

Örtü Yangınının Tepe Yangınına Geçişinde Etkili Olan Faktörler

*Ömer KÜÇÜK¹, Ertuğrul BİLGİLİ², Bahar DİNÇ DURMAZ², Bülent SAĞLAM³,
İsmail BAYSAL²

¹Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Kastamonu
²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon
³Artvin-Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin
Sorumlu yazar: omerkucuk@kastamonu.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.01.2009

Özet

Orman yangınları, vejetasyon dinamiklerini etkileyen ana faktörlerden birisidir. Orman yangınları genellikle ölü örtü tabakasından başlar ve gelişir. Uygun yanıcı madde ve hava halleri koşulları altında tepe yangınına dönüşür. Örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesi orman zeminindeki ara ve alt tabakadaki yanıcı maddenin durumu (miktarı, dağılımı, yatay ve dikey sürekliliği, nem içeriği), tepedeki, yanıcı madde miktarı, nem içeriği, tepe altı yüksekliği eğim ve rüzgara bağlıdır. Bu çalışmada örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesinde etkili olan temel faktörler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Örtü yangını, Tepe yangını, Yanıcı madde nemi, Rüzgar, Tepe altı yüksekliği

The Effect Factors on Transition from Surface Fire to Crown Fire

Abstract

Forest fire is one of the main factors that have an effecting on vegetation dynamics. Forest fires generally start and develop on surface litter layer. Surface fires turn into crown fires under suitable fuel and weather conditions. Transition from surface fire to crown fire depends on surface fuel conditions intermediate fuel layer (load, horizontal and vertical fuel continuity, and fuel moisture content), crown fuel load and moisture content, crown base height, slope and wind. This paper reports on the factors effecting transition from surface fire to crown fire.

Key Words: Surface fire, Crown fire, Fuel moisture content, Wind, Crown base height

Giriş

Yangının yayılması, ekolojik etkileri ve kontrolünün zorluğu çoğunlukla yangın davranışına bağlıdır. Bu yüzden, yangın araştırmacıları tarafından yangın davranış karakteristiklerini tahmin etmek veya tanımlamak için modeller geliştirilmiş ve yangın karar destek sistemlerine entegre edilmiştir (Finney, 1998). Örtü (Rothermel, 1972, 1983) ve tepe yangını davranışını tahmin edebilen (Rothermel, 1991; Forestry Canada, 1992; Cruz et al., 2003; Alexander et al., 2004; Stocks et al., 2004) modeller olmasına rağmen, örtü yangınının tepe yangınına geçişini tahmin edebilen az sayıda çalışma vardır (Van Wagner, 1977, 1989, 1993; Alexander, 1998).

Tepe yangınları, uzak mesafelerde nokta yangınları oluşturmaları, yangın hattını genişleterek büyük alev zonu meydana getirebilmeleri ve yangın söndürme çalışmalarında doğrudan müdahaleyi

imkansız kılmaları nedeniyle, yangınla mücadele açısından oldukça zor ve masraflı yangınlardır (Butler and Cohen, 1998). Bu yüzden tepe yangınları, yangın yöneticileri tarafından her zaman büyük ilgi görmüştür.

Bir yangında yanan alan ile yayılma oranı birbiriyle yakından ilişkili olup, pratikte aşağıda formüle edildiği gibi kullanılmaktadır (Alexander, 2006)

$$Yanan alan = (Yayılma oranı)^2$$

Bu temel ilişkiden hareketle, çoğunlukla örtü yangınlarından daha yüksek yayılma oranlarına sahip tepe yangınlarının, daha fazla alan kayıplarına neden olması bu yangınları daha iyi anlamamızı gerekli kılmaktadır.

Örtüden tepeye geçen yangının yayılma oranının iki veya üç kat artması için geçen zaman periyodunda yanan alan miktarı, aynı periyotta örtü yangını ile yanan alandan en az 4 ile 9 kat daha fazla olabilmektedir

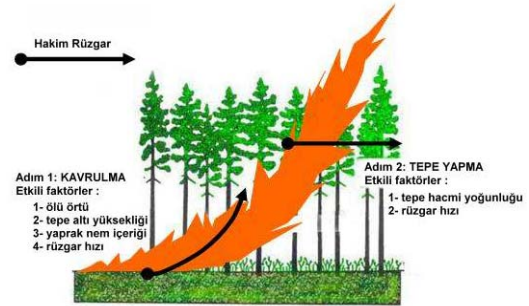
(Alexander, 1988). Bu yüzden tepe yangınının başlama potansiyelinin tahmin edilmesi ile örtü yangınından tepe yangınına geçiş durumlarının incelenmesi, yangından korunma ve söndürme çalışmalarının planlanması için önemli olmaktadır (Scott and Reinhardt, 2001; Dimitrakopoulos et al., 2007).

Yangın çıkmadan önce yanıcı maddeler üzerinde yapılacak bazı düzenlemeler ile (meşcerenin tekniğine uygun seyreltilmesi, tepe altının budama ile yükseltilmesi, ara ve alt tabakadaki yanıcı maddelerin ortamdan uzaklaştırılması, vb.) örtü yangınının tepe yangınına geçişi zorlaşabilmekte ve daha uzun zaman gerektirebilmektedir. Bu konuda örtü yangınının tepeye geçişi için gerekli olan kritik örtü yangın şiddetini ve tepe altı yüksekliğini belirten bazı çalışmalar yapılmıştır (Alexander, 1998). Ülkemizde en önemli yanıcı madde tipi olan kızılçam plantasyon sahalarında tepe altı yüksekliğinin 2 m'ye çıkartılması ve meşcerenin seyreltilmesi durumunda, 20 km/sa altındaki rüzgarlarda örtü yangınının tepeye geçişinin çok zor olduğu gözlenmektedir. Özellikle yangın mevsimi dışında yanıcı madde miktarının azaltılmasına yönelik yapılan denetimli yakmalar (Neyişçi ve ark., 2002) örtü yangınının tepeye geçiş potansiyelini önemli oranda azaltmaktadır.

Örtü Yangınının Tepeye Geçişinde Etkili Olan Temel Parametreler

Tepe yangını, tepedeki yanıcı maddelerde yayılan ve çoğunlukla örtü yangınıyla bağlantılı olarak ilerler. Tepe yangınının meydana gelebilmesi yanıcı madde özelliklerine ve çevresel faktörlere bağlıdır. Bu faktörler, tepe altı yüksekliği, örtü yangınının alev yüksekliği, merdiven görevi gören asılı haldeki yanıcılar, rüzgar ve tepe tabakasındaki yanıcı maddelerin özellikleri, nem içeriği ve canlı/kuru yanıcı madde oranıdır (Şekil 1), (Van Wagner, 1977; Fuglem and Murphy, 1980; Alexander, 1998; Cruz et al., 2006). Ayrıca, örtü yangınının tepe yangınına geçişinde örtü yangınında açığa çıkan ısı miktarı belirleyici bir rol oynamaktadır (Scott and Reinhardt, 2001). Bu kısımda örtü yangınının tepeye geçişinde etkili olan temel faktörlerden yaprak nem içeriği (YNI), tepe altı yüksekliği (TAY),

tepe hacmi yoğunluğu (THY), tüketilebilir yanıcı madde (TYM) ve rüzgar hızı hakkında bilgi verilecektir.



Şekil 1. Örtü yangınının tepe yangınına dönüşümü ve etkili olan faktörler

Yaprak nem içeriği (YNI)

Yanıcı madde nem içeriği, yangın davranışını etkileyen ve yangınların başlamasında önemli rol oynayan bir parametredir. Tutuşma sırasında ısıyı azalttığından dolayı, yanıcı madde içerisinde daha fazla ısıya ihtiyaç duyulur. Tepe tabakasındaki yanıcı maddelerin nem içeriği, konvektif ısı transferini ve alevin gelişimini azaltmaktadır. Bu konuda iğne yapraklı ağaç türlerinin ibreleri üzerine yapılan çalışma sonuçları, ibrelerin sahip olduğu farklı nem içeriğinden dolayı tutuşabilmeleri için de farklı düzeyde enerji veya ısıya ihtiyaç duyduğunu göstermiştir. (Chrosiewicz, 1986; Hartford and Rothermel, 1991; Neyişçi, 1996). Yaprak nem içeriğinin tepe yangınının başlamasında tepe altı yüksekliğinden daha az bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Fakat teorik olarak tepe yangını yayılma oranının üzerinde yaprak nem içeriğinin çok güçlü bir etkisi söz konusudur (Van Wagner, 1993). Van Wagner (1974, 1989, 1993) tarafından yaprak nem içeriği (YNI) kullanılarak tepe yangını yayılması üzerine yaprak neminin etkisi (YNE) aşağıda verilen formülle tanımlanmıştır.

$$YNE = [(1.5 - 0.0275YNI)^4 / (460 + (25.9YNI))]$$

Tepe altı yüksekliği (TAY)

Örtü yanıcı maddeleri ile tepe yanıcı maddeleri arasındaki mesafe, tepe yangınının başlaması için son derece önemlidir. Tepe altı yüksekliği, bir ağaçtaki canlı dalın en altta bulunduğu nokta ile örtü yüzeyine olan uzaklığıdır. Bazı yangın uzmanları, canlı dal

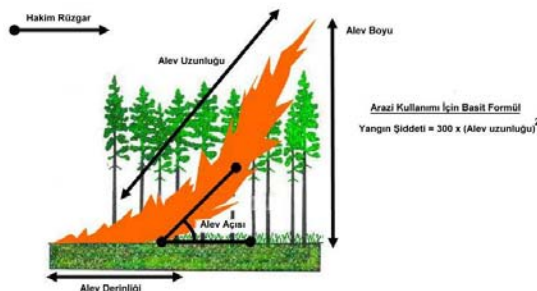
yerine ölü dal tabirini kullanmış (Cruz et al., 2004), bazıları, tepe altı yüksekliği tanımında ölü dallarla birlikte liken ve asılı yanıcı maddeleri de dikkate almıştır (Scott and Reinhardt, 2001). Özellikle ağaçlar üzerinde asılı halde bulunan yanıcı maddelerin olduğu bir alanda meşcere tepe altı yüksekliğini ölçmek çok zordur. Meşcere tepe altı yüksekliği, Brown (1978) tarafından tepe altının yere en yakın olduğu mesafe olarak tanımlanmıştır.

Tepe hacmi yoğunluğu (THY)

Meşcere için kullanılan bir ifadedir. Aynı yapıdaki meşcerelerde tepe hacmi yoğunluğu tüketilebilir yanıcı madde miktarının tepe uzunluğuna bölünmesi ile hesaplanabilir. Bu metoda göre tepe hacim yoğunluğunun aynı yapıdaki meşcerelerde eşit dağılım gösterdiği kabul edilir (Keane et al., 1998). Ancak homojen yapıda olmayan meşcerelerde tepe yanıcı maddelerinin dikey dağılımı eşit değildir. Bu yüzden tepe hacim yoğunluğu için tepe yanıcı madde miktarı dikey olarak tepe uzunluğuna bölünmez. Tepe hacim yoğunluğu değerinin yüksek oluşu tepe tabakasındaki yanıcı madde miktarının fazla olduğunun bir ifadesidir. Hangi tip genç meşcerelerde örtü yangınının tepeye geçişinin daha kolay olabileceği açısından bu kavram fikir vermede yardımcı olmaktadır.

Tüketilebilir yanıcı madde

Tüketilebilir yanıcı madde miktarı, alevli yanma kısmında yanabilen yanıcı madde miktarı olarak tanımlanmaktadır (Alexander, 1982). Alevin uzunluğu, açısı, derinliği, (Şekil 2) konveksiyon sütunundan yükselen gazların sıcaklığı ve tepedeki yanıcı maddelere ulaşan ısı, tüketilen yanıcı madde miktarını etkilemektedir.



Şekil 2. Yangın şiddeti ve alev boyutları arasındaki ilişki (alev uzunluğu birimi metredir)

Tepe tabakasındaki tüketilebilecek yanıcı madde miktarı, yangının tepeye geçişini etkileyeceği gibi, tepe yangınının şiddetini de etkileyecektir. Nitekim, yangın şiddetini etkileyen temel faktörlerden birisi de tüketilen yanıcı madde miktarıdır. Alevli kısımda tüketilebilen yanıcı madde miktarının tahmini, yanma işleminin karmaşık yapısından dolayı oldukça güç olmaktadır (Cruz et al., 2004). Özellikle heterojen yanıcı madde kaynaklarında veya büyük çaplı yanıcı maddeleri içeren yanıcı madde kaynaklarında tüketilebilir yanıcı madde miktarını tahmin etmek oldukça zor olmaktadır. Alevli yanma kısmında canlı ve ölü dallardan 0.6 cm den ince çaplı olanların tüketildiği belirtilmektedir (Reinhardt et al., 1991; Reinhardt et al., 1997). Call ve Albini (1997)'ye göre 0-0.6 cm çaplı tepe yanıcı maddelerin %100 nem içeriğine sahip olması durumunda %65'i aktif tepe yangını sırasında tüketilmektedir.

Rüzgar hızı

Rüzgar, yangınlar sırasında açığa çıkan ısıyı ve gazları yanmamış yanıcı maddelere taşıma görevi görür. Rüzgar, zamansal ve konumsal olarak yangın davranışına yaptığı etki bakımından, yangın davranış modellerinin içerisine sayısal veri olarak entegre edilen en zor değişkenlerden birisidir. Rüzgarın yayılma oranı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için belli bir yükseklikte yapılan rüzgar ölçüm değerleri kullanılmaktadır. Standart olarak rüzgâr ölçümünün yapıldığı yükseklik, 10 m'dir. Çok az çalışmada hem meşcere içerisinde hem de 10 m yükseklikteki rüzgar hızı ölçülmüştür. Rüzgarın arazi koşullarında çok değişkenlik göstermesinden dolayı, bu değişkenliği modellere yansıtılabilmek için belirli aralıklarla ölçülen rüzgar değerleri kullanılmaktadır (Cruz et al., 2004). Örtü yangınının tepeye geçişinde rüzgar anahtar rol oynamaktadır.

Tepe Yangını Başlama Kriteri

Tepe yangını başlaması ile ilgili çeşitli modellere ulaşmak mümkündür. Bu modellerin çoğu yarı teorik tabanlı olup (Van Wagner, 1977; Xanthopoulos 1990; Alexander, 1998) bu modeller, örtü yangını sırasında açığa çıkan ve yukarıya hareket

eden ısı oranının tahmin edilmesine ihtiyaç duymaktadır (Cruz, 1999). Örtü yangınının tepeye geçişini modelleyen, en çok kabul gören ve yaygın olarak kullanılan model, Van Wagner (1977)'in tepe yangını başlama modelidir. Bu model, örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesi için gerekli olan en düşük örtü yangını şiddetini içermektedir.

- *Tepe yangını başlaması için başlangıç yangın şiddeti*
 $= ((TAY(460+25.9YNI)/100))^{3/2}$
- *Tepe yangını başlangıç yayılma oranı = (60×Tepe yangını başlaması için başlangıç yangın şiddeti)/Birim alanda açığa çıkan enerji*
- *Aktif tepe yangını için kritik (minimum) yayılma oranı = 3/THY*

Örtü Yangınlarının Tepe Yangınlarına Geçiş İle İlgili Yapılan Deneysel Çalışmalar

Tepe yangınları başlama modelleri yarı deneysel ya da teorik tabanlı olarak oluşturulmuştur. Bu durum ise, çözümlemesi gereken çeşitli soruların üzerine odaklanılması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Fiziksel modeller, temel olarak yangın davranışını belirleyen değişkenler arasındaki etkileşim ve ilişkiler ile ilgilidir. Yarı deneysel modeller ise, fazla sayıdaki deneme yangınları veya doğal yangın verileri üzerine dayandırılarak yangın amenajmanı karar destek sistemlerinde kullanılmak üzere yangın davranış karakteristiklerinin tahmini için geliştirilmiştir. Fiziksel modeller, tutuşma karakteristikleri, alev karakteristikleri, ısı transferi mekanizmaları ve yanmamış yanıcı maddeler gibi çeşitli konularda bazı eksikliklere sahiptirler (Cruz et al., 2004).

Yarı deneysel model yaklaşımında ise, tepe yangınları başlama modelleri kullanılabilirlik bakımından fiziksel ve deneysel gözlemleri kombine ettiği ve tepe yangını tahmininde sayısal kıstaslara göre tanımlama yaptığı için daha uygundur (Van Wagner, 1977; Xanthopoulos, 1990; Alexander, 1998). Van Wagner (1977)'in geliştirdiği tepe yangını başlama modeli, belirli bir yükseklikte, doğrusal ısı kaynağından maksimum sıcaklığa eriştiği yükseklikle ilgilidir. Van Wagner, (1977) in geliştirdiği model, tüm dünyada özellikle yangın davranış tahmin sistemlerinde tepe

yangınının başlayışını tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Van Wagner, 1989; Forestry Canada, 1992; Scott and Reinhardt, 2001). Modelin geliştirilmesi ve simülasyonunun desteklenmesi için yol gösterici rehber çalışmalar da yapılmıştır (Alexander, 1988; Cruz et al., 2003; Cruz et al., 2004). Van Wagner (1977)'in geliştirdiği model, maksimum sıcaklık formülasyonu ile ilgilidir. Başlangıç tutuşmasında yanıcı maddenin nem içeriğinin oldukça önemli bir parametre olduğu, sıcaklık ve zaman profili eğrisine entegre edilmesinin uygun olacağı, çünkü tepe yangını başlaması için sıcaklığın kurutucu etki yaparak yanmayı kolaylaştırdığı belirtilmektedir (de Mestre et al., 1989).

Van Wagner (1977) modelindeki bazı sınırlamaların üstesinden gelebilmek için Xanthopoulos (1990) tepe yangını başlama modelinin geliştirilmesi için bazı yaklaşımlarda bulunmuştur. Bunlar; bir yangında farklı yüksekliklerde zaman-sıcaklık profillerinin tahmini ve farklı ibreli türlerin ibrelerinin tutuşma zamanının tahminidir.

Sonuç

Yangınların birçok mekanizması henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır (Rothermel, 1983; Butler and Cohen, 1998) Bu mekanizmalara örnek olarak, tepe yangını gelişimi, nokta yangınlarının oluşumu (kıvılcım atma) ve silvikültürel müdahalelerin örtü yangınının tepeye geçişi üzerine etkileri konularındaki bilinmezlikler verilebilir. Silvikültürel müdahalelerin şiddeti ve bunun tepe yangınına geçişi oluşum mekanizması üzerindeki etkileri konusunda geliştirilecek yangın davranış modelleri uygulayıcılara önemli ipuçları verebilecektir.

Örtü (Rothermel, 1972, 1983) ve tepe yangınlarının davranışını tahmin edebilen (Rothermel, 1991) kabul görmüş modeller olmasına rağmen, örtü yangınının tepe geçişini modelleyen çok az çalışma bulunmaktadır (Van Wagner, 1977, 1989, 1993; Alexander, 1998; Cruz, 1999; Cruz et al., 2003). Bu tür çalışmaların farklı yanıcı madde tipleri için geliştirilmesi ve yangının doğal seyrinde elde edilebilecek sağlıklı veriler ışığında değerlendirilebilmesi son

derece önemlidir. Diğer yandan, örtü yangınının tepe yangınına geçişinde birçok faktörün etkili olduğu görülmüş dolayısıyla, bu faktörlerin değişik çevre şartlarındaki etkilerinin ortaya konulması için farklı arazi koşullarında deneysel çalışmaların yapılması zorunluluğunu öne çıkarmıştır. Bu çalışmalar neticesinde elde edilecek veriler yangın amenajmanı kapsamında, yangın organizasyonlarında, yangınlarla mücadele çalışmalarında ve silvikültürel uygulamalarda uygulayıcıya kolaylıklar sağlayabilecektir. Sözgelimi hangi meşcere tipinde nasıl bir silvikültürel müdahalenin (meşcerenin ekolojik isteklerinin göz önünde bulundurularak) yangın açısından uygun olacağına yardımcı olabilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, mücadelesi zor ve masraflı olan tepe yangınlarının çıkma ihtimalinin kontrollü yangınlarla azaltılabileceğini ortaya koymaktadır. Kontrollü yakma öncesi ve sonrasında, tepe yanıcı madde miktarı, tepe hacim oranı, ortalama tepe altı yüksekliği değerlerinin karşılaştırılmak suretiyle yangın potansiyelinin azaldığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Kilgore and Sando, 1975, Neyişci ve ark., 2002). Kontrollü yakma uygulamaları ile hem yangınların yıkıcı etkileri kontrol altında alınabildiği gibi yangınla mücadele masraflarının azaltılmasında önemli katkıları olacaktır. Günümüzde, kontrollü yakma uygulamaları uzman bir yangın heyeti tarafından yapılmakta ve kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Kaynaklar

Alexander ME. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. Can. J. Bot. 60, 349-357.

Alexander ME. 1988. Help with making crown fire hazard assessments. In Proc. Symp. and workshop on protecting people and homes from wildfire in the Interior west, Fischer, W.C., and S.F. Arno (comps) USDA For.Serv. Gen. Tech. Rep. INT-251, p. 147-156.

Alexander ME. 1998. Crown fire thresholds in exotire pine plantations of Australia. Ph.D. Thesis, Austral. Natl. Univ., Canberra, ACT, Australia, 228p.

Alexander ME, Stefner CN, Mason JA, Stocks BJ, Hartly GR, Maffey ME, Wotton BM, Taylor

SW, Lavoie N, Dalrymple GN, 2004. Characterizing the jack pine –black spruce fuel complex of the international crown fire modelling experiment (ICFME). Can. For. Serv. Northern For. Cent. Inf. Report NOR-X-393.

Alexander ME. 2006. Models for predicting crown fire behavior –in V Short Course on Fire Behaviour, 25-26 November 2006, Figueira da Foz, Portugal. Association for the Development of Industrial Aerodynamics, Forest Fire Research Centre, P. 173- 225 Coimbra, Portugal.

Brown JK. 1978. Weight and density of crowns of Rocky Mountain conifers. Res. Pap. INT-197. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 56p.

Butler BW., Cohen JD. 1998. Firefighter safety zones: a theoretical model based on radiative heating. Int. J. Wildland Fire, 8(2), 73–77.

Call PT, Albini FA. 1997. Aerial and surface fuel consumption in crown fires. Int. J. Wildland Fire 7, 259–264.

Chrosiewicz Z. 1986. Foliar moisture content variations in four coniferous tree species of central Alberta. Can. J. For. Res, 16, 157-162.

Cruz MG. 1999. Modeling the initiation and spread of crown fires. M.Sc. thesis, Univ. Montana, Missoula, MT. 162p.

Cruz MG., Alexander ME., Wakimoto RH. 2003. Assessing the probability of crown fire initiation based on fire danger indices. The Forestry Chronicle, 79(5), 976-983.

Cruz MG., Alexander ME., Wakimoto RH. 2004. Modeling the likelihood of crown fire occurrence in conifer forest stands. Forest Science, 50(5), 640-658.

Cruz MG., Butler BW., Alexander ME. 2006. Predicting the ignition of crown fuels above a spreading surface fire. Part II: model evaluation. Int. J. Wildland Fire, 15, 61-72.

de Mestre NJ., Catchpole EA., Anderson DH., Rothermel RC. 1989. Uniform propagation of a planar fire front without wind. Combust. Sci. Tech, 65, 231–244.

Dimitrakopoulos AP., Mitsopoulos ID., Rapits DI. 2007. Nomographs for predicting crown fire ignition in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) forests. Eur. J. Forest Re, DOI 10.1007/s10342-007-0176-4.

Finney MA. 1998. FARSITE: fire area simulator-Model development and evaluation. USDA For. Serv. Res. Pap. RMRS-RP-4, 47p.

Forest Canada Fire Danger Group. 1992. Development and structure of the Canadian

Forest Fire Behavior Prediction System. Forestry Canada, Ottawa, Ont. Inf. Rep. ST-X-3.

Fuglem PL., Murphy PJ. 1980. Foliar moisture content and crown fires in Alberta conifers. Alberta Energy and Natural Resources, Edmonton, AB. ENR Report No. 158. 47p.

Keane R E., Garner JL., Schmidt KM., Long DG., Menakis JP., Finney MA. 1998. Development of input data layers for the FARSITE fire growth model for the Selway-Bitterroot Wilderness complex, USA. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-3. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 66p.

Kilgore, B. M.; Sando, R. W. 1975. Crown-fire potential in a Sequoia forest after prescribed burning. Forest Science. 21(1): 83–87.

Neyiçi, T. 1996. Kolay ve Güç Yanan Bitki Türleri. Orman Mühendisliği Dergisi, Yıl:33, Sayı:5, Ankara.

Neyiçi T, Şirin G, Sarıbaşak H. 2002. Batı Akdeniz bölgesinde orman yangın tehlikesinin düşürülmesinde denetimli yakma tekniğinin uygulanması. Türkiye Ormancılar Derneği, yayın no:2, Ankara.

Rothermal RC. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest service, Intermountain Forest and Range Experimental Station research, General Technical Report, INT-115.

Rothermal RC. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. USDA Forest service, Intermountain Forest and Range Experimental Station research, General Technical Report, INT-143.

Rothermal RC. 1991. Predicting behavior and size crown fires in the Northern Rocky Mountains. Intermountain Forest and Range Experimental Station research, General Technical Report, INT-438.

Reinhardt ED., Brown JK., Fischer WC., Graham RT. 1991. Woody fuel and duff consumption by prescribed fire in northern Idaho mixed conifer logging slash. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-443.

Reinhardt ED., Keane RE., Brown JK. 1997. First order fire effects model: FOFEM 4.0 user's guide. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-344.

Scott JH., Reinhardt ED. 2001. Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RMRS-RP-29.

Stocks BJ., Alexander ME., Wotton BM., Stefner CN., Flannigan MD, et al. 2004. Crown fire behavior in a northern jack pine-black spruce forest. Can. J. For. Res, 34, 1548–1560.

Springer EA., Van Wagner CE. 1984. The seasonal foliar moisture trend of black spruce at Kapuskasing, Ontario. Can. For. Serv. Res. Note. 4, 39–42.

Van Wagner C E. 1974. A spread index for crown fires in spring. Inf. Rep. PI-X-55. Canadian Forest Service, Petawawa Nat. For. Inst.

Van Wagner CE. 1977. Conditions for the Start and Spread of Crown Fire. Can. J. For. Res, 7, 23-34.

Van Wagner CE. 1989. Prediction of Crown fire Behavior in Conifer Stands, in Proc. 10th Conf. Fire and For. Meteor. (17-21 April 1989, Ottawa, Ontario), For. Can. and Environ. Can., p 207-212, Ottawa, Ontario.

Van Vagner C.E. 1993. Prediction of Crown fire behavior in two stands of Jack pine. Can. J. For. Res, 23: 442-449.

Xanthopoulos G. 1990. Development of a wildland crown fire initiation model. Ph.D. thesis, Univ. Montana, Missoula, Montana, 152p.