

## **YANGIN AMENAJMANI PLANLAMALARINDA YANGIN TEHLİKE ORANLARI VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**Ertuğrul BİLGİLİ      Bülent SAĞLAM      Emin Zeki BAŞKENT**  
KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

### **ÖZET**

Bu rapor, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin Yangın Tehlike Oranları Sistemi (YTOS) ile birlikte yangın amenajmanı planlamalarındaki potansiyel rolünü incelemektedir. Orman yangın yöneticileri, yangın istatistikleri yanında hava halleri, yanıcı madde ve topografik yapı gibi yangın davranışını etkileyen faktörler hakkında da doğru ve zamanlı bilgilere ihtiyaç duyarlar. Geleceğe dönük olarak yangın potansiyelini belirlemek için geliştirilen YTOS bu bilgileri sağlayarak, yangın organizasyonuna karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Bu sistemin etkin bir şekilde çalışabilmesi için bilgilerin güncel, doğru ve kullanılabilir bir formda olması gerekir. Ancak, çoğu bilgiler güncel ve kullanılabilir bir formda olmadıkları gibi, istenildiği zaman ulaşılmaları da her zaman mümkün değildir. Bunun için bilgileri depolayabilen; bilgilerin düzenlenmesini, analiz edilmesini ve istenilen formda (tablo/harita) sonuç raporlarının alınabilmesini sağlayan sistemlere ihtiyaç vardır. Bu konuda Coğrafi Bilgi Sistemleri büyük kolaylıklar sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangını, yangın tehlike oranları sistemi, CBS.

### ***FIRE DANGER RATING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN FIRE MANAGEMENT PLANNING***

### **ABSTRACT**

This report focuses on the potential role of Geographical Information Systems (GIS) in Fire Danger Rating and fire management planning. Fire managers require detailed and timely information about environmental factors, fire history and suppression resources. Fire Danger Rating Systems (FDRS) developed to predict fire potential and rate fire danger is a decision support tool for a fire organization through providing the information needed. For the system to function properly, information gathered should be accurate, timely and in a usable form. However, this information is not always readily available or in easily usable form. Here, systems are required that collect, store, integrate, manipulate, analyze, and display spatially oriented information in a form necessary for wildland fire planning. In this regard, GIS can be quite useful.

**Keywords:** Forest fire, fire danger rating systems, GIS.

## GİRİŞ

Orman yangınları, yangına bağımlı ekosistemlerde sistemin vazgeçilmez bir parçası olmasına ve ormanların sürekliliği ile ekolojik dengenin sağlanmasında en önemli öğelerden birini oluşturmasına rağmen, her yıl binlerce hektar verimli orman alanının yanmasına ve ormana dayalı bir çok değerden yeterince yararlanamamıza da neden olmaktadır. Neticede, ormanlar ve orman ürünlerinin sürekliliği de tehlikeye girmektedir (1). Bu nedenle, orman yangınlarının detaylı bir şekilde incelenerek, ekonomik ve ekolojik etkilerinin en iyi şekilde ortaya konulması, yapılacak planlama ve düzenlemelerin başarısı üzerinde önemli katkılar sağlayacaktır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için, yangın istatistikleriyle birlikte hava halleri, yanıcı madde ve topografik yapıya bağlı olarak yangın davranışının tahmin edilmesi ve planlamaların da ona göre yapılması gereklidir. Bu aşamada karar vericiler, yapacakları planlamalara katkı sağlayacak her türlü kaynak, bilgi ve programdan faydalanmak durumundadırlar. Geleceğe dönük yangın potansiyelini belirlemek için geliştirilen Yangın Tehlike Oranları Sistemleri (YTOS) bu bilgileri sağlayarak, yangın organizasyonuna karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Ancak, YTO Sisteminin etkin bir şekilde çalışabilmesi için gerekli bilgilerin güncel, doğru ve kullanılabilir bir formda olması gerekir. Bugün varolan orman envanterleri, farklı birimlerin isteği doğrultusunda hazırlanmış ve çok değişik formlardadır. Dolayısıyla, özel amaçlar için ihtiyaç duyulan bilgilerin farklı birimlerden derlenip hazır hale getirilmesi ve kullanılabilir bir forma dönüştürülmesi çok zaman almaktadır. Bunun için, farklı bilgileri depolayabilen ve bilgilerin kaydedilmesini, analiz edilmesini ve istenilen formda sonuç raporlarının alınabilmesini sağlayan sistemlere ihtiyaç vardır (2). Günümüzde bir çok uygulama alanına sahip olan CBS bu konuda önemli katkılar sağlayabilir. CBS'nin en önemli özelliklerinden biri, planlama, yönetim ve karar vermede önemli bir yardımcı araç olmasıdır. Bu özellik, onun konumsal sorgulama ve analiz yeteneğinden kaynaklanmaktadır. CBS kullanılarak basit ve karmaşık bir çok sorgulama ve klasik olarak gerçekleştirilmesi mümkün olmayan coğrafi analizler gerçekleştirilebilmektedir. Coğrafi bilgi sisteminin bu özelliklerinin kullanılmasıyla, ormancılıkta gerek işletme bazındaki planlama, yönetim ve karar verme aşamalarında, gerekse ülke bazındaki genel planlama ve ormancılık politikalarının belirlenmesinde önemli kolaylıklar elde edilebilir.

CBS gibi Karar Destek Sistemleri (KDS)'nden yararlanmayan yangın organizasyonlarının başarısının sınırlı ve pahalı olacağı açık bir gerçektir. Bunun bilincine varmış olan Kanada, A.B.D. ve Avustralya gibi ülkelerde bu sistemler geliştirilmiş ve ülke çapında uygulamaya konulmuştur. Ülkemizde de bu gibi sistemlerin uygulanmasıyla orman yangınlarıyla daha etkin ve ekonomik bir şekilde mücadele edilmesi ve aynı zamanda yangının bir amenajman aracı olarak kullanılması mümkün olacaktır (3). Bu raporda, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Türkiye'deki yangın amenajmanında kullanılması imkanları ele alınacaktır.

### **ORMAN YANGINLARI TEHLİKE ORANLARI SİSTEMİ (OYTOS)**

Yangın tehlikesi genel olarak, yangın çıkabilecek yerlerdeki sabit ve değişken çevre faktörlerinin (topografik özellikler, yanıcı madde özellikleri ve hava halleri) durumları ile açıklanır. Bu faktörler yanıcı maddenin tutuşma kolaylığını, yangının yayılma hızını, yangının kontrol edilebilme gücünü ve çevreye olan etkilerini belirlerler. Yangın tehlikesini etkileyen faktörlere bağlı olarak, mevcut şartlar altında oluşabilecek muhtemel bir yangının potansiyelinin belirlenmesi Yangın Tehlike Oranı olarak tanımlanır.

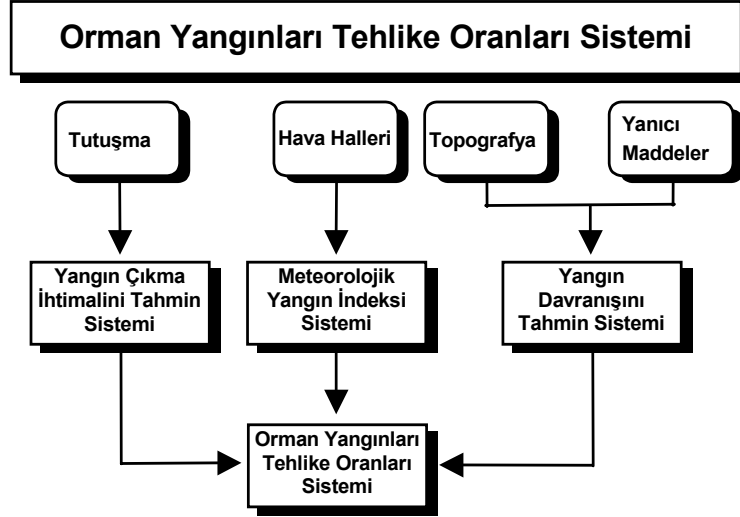
Yangın Koruma ve Söndürme Organizasyonunun bilmesi gereken en önemli konulardan birisi, bir yerdeki yangın çıkma olasılığı ile çıkan bir yangının nasıl bir davranış sergileyeceğidir. Günümüzde bazı ülkeler, yangın meteoroloji istasyonlarından aldıkları bilgileri değerlendirerek, o yöredeki yangın çıkma olasılığını ve çıkmış bir yangının gelişim seyrini (davranışını) tahmin edebilmektedirler. Bugün dünyanın bir çok ülkesinde bu amaca hizmet eden sistemler uygulamaya konulmuş veya konulma aşamasındadır. Özellikle A.B.D., Kanada ve Avustralya bu işin öncülüğünü yapmakta olup, Yeni Zelanda, Çin ve bazı Avrupa ülkeleri bu sistemleri uygulamaya başlamışlardır (4). Ülkemizde de böyle bir sisteme büyük bir ihtiyaç olduğu halde, bazı çalışmalar dışında bu konuda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Türkiye ormancılığında bu sistemlerden birisinin kullanılması düşünüldüğünde, akla gelen ilk Yangın Tehlike Oranları Sistemleri Kanada ve Amerika'da uygulanmakta olan sistemlerdir. Bu sistemler içerikleri bakımından benzer olmalarına rağmen, Kanada sistemi Amerikan sistemine oranla daha basit bir yapıda olup başka yerlerde uygulanması daha kolaydır. Kanada sistemi günümüzde Yeni Zelanda, Fiji ve Alaska eyaletine adapte edilerek kullanılmakta ve Hırvatistan, Çin, Rusya, Şili'de ve Michigan eyaletinde geliştirilmektedir (5). Burada Kanada sistemi esas alınarak Yangın Tehlike Oranları Sistemi açıklanacaktır.

#### **OYTOS'nin yapısı**

Yangın Tehlike Oranları sistemi 1900'lü yılların başlarından beri orman yangınları üzerine yapılmakta olan çalışmaların bir ürünüdür. Sistem genelde üç ana bölümden oluşur: 1- Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ) Sistemi, 2- Yangın Davranışını Tahmin (YDT) Sistemi ve 3- Yangın Çıkma İhtimalini Tahmin (YÇİT) Sistemi (Şekil 1).

YÇİT Sistemi henüz geliştirilme aşamasındadır. Meteorolojik faktörlerle birlikte yangın riski faktörlerine bağlı olan bu sistemde insan faktörü önemli bir unsur olarak ele alınmaktadır. Yangın çıkmasında etkili olan faktörlerin çok çeşitli ve tahmin edilmelerinin (örneğin, insan faaliyetleri) oldukça zor olması sistemin istenilen düzeye getirilmesini zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı, geliştirilmesi ve uygulanabilirliği en zor olan sistemdir. Burada daha fazla ele alınmayacaktır.

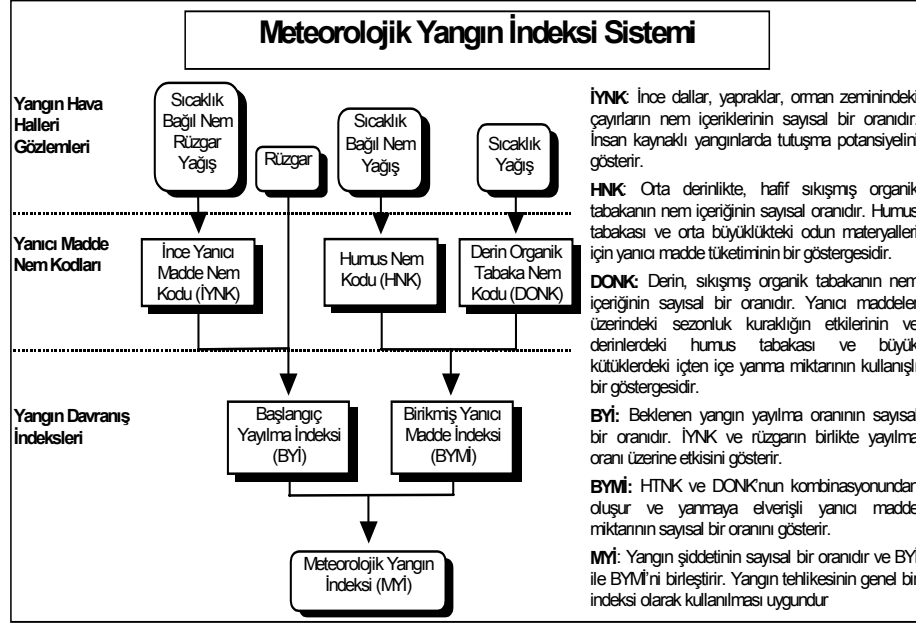


Şekil 1. Orman Yangınları Tehlike Oranları Sisteminin Yapısı ve Bileşenleri.

### METEOROLOJİK YANGIN İNDEKSİ SİSTEMİ (MYİ)

MYİ Sistemi standart bir yanıcı madde tipinde (ör. kızılçam) günlük meteorolojik ölçümlere bağlı olarak yangın tehlikesini oransal olarak ortaya koyan bir sistemdir. Meteorolojik ölçümler sadece sıcaklık, nispi nem, rüzgar hızı ve son 24 saat içerisindeki yağış ölçümlerini içerir. Ölçümler yerel saatle 13:00'de yapılır. MYİ sistemi sadece meteorolojik verilere dayandığından hava tahmin raporlarından yararlanılarak kolayca hesaplanıp yangın tehlike oranlarının belirlenmesinde kullanılabilir (Şekil 2). Sistem altı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden üçü yanıcı madde nemini temsil eder ve Yanıcı Madde Nem Kodları (YMNK) adını alır. Diğer üç bölüm ise yangın davranışını temsil eder ve Yangın Davranışı İndeksleri adını alır.

YMNK hava hallerinin yanıcı madde nemi üzerine olan etki derecelerini belirtir. Yani, bir yağıştan sonra yağışın ne kadarının hangi ölü örtü tabakalarında tutulduğunu ve kurumaya bağlı olarak bu tabakalardan ne kadar nem kaybı olduğunu açıklamaya çalışır. Ölü örtü tabakaları derinlik ve yapı itibarıyla değişik kuruma oranlarına sahip olduklarından, bir yıllık ince yanıcı maddelerin oluşturduğu ince üst tabaka, ayrışmaya yüz tutmuş humus tabakası ve mineral toprak üzerinde bulunan sıkışmış derin organik tabaka olarak sınıflandırılır.



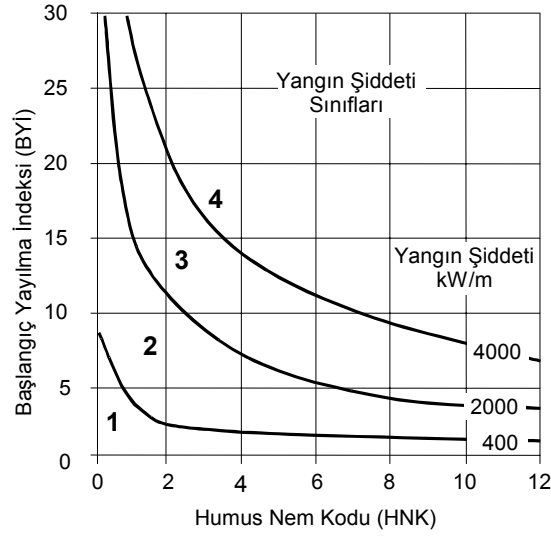
Şekil 2. Meteorolojik Yangın İndeksi Sistemi ve Bileşenleri.

Yangın Davranış İndeksleri ise sırasıyla Başlangıç Yayılma İndeksi (BYİ), Birikmiş Yanıcı Madde İndeksi (BYMİ) ve Yangın Şiddeti İndeksi (YŞİ)'dir.

BYİ, potansiyel yangın davranışının ilk göstergesidir, yangının beklenen yayılma oranını göstermek için İYNK ve rüzgarı birleştirir. Birikmiş yanıcı madde indeksi, HNK ve DONK'nun kombinasyonundan oluşur ve yanmaya elverişli yanıcı maddelerin toplam miktarının bir göstergesidir. Humus Nem Kodu (HNK), BYMİ değeri üzerinde en fazla etkiye sahiptir. Birikmiş yanıcı madde indeksi çoğu zaman ilk müdahale planlarının düzenlenmesi ve yanma derinliğinin tespiti için kullanılır. YŞİ, BYİ ve BYMİ'nin bir araya gelmesiyle oluşur ve yangın şiddetinin sayısal oranını gösterir.

MYİ Sistemi elemanları beklenen yangın davranışının oransal olarak durumunu ve günlük yangın kontrol ihtiyaçlarını ortaya koyar (Şekil 3). Yangın şiddet sınıfları küçükten büyüğe doğru artan oranlarda yangın tehlikesinin durumunu ve yangının kontrol altına alınabilmesi için gerekli kaynak durumunu belirtir. Yangın şiddetinin düşük olduğu 1. sınıfta yangın çok tehlikeli olmaz ve genelde ilk müdahale ekiplerinden başka kaynaklara ihtiyaç göstermezken, yangın şiddetinin çok yüksek olduğu 3 ve 4. sınıflarda yangın çok tehlikeli bir hal alırken eldeki tüm kaynakları seferber etmenin yanında (uçak ve helikopterler de dahil) ek kaynak talebinde de bulunulması gerekebilir (6). Bundan dolayı, MYİ Sistemi özellikle yangın amenajmanı amaçlarının belirlenmesinde çok önemli bir yer tutar.

Tespit edilecek idari amaçlar bakımından da, MYİ sistemi çok büyük bir öneme sahiptir. Zira, uzun süreden beri elde edilen bilgilerin analizleri, yangın çıkması ve yanan alan ile yangın şiddeti indeksi arasında çok kuvvetli bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur (7,8,9).



Şekil 3. MYİ Sistemi Elemanlarından BYİ ve HNK'na Bağlı Olarak Oluşturulmuş Yangın Şiddet veya Tehlike Sınıfları.

MYİ sistemi daha önce de vurgulandığı gibi sadece standart bir yanıcı madde tipi için yangın davranışı hakkında genel bir bilgi vermektedir. Bu durumda, diğer yanıcı madde tiplerinde yangın davranışının nasıl olacağı bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problem ise, OYTOS'nin ana elemanlarından biri olan Yangın Davranışını Tahmin Sistemi (YDTS) ile çözüme kavuşturulmaya çalışılmaktadır (10).

#### YANGIN DAVRANIŞINI TAHMİN SİSTEMİ

MYİS'nin özel yanıcı madde bileşenlerine göre genişletilmesi olan YDT sistemi kontrollü ve kontrolsüz yangınlar için bir rehber durumundadır. YDT sistemi genel olarak farklı ağaç türlerine göre geliştirilmiş yangın davranış modellerinden oluşur. Yapı olarak YDTS dört ana; yayılma oranı (m/dak.), yanıcı madde tüketimi ( $kg/m^2$ ), yangın şiddeti (kW/m) ve yangın türü (örtü, tepe), ve üç yan; yangın yayılma uzaklığı (km veya m), yanan alan (ha) ve yangının çevre uzunluğu (km veya m) biriminden oluşur. Yayılma Oranı (YO) için en önemli eleman BYİ ile yanıcı madde türü ve arazi eğimidir. YDT sistemindeki yanıcı madde tipleri daha ziyade nitel olarak açıklanır. Meşcere yapısı ve kompozisyonu, ölü ve diri örtü durumu, yanıcı madde tiplerinde kullanılan kriterlerin başlıcalarıdır (11).

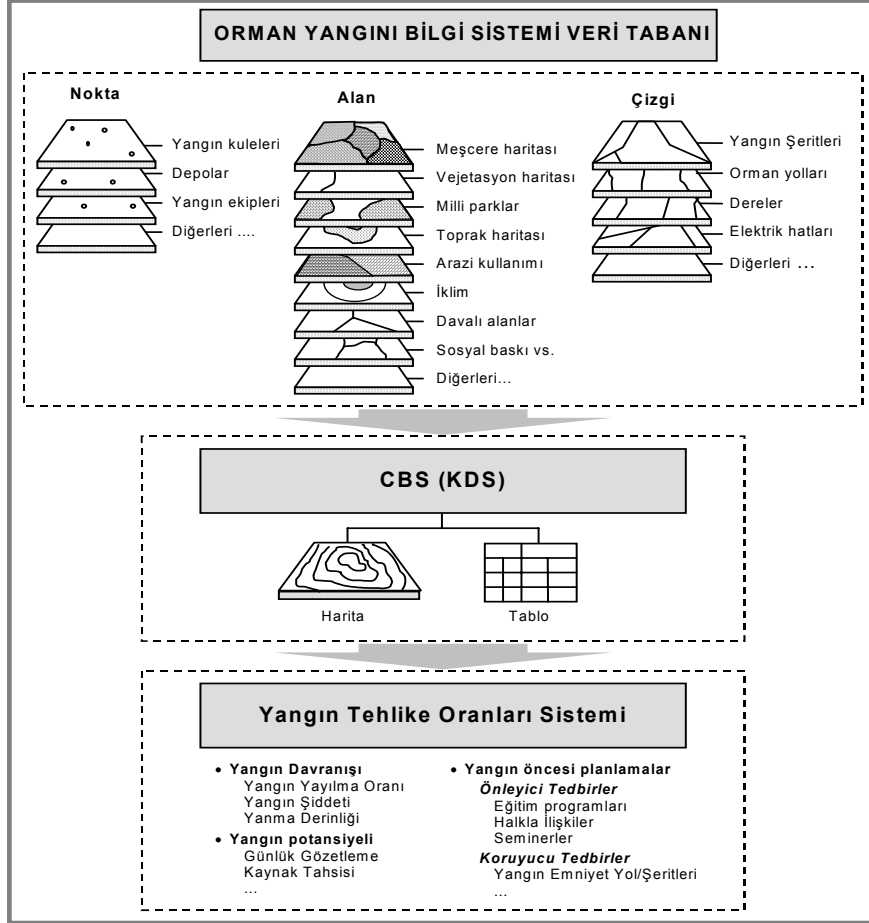
### **YANGIN TEHLİKE ORANLARI SİSTEMİNİN UYGULANMASI VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

Yukarıda genel olarak bileşenleri açıklanan YTOS'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yanıcı madde, hava halleri ve topografya gibi orman yangını veri tabanını oluşturacak bilgilerin güncel, doğru, hızlı erişilebilir ve kullanılabilir bir formda olması gerekir. Bunun için farklı bilgileri depolayabilen, güncelleştirebilen, bilgilerin düzenlenmesine, analiz edilmesine ve istenilen formda (tablo/harita) sonuç raporlarının alınabilmesine imkan verebilen CBS gibi bilgisayar destekli programlara ihtiyaç vardır.

Esasında konumsal veri tabanı işletim sistemi olan CBS, teknik işlevleri itibarıyla konuma dayalı her türlü kararların alınmasında etkili olan konumsal verileri (grafik/harita ve öznitelik/tablo) toplamak, saklamak, sorgulamak, analiz etmek, modellemek ve değerlendirmek için etkili bir karar destek aracıdır (12). CBS'nin çok basit haritaların sayısal olarak hazırlanmasından karmaşık analiz ve modellerin oluşturulmasına kadar tüm aşamalarda kullanımı, karar vericilere hizmet eder. Bu önemli faydalarının temeli öznitelik verilerle grafik veri tabanında birbirlerini mükemmel bir şekilde entegre etmesine dayanmaktadır. Bu önemli özelliğinden dolayı diğer çevre bilimlerinde olduğu gibi, Yangın Veri Tabanının oluşturulması ve kullanılması YTO Sisteminde de önemli bir teknolojik araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4).

Yangın yöneticileri, yangın öncesi planlamalarda, koruma, yanıcı madde amenajmanı ve söndürme amacına yönelik alternatif programlar geliştirmelidirler. Bu programlar, çevresel etkiler ve söndürme kapasitesi hakkında da ayrıntılı bilgiler ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, yangın riski, genel vejetasyon tipleri, iklim, yangın oluşum haritaları, meteorolojik parametreler, yangın istatistikleri, yerleşim alanları, yollar, yangına ulaşım zamanı ve alternatif ulaşım yollarının belirlenmesi önemlidir. CBS ile, bir yere ulaşmak için gerekli en kısa yol güzergahı kolaylıkla belirlenebilmekte ve bu güzergahlar istenildiğinde haritalar üzerinde kolaylıkla gösterilebilmektedir. Yine bu sistem sayesinde yollarda meydana gelen değişiklikler, yangın gözetleme kuleleri, su havuzları ve yangın ekiplerinin yerleri kolaylıkla gösterilebilmektedir.

Orman Yangını Bilgi Sistemi (OYBS) veri tabanı oluşturulduktan sonra, sürekli yapılacak yeni veri girişleriyle mevcut bilgiler güncelleştirilebilmektedir. Böylece, ihtiyaç duyulan her hangi bir zamanda en son bilgilere aynı anda ulaşmak ve istenilen formda raporların alınması CBS ile mümkün olmaktadır (Şekil 4). Yangın yöneticileri, bu gibi sistemlerden faydalanarak yangın potansiyeli ve yangın davranışı ile ilgili gerçeğe yakın tahminlerde bulunabileceklerdir. Bu sonuçlara göre, yangın öncesi planlamalarıyla ilgili daha sağlıklı kararlar verebileceklerdir.



Şekil 4. Orman Yangını Bilgi Sistemi Veri Tabanında OYTOS ve CBS'nin Yeri.

Yanıcı madde amanjmanında, kontrollü yakma programları yangın tehlikesinin azaltılmasında potansiyel bir etkiye sahiptir. Coğrafi bilgi sistemleri, verilerin tamamlanması, modeller ve idari sınırlamalarda karar vericilere uygun bilgileri sağlamak için kullanılabilir. Yangın yöneticileri, bölgenin sorunlarını, durumunu, büyüklüğünü, önceliklerini ve bir alan için yangın frekansını CBS teknolojisi ile daha etkin bir şekilde belirleyebilirler.



### SONUÇ

Yangın tehlike oranları sistemi, orman yangınlarıyla mücadelede yangın yöneticilerine karar vermede yardımcı sistem olarak ortaya çıkmaktadır. OYTOS'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi de farklı verilerin bir arada depolanabildiği, gerekli güncelleştirmelere izin veren, çok amaçlı analizlerin yapılabilirdiği, istenilen formda çıktılarının alınabilmesini sağlayan CBS'nin bu sistemler içinde kullanılabilmesine bağlıdır. Ayrıca, yangın tehlike oranları sisteminin kurulması ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesi de CBS tabanlı Yangın Bilgi Sisteminin kurulmasını gerektirir. Böylece, yangın yöneticileri yapacakları planlamalarla ilgili, geleceğe ait tahminleri de dikkate alarak daha hızlı, daha doğru ve birden fazla amaca hizmet edebilen kararlar verebileceklerdir. Yangının söndürülmesinden ziyade, çıkma ihtimalini karar destek sistemleriyle daha önceden belirleyerek gerekli önlemlerin önceden alınmasının yangınla mücadelede önemli olduğu unutulmamalıdır.

Orman yangınları etkileri ve sonuçları itibarıyla çok boyutlu bir özellik taşımaktadır. Dolayısıyla, karar destek sistemlerinin kullanılmasıyla hem yangınlarla mücadele daha etkin bir şekilde yapılabilecek ve hem de yangınların etkilediği alanlar dikkate alınarak daha kapsamlı ve etkin planlamalar yapmak mümkün olacaktır.

### KAYNAKLAR

1. BILGILI, E. 1996. Orman Yangınları ve Karar Vermede Yardımcı Sistemler. Güz Yarıyılı Seminerleri, KTÜ Orman Fakültesi, Seminer serisi No:1, Trabzon.
2. BILGILI, E. 1999a. The Use of Decision Support Systems in Fire Management Planning. Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, Fethiye, Muğla, 18–22 Mayıs 1999.
3. BILGILI, E. 1995. Kanada Orman Yangınları Tehlike Oranı Sistemi ve Türkiye'de Uygulanabilme İmkanları. Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Sem., Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul.
4. BECK, J.A. 1988. Decision Support for Australian Fire Management. Mscf Thesis, The Australian National University, Department of Forestry. 84 p.
5. VAN NEST, T.A., ALEXANDER, M.E. 1999. Systems for Rating Fire Danger and Predicting Fire Behavior Used in Canada. U.S. National Interagency Fire Behavior Workshop, Phoenix, Arizona.
6. BILGILI, E. 1999b. Yangın Amenajmanında Yangın Tehlike Oranları Sisteminin Yeri, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, Akçay, Balıkesir, 10–15 Mayıs 1999.
7. TURNER, J.A. 1973. A Fire Load Index for British Columbia. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Victoria, B.C. Inf. Rep. BC-X-80. 15p.
8. STOCKS, B.J. 1974. Wildfires and the Fire Weather Index System in Ontario. Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. O-X-213.17 p.

9. KILL, A.D., MIYAGAWA, R.S., QUINTILIO, D. 1977. Calibration and Performance of the Canadian Fire Weather Index in Alberta. Environ. Can., Can. For. Serv., North For. Res. Cent., Edmonton, Alta. Inf. Rep. NOR-X-173. 45 p.
10. LAWSON, B. D., STOCKS, B. J., ALEXANDER, M. E., VAN WAGNER, C. E. 1985. A System for Predicting Fire Behavior in Canadian Forests. In Proc. Eighth Conf. Fire and Forest Meteorology., Soc., Am. For., Maryland. SAF Publ. 85-04.
11. STOCKS, B.J., LAWSON, B.D., ALEXANDER, M.E., VAN WAGNER, C.E.; MCALPINE, R.S., LYNHAM T.J., DUBÉ, D.E. 1989. Canadian Forest Fire Danger Rating System: An Overview. For. Chron. 65(6):450-457.
12. BAŞKENT, E.Z. 1997. Türkiye Ormanlığı için Nasıl bir Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulmalıdır ? Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 21(5):493-506.