, yol yakınlığı, nüfus ve arazi/vejetasyon özellikleri birlikte ele alındığında riskin bazı kesimlerde insan baskısıyla farklılaştığı anlaşılmaktadır.

Bu sonuçlar, yangın yönetimi açısından önceliklendirilmesi gereken alanların belirlenmesinde doğrudan kullanılabilecek bir karar destek zemini sunmaktadır. Özellikle

yüksek ve çok yüksek risk sınıflarında kalan alanların büyüklüğü, erken uyarı ve izleme sistemlerinin bu bölgelerde yoğunlaştırılması, müdahale ekiplerinin stratejik biçimde konumlandırılması, yol–yerleşim–orman geçiş zonlarında tampon alan planlaması yapılması ve uzaktan algılama destekli periyodik izleme ile risk haritasının güncel tutulması gibi bütüncül risk azaltma yaklaşımlarının gerekliliğini güçlendirmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, CBS, uzaktan algılama ve çok kriterli karar verme yaklaşımlarını bütüncül bir çerçevede bir araya getirerek, orman yangını riski taşıyan alanların mekânsal olarak belirlenmesine yönelik uygulanabilir bir model ortaya koymuştur. Uygulama aşamasında kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile kriter ağırlıklarının sistematik biçimde belirlenmesi ve bu ağırlıkların Weighted Overlay Model (WOM) ile CBS ortamında bütünleştirilmesi, yangın risk zonlarının üretilmesinde tutarlı ve işlevsel çıktılar sağlamıştır. Üretilen risk haritasının geçmiş yangın kayıtlarıyla yüksek düzeyde örtüşmesi, geliştirilen yaklaşımın doğruluğunu destekler nitelikte olup, modelin karar destek amaçlı kullanım potansiyelini güçlendirmektedir. Bulgular, özellikle eğim, arazi kullanımı/örtüsü ve yol ağlarına yakınlık gibi değişkenlerin yangın riskinin mekânsal desenini belirgin biçimde şekillendirdiğini göstermiş; bunun yanında Landsat 9 OLI verilerinden türetilen NDVI katmanı, bitki örtüsü yoğunluğu ve sağlığı üzerinden yangına duyarlılığın yorumlanmasına anlamlı bir katkı sunmuştur.

Çankırı OİM sorumluluk sahasında 2015–2024 dönemine ilişkin yangın kayıtları incelendiğinde gerek birincil gerek tali nedenlerde “nedeni bilinmeyen” kategorisinin belirgin biçimde öne çıkması, yangınların önlenmesi ve yönetiminde izleme

kapasitesinin ve kayıt kalitesinin artırılmasına yönelik bir gereksinime işaret etmektedir. Mekânsal dağılım değerlendirmeleri, yangınların özellikle ilin orta ve kuzey kesimlerinde, insan varlığının ve hareketliliğinin (özellikle yaz döneminde) arttığı lokasyonlarda yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Yangınların ekonomik etkisi bakımından, incelenen dönemde oluşan toplam ağaçlandırma zararının ₺18.487.403,84 düzeyinde hesaplanmış olması, yangınların yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda mali ve yönetsel bir yük oluşturduğunu göstermekte; bu nedenle risk analizlerinin planlama süreçlerine entegre edilmesinin önemini pekiştirmektedir.

Bu çalışma kapsamında izlenen iş akışı, CBS tabanlı yangın riski analizlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliğini somut biçimde ortaya koyarken, aynı zamanda literatürdeki yaklaşımların sahada kullanılabilecek pratik bir çerçeveye dönüştürülebileceğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, yerel yönetimler ve orman işletme birimleri açısından yüksek riskli alanların önceden belirlenmesine imkân tanıyarak, yangın öncesi politika geliştirme, önleyici planlama ve hızlı müdahale stratejilerinin kurgulanması için işlevsel bir karar destek altyapısı sunmaktadır. Bununla birlikte, kriter ağırlıklandırmasının ulusal ve uluslararası çalışmalarla desteklenmesine karşın, farklı ağırlıklandırma teknikleri ve alternatif çok kriterli yöntemlerle daha yüksek duyarlılıkta sonuçlar üretilebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca meteorolojik değişkenlerin tek bir tarih üzerinden ele alınması ve uzaktan algılama tarafında yalnızca Landsat 9 OLI verilerinden yararlanılması gibi sınırlılıklar, ilerleyen çalışmalarda daha dinamik ve zaman serisi temelli analizlerin tasarlanmasına yönelik bir ihtiyaç doğurmaktadır.

Gelecek araştırmalar için, yangın riskinin gerçek zamana daha yakın izlenebilmesi adına yapay zekâ destekli mekânsal karar destek sistemlerinin modele entegre edilmesi

önerilmektedir. Buna ek olarak, iklim değişikliği senaryolarına dayalı olarak riskin gelecekteki mekânsal dağılımının modellenmesi, planlamayı daha ileri düzeye taşıyacak kapsamlı öngörüler sağlayabilir. Toplum temelli CBS (crowdsourced GIS) uygulamaları yoluyla yerel gözlemlerin ve sahadan gelen bildirimlerin risk analizine dâhil edilmesi, erken uyarı süreçlerini güçlendirebilir; Google Earth Engine gibi bulut tabanlı platformlar ise veri işleme kapasitesi ve süreklilik açısından yangın izleme sistemlerinin güncel tutulmasına katkı sunabilir. Sonuç olarak bu çalışma, CBS ve uzaktan algılama teknolojilerinin analitik karar verme mekanizmalarıyla birleştirilmesinin, orman yangınları gibi çok etkenli afetlerin daha etkili biçimde modellenmesine ve yönetilmesine olanak tanıdığını göstermektedir. Geliştirilen yaklaşım, yalnızca Çankırı OİM özelinde değil, benzer ekolojik ve sosyo-mekânsal dinamiklere sahip farklı bölgelerde de uygulanabilir nitelikte olup, sürdürülebilir çevre yönetimi ve afet risk azaltma politikalarına destek sağlayabilecek bir çerçeve sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akay, A. 2020. Integrated use of ahp and gis techniques for generating forest fire risk map in karacabey flooded forest., 62. <https://doi.org/10.3390/iecf2020-08061>
- Akay, A. and Bilici, E. 2022. Evaluating the locations of the fire helicopter platforms in the region of bursa. *Artgrid - Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 4(2), 254-263. <https://doi.org/10.57165/artgrid.1201452>
- Akay, A. and Erdoğan, A. 2021. Developing validation of forest fire risk maps based on historical fire incidences. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-4/W5-2021, 33-38. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxvi-4-w5-2021-33-2021>
- Akbulak, C., Tatlı, H., Aygün, G., ve Sağlam, B. 2018. Forest fire risk analysis via integration of GIS, RS and AHP: The Case of Çanakkale, Turkey. *Journal of Human Sciences*, 15(4), 2127-2143.
- Akyürek, Ö. 2023. Türkiye'deki 2000–2021 yılları arasındaki bitki örtüsü yangınlarının mekânsal analizi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 4(1), 33-46. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1179051>
- Atmaca, İ., Derakhshandeh, M., Işık Pekkan, Ö., Özenen-kavlak, M., vd. 2022. Lojistik Regresyon ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Orman Yangını Risk Modellemesi: Muğla-Milas Örneği. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 8(1), 66-75. <https://doi.org/10.21324/dacd.951902>
- Basha, A., Salem, A., Mostafa, W., and Farhan, M. 2024. Application of gis models in determining the suitable site for a solid waste to energy plant in an urban area. *Civil*

- Engineering Journal, 10(1), 171-188.
<https://doi.org/10.28991/cej-2024-010-01-011>
- Benbakkar, H., Souidi, Z., Bardadi, A., and Bento-Gonçalves, A. 2024. Forest fires risk in a semi arid region: a case study in western algeria. International Journal of Professional Business Review, 9(5), e04680.
<https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i5.4680>
- Beşli, N., ve Tenekeci, E. 2020. Uydu verilerinden karar ağaçları kullanarak orman yangını tahmini. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(3), 899-906.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/893172>
- Çelik, M. Ö., Fidan, D., Ulvi, A., ve Yakar, M. 2024. Akdeniz Bölgesi'ndeki orman yangınlarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi: Mersin ili Silifke ilçesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2), 116-125.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3165387>
- Coşkun, M., ve Toprak, F. 2023. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı orman yangını risk analizi: Bartın İli örneği. Geomatik, 8(3), 250-263.
<https://doi.org/10.29128/geomatik.1192219>
- Demir, A. and Akay, A. 2024. Forest fire risk mapping using gis based analytical hierarchy process approach. European Journal of Forest Engineering, 10(1), 15-28.
<https://doi.org/10.33904/ejfe.1400233>
- Dilekçi, S., Marangoz, A. M., ve Ateşoğlu, A. 2021. Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. Geomatik, 6(1), 44-53.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1109710>

- Djellouli, Y., Kefifa, A., Nasrallah, Y., Djebbouri, M., and Zouidi, M. 2024. Fire risk mapping for holm oak forests in el hassasna region as part of the ecosystem restoration programme. *Advanced Research in Life Sciences*, 8(1), 24-33. <https://doi.org/10.2478/arls-2024-0003>
- Ercan, B., Özdilim, S., ve Avcı, M. G. 2023. Orman yangınlarına ilk müdahale ekiplerinin yerleşim planlaması: Aliğa-İzmir örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 96-103. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2986840>
- Ergün, O. F. 2023. Türkiye’de orman yangınları ve gönüllülük. *Emergency Aid and Disaster Science*, 3(1), 7-14. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/eadsjrn/issue/76540/1274220>
- Eyi, G., ve Buğdaycı, İ. 2024. Uzaktan algılama yöntemleri ile yangın şiddetinin tespiti: Yunanistan Rodos Adası orman yangını örneği. *Geomatik*, 9(3), 348-360. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4299783>
- Farhat, N., Mehdyddin, M., Ibrahim, H., Fadel, B., and Sheib, A. 2021. Satellite-based approach for forest fire prediction: a case study from lebanon. *Plants and Environment*, 3(4), 121-136. <https://doi.org/10.22271/2582-3744.2021.dec.121>
- Fekir, Y., Hamadouche, M., and ANTEUR, D. 2022. Integrated approach using geographic information system and multi criteria decision analysis method for forest fire risk mapping in northwestern algeria. *Plant Archives*, 351-359. <https://doi.org/10.51470/plantarchives.2022.v22.no1.055>
- Fidanboy, M., Adar, N., ve Okyay, S. 2022. Derin öğrenmeye dayalı orman yangını tahmin modeli geliştirilmesi ve

- Türkiye yangın risk haritasının oluşturulması. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(2), 206-218.
https://dergipark.org.tr/en/download/articlefile/2226382?trk=public_post_comment-text
- Ghouzlane, S. 2022. Wildfire remote sensing applications.
<https://doi.org/10.52460/issc.2022.027>
- Hichou, B., Mhammdi, N., and Dakki, M. 2023. Integrated geomatics and remote sensing analysis of forest fire propagation and land cover change in berkane, morocco. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(9), 347-357.
<https://doi.org/10.12912/27197050/174254>
- Kalabokidis, K., Xanthopoulos, G., Moore, P., Caballero, D., Kallos, G., Lloréns, J., ... and Vasilakos, C. 2011. Decision support system for forest fire protection in the euro-mediterranean region. *European Journal of Forest Research*, 131(3), 597-608.
<https://doi.org/10.1007/s10342-011-0534-0>
- Kaplan, F. and Kuru, A. 2019. Mapping fire incidents and evaluating service area of fire stations in fatih subprovince. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 111-124.
<https://doi.org/10.34186/klujes.476239>
- Kemer, N. 2022. Orman Yangınları ve Sonrası: Orman Ekosistem Restorasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 373-381.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejosat/issue/68221/1054290>
- Kolukırmık, S., Arslan, D. A., ve Yılmaz, G. G. 2022. Orman yangınlarının toplumsal etkileri ve görünümü: Medya paylaşımlarında 2021 büyük Antalya-Manavgat yangını.

- Afet ve Risk Dergisi, 5(2), 560-580.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/afet/article/1086418>
- Kudu, U. M., ve Buğday, E. 2019. Yangın gözetleme kuleleri konumlarının uygunluğunun değerlendirilmesi (İlgaz Orman İşletme Müdürlüğü örneği). Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 550-559.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/788779>
- Kumi-Boateng, B., Pephrah, M. S., and Larbi, E. K. 2021. Prioritization of forest fire hazard risk simulation using hybrid grey relativity analysis (HGRA) and fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) coupled with multicriteria decision analysis (MCDA) techniques—a comparative study analysis. Geodesy and Cartography, 47(3), 147-161. <https://doi.org/10.3846/gac.2021.13028>
- Muğla, M. K., and Türk, T. 2020. Potansiyel ağaçlandırma sahalarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. Jeodezi Ve Jeoinformasyon Dergisi, 7(2), 103-120.
<https://doi.org/10.9733/JGG.2020R0007.T>
- Ocak, F., Cesur, F., Ismail, A., ve Keklik, S. 2024. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Yangın Hasarının ve Yangına Duyarlı Alanların Belirlenmesi: Aydıncık (Mersin) İlçesi Örneği, Türkiye. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 10(2), 344-364.
<https://dacd.artvin.edu.tr/tr/pub/issue/84084/1419616>
- Önkol, C., and Mentese, S. 2023. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanarak Arazi Kullanımının Zamansal Değişiminin Belirlenmesi: Pamukova (Sakarya) Örneği (1984-2022). Ege Coğrafya Dergisi, 32(2), 343-359.
<https://doi.org/10.51800/ecd.1269765>

- Ozenen Kavlak, M., Cabuk, S. N., and Cetin, M. 2021. Development of forest fire risk map using geographical information systems and remote sensing capabilities: Ören case. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 33265-33291.
- Sakellariou, S., Tampekis, S., Samara, F., Sfougaris, A., and Christopoulou, O. 2017. Review of state-of-the-art decision support systems (dsss) for prevention and suppression of forest fires. *Journal of Forestry Research*, 28(6), 1107-1117. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0452-1>
- Sarı, H. 2022. İnsanız Hava Aracı (Drone) ile Erozyon Alanlarının Tespiti: Trakya Yarımadası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 70-79. <https://doi.org/10.33462/jotaf.892105>
- Sharma, S., and Dhakal, K. 2021. Boots on the Ground and Eyes in the Sky: A Perspective on Estimating Fire Danger from Soil Moisture Content. *Fire*, 4(3), 45. <https://doi.org/10.3390/fire4030045>
- Sivrikaya, F., Enez, K., ve Özcan, G. 2024. Orman yol ağının orman yangınlarına etkisinin coğrafi bilgi sistemleri ile araştırılması. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 72-77. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3809321>
- Tešić, D., Đorđević, J., Hölbling, D., Đorđević, T., Blagojević, D., Tomić, N., ... and Lukić, A. 2020. Landslide susceptibility mapping using ahp and gis weighted overlay method: a case study from Ijig, Serbia. *Serbian Journal of Geosciences*, 6(1), 9-21. <https://doi.org/10.18485/srbjgeosci.2020.6.1.2>

- Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L., Yakar, M. 2022. Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4(1), 23-33. <https://doi.org/10.56130/tucbis.993807>
- Yılmaz, O. S., Oruç, M. S., Ateş, A. M., ve Gülgen, F. 2021. Orman yangın şiddetinin Google Earth Engine ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak analizi: Hatay-Belen örneği. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(2), 1519-1532. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jist/issue/61423/817900>

ORMANCILIKTA DEPO YERİ SEÇİMİNDE LOKASYON UYGUNLUK ANALİZİ¹

Bilge Kağan ŞEKER²

Ender BUĞDAY³

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri, günümüzde çevresel kaynak yönetimi, doğal afetlerin izlenmesi, ekosistemlerin izlenmesi ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının geliştirilmesi gibi pek çok alanda vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Bu teknolojiler, mekânsal verilerin sistematik biçimde toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesini mümkün kılarak, karmaşık karar verme süreçlerinin daha doğru, etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve çevresel sorunlara yönelik çözüm arayışlarında, CBS ve UA tabanlı yaklaşımlar, karar destek sistemlerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır.

Ormancılık sektöründe sürdürülebilirlik ilkesi, orman kaynaklarının uzun vadeli korunması ve verimli kullanımı açısından temel bir hedef olarak öne çıkmaktadır (Aksoy 2023;

¹ Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü - Orman Mühendisliği Bölümü'nde Burak ÇONTAR tarafından yürütülen ve 2025 yılında tamamlanan "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Orman Yangını Risk Haritalarının Oluşturulması" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Tüm yazarlar, bu çalışmaya mekansal veri sağlayan Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerini sunmaktadır.

² Orman Mühendisi, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, ORCID: 0009-0005-3281-4791.

³ Doç.Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-3054-1516.

Coşkun ve Toprak 2023). Bu bağlamda, orman ürünlerinin depolanması ve dağıtım süreçlerinin etkin bir şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır. Orman depo yerlerinin uygun şekilde belirlenmesi, yalnızca ekonomik verimliliği artırmakla kalmamakta; aynı zamanda taşıma maliyetlerinin azaltılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi yoluyla sürdürülebilir orman yönetimini de desteklemektedir. Depo yeri seçimi, çok sayıda çevresel, ekonomik ve mekânsal kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok kriterli bir karar problemi niteliğindedir ve bu süreçte CBS ve UA teknikleri önemli avantajlar sunmaktadır.

CBS, mekânsal verilerin depolanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için güçlü bir altyapı sağlarken; UA teknolojileri, uydu ve hava platformları aracılığıyla geniş alanlardan hızlı ve maliyet etkin veri elde edilmesine imkân tanımaktadır. Bu iki teknolojinin birlikte kullanımı, arazi kullanım planlaması, çevresel izleme ve doğal kaynak yönetimi gibi alanlarda bütüncül analizlerin yapılmasına olanak vermektedir. Özellikle orman alanlarının yönetimi, korunması ve yeniden ormanlaştırma çalışmaları, CBS ve UA entegrasyonu sayesinde daha etkin ve bilimsel temellere dayalı biçimde yürütülebilmektedir (Muğla ve Türk 2020; Hatipoğlu ve Uzun 2020).

Orman kaynaklarının yönetimi; çevresel, ekonomik ve sosyal boyutların eş zamanlı olarak ele alınmasını gerektiren çok yönlü bir süreçtir. Bu nedenle, yeni analiz yaklaşımlarının geliştirilmesi ve uygulanması, sürdürülebilir ormancılık hedeflerine ulaşmada kritik bir öneme sahiptir. Ulusal ve uluslararası ölçekte gerçekleştirilen çalışmalar, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir orman yönetimi alanında önemli bir bilgi birikimi ve uygulama potansiyeli ortaya koymaktadır (Mendi ve Çabuk 2018; Korkmaz ve Başaraner 2023).

Literatürde, orman ürünlerinin depolanması ve depo yerlerinin planlanmasına yönelik çalışmalar, bu süreçlerin yalnızca lojistik ve ekonomik açıdan değil; aynı zamanda ekolojik denge, biyolojik çeşitlilik, karbon depolama ve ekosistem hizmetleri açısından da stratejik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan araştırmalar, etkin depo yerleşimi ve yönetiminin taşıma maliyetlerini azalttığını, ürün kalitesini artırdığını ve tedarik zinciri verimliliğini güçlendirdiğini göstermektedir (Bradford ve D'Amato 2011; Ward vd. 2018; Lindh vd. 2020). Bununla birlikte, orman depolarının biyolojik çeşitliliğin korunması, karbon depolama kapasitesinin artırılması ve ekosistem direncinin güçlendirilmesi gibi çevresel faydalar sağladığı da vurgulanmaktadır (Jianjia vd. 2018; Thompson vd. 2019; Drigo vd. 2021). Son yıllarda dijital teknolojilerin, özellikle CBS ve UA'nın, orman depo yönetimine entegre edilmesiyle birlikte, mekânsal analizlerin doğruluğu ve karar süreçlerinin etkinliği önemli ölçüde artmıştır (Chirici vd. 2022; Sullivan vd. 2023). Bu çalışmalar, orman depo yönetiminin ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu, bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Orman depo yerlerinin belirlenmesinde arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ), ulaşım ağlarına ve yerleşim alanlarına uzaklık, mevcut depolara mesafe, eğim ve diğer çevresel faktörler gibi çok sayıda kriter dikkate alınmaktadır. Bu kriterlerin birlikte değerlendirilmesinde, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri yaygın olarak kullanılmakta; özellikle Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. AHP'nin CBS ile entegrasyonu, mekânsal karar verme süreçlerinde daha nesnel ve sistematik sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Ertunç ve Çay 2020; Alkan vd. 2022).

Kurşunlu OİŞ; kuzeyde Bayramören Orman İşletme Şefliği ile Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Araç Orman İşletme Müdürlüğü bünyesindeki Dereyayla ve Boyalı Orman İşletme Şeflikleriyle, güneyde Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Şabanözü ve Çankırı Orman İşletme Şeflikleriyle, doğuda Devrez ve Ilgaz Orman İşletme Şeflikleriyle, batıda ise Çerkeş Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Çatak ve Çerkeş Orman İşletme Şeflikleriyle komşudur.

Kadastro çalışmaları kapsamında orman kadastro sınırları belirlenmiş olmakla birlikte, taslak meşcere haritasının planlayıcıya sunulmaması nedeniyle bu sınırlar meşcere haritasına aktarılamamıştır. Kurşunlu Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki orman alanları, yaklaşık 570 m ile 2200 m arasında değişen yükseltilerde yer almakta olup, topoğrafik açıdan genellikle sarp ve kayalık bir yapı sergilemektedir. Bölgede %60 ve üzeri eğime sahip alanların yaygınlığı, toprak derinliğinin sınırlı olması, taşlık yapı ve bazı kesimlerde anakayanın yüzeyde bulunması, ormancılık faaliyetlerinin daha yoğun ve dikkatli bir şekilde yürütülmesini zorunlu kılmaktadır (Anonim 2019).

Ilgaz OİM ve Kurşunlu OİŞ'ye ait ormanlık alanlar, ilin ağırlıklı olarak kuzey kesimlerinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanlar, hem ekonomik değerleri hem de ekolojik işlevleri bakımından bölge için önemli doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Ayrıca mevcut ulaşım altyapısı, orman ürünlerinin taşınması ve dağıtımı süreçlerinde lojistik açıdan önemli avantajlar sunmaktadır.

Kurşunlu Orman İşletme Şefliği'nin toplam yüzölçümü 119.625,48 hektar olup, bu alanın 29.222,1 hektarı ormanlık alanlardan, 90.403,3 hektarı ise açıklık alanlardan oluşmaktadır. Şeflik sınırları içerisindeki orman ekosistemi; iğne yapraklı türlerden karaçam (*Pinus nigra*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve

göknarın (*Abies spp.*) baskın olduğu bir yapıya sahipken, meşe (*Quercus spp.*), kayın (*Fagus orientalis*) ve gürgen (*Carpinus spp.*) gibi geniş yapraklı türler de orman yapısında önemli bir yer tutmaktadır.

Son beş yıla ait üretim verileri incelendiğinde, damga ve endüstriyel odun üretim miktarlarının yıllara göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Buna göre; 2024 yılında 6.173 m³ damgaya karşılık 3.495 m³, 2023 yılında 9.279 m³ damgaya karşılık 6.009 m³, 2022 yılında 8.254 m³ damgaya karşılık 5.527 m³, 2021 yılında 8.689 m³ damgaya karşılık 7.179 m³ ve 2020 yılında ise 10.364 m³ damgaya karşılık 7.985 m³ endüstriyel odun üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim 2019).

2.2. Verilerin temin edilmesi

Bu çalışmada gerçekleştirilen mekânsal uygunluk analizinde kullanılan veriler, orman depo yeri seçim sürecinde belirleyici rol oynayan tematik ve topografik bileşenlerden oluşmaktadır. Analiz kapsamında kullanılan tüm veri setleri, farklı kurumlardan temin edilmiş olup CBS ortamında bütünleştirilerek çok kriterli değerlendirme sürecine uygun hale getirilmiştir.

Arazi kullanımı ve arazi örtüsüne (AKAÖ) ilişkin veriler, OBM CBS veri tabanından elde edilmiştir. Bu veriler, çalışma alanındaki arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi amacıyla kullanılmış ve ormanlık alanlar, orman toprağı bulunan ancak ağaç örtüsü olmayan alanlar, yapılaşmış alanlar, tarım alanları ve su yüzeyleri gibi temel sınıflar altında değerlendirilmiştir. AKAÖ verileri, depo yeri uygunluk analizinde çevresel etkilerin ve arazi niteliğinin belirlenmesinde temel bir kriter olarak ele alınmıştır.

Ulaşım altyapısına ilişkin yol ağı verileri ile mevcut depo yerlerinin konum bilgileri, OBM CBS veri tabanından; çalışma alanına ait sınır verileri ise Kurşunlu OİŞ CBS veri tabanından temin edilmiştir. Yol ağı verileri, depo alanlarının erişilebilirliği,

taşıma maliyetleri ve operasyonel etkinliğin değerlendirilmesinde kritik bir kriter olarak kullanılmıştır. Mevcut depo lokasyonları ise, yeni depo alanlarının planlanmasında altyapı sürekliliğinin sağlanması ve kaynak kullanımının optimize edilmesi amacıyla analiz sürecine dahil edilmiştir.

Yerleşim alanlarına ilişkin veriler, Google Maps üzerinden elde edilmiş ve bu veriler, insan yerleşimlerine olan mesafenin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu kapsamda, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen ve yerleşim alanlarından belirli ölçüde uzak depo alanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Korunan alanlara ilişkin veriler, DKMP'ye ait Doğayı Koruma Alanları veri tabanından sağlanmıştır. Bu alanlar, orman ekosistemlerinin korunması açısından hassas bölgeler olarak değerlendirilmiş ve yeni depo alanlarının bu alanlarla olan mekânsal ilişkileri uygunluk analizinde sınırlayıcı bir unsur olarak ele alınmıştır.

Topografik faktörlerden biri olan eğim verisi, 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip ASTER-GDEM kullanılarak elde edilmiştir. Sayısal yükseklik modeli üzerinden türetilen eğim haritası, depo alanlarının inşaat uygunluğu, araç erişilebilirliği ve operasyonel güvenlik açısından değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Eğim, hem yapım maliyetlerini etkileyen hem de lojistik faaliyetleri doğrudan sınırlayan bir faktör olması nedeniyle analizde ağırlıklı kriterler arasında yer almıştır.

Bu çalışmada kullanılan tüm veriler; mekânsal çözünürlük, güncellik ve tematik doğruluk açısından güvenilir kaynaklardan temin edilmiş, CBS ortamında entegre edilerek çok kriterli karar verme analizlerine uygun hale getirilmiştir. Bu yaklaşım sayesinde, orman depo yeri seçimi süreci bilimsel, sistematik ve nesnel bir temele dayandırılmıştır.

2.3. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Bu çalışmada, orman depo yeri uygunluk analizinde kullanılan kriterlerin göreceli önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi uygulanmıştır. AHP, çok kriterli karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılan ve nitel uzman görüşleri ile nicel verilerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanıyan sistematik bir yaklaşımdır. Analiz kapsamında, belirlenen her bir kriter için alanında uzman kişilerin görüşleri alınmış; bu görüşler doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Elde edilen karşılaştırmalar yardımıyla kriterlerin göreceli önem derecelerini temsil eden sayısal değerler belirlenmiş ve her bir kriter için ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Süreç boyunca tutarlılık oranları kontrol edilerek karar matrislerinin kabul edilebilir düzeyde tutarlı olması sağlanmış, böylece uzman değerlendirmelerinden kaynaklanabilecek öznel tutarsızlıkların etkisi en aza indirilmiştir.

AHP yönteminin CBS ile birlikte kullanılması, mekânsal karar verme süreçlerine önemli katkılar sunmaktadır. Bu entegrasyon sayesinde, yalnızca kriterler arasındaki teorik öncelik ilişkileri değil, aynı zamanda bu kriterlerin mekânsal dağılımları da dikkate alınabilmektedir. Özellikle araziye dayalı planlama gerektiren depo yeri seçimi çalışmalarında, AHP ile belirlenen ağırlıkların mekânsal verilerle ilişkilendirilmesi, karar sürecinin daha nesnel, şeffaf ve uygulanabilir olmasını sağlamaktadır.

AHP analizi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları, CBS ortamında raster formatta oluşturulan kriter haritaları ile entegre edilmiştir. Bu aşamada her bir kriter, uygunluk derecelerini temsil eden raster katmanlar şeklinde modellenmiş ve bu katmanlar, AHP ile hesaplanan ağırlık katsayıları kullanılarak Weighted Overlay yöntemiyle birleştirilmiştir. Weighted Overlay yöntemi,

farklı kriterlerin göreceli önemlerini dikkate alarak tek bir mekânsal karar haritası üretmeye imkân tanıyan yaygın bir analiz yaklaşımıdır.

Ağırlıklı doğrusal kombinasyon sonucunda elde edilen nihai uygunluk haritası, uygunluk düzeylerine göre beş sınıfta değerlendirilmiştir. Bu sınıflar; “çok uygun”, “uygun”, “orta derecede uygun”, “az uygun” ve “uygun olmayan” alanlar şeklinde tanımlanmıştır. Bu sınıflandırma, karar vericilerin alanları öncelik sırasına göre değerlendirebilmesine olanak tanıyarak planlama sürecinin etkinliğini artırmaktadır.

Uygunluk analizleri, ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım ortamında raster verilerin işlenmesi, kriter katmanlarının yeniden sınıflandırılması ve uygunluk skorlarının hesaplanması işlemleri yürütülmüş; tüm mekânsal veriler birbiriyle uyumlu biçimde değerlendirilerek analiz süreci tamamlanmıştır. Veri işleme aşamasında, tüm vektör ve raster katmanların aynı projeksiyon sisteminde (WGS 84 / UTM zone 36N – EPSG:32636) tanımlanmasına ve 30 m mekânsal çözünürlükte raster hücre yapısının kullanılmasına özen gösterilmiştir. Bu teknik düzenleme, mekânsal örtüşmenin sağlıklı ve hatasız biçimde gerçekleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen uygunluk haritası, yalnızca ormancılık alanında görev yapan planlayıcılar ve karar vericiler için değil, aynı zamanda lokasyon temelli karar verme süreçlerine ihtiyaç duyan diğer sektörler için de uygulanabilir bir iş akışı sunmaktadır. AHP ile CBS’nin bütünleştirilmesi sayesinde, hem uzman görüşlerine dayalı nitel değerlendirmeler hem de mekânsal verilere dayalı nicel analizler bir araya getirilmiş; böylece orman depo yeri planlamasına yönelik bilimsel, şeffaf, tekrarlanabilir ve karar verici dostu bir model geliştirilmiştir.

AHP sürecinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları, güncel literatüre dayalı olarak yapılan değerlendirmeler ve ikili karşılaştırmalar sonucunda belirlenmiştir. Buna göre; arazi kullanımı/arazi örtüsü ve yollara uzaklık kriterleri %25'er ağırlık ile en yüksek öneme sahip kriterler olarak değerlendirilmiştir (Aksoy 2023; Turan 2020; Aburas vd. 2017; Demir vd. 2024). Yerleşim yerlerine uzaklık ve eğim kriterlerine %15'er ağırlık verilmiş olup, bu kriterler hem çevresel sürdürülebilirlik hem de operasyonel uygunluk açısından önemli faktörler olarak ele alınmıştır (Sisay vd. 2021; Forootan 2025). Mevcut depolara uzaklık ve koruma alanlarına uzaklık kriterleri ise %10'ar ağırlıkla değerlendirilmiş; bu kriterler mevcut altyapının etkin kullanımı ve hassas alanların korunması açısından analiz sürecine dahil edilmiştir (Toba vd. 2023; Karamountzou ve Vagiona 2023).

Bu çalışmada, orman ürünleri depo alanları için en uygun lokasyonların belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan Weighted Overlay yöntemi uygulanmıştır. Yöntem, CBS ortamında birden fazla raster veri katmanının, her birine atanan ağırlıklar doğrultusunda çakıştırılması esasına dayanmakta olup, mekânsal uygunluk analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Analiz kapsamında; arazi kullanımı ve arazi örtüsü, eğim, mevcut depo alanlarına uzaklık, korunan alanlara uzaklık, yerleşim yerlerine uzaklık ve yollara uzaklık kriterleri dikkate alınmıştır. Bu kriterlerin göreceli önem düzeyleri, önceki aşamada AHP yöntemiyle belirlenmiş ve elde edilen ağırlık katsayıları, her bir raster kriter katmanına atanmıştır. Raster katmanların birleştirilmesinde ArcGIS 10.3 yazılımında yer alan “Weighted Overlay” aracı kullanılmıştır.

Weighted Overlay analizinde, her bir kriter rasteri piksel düzeyinde yeniden sınıflandırılmış ve her piksele uygunluk

derecesini temsil eden sayısal değerler atanmıştır. Ardından, AHP ile hesaplanan ağırlık katsayıları kullanılarak piksel bazlı ağırlıklı toplam değerler hesaplanmıştır. Bu işlem, aşağıda verilen ağırlıklı doğrusal kombinasyon yaklaşımına dayanmaktadır:

$$S_i = \sum (w_j \times x_{ij})$$

Burada;

S_i , i 'nci piksel için hesaplanan uygunluk skorunu,

w_j , j 'nci kriterin AHP ile belirlenen ağırlığını,

x_{ij} , i 'nci pikselin j 'nci kritere ait yeniden sınıflandırılmış değerini,

n ise toplam kriter sayısını ifade etmektedir.

Analiz sonucunda, her piksele 1 (en az uygun) ile 5 (en uygun) arasında değişen uygunluk skorları atanmış ve çalışma alanının tamamını kapsayan mekânsal bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen uygunluk haritası, planlayıcılar ve karar vericiler için potansiyel depo alanlarının belirlenmesinde hem görsel hem de analitik bir değerlendirme zemini sunmaktadır.

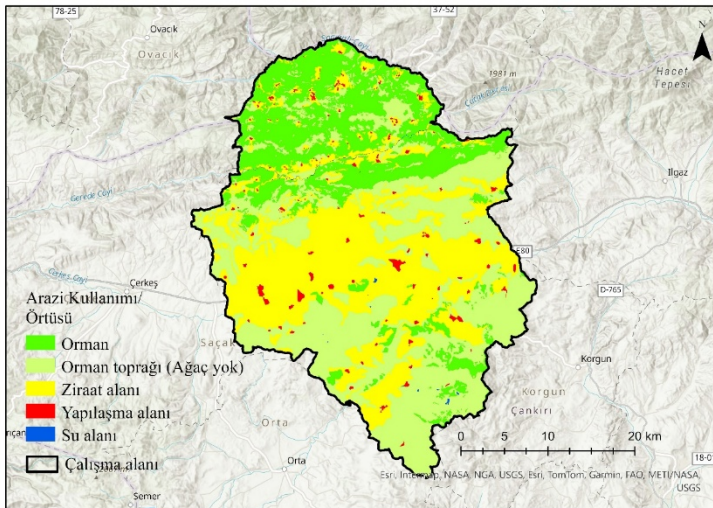
Bu çalışma kapsamında faktörlerin ağırlıklandırılmasının ardından tüm kriterler raster formata dönüştürülmüş, uygunluk analizine temel oluşturacak şekilde yeniden sınıflandırılmıştır. Kullanılan tüm kriterler normalize edilerek 1–5 aralığında uygunluk değerleri alacak biçimde standartlaştırılmıştır (1 = en az uygun, 5 = çok uygun). AHP ile belirlenen ağırlık katsayıları kullanılarak gerçekleştirilen Weighted Overlay işlemi sonucunda, çalışma alanı sınırları içerisinde orman depo yeri kurulmasına yönelik uygunluk düzeylerini gösteren nihai harita elde edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çalışmada Kullanılan Kriterler

Kriterler arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda, en yüksek ağırlığın arazi kullanımı ve arazi örtüsü kriterine verildiği görülmektedir. Bu durum, orman depo alanlarının belirlenmesinde çevresel sürdürülebilirlik ile uyumlu alanların tercih edilmesinin kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan kriterler ve her bir kritere ilişkin bulgular aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında OBM CBS veri tabanından elde edilen AKAÖ verileri kullanılarak oluşturulan arazi kullanım ve arazi örtüsü haritası Şekil 2’de verilmiştir. CBS ortamında AHP yaklaşımına uygun biçimde dönüştürülen AKAÖ raster verisi; orman alanı, orman toprağı, ziraat alanı, yapılaşma alanı ve su alanı olmak üzere beş sınıfta değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı AKAÖ haritası

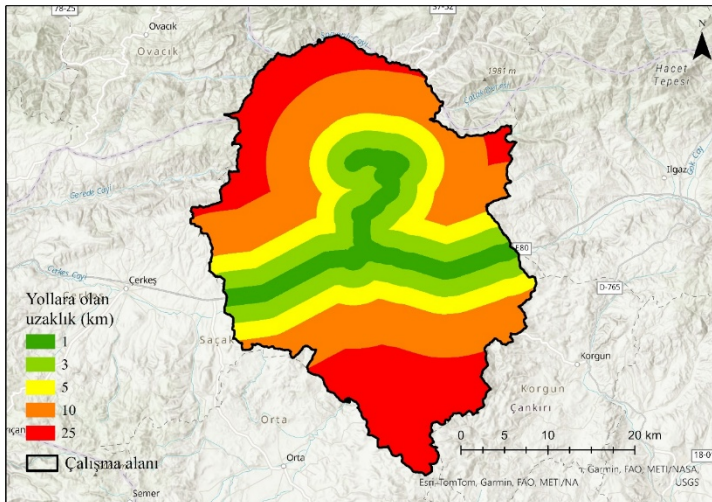
AKAÖ sınıflarının çalışma alanı içerisindeki alansal ve oransal dağılımına ilişkin bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur. Buna göre, çalışma alanının önemli bir bölümünü orman toprağı ve

Yerleşim alanlarına olan uzaklığın çalışma alanı içerisindeki alansal ve oransal dağılımı Tablo 5’te sunulmuş olup, alanların büyük bir bölümünün yerleşim merkezlerine orta ve uzak mesafelerde konumlandığı görülmektedir.

Tablo 5. Yerleşim alanlarına olan mesafeler

Uzaklık Aralığı (km)	Alan (ha)	Yüzde (%)
0–1	313,65	0,26
1–5	7.539,84	6,30
5–10	23.562,18	19,70
10–20	70.254,90	58,73
>20	17.954,91	15,01
Toplam	119.625,48	100,00

Yollara yakınlık kriteri kapsamında, orman, köy ve karayolu verileri temin edilmiş; ancak çalışma amacına daha uygun olması nedeniyle yalnızca karayolu veri tabanında yer alan yollar analizde kullanılmıştır. Yollara olan uzaklık, belirlenen mesafe aralıkları doğrultusunda beş sınıfta değerlendirilmiş ve elde edilen harita Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 7. Yollara olan mesafe haritası

Yollara olan uzaklık kriterine göre çalışma alanının alansal ve yüzdesel dağılımları Tablo 6'da verilmiştir. Bu

bulgular, ulaşım altyapısının depo alanı uygunluğu üzerindeki etkisini ortaya koymak açısından önemli bir değerlendirme sunmaktadır.

Tablo 6. Yollara olan mesafeler

Uzaklık Aralığı (km)	Alan (ha)	Yüzde (%)
0–1	10.955,07	9,16
1–3	20.352,15	17,01
3–5	19.152,90	16,01
5–10	39.667,05	33,16
10–25	29.498,31	24,66
Toplam	119.625,48	100,00

3.2. AHP analiz sonuçları

Literatüre dayalı olarak AHP yaklaşımı kullanılarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi sonucunda, kriterler arasındaki göreceli önem düzeyleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 7’de sunulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda tutarlılık oranı (CR) 0.056 olarak elde edilmiş olup, bu değerin 0.10’un altında olması nedeniyle karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilmiştir (Saaty, 1987). Bu sonuç, uzman görüşlerine dayalı olarak oluşturulan karar matrisinin güvenilir ve analizde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. AHP ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	AKAÖ	Yollara Uzaklık	Yerleşim Yerlerine Uzaklık	Mevcut Depolara Uzaklık	Koruma Alanlarına Uzaklık	Eğim
AKAÖ	1	1	1,667	2,5	2,5	1,667
Yollara Uzaklık		1	1,667	2,5	2,5	1,667
Yerleşim Yerlerine Uzaklık			1	1,5	1,5	1
Mevcut Depolara Uzaklık				1	1	0,667
Koruma Alanlarına Uzaklık					1	0,667
Eğim						1

Elde edilen tutarlılık oranı değeri, Saaty (1987) tarafından önerilen eşik değerler doğrultusunda değerlendirilmiş ve karar matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum, kriterler arasındaki göreceli karşılaştırmaların mantıksal açıdan uyumlu olduğunu ve AHP sonuçlarının mekânsal uygunluk analizinde güvenle kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

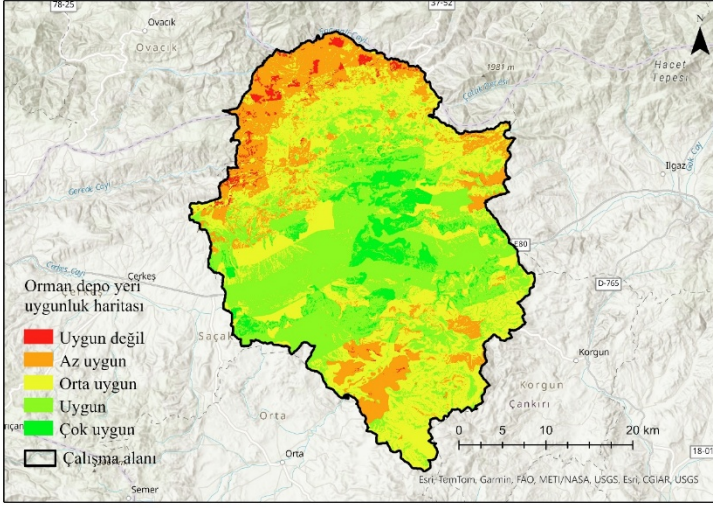
3.3. Weighted overlay ve uygunluk analizi

Weighted Overlay analizi sonucunda, çalışma alanı genelinde orman depo yeri kurulmasına yönelik uygunluk düzeylerinin mekânsal olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; çalışma alanının 8.068,23 ha'lık kısmı “çok uygun” (%6,74), 43.831,80 ha'lık kısmı “uygun” (%36,64), 44.396,73 ha'lık kısmı “orta uygun” (%37,11), 21.546,81 ha'lık kısmı “az uygun” (%18,01) ve 1.781,91 ha'lık kısmı ise “uygun değil” (%1,49) sınıfında yer almaktadır. Uygunluk sınıflarına ait alansal ve oransal dağılımlar Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Uygunluk sınıfları ve alansal dağılımlar

Uygunluk Sınıfı	Alan (ha)	Yüzde (%)
Çok Uygun	8.068,23	6,74
Uygun	43.831,80	36,64
Orta Uygun	44.396,73	37,11
Az Uygun	21.546,81	18,01
Uygun Değil	1.781,91	1,49
Toplam	119.625,48	100

Elde edilen bulgular, “çok uygun” ve “uygun” sınıflarının birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanının önemli bir bölümünü oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 8). Bu alanlar; genellikle yol ağına yakın, eğim değerleri düşük, yerleşim merkezlerine doğrudan baskı oluşturmayacak mesafede bulunan, buna karşın erişilebilirliği yüksek bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca bu alanların, korunan alanlardan uzak ve uygun arazi kullanımı/arazi örtüsü özelliklerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Depo yeri uygunluk haritası

“Orta uygun” sınıfında yer alan alanlar, bazı kriterler açısından avantajlı olmakla birlikte, topoğrafik koşullar veya erişilebilirlik gibi faktörler nedeniyle daha sınırlı bir uygunluk sergilemektedir. “Az uygun” ve “uygun değil” sınıflarındaki alanlar ise, çoğunlukla yüksek eğim değerleri, ulaşım ağlarına uzaklık, korunan alanlara yakınlık ya da uygun olmayan arazi örtüsü gibi sınırlayıcı faktörlerin etkisi altında bulunmaktadır. Bu sonuçlar, AHP ile belirlenen kriter ağırlıklarının ve Weighted Overlay yaklaşımının, orman depo yeri seçiminde mekânsal olarak ayırt edici ve tutarlı çıktılar ürettiğini ortaya koymaktadır. Uygunluk analizi sonucunda elde edilen harita, planlayıcılar ve karar vericiler için potansiyel depo alanlarının belirlenmesinde önemli bir karar destek aracı niteliği taşımaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, CBS ve UA teknikleri ile AHP yaklaşımının entegrasyonuna dayalı olarak, orman depo yeri seçimine yönelik çok kriterli bir karar destek modeli ortaya

konulmuştur. Geliştirilen model, çevresel ve lojistik kriterlerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanıyarak, mekânsal karar verme süreçlerinde nesnel ve tekrarlanabilir bir planlama yaklaşımı sunmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, çalışma alanındaki potansiyel depo alanlarının önemli bir bölümünün “çok uygun” ve “uygun” sınıflarda yer aldığını göstermektedir. Bu alanlar; düşük eğim değerleri, yol ağına yakınlık, yerleşim alanlarından belirli bir uzaklık ve mevcut depolara erişilebilir mesafelerde bulunma gibi kriterler açısından öne çıkmaktadır. Buna karşılık, yüksek eğimli ve ekolojik açıdan hassas alanların uygunluk düzeylerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, depo yeri seçiminde operasyonel verimlilik kadar çevresel sürdürülebilirliğin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çalışma bulguları, mevcut depo alanlarının konumsal olarak yeniden değerlendirilmesinin ve uzun vadeli planlama yaklaşımıyla ele alınmasının önemini göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda; orman yangını riski, erozyon potansiyeli, iklim değişikliği etkileri, toprak özellikleri ve biyofiziksel faktörlerin analize dahil edilmesi, modelin kapsamını ve doğruluğunu artıracaktır. Ayrıca arazi gözlemleriyle desteklenen veriler, karar destek modelinin uygulama gücünü pekiştirecektir. Bu çalışma CBS, UA ve AHP tekniklerinin bütünleşik kullanımının, orman depo yeri planlamasında sistematik, şeffaf ve sürdürülebilir kararların alınmasına katkı sağlayan etkili bir yaklaşım sunduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F., and Asha'ari, Z. H. (2017). Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based analytical hierarchy process. *Procedia engineering*, 198; 1128-1136.
- Aksoy, H. (2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Kestane (*Castanea sativa* Mill.) Ağaçlandırmaları İçin Uygun Alanların Tespiti. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2); 295-307.
- Alevkayalı, Ç., ve Tağıl, Ş. (2020). Edremit Körfezi'nde tarımsal arazi kullanımı uygunluk düzeylerinin değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*, (40); 135-147.
- Alkan, T., Atiz, Ö., ve DURDURAN, S. (2022). Konya'da elektrikli araç şarj istasyonlarının cbs tabanlı ahp yöntemi ile uygun yer seçimi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1) ; 193-199.
- Altın, G., Taşkın, S., Yurtal, R., ve Aköz, M. (2024). Kuru derelerde taşkın risk analizi; kebendibi deresi örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(1); 221-229.
- Anonim, (2019). Kurşunlu Orman İşletme Şefliğine ait Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, Çankırı.
- Atmaca, İ., Derakhshandeh, M., Pekkan, Ö., Kavlak, M., Tunca, Y., ve Çabuk, S. (2022). Lojistik regresyon ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangını risk modellemesi: muğla-milas örneği. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 8(1); 66-75.
- Butt, A., Shabbir, R., Ahmad, S., and 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 Science, 18(2); 251-259.

Chirici, G., et al. (2022). Digital technologies in forest depot management: Innovations for the future. Forests, 13(4); 1-15.

Ciritci, D. ve Türk, T. (2019). Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: sivas ili örneği. Journal of Geodesy and Geoinformation, 6(1); 61-74.

Coşkun, M. ve Toprak, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri (cbs) tabanlı orman yangını risk analizi: Bartın ili örneği. Geomatik, 8(3); 250-263.

Dağlı, D. ve Çağlıyan, A. (2016). Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: melendiz çayı havzası örneği. Türk Coğrafya Dergisi, 0(66); 83-92.

Demir, A., Dinçer, A. E., ve Yılmaz, K. (2024). A novel procedure for the AHP method for the site selection of solar PV farms. International Journal of Energy Research, 2024(1), 5535398.

Drigo, S., et al. (2021). Evaluating carbon sequestration potential in forest depots and its implications for climate change policy. Journal of Environmental Management, 282; 111-120.

Ertunç, E. ve Çay, T. (2020). Havaalanı yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve analitik hiyerarşi süreci (ahp) kullanımı. Konya Journal of Engineering Sciences, 8(2); 200-210.

Forootan, E. (2025). The integrated fuzzy AHP and fuzzy logic techniques for mapping and prioritizing groundwater

- potential zone based on water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(6); 1-25.
- Gürel, M., Bayata, H., ve Bayrak, O. (2020). Erzincan ili 110 acil çağrılarının coğrafi bilgi sistemleri ve farklı istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, 3(2); 236-255.
- Häkkinen, K., et al. (2021). Forest depot design: Balancing operational efficiency and sustainability. *International Journal of Forest Engineering*, 32(4); 220-230.
- Hatipoğlu, İ. ve Uzun, A. (2020). Melet ırmağı (ordu) orta ve aşağı çıkışında arazi kullanımının zamansal ve mekânsal değişimi (2002 – 2015). *Mavi Atlas*, 8(1); 154-168.
- Jianjia, Z., Dai, E., Du, Z., and Wang, X. (2018). Characteristic of tradeoffs between timber production and carbon storage for plantation under harvesting impact: a case study of huitong national research station of forest ecosystem. *Journal of Geographical Sciences*, 28(8); 1085-1098.
- Karamountzou, S., and Vagiona, D. G. (2023). Suitability and Sustainability Assessment of Existing Onshore Wind Farms in Greece. *Sustainability*, 15(3); 2095.
- Kärkkäinen, V., et al. (2019). Forest depot management practices and their impact on forest health. *Forestry*, 92(3); 1-11.
- Khafizova, Z., Mukhtarov, U., and Nodira, K. (2024). Study of using gis technologies in forestry cadastre and monitoring for environmental sustainability. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1420(1); 012006.
- Kline, J., Harmon, M., Spies, T., Morzillo, A., Pabst, R., McComb, B., ... and Vogeler, J. (2016). Evaluating carbon storage, timber harvest, and habitat possibilities for a western cascades (usa) forest landscape. *Ecological Applications*, 26(7); 2044-2059.

- Korkmaz, Ö. ve Başaraner, M. (2023). Yapı bilgi modellemesi ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu için ifc'den citygml ve cityjson veri formatlarına dönüşümün incelenmesi. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(4); 1020-1038.
- Lindh, A., et al. (2020). Forest depots: A vital link in the supply chain of forestry operations. *Forest Policy and Economics*, 112; 1-9.
- Liu, W., Ashton, M., Ducey, M., Bradford, M., and Kuebbing, S. (2025). Sustainable forest management for carbon, wood and biodiversity must consider natural disturbance regimes. *Environmental Research Letters*, 20(6); 064020.
- Mavzovin, V., Klevanskiy, N., Shakirzyanov, D., Miroshikhina, E. and Yumagulova, V. (2023). Integration of forestry management tasks at the forestry level. *E3S Web of Conferences*, 443, 01001.
- Mendi, A. ve Çabuk, A. (2018). Blockchain coğrafi bilgi sistemi uygulamaları. 6. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi (UZAL-CBS 2018) Bildiriler Kitabı, 145-152, Adana.
- Mo, L., Zohner, C., Reich, P., Liang, J., de-Miguel, S., Nabuurs, G., ... and Crowther, T. (2023). Integrated global assessment of the natural forest carbon potential. *Nature*, 624(7990); 92-101.
- Muğla, M. ve Türk, T. (2020). Potansiyel ağaçlandırma sahalarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 7(2); 103-120.
- Myneni, R., et al. (2022). Trade-offs in forest management: The role of depots in achieving sustainability goals. *Ecological Indicators*, 131; 1-13.
- Bradford, J. and D'Amato, A. (2011). Recognizing trade-offs in multi-objective land

- management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(4); 210-216.
- Nakajima, T., Shiraishi, N., Kanomata, H., and Matsumoto, M. (2017). Development and analysis of an opportunity cost simulation accounting for the spatial distributions of local forest management. *Annals of Forest Research*, 60(1); 145-159.
- Önkol, C. ve Menteşe, S. (2023). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknikleri kullanarak arazi kullanımının zamansal değişiminin belirlenmesi: pamukova (sakarya) örneği (1984-2022). *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(2); 343-359.
- Radosavljević, M., Masiero, M., Rogelja, T., and Čomić, D. (2023). Alignment of national forest policy frameworks with the eu timber regulation requirements: insights from montenegro and the republic of srpska (bosnia and herzegovina). *Forests*, 14(6); 1157.
- Rahmawaty, R., Frastika, S., Marpaung, R., Batubara, R., and Rauf, A. (2019). Short communication: use of geographic information system for mapping of *aquilaria malaccensis* land suitability in north sumatra, indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(9); 2561-2568.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 9(3-5); 161-176.
- Sejdiu, S., Zeqiraj, V., and Nimani, A. (2024). Economic efficiency and finance in the development of the forest economy within the framework of legal restrictions. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(2); 79-96.

- Simmonds, J., Rensburg, B., Tulloch, A., and Maron, M. (2019). Landscape-specific thresholds in the relationship between species richness and natural land cover. *Journal of Applied Ecology*, 56(4); 1019-1029.
- Sisay, G., Gebre, S. L., and Getahun, K. (2021). GIS-based potential landfill site selection using MCDM-AHP modeling of Gondar Town, Ethiopia. *African Geographical Review*, 40(2); 105-124.
- Solomon, N., Pabi, O., Annang, T., Asante, I. and Birhane, E. (2018). The effects of land cover change on carbon stock dynamics in a dry afro-montane forest in northern Ethiopia. *Carbon Balance and Management*, 13(1); 1–10.
- Sullivan, J., et al. (2023). Forest depots as multi-functional landscapes: Integrating production and conservation. *Land Use Policy*, 109; 1-10.
- Thompson, J., et al. (2019). The role of forest depots in biodiversity conservation efforts. *Conservation Biology*, 33(6); 1-10.
- Toba, A. L., Paudel, R., Lin, Y., Mendadhala, R. V., and Hartley, D. S. (2023). Integrated land suitability assessment for depots siting in a sustainable biomass supply chain. *Sensors*, 23(5); 2421.
- Turan, İ. D., Özkan, B., Türkeş, M., ve Dengiz, O. (2020). Landslide susceptibility mapping for the Black Sea Region with spatial fuzzy multi-criteria decision analysis under semi-humid and humid terrestrial ecosystems. *Theoretical and Applied Climatology*, 140(3); 1233-1246.
- Uusitalo, T., et al. (2020). Sustainable practices in forest depots: A case study from Finland. *Forest Ecology and Management*, 459; 1-12.

- Ward, B., et al. (2018). The economic value of forest depots in timber supply chain management. *Resources*, 7(1); 45-56.
- Zhang, D., Zheng, H., Ren, Z., Zhai, C., Shen, G., Mao, Z., ... and He, X. (2015). Effects of forest type and urbanization on carbon storage of urban forests in changchun, northeast china. *Chinese Geographical Science*, 25(2); 147-158.

TÜRKİYE VE DÜNYADA
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com