



Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt  
Grätzelstrasse 2, 37079 Göttingen

**Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt**

## Entwicklung des Waldbrandrisikos in Hessen

**Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025**

Klimasensitive Forstwirtschaft mit Breitenwirkung

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Mai 2022

## Methodik und Datengrundlage

Mit zunehmender Klimaerwärmung und steigender Wahrscheinlichkeit von Witterungsextremen ist möglicherweise auch ein steigendes Waldbrandrisiko zu erwarten. Zur Ermittlung der künftigen Gefährdungssituation wurde für die Waldflächen in Hessen der kanadische Forest Fire Weather Index (FWI, van Wagner, 1987) berechnet. Das Modell gibt auf Tagesbasis verschiedene Indizes aus, wobei der FWI als wichtigste Größe die tägliche Waldbrandgefahr quantifiziert (Abb. 1). Der FWI ist ein international gebräuchlicher Index, der auf physikalisch messbaren Parametern beruht. Er kombiniert Indizes für die Feuchtigkeit von Streu (FFMC), Humusaufgabe (DMC) und tieferen humusreichen Bodenschichten (DC) mit Indikatoren, die die Ausbreitungsbedingungen des Feuers beschreiben (Natural Resources Canada, 2008).

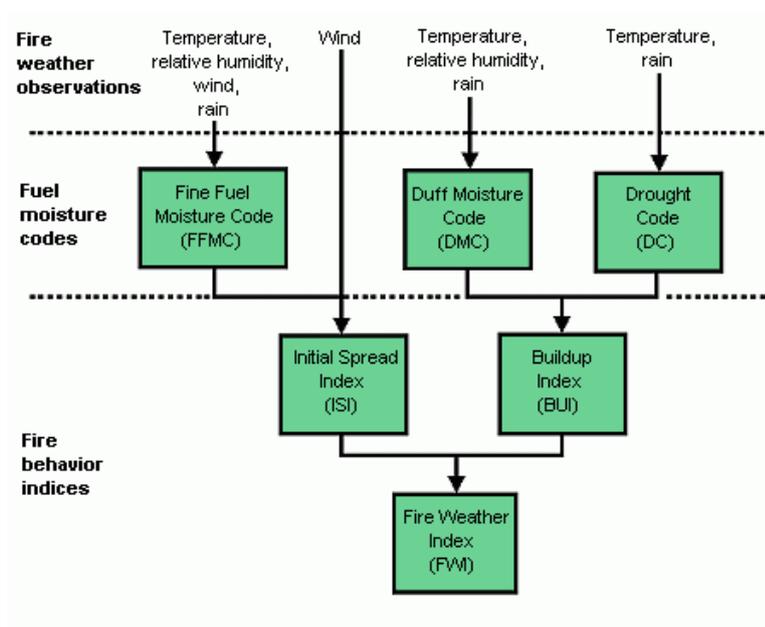


Abb. 1: Komponenten des FWI Index (Natural Resources Canada, 2008)

Der FWI ist ein kumulativer Index, der die Entwicklung der einzelnen Parameter kontinuierlich fortschreibt, und benötigt als Eingangsdaten die tägliche Niederschlagssumme und die Werte von relativer Luftfeuchte, Temperatur und Windgeschwindigkeit jeweils um 13 Uhr des betreffenden Tages. Da keine mittäglichen Klimawerte vorlagen, wurden diese aus den verfügbaren Daten Maximumtemperatur (Tmax), Dampfdruck und Windgeschwindigkeit mit Korrekturfunktionen geschätzt.

Die Temperatur um 13 Uhr ( $T_{13Uhr}$ ) wurde aus einer einfachen linearen Beziehung mit der  $T_{max}$  abgeleitet.

$$T_{13Uhr} = 0.982 T_{max} - 0.569$$

Zur Schätzung der relativen Luftfeuchte um 13 Uhr wurden zunächst jeweils die Sättigungsdampfdrücke  $e_s$  bei  $T_{13Uhr}$  und der Tagesmitteltemperatur ( $T_{mean}$ ) abgeleitet (Allen et al., 1998).

$$e_s = 0.6108 e^{\left(17.27 \frac{T}{237.3+T}\right)}$$

Der mittlere tatsächliche Dampfdruck eines Tages  $e_{a(T_{mean})}$  ergibt sich dann aus dem Sättigungsdampfdruck bei Tagesmitteltemperatur  $e_{s(T_{mean})}$  multipliziert mit der mittleren Luftfeuchte  $RH_{T_{mean}}$  des betreffenden Tages.

$$e_{a(T_{mean})} = e_{s(T_{mean})} \frac{RH_{T_{mean}}}{100}$$

Eine geschätzte relative Feuchte um 13 Uhr  $RH_{T_{13Uhr}_g}$  ergibt sich nun durch.

$$RH_{T_{13Uhr}_g} = \frac{e_{a(T_{mean})}}{e_{s(T_{13Uhr})}} 100$$

Am Kalibrierungsdatensatz wurde ein exponentielles Modell zwischen  $RH_{T_{13Uhr}_g}$  und der tatsächlichen relativen Luftfeuchte um 13 Uhr geschätzt.

$$RH_{T_{13Uhr}} = 1653.36 e^{0.00064 RH_{T_{13Uhr}_g}} - 1658.58$$

Eine weitere lineare Beziehung wurde zwischen der mittleren Windgeschwindigkeit ( $Wind$ ) und der Windgeschwindigkeit um 13 Uhr abgeleitet.

$$Wind_{13Uhr} = 0.982 Wind - 0.569$$

In der Europäischen Union wird der kanadische Waldbrandindex seit 2007 verwendet, um eine europaweit einheitliche Abschätzung der Waldbrandgefahren zu erhalten (EFFIS, 2017; San-Miguel-Ayanz et al., 2012). Dazu wird der FWI in Gefahrenklassen (FDC) umgewandelt (Tab. 1).

*Tab. 1: In der EU verwendete einheitliche Gefahrenklassen (FDC) und entsprechender FWI (EFFIS, 2017)*

FDC	Bedeutung	FWI
1	sehr niedrig	<5.2
2	niedrig	5.2 - 11.2
3	moderat	11.2 - 21.3
4	hoch	21.3 - 38.0
5	sehr hoch	38.0 - 50.0
6	extrem	>= 50.0

Die Berechnung des FWI erfolgte sowohl mit den retrospektiven Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) als auch mit den Ergebnissen des Klimaszenarios RCP8.5 (Representative Concentration Pathway) des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Auf Grundlage des ReKliEs-De-Projektvorhabens (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) stehen für Deutschland umfassende Ensembles regionaler Klimaprojektionen der aktuellen RCP-Klimaszenarien in einer hohen räumlichen Auflösung zur Verfügung (HÜBENER et al. 2017). Die Daten wurden für verschiedene Klimavariablen nach einem einheitlichen Format ausgewertet und aufbereitet. Aus dem Gesamtensemble mit 26 verschiedenen Modellkombinationen für das RCP8.5-Klimaszenario (sog. „Weiter-wie-bisher-Szenario“) wurde für Anwender von Wirkmodellen im Rahmen des Bund-Länder-Fachgespräches ein sogenanntes Kernensemble ausgewählt, dass nach vorgegebenen Qualitätskriterien die Bandbreite des Gesamtensembles repräsentiert (Tab. 2, DALELANE et al. 2018). Die Ergebnisse des RCP8.5-Ensembles werden für die Berechnung des zukünftigen Waldbrandrisikos herangezogen, da dieses aufgrund der aktuellen Emissionsentwicklung die maximalen Anpassungserfordernisse für die forstliche Planung bedingt.

*Tabelle 2: Ausgewertete Simulationen des ReKliEs-De-Kernensembles*

GCM-Name	RCM-Name	Abkürzung
ECEARTH12	RACMO	ECEARTH12_RACMO
MIROC5	CCLM	MIROC5_CCLM
HadGEM2	WRF	HadGEM2_WRF
MPIESM	CCLM	MPIESM_CCLM
MPIESM	WRF	MPIESM_WRF
HadGEM2	WR13	HadGEM2_WR13
MPIESM	WR13	MPIESM_WR13

Anmerkung: \*GCM = Global Climate Model, RCM = Regional Climate Model

## Ergebnisse

Im Weiteren wird nur auf Ergebnisse der FWI Berechnung mit retrospektiven Daten und mit dem Klimaszenario RCP8.5 eingegangen. Insgesamt zeigen sich bei den meisten Klimamodellen des Kernensembles sehr ähnliche Schätzungen des Waldbrandrisikos für die Vergangenheit im Vergleich zu den Ergebnissen der DWD-Messdaten (Abb. 2). Allerdings fällt auf, dass die Modellkombinationen 'hadgem\_wrf' und 'miroc5\_cclm' ein deutlich erhöhtes Waldbrandrisiko für die Periode 1981 bis 2010 schätzen. Hier kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Eingangsdaten mit Fehlern behaftet sind. Vermutlich betrifft das den Dampfdruck, da für diese beiden Modellkombinationen auch das Dampfdrucksättigungsdefizit im Vergleich deutlich erhöht ist. Beide Modelle wurden daher für die Abschätzung des zukünftigen Waldbrandrisikos nicht berücksichtigt, da auch bis zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der Tage mit einem hohen bis extremen Waldbrandrisiko deutlich über den Ergebnissen der anderen Modelle liegt.

Unter den klimatischen Verhältnissen der Periode 1981 bis 2010 ist das Waldbrandrisiko im Mittel in Hessen gering. Die Anzahl der Tage mit einem hohem bis extremen Waldbrandrisiko betragen deutlich weniger als 10 Tage im Jahr. In der Periode 2011 bis 2040 wird sich das Waldbrandrisiko nach den betrachteten fünf Klimaläufen nur geringfügig erhöhen (Abb. 2). Ein Anstieg der Häufigkeit des Auftretens der gezeigten Gefährdungsklassen ist ab der Periode 2041 bis 2070 sichtbar. Im Mittel verdoppelt sich die Anzahl der Tage mit hohem bis extremen Risiko. Für einzelne Waldstandorten werden im dreißigjährigen Mittel mehr als 20 Tage berechnet. Zum Ende des Jahrhunderts (Periode 2071 bis 2100) erhöht sich in allen Modellläufen das Gefährdungspotenzial nochmals leicht und erreicht in den besonders betroffenen Regionen von Hessen teilweise mehr als 30 Tage im Jahr mit hoher bis extremer Waldbrandgefährdung.

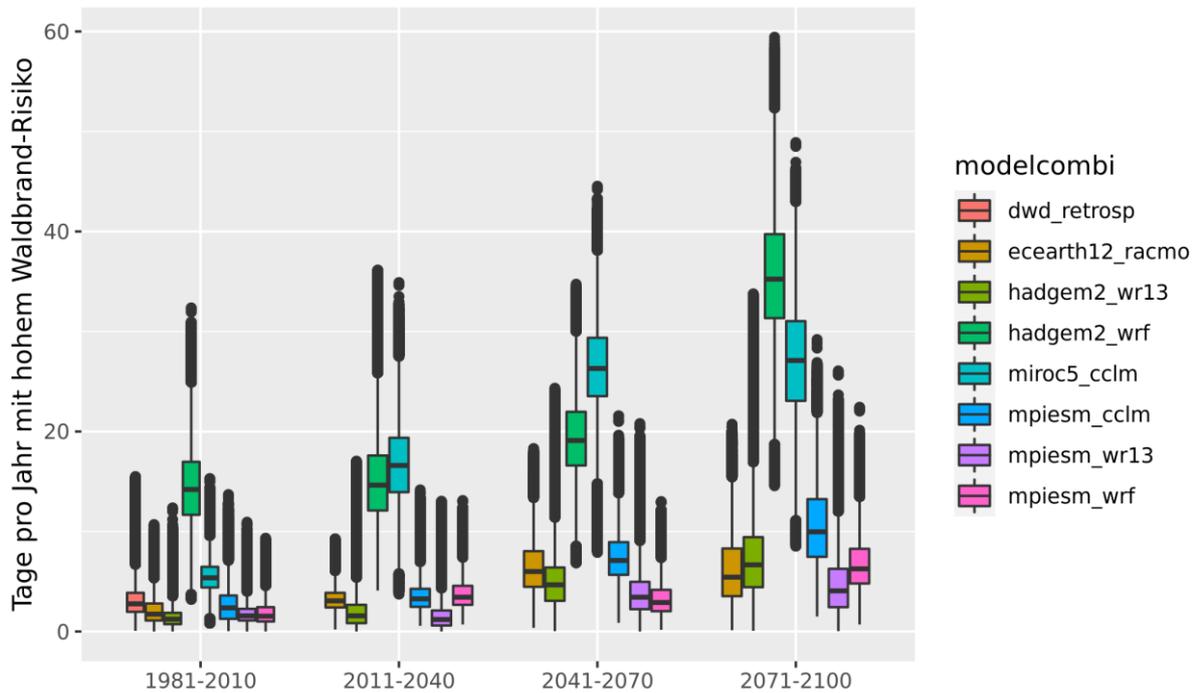


Abb. 2: Mittlere Anzahl der Tage im Jahr mit einem hohen Waldbrandrisiko für die Waldflächen in Hessen

Weil das Waldbrandrisiko keineswegs über Hessen homogen ist, wurde das Waldbrandrisiko räumlich dargestellt. Im Rhein-Main-Gebiet und in der Wetterau zeichnen sich schon in der Vergangenheit Gebiete mit einer Häufung von Tagen mit moderatem (nicht gezeigt) und hohem Waldbrandrisiko ab (Abb. 3). Die bewaldeten Mittelgebirgsregionen in Hessen weisen dagegen in der Periode 1981 bis 2010 nur ein sehr geringes Risiko auf. Diese räumliche Verteilung bleibt nach den Modellergebnissen auch in Zukunft erhalten. Ab 2071 nimmt die Waldbrandgefahr unter dem betrachteten Klimaszenarien im südlichen Hessen auf durchschnittlich 30-40 Tagen im Jahr zu (Abb. 4). Besonders das Modell „hadgem2\_wr13“ rechnet für das Rhein-Main-Gebiet mit einer deutlichen Verschärfung der Waldbrandsituation. Auch die Mittelgebirgsregionen sind zukünftig einem deutlich höherem Waldbrandrisiko ausgesetzt.

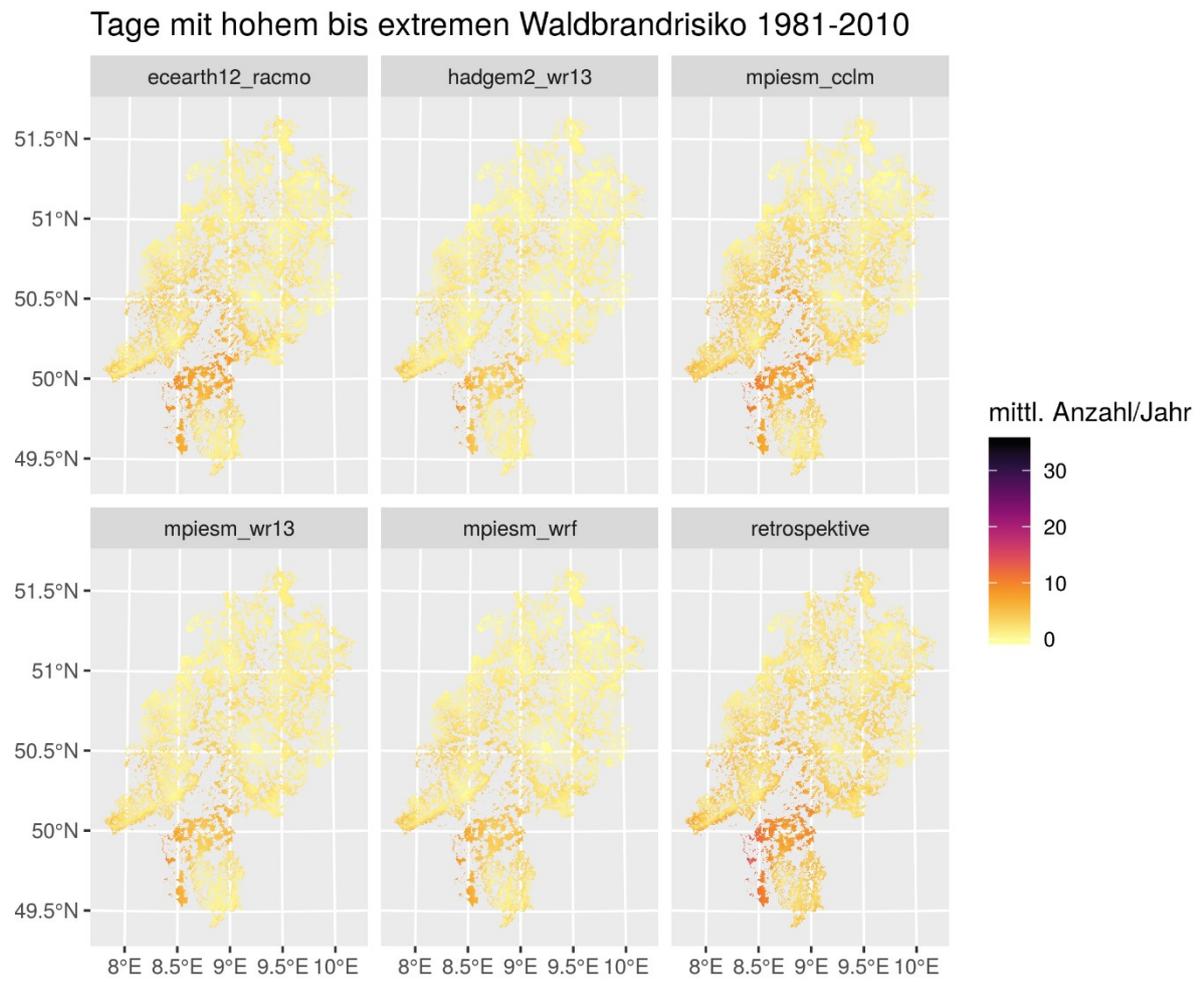
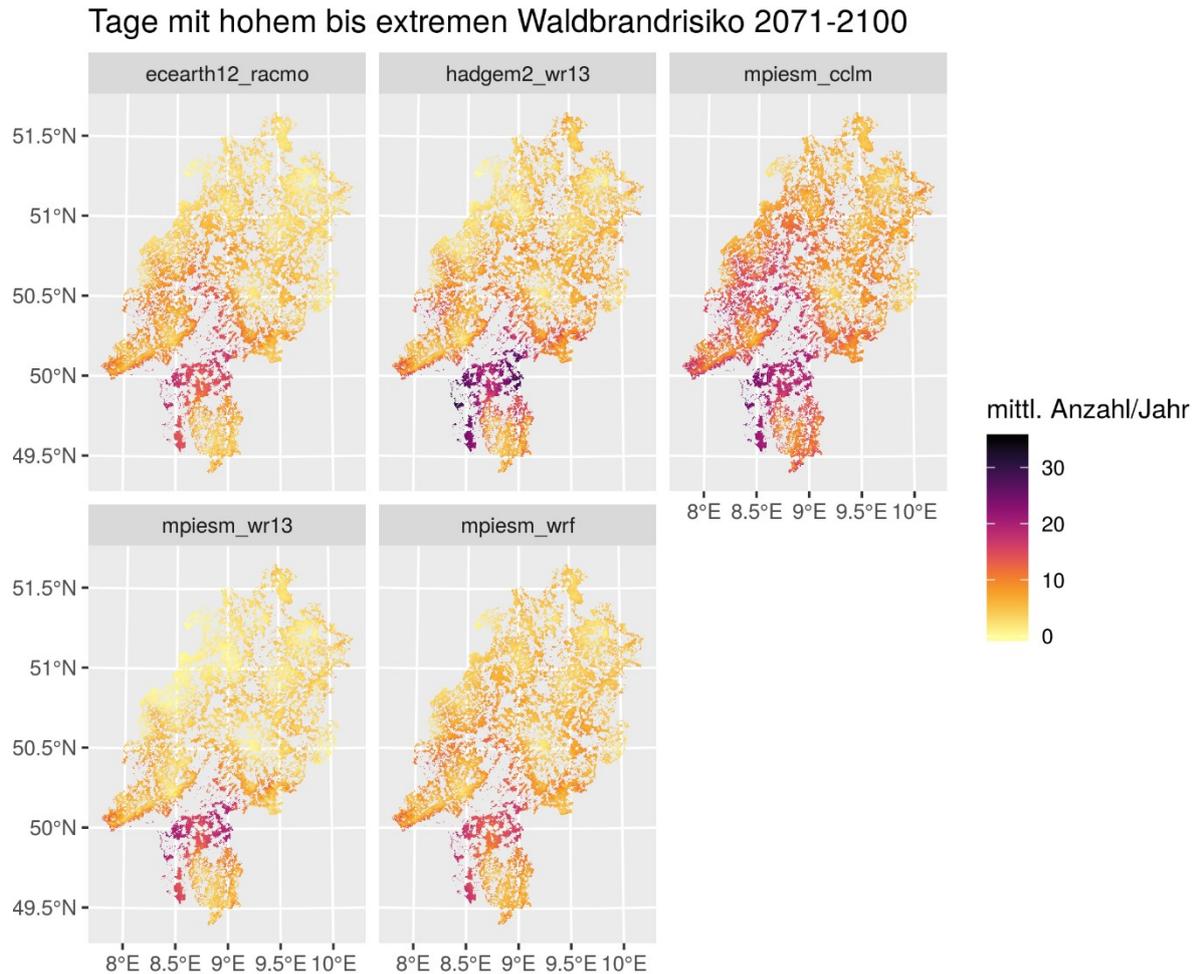


Abb.3: Mittleres Waldbrandrisiko für die Periode 1981 bis 2010 für die Waldflächen in Hessen.



*Abb.4: Mittleres Waldbrandrisiko für die Periode 2071 bis 2100 für die Waldflächen in Hessen.*

## **Fazit**

Die untersuchten Klimäläufe des RCP8.5 Szenarios zeigen bei fünf von sieben Modellen eine gute Abbildung der Waldbrandgefährdung in Hessen im Vergleich zur Abschätzung anhand von Messdaten des DWD für die Periode 1981 bis 2010. Deshalb wird bei diesen fünf Modellen auch für die Zukunft eine plausible Abschätzung des Waldbrandrisikos erwartet.

Die Einschätzung des Waldbrandrisikos anhand des FWI basiert auf der mittleren Anzahl an Tagen mit einer hohen bis extremen Gefährdung im Jahr. In einzelnen Trockenjahren kann die Anzahl der Tage

deutlich über den Mittelwerten liegen. Die letzten Jahre haben gezeigt, dass insbesondere extreme und lang anhaltende Trockenperioden zu einer Verschärfung der Waldbrandgefährdung führen. Ob extreme Trockenperioden in Zukunft häufiger und länger auftreten werden, wurde in diesem Projektvorhaben jedoch nicht explizit untersucht.

## Literatur

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements (No. 56).

Dalelane, C., Früh, B., Steger, C. & A. Walter (2018): A pragmatic approach to build a reduced regional climate projection ensemble for Germany using the EURO-CORDEX 8.5 ensemble, *J. Appl. Meteorol. Clim.*, 57, 477–491, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0141.1>.

EFFIS (2017): EFFIS - Fire Danger Forecast [WWW Document]. URL <http://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/fire-danger-forecast/> (accessed 7.6.17).

Hübener, H., K. Bülow, C. Fooker, B. Früh, P. Hoffmann, S. Höpp, K. Keuler, C. Menz, V. Mohr, K. Radtke, H. Ramthun, A. Spekat, C. Steger, F. Toussaint, K. Warrach-Sagi & M. Woldt (2017): ReKliEs-De Ergebnisbericht. DOI: 10.2312/WDCC/ReKliEsDe Ergebnisbericht.

Natural Resources Canada (2008): Canadian Wildland Fire Information System | Natural Resources Canada - Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System [WWW Document]. URL <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi> (accessed 7.6.17)

San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., Strobl, P., Liberta, G., Giovando, C., Boca, R., Sedano, F., Kempeneers, P., others (2012): Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS), in: *Approaches to Managing Disaster-Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts*. InTech

van Wagner, C.E. (1987): Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System.