

Geliş Tarihi: 06.11.2006

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Yangın Davranışının Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği

● Arş. Gör. Dr. Ömer KÜÇÜK¹
Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ²

¹Kastamonu Üni., Orman. Fakültesi, Kastamonu

²K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon

ÖZET

Bu çalışmada, Kastamonu Orman İşletme Şefliği Karaçam ormanlarında yangın davranışının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla uygulamaya aktarılması örneği verilmiştir. Yangın davranışı özelliklerinden olan yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin hesaplanmasında, yanıcı madde verileri, meteorolojik veriler ve topoğrafik veriler kullanılmış ve sayısal ortamda haritalara dönüştürülmüştür. Sonuçta yangın organizasyonunda karar vericilere sağlıklı kararlar verebilmek için görsel yangın davranış haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yangın davranışı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Karaçam, Kastamonu

The conveyance of fire behavior characteristics into practice by using Geographical Information Systems (GIS): A Case Study in Kastamonu

ABSTRACT

This case study gives an example concerning the conveyance of fire behavior characteristics into practice by using GIS. For the calculation of fire behavior characteristics data on fuel, meteorology and topography were used and transformed into digital maps. Consequently, visual fire behavior maps were developed in order to support the decision makes of fire organizations in making reliable decisions.

Keywords: Fire behavior, Geographical Information Systems (GIS), *Pinus nigra*, Kastamonu

1. GİRİŞ

Orman yangınlarıyla mücadelenin başarılı olabilmesi sadece gerekli önlemlerin yerinde ve zamanında alınması, kaynakların etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılmasıyla değil, gelişmiş teknolojilerin de yangın sürecinin her aşamasında kullanılmasıyla mümkündür. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yangın amenajmanında kullanılan önemli teknolojilerden birisidir. CBS sayesinde hem oldukça hızlı hem de istenilen bilgilere ulaşmak daha kolay ve ekonomik olmaktadır. Böylece, sadece yangın anında değil, yangın öncesi ve sonrasında yapılacak çalışmalar için de son derece yararlı veriler elde etmek mümkün olabilmektedir.

CBS yangın amenajmanı planlama ve karar verme süreçlerinde, her türlü verilerin değerlendirilmesinden, sayısal yangın tehlike ve yangın davranış haritaları (yangın yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi, yangın şiddeti) yapılmasına kadar uzanan çerçevede önemli bir yere sahiptir (Burgan vd., 1998; Sampson vd., 2000; Bilgili vd., 2001; Sağlam, 2002; Küçük vd., 2005). Yangın davranış haritaları, yangının konumsal olarak gelişiminin takip edilmesinde, yangın ekiplerinin konuşlandırılmasında, müdahale yerinin ve şeklinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Yangın yöneticileri, bu sistemlerden faydalanarak yangın davranışı ile ilgili gerçeğe yakın tahminler yapabilmektedirler.

Bu çalışmada, Kastamonu Orman işletme şefliğinde mevcut şartlar altında yangın davranışı özellikleri (yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi, yangın şiddeti) tahmin edilmiş ve CBS ile sayısal haritalara dönüştürülmüştür.

2. MATERYAL ve METOT

Çalışma alanı, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Merkez Orman İşletme Müdürlüğü, Kastamonu Orman İşletme Şefliği'dir. Kastamonu Orman İşletme Şefliği'nin toplam ormanlık alanı 16077 ha.'dır. Bu çalışmada Karaçam yanıcı madde tipinde, yanıcı madde özellikleri ve hava hallerine bağlı olarak, yangın davranış özelliklerinden; yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti hesaplanmış, elde edilen değerler CBS yardımıyla sorgulanarak değerlendirilmiştir. Karaçam alanları ile ilgili yanıcı madde miktarı, yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti tahminleri (Küçük 2000; 2004) tarafından geliştirilen modeller kullanılarak yapılmıştır. Bu modeller, karaçamda biomas miktarını tahmin etmek, ayrıca karaçam plantasyon meşcerelerinde yangın davranışını tahmin etmek için geliştirilmiş regresyon modelleridir. Bunların dışındaki meşcere tiplerindeki

yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesinde daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. Bu meşcereler için tepe boyu, tepe altı yüksekliği, tepe hacmi indeksi, tepe yanıcı madde miktarı, yüzey yanıcı madde miktarı ve ölü örtü miktarının hesaplanmasında Bilgili (1994, 1995 ve 1998)'nin Kanada sistemine göre geliştirdiği modeller kullanılmıştır.

Yangın davranış özelliklerinin belirlenmesi için kullanılacak meteorolojik veriler, Başlangıç Yayılma İndeksine (BYİ), yanıcı madde nem içerikleri Birikmiş Yanıcı Madde İndeksine (BYMİ) dönüştürülmüş, BYİ ve BYMİ değerleri Kanada Yangın Tehlike Oranları sistemi kullanılarak hesaplatılmıştır (Enviroment Canada 1984; Forestry Canada 1989, 1992). Kanada Yangın Tehlike Oranları Sisteminin yapısının daha basit ve sistem bileşenlerinin daha kolay hesaplanabilmesi tercih nedeni olmuştur. Karaçamda farklı meşcere özellikleri dikkate alınarak üç değişik sınıflandırma yapılmıştır. 1) Her bir meşcere tipinin ayrı bir yanıcı madde tipi olarak kabul edildiği meşcere tipleri sınıflandırması, 2) Yaş, boy, tepe boyu, tepe çapı, tepe altı yüksekliği, göğüs yüksekliği çapını dikkate alarak yapılan genel sınıflandırma (Küçük 2004), 3) Meşcere tiplerinin gelişme çağı ve kapalılıkları (Durmaz 2004)'na göre sınıflandırılması. Bu üç değişik sınıflandırmaya göre yangın davranış özellikleri hesaplatılmıştır. CBS kullanılarak bunlara ait yangın davranış haritaları oluşturulmuştur. Böylece, kullanılan bu 3 sınıflandırma sisteminin yangın davranış özellikleri açısından benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmuştur.

Yayılma oranı haritaları oluşturulurken rüzgar dışındaki diğer bütün özellikler sabit kabul edilerek yayılma oranı haritaları oluşturulmuştur. Yayılma oranı haritalarının yapımında; düşük (10 km/s), orta (20 km/s) ve yüksek (30 km/s) olmak üzere üç değişik rüzgar durumu dikkate alınmıştır. Bu rüzgar değerlerine göre hesaplanan yayılma oranı değerleri kendi içerisinde 4 ayrı gruba (0-3, 3.1-7, 7.1-15 ve 15 m/dk<) ayrılarak sınıflandırılmıştır. Aynı şekilde yanıcı madde tüketimi hesaplamaları da yayılma oranı haritalarının oluşturulmasında yapıldığı gibi, diğer bütün özellikler sabit kalmak koşuluyla düşük (%20 nem), orta (%30 nem) ve yüksek (%50 nem) olmak üzere üç farklı nem durumuna göre yapılmıştır. Bu şekilde hesaplanan yanıcı madde tüketimi değerleri kendi içerisinde 5 gruba (0-0.3, 0.31-0.6, 0.61-1.5, 1.51-2.5 ve 2.5 kg/m²<) ayrılarak sınıflandırılmıştır. Yangın şiddeti hesaplamalarında ise üç farklı şekilde tüketilen yanıcı madde ile yayılma oranı değerleri kullanılmıştır. Hesaplanan yangın şiddeti değerleri kendi içerisinde 4 gruba (0-1000, 1001-2000, 2001-4000 ve 4000 kW/m<) ayrılarak sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında, hem yayılma oranı hem de yanıcı madde

tüketimine bağlı olarak hesaplandığından sadece yangın şiddeti haritaları verilecektir.

Elde edilen veriler söz konusu alanlara ait hazırlanmış olan sayısal haritalara veri tabanı olarak girilmiştir. Veri tabanının oluşturulmasında ve sorgulamaların yapılarak sonuçların sunumu için Arc/Info™ ve Arc/View™ CBS (ESRİ 1993; ESRİ 1996) katmanları kullanılmıştır. Arc/Info ile uygulama alanlarının eğim haritası katmanları oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni katmanın öznelik veri tablosunda yüzde eğimler kendi içerisinde 6 gruba (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-35, 35<) ayrılmış ve bu gruplara göre belirlenen eğim faktörü (Van Wagner 1977; Hirsch 1996) yeni bir alan olarak eklenerek bu alanlar eğim gruplarına göre ayrılmıştır. Oluşturulan eğim haritası ile meşcere tipleri haritası çakıştırılarak her meşcerenin eğim grubu ve ona bağlı olarak eğim faktörü hesaplatılmıştır. Buna bağlı olarak da yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin düşük, orta ve yüksek değerleri hesaplatılarak bunlara ait yeni katmanlar oluşturulmuştur. Bu katmanlarla mevcut her türlü yol, yangın emniyet yolu ve yangın emniyet şeritlerinin bulunduğu katman çakıştırılarak birleştirilmiştir. Daha sonra bu katmanlar yangınlarla mücadele çalışmalarında alternatif yöntemlerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında yangın davranış özelliklerine ait haritalardan sadece yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimini içine alan yangın şiddeti haritaları örnek olarak gösterilmiştir.

3. BULGULAR

Kastamonu için oluşturulan veri tabanı kullanılarak CBS'nin sorgulama ve analiz fonksiyonları ile yangın davranış özellikleri düşük, orta ve yüksek değerlere göre belirlenerek uygulama alanında şiddet sınıflarına göre alan dağılımları ortaya konulmuştur.

Yangın davranış özelliklerinden biri olan ve müdahale hattının oluşturulmasında karar vermek için kullanılan yangın yayılma oranı, yanıcı madde tiplerinin üç farklı şekilde sınıflandırıldığı durumda ortaya konulmuştur. 1) Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yapıldığı sınıflandırmaya göre düşük rüzgar hızında hesaplanan Düşük Yayılma Oranı (DYO) şartlarında, toplam ormanlık alanın 4259 ha (%26)'nda düşük ve orta seviyede gerçekleşirken, 11796 ha (%73)'nda yüksek seviyede çıkmıştır. Meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre DYO değerleri, meşcere kapalılığı ve gelişme çağını dikkate alan sınıflandırmada ortaya çıkan değerlerle aynı çıkmıştır. Yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, DYO

değerleri uygulama alanının 6546 ha (%40)'ında düşük, 9519 ha (%59)'ında orta seviyede çıkmıştır. Bu sınıflandırmaya göre uygulama alanında DYO'nında yüksek ve çok yüksek seviyede yayılma oranı değerleri bulunmamaktadır.

2) Orta rüzgar hızına göre hesaplanan Orta Yayılma Oranı (OYO) şartlarında, meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre toplam ormanlık alanın 1990 ha (%12)'ında orta seviyede gerçekleşirken, 2269 ha (%14)'ında yüksek seviyede, 11796 ha (%73)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır. Meşcere tipleri sınıflandırmasına göre de orta rüzgar hızındaki OYO değerleri meşcere kapalılığı ve gelişme çağını dikkate alan sınıflandırmada ortaya çıkan değerlerle aynı çıkmıştır.

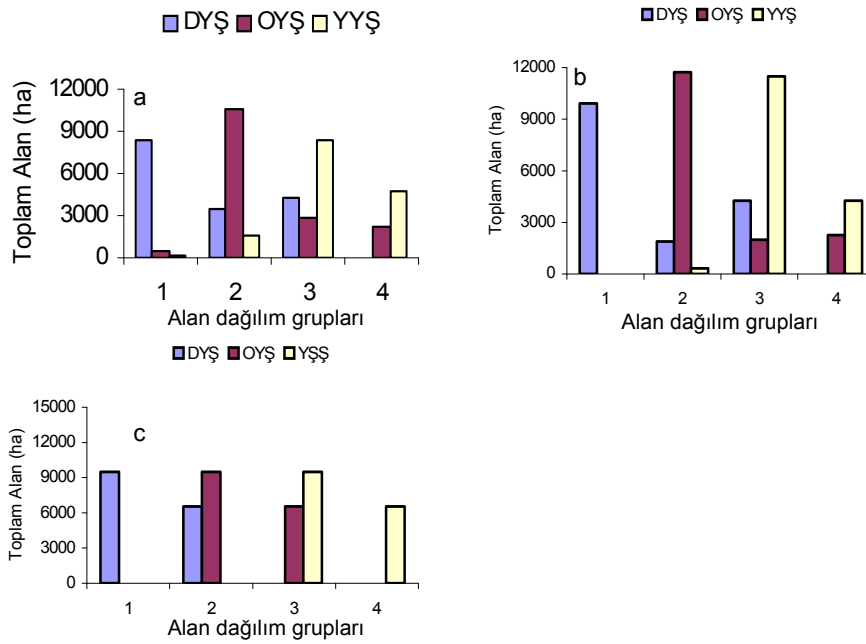
3) Yüksek rüzgar hızına göre hesaplanan Yüksek Yayılma Oranı (YYO) şartlarında, meşcere kapalılığı ve gelişme çağları ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada ormanlık alanın 11796 ha (%73)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmaya göre ise, 15001 ha (%93) çok yüksek yayılma oranı değerlerinin yer aldığı grupta bulunmaktadır.

Yangının ekolojik etkilerinin ortaya konulmasında önemli bir yere sahip olan humus yanıcı madde tüketimi uygulama alanında yayılma oranında olduğu gibi üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma yöntemi kullanılarak üç farklı nem durumuna göre ortaya konulmuştur. Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) şartlarında toplam ormanlık alanın 6355 ha (%39)'ında düşük seviyede, 4090 ha (%27)'ında orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) şartlarında ise, 5331 ha (%33)'ında düşük, 5196 ha (%32)'ında orta, 5515 ha (%34)'ında yüksek alan grubu içerisinde gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) şartlarında ise, uygulama alanının 4244 ha (%26)'ında orta, 10716 ha (%66)'ında yüksek seviyede olmuştur .

Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağları ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) şartlarında toplam ormanlık alanın 6938 ha (%43)'ında düşük seviyede, 4786 ha (%29)'ında orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) şartlarında ise, 7682 ha (%42)'ında düşük, 6346 ha (%39)'ında orta seviyede gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) şartlarında ise, 4410 ha (%27)'ında orta, 11606 ha (%72)'ında yüksek seviyede olmuştur.

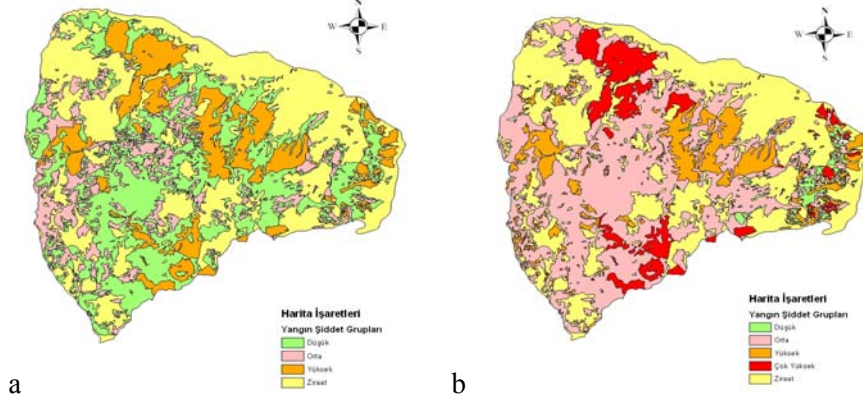
Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmada, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) şartlarında 8102 ha (%50)'nda düşük seviyede, 7945 ha (%49)'nda orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) şartlarında ise, 6546 ha (%40)'nda düşük, 9519 ha (%59)'nda orta alan grubu içerisinde gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) şartlarında ise, uygulama alanının 15075 ha (%93)'nda yüksek seviyede olmuştur.

Yangın şiddeti hesaplamaları, yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimine bağlı olarak üç farklı şekilde ve üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma sistemine göre yapılmıştır. Uygulama alanındaki düşük, orta ve yüksek düzeydeki yangın şiddeti alan grupları Şekil 1'de gösterilmiştir.

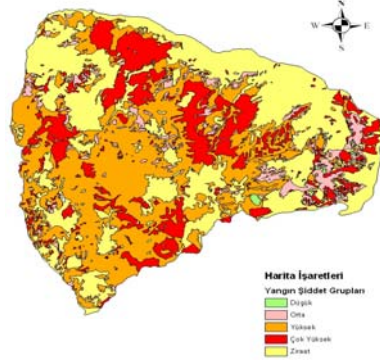


Şekil 1. Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın şiddetinin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları

Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ) şartlarında, uygulama alanının 8438 ha (%52)'nda düşük seviyede, 3416 ha (%21)'nda orta seviyede, 4224 ha (%26)'nda yüksek seviyede olmuştur (Şekil 2a). Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) şartlarında ise, 10534 ha (%64)'nda orta seviyede, 4497 ha (%37)'nda yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 2b). Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) şartlarında ise, toplam ormanlık alanın 1643 ha (%10)'nda orta YŞ 13068 ha (%81)'nda yüksek YŞ ve çok yüksek YŞ çıkmıştır (Şekil 3).

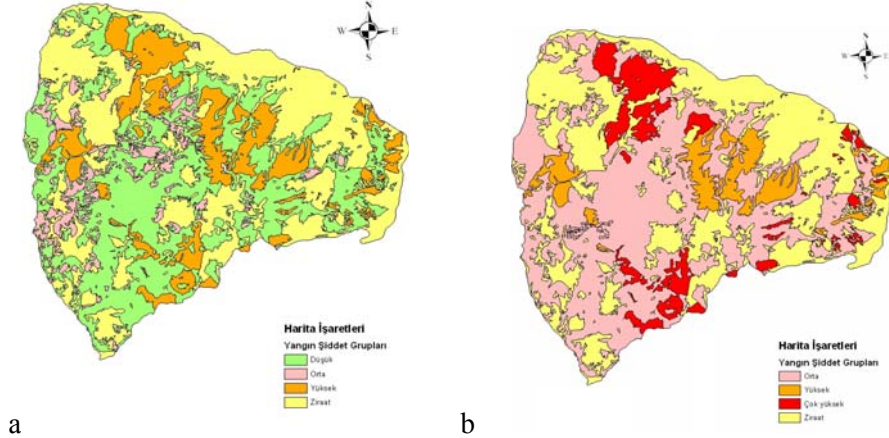


Şekil 2. Kastamonu uygulama alanında, meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük (a) ve orta (b) yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası

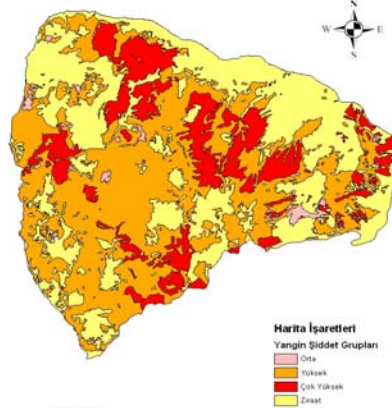


Şekil 3. Kastamonu uygulama alanında, meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası

Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını esas alan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre, Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ), uygulama alanının 9928 ha (%61)'ında düşük seviyede, 1889 ha (%11)'inde orta seviyede, 4250 ha (%26)'ında yüksek seviyede olmuştur (Şekil 4a). Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, 11736 ha (%72)'inde orta seviyede, 4259 ha (%26)'ında yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 4b).

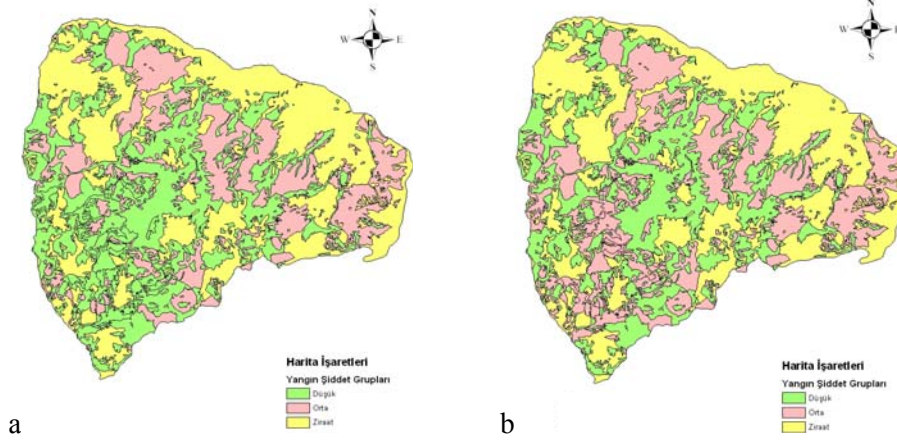


Şekil 4. Kastamonu uygulama alanında, meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yapılan sınıflandırmada düşük (a) ve orta (b) yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası

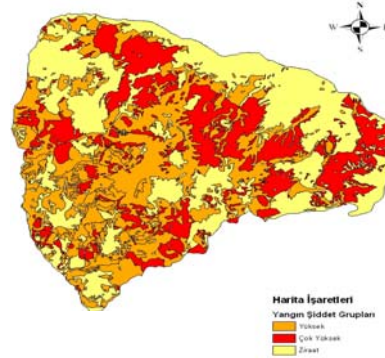


Şekil 5. Kastamonu uygulama alanında, meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yapılan sınıflandırmada yüksek yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası

Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ), uygulama alanının 9504 ha (%59)'nda düşük seviyede, 6546 ha (%40)'nda orta seviyede seviyede olmuştur (Şekil 6a). Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, uygulama alanının 9504 ha (%59)'nda orta seviyede, 6546 ha (%40)'nda yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 6b). Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) ise, toplam ormanlık alanın 9504 ha (%59)'nda yüksek, 6546 ha (%40)'nda çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Kastamonu uygulama alanında, yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmada düşük (a) ve orta (b) yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası



Şekil 7. Kastamonu uygulama alanında, yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmada yüksek yanma şartlarına göre yangın şiddetinin şiddet gruplarına göre dağılım haritası

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kastamonu uygulama alanında meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre yayılma oranı, rüzgar hızındaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Yayılma oranı, düşük rüzgar hızında (10 km/s) uygulama alanının %26'sında düşük değerlerde gerçekleşirken, rüzgar hızının 30 km/s olması durumunda %73'ünde yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. Bu alanlar incelendiğinde, düşük rüzgar hızında genç meşcerelerin bir kısmının düşük yayılma oranına sahip alanlarda yer aldığı, rüzgar hızındaki artışla, genç meşcerelerle birlikte kapalılığı bozuk olan meşcereler de yüksek yayılma oranı alan grubu içerisinde yer almıştır. Meşcere kapalılıkları ve gelişme çağlarını esas alan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında da aynı durum görülmüştür. Meşcerelerin genel özelliklerini dikkate alarak yapılan sınıflandırmaya göre ise, düşük rüzgar hızında alanın %40'ı düşük yayılma oranı alan grubunda, yüksek rüzgar hızında ise, %93'ü yüksek yayılma oranı alan grubunda olmuştur. Yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılmasından kaynaklanan farklılıklar yayılma oranına önemli ölçüde yansımıştır. Bu durum ise, meşcere özelliklerinin çok farklılık gösterdiği alanlarda daha detaylı sınıflandırmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Yayılma oranı değerleri göz önünde bulundurularak her türlü yol, yangın emniyet yol ve şeritleri dikkate alınarak yangına en kısa sürede ve en uygun yerden müdahale edilebilmesi için doğru ve hızlı bir şekilde karar verilebilir.

Yanıcı madde tüketiminin hesaplanması ile yangının ekolojik etkilerini değerlendirebilmek mümkündür. Yanıcı madde tüketiminin fazla olduğu alanlarda yangının vejetasyona ve toprağa olan etkisi yüksek olacaktır. Bu tür alanlarda, yangından sonra kısa süre içerisinde ağaçlandırma çalışmalarına başlanmadığı takdirde yabanlaşma olabilir.

Yangın şiddeti hesaplanarak yangınlarla mücadelede kullanılacak yöntem, araç ve gereçler daha kolay ve doğru bir şekilde belirlenebilir. Yangın şiddeti düşük olan alanlarda örtü yangını beklendiği için, bu tür alanlarda yangın çıkması halinde bu durum dikkate alınarak müdahaleler düşünülmelidir. Özellikle, aynı bölgede birden çok yangının çıkması durumunda, yangın şiddetinin nerelerde yüksek nerelerde düşük olabileceği bu şekilde ortaya konulduğu takdirde ekiplerin istenildiği düzeyde ve olması gereken yerlere sevkıyatı rahatlıkla yapılabilir. CBS gibi teknolojilerin yangın organizasyonları içerisinde kullanılması ile gereksiz yerlerde aşırı kaynak israfı önlenerek hem daha ekonomik, hem de etkin mücadele yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Bilgili, E., Methven, I.R., 1994. A Dynamic Fuel Model for use in Managed Even Aged Stands, Int., Journal of Wildland Fire, 4, (2), 177-184.
- Bilgili, E., 1995. Fuel Characterization and Fire Behavior Prediction in Even-Aged Conifer Stands, PhD. Thesis, University of New Brunswick, Fredericton, Canada.
- Bilgili, E., 1998. A State- Dependent Model of Forest Floor Development, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 22, 323-328.
- Burgan, R.E., Klaver, R.W., Klaver, J.M., 1998. Fuel Models and Fire Potential From Satellite and Surface Observations. International Journal of Wildland Fire 8(3): 159-170.
- Durmaz, D. B., 2004. Meşçere Özelliklerinin Yangın Potansiyeli Üzerine Etkileri, KTÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Ocak-2004, Trabzon.
- Environment Canada, 1984. User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System (Interim Edition), Canadian Forestry Service, 75.
- ESRI, 1993. Understanding GIS The ARC/INFO Method, Esri Press, Redlands California, ABD.
- ESRI, 1996. Arc/View, Esri Press, Redlands California, ABD.
- Forestry Canada, 1989. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP), System Technology and Information Transfer Workshop, Winnipeg, Manitoba, December (12-13), 114.
- Forestry Canada, 1992. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Forestry Canada, Fire Danger Group, Inf. Rep., St-X-3.
- Hirsch, K.G., 1996. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System:User's Guide, Nat. Resour. Can.,Can For. Serv. Northwest Reg., North. For. Cent., Spec. Rep. 7, Edmonton, Alberta.
- Küçük, Ö., 2000. Karaçamda yanıcı madde miktarının tespiti ve yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde modelleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 51s.
- Küçük, Ö., 2004. Yanıcı Madde Özellikleri ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması, KTÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Ocak-2004, Trabzon. 125s.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., Dinç Durmaz, B., 2005. Yangın Potansiyelinin Belirlenmesinde Yanıcı Madde Haritalarının Önemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2005, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 104-116

- Sağlam, B., 2002. Meteorolojik Faktörlere Bağlı Yanıcı Madde Nem İçerikleri ve Maki Tipi Yanıcı Maddelere Yangın Davranışı, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sampson, R.N., Atkinson, R.D., Lewis, J.W., 2000. Mapping Wildfire Hazards and Risks, Food Product Press, 10 Alice Street, Binghamton, NY 13904-1580 USA, 343p.
- Van Wagner, C.E., 1977. Effect of Slope on Fire Spread Rate, Environ. Can., Can. For. Serv., Bi-Mon.Res. Notes 33:7-8.