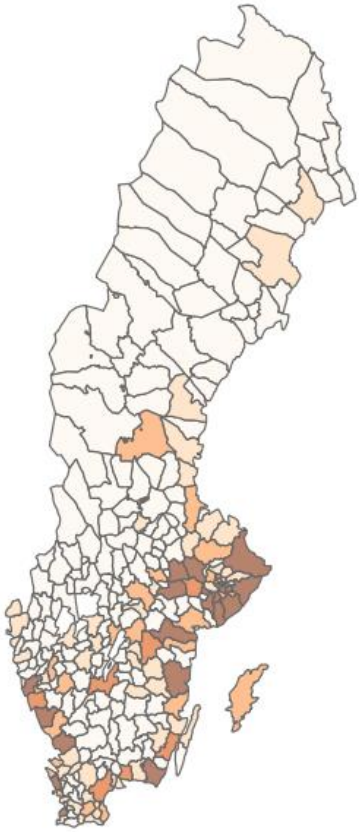
SAFETY & TRANSPORT

SAFETY



Lärdomar från inträffade vegetations-bränder under vinterhalvåret

Frida Vermina Lundström, Johan Sjöström

SP Rapport 2017:44

Lärdomar från inträffade vegetations-bränder under vinterhalvåret

Frida Vermina Lundström, Johan Sjöström

Abstract

What can we learn from previous wildland fires during winter season?

Although wildland fires are not common during the cold season in the Nordic countries, there is a risk for uncontrolled spread. This was proved during a mild and very dry winter in Norway in 2014, when three large fires occurred. Therefore, a fire weather forecast running during winter time could provide the rescue service with knowledge on the risk of spreading fires. In this report, data from previous fires is gathered to gain knowledge on how to modify a risk index for fire weather during the Swedish winter.

Key words: Wildland fire; winter; precipation; temperature; humidity; wind; FWI

RISE Research Institutes of Sweden

SP Rapport 2017:44
ISSN 0284-5172
Lund 2017

© RISE Research Institutes of Sweden

Innehåll

Abstract **3**
Innehåll **4**
Förord **5**
Sammanfattning **6**
1 Inledning **7**
2 Metod **8**
2.1 Statistik 8
2.2 Fire weather index 8
2.3 Osäkerhet och parameterkänslighet 10
3 Förekomst **12**
4 Fallstudier **16**
4.1 Flatanger 16
4.1.1 Brandförlopp 16
4.1.2 Uppmätta väderförhållanden 17
4.1.3 Osäkerhets- och känslighetsanalys 18
4.2 Frøya 23
4.2.1 Brandförlopp 23
4.2.2 Uppmätta väderförhållanden 23
4.2.3 Osäkerhets- och känslighetsanalys 24
5 Slutsatser **27**
6 Referenser **28**

© RISE Research Institutes of Sweden

Förord

Denna studie är en del av projektet “Vinterbränder”, finansierat av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) som tacksamt erkännes. Rapporten uppfyller arbetspaket 2 som syftar till att sammanställa kunskap från de bränder som inträffat vintertid i Sverige tidigare år.

© RISE Research Institutes of Sweden

Sammanfattning

Denna rapport innehåller en kort beskrivning av de skogsbränder som räddningstjänsten kallats till under vintersäsongen åren 1996-2014 i Sverige. Därtill studeras två av de tre stora skogsbränderna som utbröt vintern 2014 i Norge.

Skogsbränder kan inträffa under vintersäsongen (1 nov-31 feb), även om frekvensen av skogsbränder under vintern är låg - strax över 2000 bränder har rapporterats in sedan 1996. De flesta av dessa bränder är mycket små. Endast 15 bränder har spritt sig över en area på mer än en hektar. Den största andelen har initierats av gräseldning och är följaktligen av vegetationstypen ”ej trädbevuxen mark” i MSBs databas.

Fire weather index (FWI) är ett riskindex som använder väderdata (nederbörd, temperatur, vind och luftfuktighet) för att avgöra hur lätt en initierad brand sprider sig under specifika väderförhållanden. MSB använder FWI för att t.ex. ge beslutsunderlag om brandförbud till räddningstjänsten. Vintersäsongen i Norden innebär dock väderförhållanden som inte är fullt inräknade om FWI-modellen körs vintertid, t.ex. att marken kan vara eller inte vara snötäckt, att vintersäsongen möjligtvis innebär att bränslet (vegetationen) skiljer sig från sommartid osv.

Vintern 2014 var varm, med ovanligt lite nederbörd. I Norge startade tre stora skogsbränder under januari månad, som också spred sig till bebyggelse. Flera utredningar har gjorts av dessa bränder. I denna rapport har FWI beräknats för två av de väderstationer som ligger närmast de aktuella platserna. Eftersom väderdata analyseras vid specifika tidspunkter och dessutom skiftar lokalt, utfördes en osäkerhets- och känslighetsanalys på de ingångsparametrar som används i indexet.

En tidigare känslighetsanalys på ingångsparametrarna visade att de värden som sätts vid uppstart av FWI-beräkningarna inte spelar en stor roll om FWI-verktyget startas upp på våren istället för att köras året om. Känslighetsanalysen i denna rapport visar att vind har den största effekten på FWI, medan temperatur och luftfuktighet ger en mindre påverkan.

FWI var relativt lågt under januari månad 2014 för platserna för de båda bränderna. Större delen av månaden ligger indexet på ”normal brandrisk”, ner mot gränsen för ”liten brandrisk”. Även intervalldata ligger inom dessa gränser. Bara om vindhastigheten ändras till den högst uppmätta på dygnet för branden i Flatanger ligger indexet på en ”extremt stor brandrisk”. Då januari månad 2014 bevisligen innebar en hög risk för brand i vegetation, kan tillämpbarheten av FWI i sitt befintliga skick ifrågasättas, om FWI beräknas för vinterhalvåret. Korrigeringar bör göras för specifika vinterväderförhållanden (t.ex. huruvida det finns ett snötäcke eller inte) och att de flesta bränderna är gräsbränder. Dessutom finns ingen valideringsdata för vinterförhållanden och modellen förväntas startas strax efter snösmältning när växtsäsongen drar igång. Vidare skulle ett framtida riskindex kunna använda sig av redan inträffade bränder, med hjälp av t.ex. bayesiansk sannolikhetsteori.

© RISE Research Institutes of Sweden

1 Inledning

Vegetationsbränder i Norden är inte lika vanligt förekommande som i andra delar av världen, speciellt inte under vintertid. Trots det inträffar större vegetationsbränder i Sverige, t.ex. branden i Sala sommaren 2014 [1]. Samma år, fast i januari månad, härjade tre stora vegetationsbränder längs med Norges västkust. Dessa bränder omfattade både vegetation och bebyggelse i anslutning till byarna Lærdal, Flatanger och på ön Frøya och utgör tre exempel på att större bränder kan inträffa också vintertid, speciellt under rätta väderförhållanden [2].

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) använder sig av ett brandväderindex som är anpassat för kanadensisk miljö. Detta index heter fire weather index (FWI) och avgör hur lätt en brand sprider sig under specifika väderförhållanden. De lokala räddningstjänsterna har därmed ett underlag för att besluta om eldningsförbud under sommarhalvåret [3]. Denna rapport syftar till att undersöka om och hur FWI är tillämpbart under vinterhalvåret, dels med hjälp av statistik från MSB och dels genom att titta på två av de tre norska vinterbränderna.

© RISE Research Institutes of Sweden

2 Metod

2.1 Statistik

Förekomsten av skogsbränder under vinterhalvåret i Sverige är uppskattad genom att titta på de insatser räddningstjänsten gjort mellan åren 1996 och 2015. MSB samlar statistik i insatsdatabasen IDA. Uppgifterna i kapitel 3 är hämtade från denna databas. Av särskilt intresse är de bränder som växer till stora bränder (>1 ha). Genom att fokusera på dessa bränder har gemensamma faktorer tagits fram, bl.a. vilken vegetationstyp som sprider brand och vilken brandorsak som är vanligast bland de större bränderna.

Vegetationsbränder är ojämnt fördelade över landet. I IDA listas i vilka län (med koordinater) bränderna inträffat. Den geografiska spridningen kan dels bero på skillnader i vegetationstyp och dels på olikheter i väderförhållanden. Denna data är insamlad för att möjliggöra en framtida anpassning av brandriskanalysen för svenska förhållanden. Det geografiska informationssystemet QGIS har använts för att förevisa den geografiska spridningen.

2.2 Fire weather index

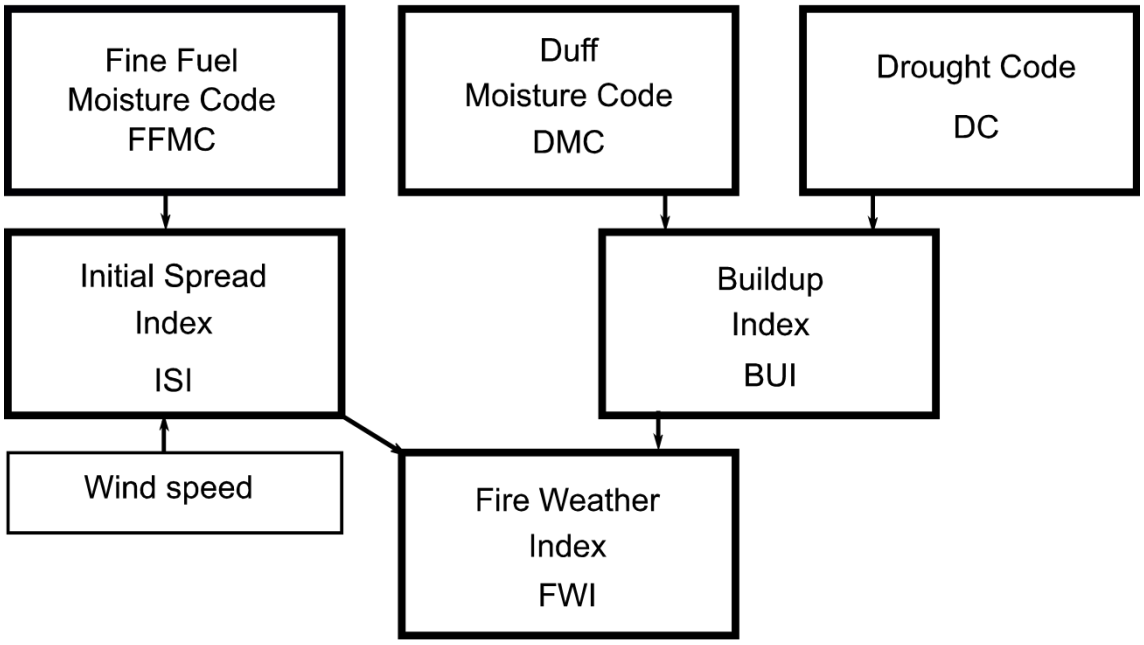
De norska bränderna har analyserats med hjälp av FWI. Beräkningsstegen i modellen beskrivs av C.E. Van Wagner i ”Development and structure of the Canadian forest fire weather index system” [4]. I Sverige har FWI beräknats sedan 1999 under hela brandsäsongen och sedan 2016 körs modellen året runt, med direkt hänvisning till bränderna i Norge, vintern 2014. I stort bygger FWI på SMHI:s väderdata (nederbörd, temperatur, vind och luftfuktighet). Värden för vindhastighet, temperatur och nederbörd är tagna kl. 12.00 svensk normaltid och nederbörden är en totalmängd för dygnet. I Figur 1 visas hur modellen är uppbyggd i stora drag. Tre subindex använder väderdata för att bestämma markens fuktighet

- **Fine fuel moisture code (FFMC)**
  Ingångsparametrar: Temperatur, luftfuktighet, nederbörd, vindhastighet
  FFMC representerar fuktigheten i det översta marklagret, bestående av gräs, kvistar, buskar, löv etc.
- **Duff moisture code (DMC)**
  Ingångsparametrar: Temperatur, luftfuktighet, nederbörd
  DMC representerar fuktigheten i markens översta humuslager.
- **Drought Code (DC)**
  Ingångsparametrar: Temperatur, nederbörd
  DC representerar fuktigheten i det djupa humuslagret, samt långsamt torkande komponenter i skogen såsom mindre bäckar, träsk och stora döda trästockar.

Två mellanindex beräknas med hjälp av subindexen för att för att få fram FWI

© RISE Research Institutes of Sweden

- **Initial spread index (ISI)**
  Ingångsparametrar: FFMC, Vindhastighet
  ISI visar den möjliga spridningshastigheten för en initierad brand
- **Buildup Index (BUI)**
  Ingångsparametrar: DMC, DC
  BUI är ett viktat medelvärde för fuktigheten i markens humuslager.



Figur 1. Flödesdiagram för beräkningar av FWI [4]

FWI-modellen togs fram för kanadensisk boreal skog. I stort sett är den uppbyggd för att förutspå brandväder i sluten barrskog med högt fuktinnehåll och inslag av äldre träd, men används även i Sverige. Brandrisken kategoriseras som mycket liten till extremt stor beroende på hur högt FWI-värdet är [3]. I tabell 1 är kategorierna utmärkta.

Tabell 1. FWI och brandriskindex [3]

Brandrisk	Brandriskindex	FWI
Mycket liten	1	<1
Liten	2	1-6
Normal	3	7-16
Stor	4	17-21
Mycket stor	5	22-27
Extremt stor	5E	>28

© RISE Research Institutes of Sweden

2.3 Osäkerhet och parameterkänslighet

I en riskbedömning finns ett antal verktyg för att uppskatta osäkerhet i resultatet. Två vanliga probabilistiska metoder är *intervallskattning* och *sannolikhetsfördelningar*.

Intervallskattning är ett enkelt sätt att beskriva osäkerhet i en kvantitativ riskbedömning. Den används när man vet mycket lite om de ingående variablerna. Räkneoperationerna för att beskriva nedre och övre intervallgräns utgår ifrån antagna min- och max-värden enligt följande

$$A = [a_1, a_2],\ B = [b_1, b_2] \tag{1}$$

$$A + B = [a_1 + b_1, a_2 + b_2] \tag{2}$$

$$A - B = [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \tag{3}$$

Sannolikhetsfördelningar kan ge en mer precis analys än intervallskattning och används då det finns ett empiriskt underlag för fördelningarna av de ingående parametrarna. En vanlig form av sannolikhetsfördelning är Monte Carlo-simulering. I en sådan simulering antas en specifik fördelning för varje ingångsvariabel. I beräkningen plockas sedan värden slumpmässigt från varje variabel. Fördelningarna kan vara t.ex. uniforma, normalfördelade eller triangulära. I Monte Carlo-simulering antas parametrarna oftast vara oberoende och slumpmässiga.

Intervallskattningen är mer approximativ men har ett par fördelar gentemot sannolikhetsfördelningar. Intervallskattning antar t.ex. inte var i ett intervall det ”sanna” värdet befinner sig, utan alla värden mellan min och max är likvärdiga. Därtill antas inget oberoende mellan parametrar i intervallskattning. Istället får man en maximal variationsvidd.

Modellresultat kan vara känsliga för ingångsparametrar på två olika sätt; (1) osäkerheten i ingångsparametrarna påverkar resultatets variabelbredd olika mycket, och (2) resultatet kan vara mer eller mindre starkt korrelerat med de olika inputparametrarna. En liten förändring i en parameter kan då ge ett stort utslag på resultatet. Den första refereras till som ”parameter importance” och den andra som ”parameter sensitivity”. En ”important” ingångsvariabel är alltid ”sensitive”, medan det omvända inte behöver gälla. I denna rapport undersöks därför ”parameter importance” och kommer att refereras till som känslighet [5].

Ett enkelt sätt att undersöka känsligheten i en specifik variabel är att variera varje parameter för sig och sedan studera påverkan på utfallet. En känslighetskvot (SR) kan beräknas med

$$SR = \frac{\left(\frac{y_2 - y_1}{y_1}\right)}{\left(\frac{x_2 - x_1}{x_1}\right)} \tag{4}$$

© RISE Research Institutes of Sweden

I ekvation 4 är x relaterat till den aktuella ingångsvariabeln och y till resultatvariabeln. Index *1* refererar till ursprungsvärdet, eller referensvärdet, medan index *2* refererar till det nya värdet när en av ingångsvariablerna ändrats [6].

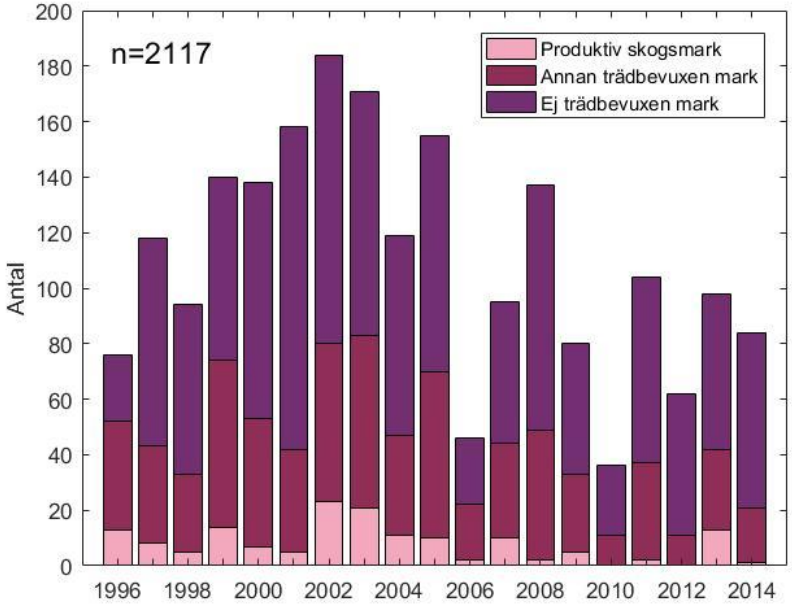
Känsligheten i Monte Carlo-simuleringar utvärderas bättre med hjälp av ett importance index (I), alltså variansen av ingångsparametern delat på variansen i resultatet [5].
$I = \frac{s_{x_i}^2}{s_y^2}$

En osäkerhets- och känslighetsanalys är utförd av FWI för de två norska bränderna. Osäkerheten för hela månaden är evaluerad med intervallskattning. Osäkerheten och parameterkänsligheten för själva branddagen är uppskattad med en Monte Carlo-analys.

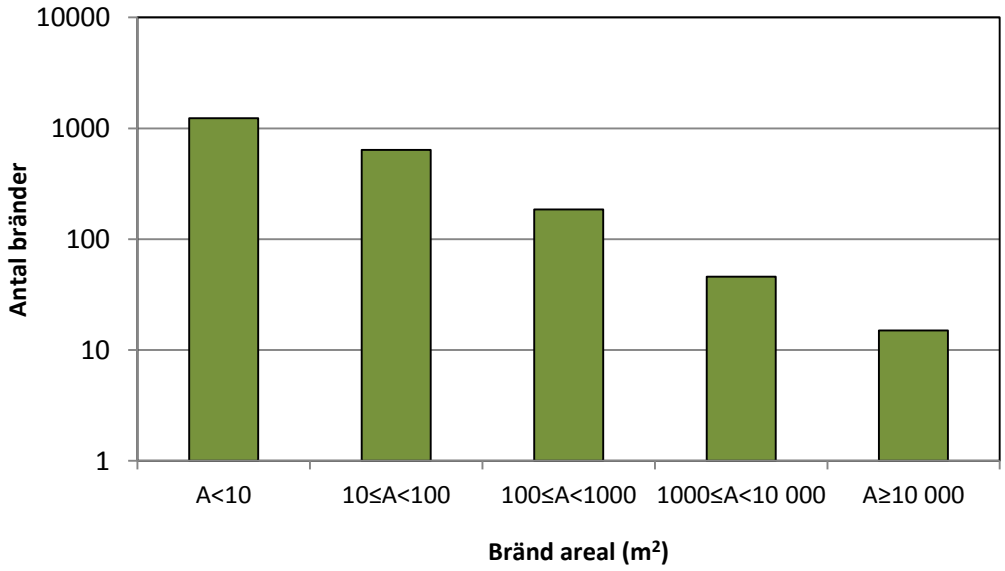
© RISE Research Institutes of Sweden

3 Förekomst

Sedan 1996 har ca 2 100 räddningsinsatser gjorts till skogs- och gräsbränder under vinterhalvåret (1 okt-31 mars). Merparten av dessa är på ej trädbevuxen mark, se Figur 2. Storleksfördelningen av bränderna kan ses i Figur 3. Under denna period har 16 skogsbränder över 1 hektar inträffat. Även dessa är till största delen gräsbränder, vilket kan urskiljas i Figur 4 och Figur 5 [7].

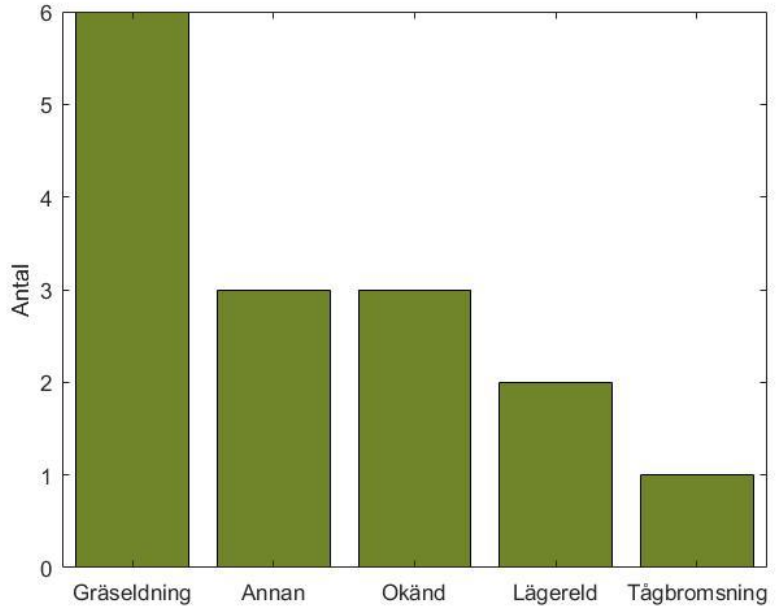


Figur 2. Insatser till skogsbränder under vinterhalvåret (1 nov-31 feb) perioden 1996-2014 [7]

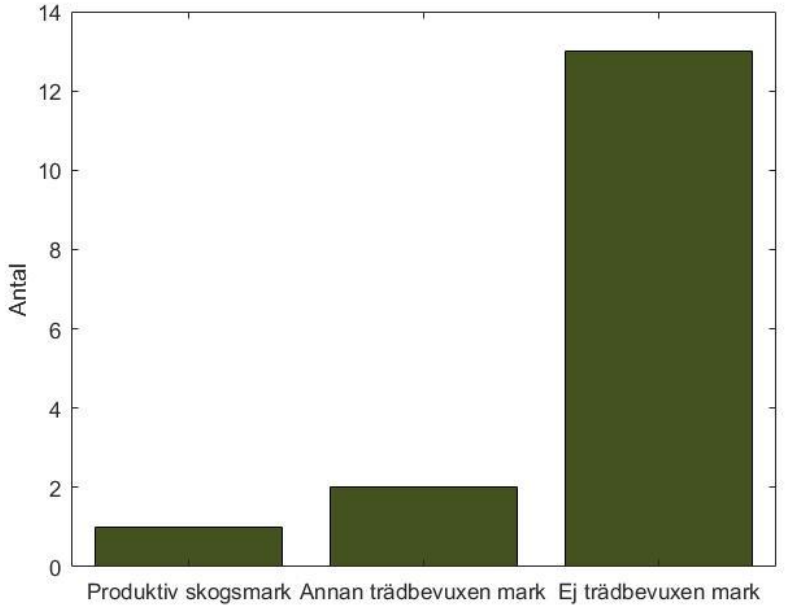


Figur 3. Storlek på vegetationsbränder under vintern (1996-2014) [5]

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 4. Brandorsak för vegetationsbränder >1 ha under vintern (1996-2014) [7]

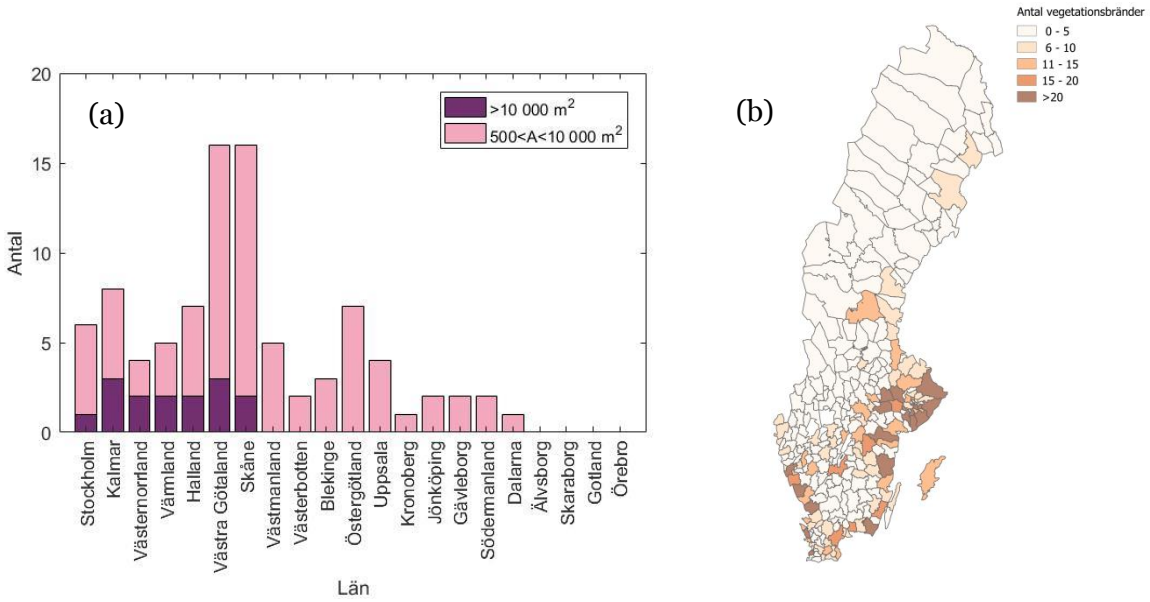


Figur 5. Typ av vegetation för bränderna över 1 ha [7]

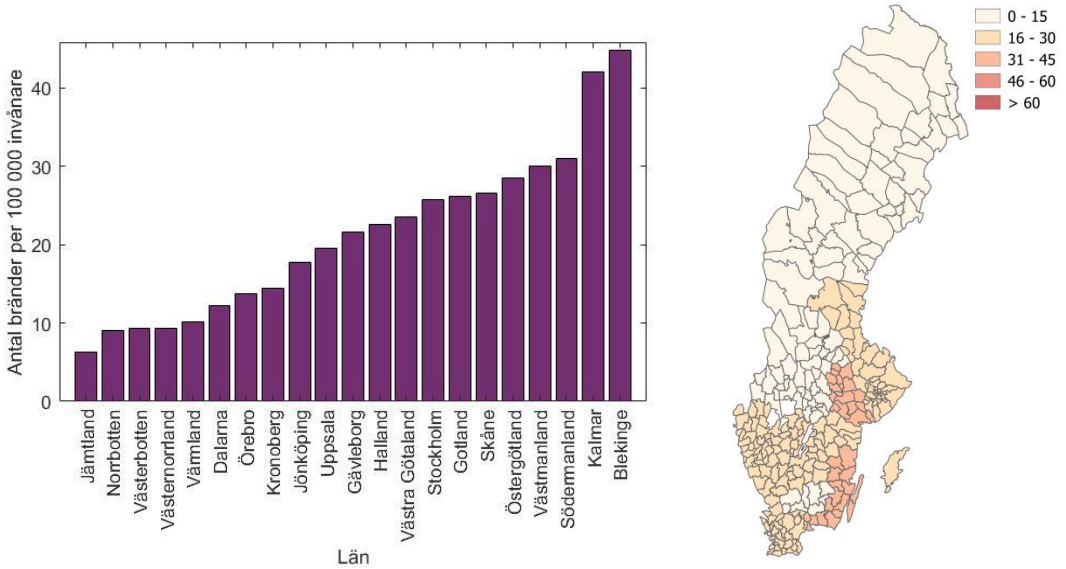
Bränderna som inträffat är ojämnt fördelade över landet. Större vinterbränder inträffar oftast i Västra Götaland och Kalmar län, vilket kan ses i Figur 6 [7]. Möjliga förklaringar till denna skillnad kan vara vegetationstyp, befolkningstäthet och väderlek. En annan förklaring kan vara traditionen av att ”lunta”, dvs. att under våren bränna

© RISE Research Institutes of Sweden

fjolårsgräset i vägrenar och på tomtmark, vilket framför allt är en utbredd tradition på västkusten. Kartan i Figur 6b indikerar att bränder oftare initieras i områden där befolkningstätheten är hög. Därför har befolkningsmängden i de olika geografiska områdena räknats in i Figur 7, för att få en indikation på hur vädret påverkar om bränder kan uppkomma under vinterhalvåret [7]. I figuren kan urskiljas att fler bränder per person inträffar i södra Sverige än i norra. En trolig anledning till detta är bristen på snötäckt mark under vintern. I väst-ostlig riktning kan också en svag trend urskiljas, där fler bränder per person inträffar i östra Sverige. Anledningen till detta kan möjligen vara en mindre mängd nederbörd i östra Sverige jämfört med västra.



Figur 6. Geografisk fördelning över vinterbränder 1996-2014, (a) Bränder större än 500 m^2, och (b) alla vegetationsbränder [7]



Figur 7. Geografisk fördelning av alla vinterbränder 1996-2014 per 100 000 invånare [7]

© RISE Research Institutes of Sweden

Figur 1 visar också att frekvensen av vinterbränder skiljer från år till år. Under femårsperioden 2001-2005 inträffade t.ex. dubbelt så många bränder som perioden 2006-2010. En möjlig förklaring till detta är återigen väderleken under vinterperioden t.ex. om det finns ett skyddande snötäcke på marken eller inte. Dessutom ändrade MSB insatsrapport 2005, vilket också kan ge skillnader i hur bränderna statistikförts.

Sammanfattningsvis bör följande tas i beaktning i framtida riskbedömning av vegetationsbränder vintertid

- **Vegetationstyp**
  Vegetationstypen i Sverige är något annorlunda mot den i Kanada, speciellt eftersom en stor del av skogen i Sverige är ung då skogsbruksnäringen är viktig. I Kanada består trädpopulationen generellt sett av fler äldre träd. Dessutom avlövas träd under hösten vilket kan inverka på hur bränslet beter sig vid brand.
- **Specifik väderlek för vintern**
  Figur 2, 5 och 6 indikerar att den geografiska spridningen kan ha med väderlek att göra. I en vinterbrandsmodell bör ett eventuellt snötäcke räknas in.
- **Befolkningstäthet**
  Figur 7 indikerar också att befolkningstätheten spelar roll för huruvida en brand överhuvudtaget kan initieras och bör därför räknas in. Med t.ex. bayensiansk sannolikhetsteori kan tidigare bränder agera underlag för hur troligt det är att bränder uppstår och sprids på olika platser i landet.

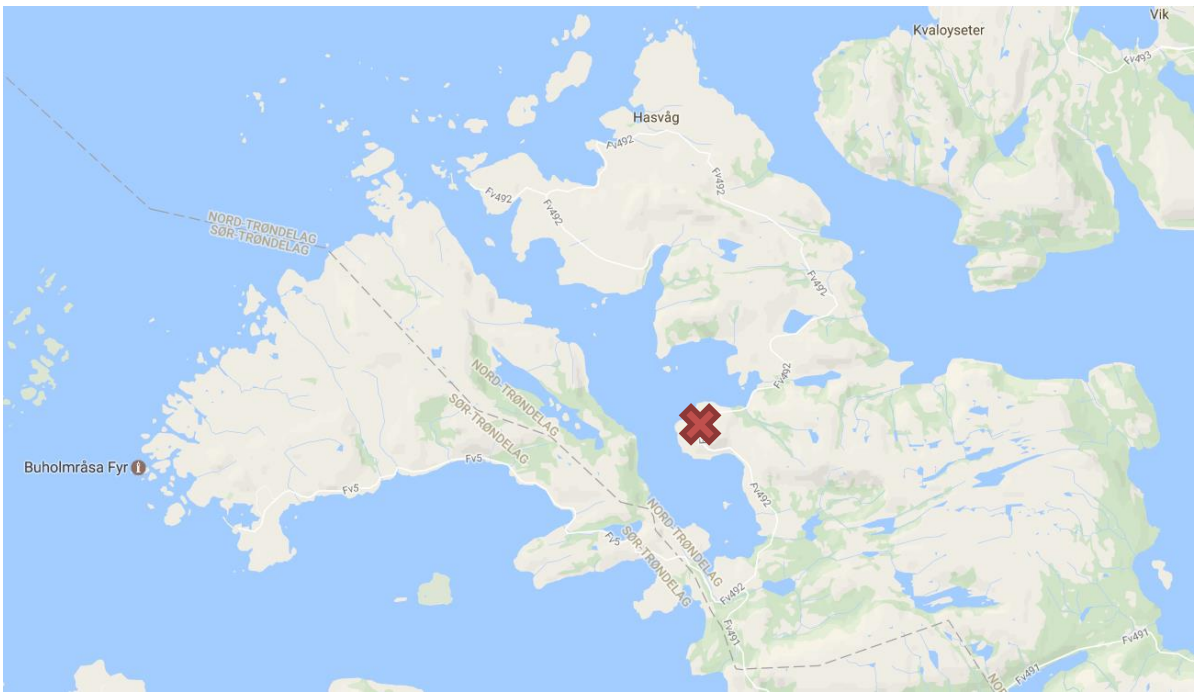
© RISE Research Institutes of Sweden

4 Fallstudier

I detta kapitel presenteras två vegetationsbränder som inträffade under vintern 2014 i Norge, nämligen bränderna i Flatanger och Frøya. Dessa två bränder agerar exempel på hur bränder kan sprida sig på vintern i Norden. Bränderna är analyserade med avseende på det brandväderindex (FWI) som förelåg då bränderna förlöpte. En osäkerhets- och känslighetsanalys av FWI och dess ingångsparametrar presenteras också, som underlag för en framtida analys av om och hur FWI är tillämpbart under vintertid i Norden.

4.1 Flatanger

Flatanger ligger i Nord-Trøndelag, på norska västkusten. Den 27 januari 2014 bröt en vegetationsbrand ut, vilken initierades i Uran. I Figur 8 visas Uran med ett rött kryss och den väderstation som ligger närmast är markerad som Buholmråsa fyr, 16 km bort.



Figur 8. Brandens startpunkt i Uran och väderstationen vid Buholmråsa fyr [8]

4.1.1 Brandförlopp

Branden i Flatanger startade strax efter kl. 22, mellan två fritidshus i Uran. Branden tros ha startats av gnistor från en kraftledning. Uppmätta vindhastigheter under dagen vid närmaste väderstation i bruk hade styrkor på 20 m/s (max 28 m/s) i sydöstlig riktning. Under natten spred sig branden vidare till byarna Hårstad, Småvaeret och Hasvåg, där också byggnader blev involverade i branden. Totalt brann 63 byggnader upp [2].

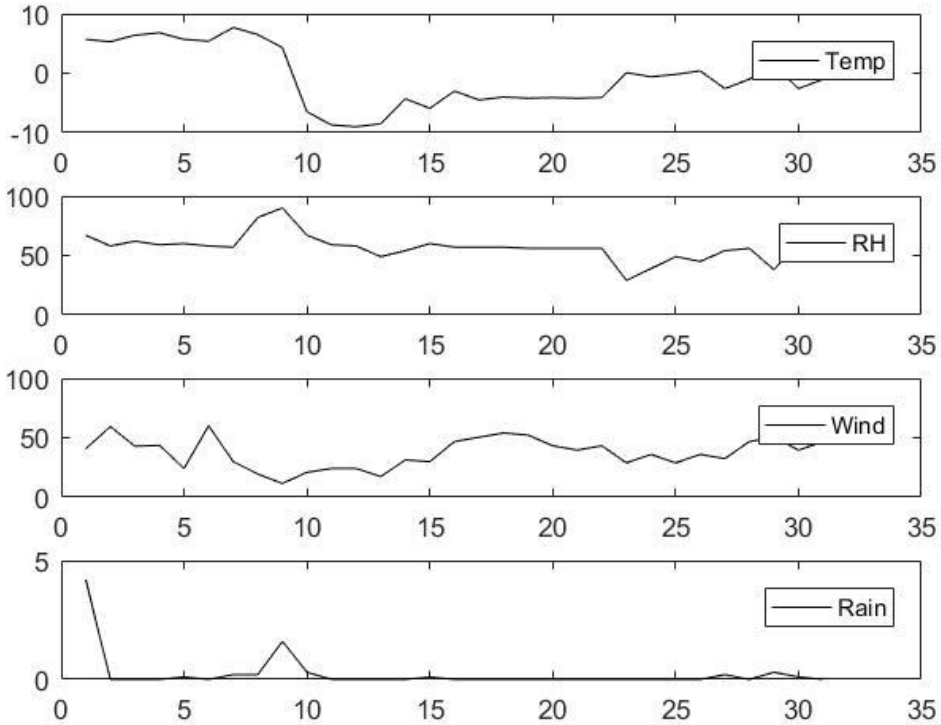
© RISE Research Institutes of Sweden

Vinden avtog under morgonen den 29 januari, vilket underlättade räddningstjänstens släckningsarbete. Den 1 februari blossade branden dock upp igen vid Hasvåg, men kunde släckas av räddningstjänst. Sammanlagt hade en total markareal av 15 km² brunnit [2].

Vegetationen i Flatanger bestod mestadels av låg vegetation, framför allt ljungtäckt mark och gräs [2] men även skogspartier brann under förloppet.

4.1.2 Uppmätta väderförhållanden

Väderförhållanden under januari månad vid Buholmråsa fyr, 15.9 km från Flatanger, visas i Figur 9. Mycket lite nederbörd (<5 mm), i kombination med bitvis kraftiga vindar och ett lågt RH större delen av perioden (~50 %) gav goda förutsättningar för en snabb brandspridning. Marken var inte snötäckt då branden uppstod [9]. I tabell 2 presenteras uppmätta väderförhållanden för branddagen.



Figur 9. Uppmätta förhållanden (temperatur [°C], RH [%], vind [km/h] och regn [mm/24h]) vid väderstationen Buholmråsa fyr, 1-31 januari 2014 [9]

Tabell 2. Flatanger 2014-01-27 [9]

Plats	Närmaste väderstation	Datum	Brandorsak	Vegetation	Uppmätta väderförhållanden vid Buholmråsa fyr, kl. 13.00			
					Temp (°C)	RH (%)	Vindhastighet (m/s)	Dygnsnederbörd (mm)
Flatanger	Buholmråsa	2014-	Nedfallen	Ljung	-2.6	54	9	0.2

© RISE Research Institutes of Sweden

Plats	Närmaste väderstation	Datum	Brandorsak	Vegetation	Uppmätta väderförhållanden vid Buholmråsa fyr, kl. 13.00
	fyr	01-27	kraftledning		

Eftersom väderdata är uppmätta 15.9 km från Flatanger är värden approximativa. Figur 8 visar en bild över var branden startade och väderstationen Buholmråsa fyr. Dessutom saknas data för vindhastighet och riktning vid Buholmråsa fyr under veckan innan branden. Vinddata har beräknats som ett medelvärde mellan två andra närliggande väderstationer baserat på Berg, Sahlberg och Wangs metod[10]. I Figur 8 kan ses att brandens startpunkt ligger i en fjord, där lokala vindbyar kan bli kraftiga.

4.1.3 Osäkerhets- och känslighetsanalys

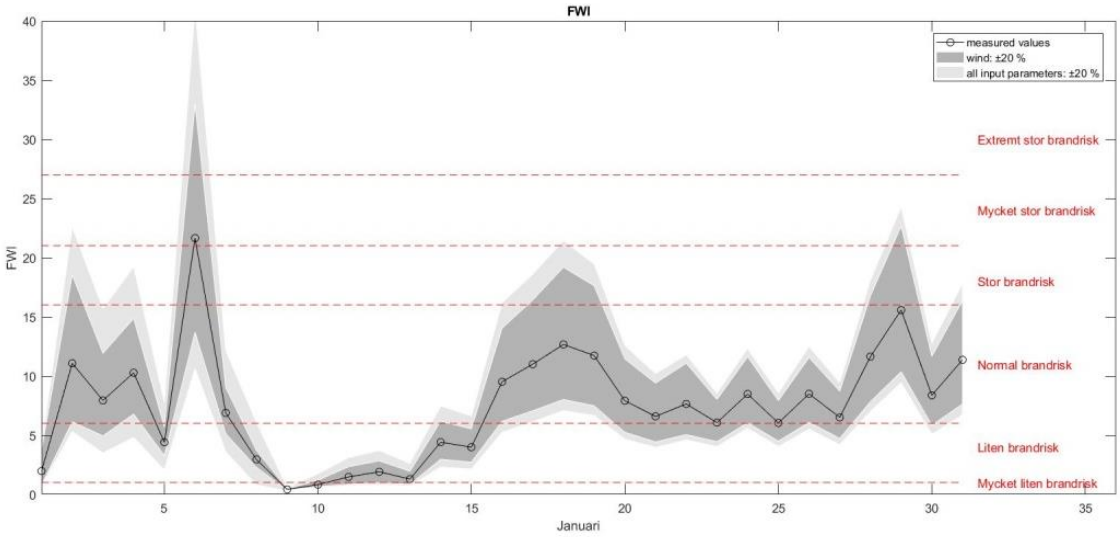
Standard-ingångsvärden i FWI-modellen är 85 för FFMC, 6 för DMC och 15 för DC om modellen startas upp på våren. Dessa värden representerar rimliga ingångsvärden för vanliga vårväderförhållanden i Kanada. De är inte representativa för torra vintrar, eftersom marken antas vara mycket fuktig. Möjligtvis är ingångsvärdena inte heller representativa för andra geografiska områden, då modellen utgår ifrån den växtlighet som finns i Kanada. En känslighetsanalys av ingångsvärden har redan genomförts av Berg, Sahlberg och Yang, med slutsatsen att valet av ingångsvärden spelar liten roll för utfallet så länge det faller lite regn [10].

4.1.3.1 Flatanger, januari månad (Intervallskattning och SR)

Figur 10 visar hur FWI ändras under januari månad vid den väderstation som ligger närmast Flatanger. Då lokala vindförhållanden kan avvika från de uppmätta, presenteras en skuggad yta som visar hur FWI hade varierat om vindhastigheten varit 80-120 % av den uppmätta. För vissa dagar då den uppmätta vindhastigheten är hög, är variationen stor (upp emot en faktor på 1.5). En variation på vindstyrkan av 20 % innebär också att brandriskindexet i flertalet fall går från normal brandrisk till stor brandrisk.

Den ljusgrå skuggade ytan visar hur variationen ser ut om alla ingångsparametrar, alltså RH, vind, nederbörd och temperatur, varierar mellan 80-120 % av de uppmätta värdena. Det är tydligt att vind utgör den största osäkerhetsfaktorn för FWI.

© RISE Research Institutes of Sweden

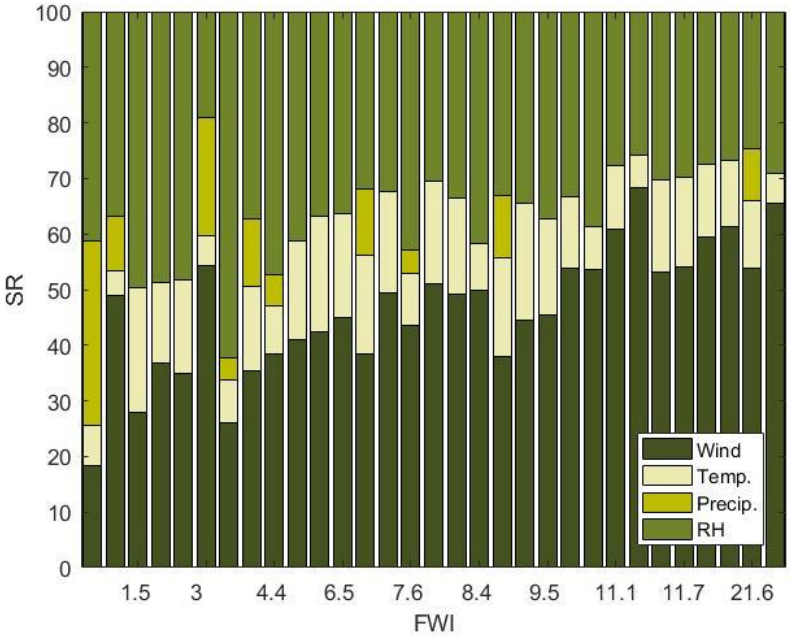


Figur 10. FWI vid Buholmråsa fyr. Skuggat område visar hur FWI varierat om vindhastigheten varit $\pm$20% av den uppmätta.

I Figur 11 visas känslighetskvoten (SR) för ingångsvariablerna med avseende på FWI. Överlag påverkar variationer i vinstyrka och RH resultatet av FWI mer än variationer i temperatur och nederbörd, under januari månad. Därtill verkar variationer i RH spela en stor roll för låga FWI-värden, medan variationer i vindstyrka påverkar resultatet mer för höga FWI-värden.

Noteras bör att temperaturen under januari månad varierar mellan plus- och minusgrader. En ökning i temperatur innebär ett ökat FWI-värde. Därför räknas t.ex. T_{max} i varje steg i intervallet som en ökning av temperaturen med 20 procentenheter och inte som $T_{max} = 1.2T$. Noteras bör även att ökad nederbörd och ökad RH inverkar negativt på FWI-värdet. SR presenteras därför som en absolut parametereffekt. Därtill finns flera dagar utan nederbörd alls. Enligt Ekv. 4 går det inte att få fram resultat för SR om nämnaren är noll. Dessa värden räknas som punktvärden, dvs. att FWI inte förändras för dessa dagar.

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 11. Känslighetskvot (SR) för ingångsvariablerna

Det procentuella intervallet på ±20 % är antaget i brist på annan information. Naturligtvis varierar ingångsvariablerna olika mycket i förhållande till varandra och en procentuell ökning/minskning leder till stora utslag vid höga värden.

4.1.3.2 Flatanger, branddagen (Monte Carlo)

Det finns en något större datamängd över vädret för den aktuella branddagen pga. de efterundersökningar som gjorts. Därför möjliggörs en Monte Carlo-fördelning för den 27 januari.

Tabell 3 visar vilka värden och fördelningar väderparametrarna antas ha haft, baserat på efterundersökningarna. Bristen på regn under månaden innebar t.ex. att denna fördelning gjordes liten. För att undvika problem i fördelningarna pga. direkta parameterberoenden har RH beräknats med Magnus formel istället för att de uppmätta värdena anges.

$$RH = 100\frac{e^{17.625T_d/(T_d+243.04)}}{e^{17.625T/(T+243.04)}} \tag{5}$$

Där T_d är daggpunktstemperaturen.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 3. Antagna värden och fördelningar den 27 januari i Flatanger

Parameter	Enhet	Antagen fördelning	Antaget medel (uppmätt värde vid Burholmråsa fyr)	Std / Avvikelse
Temperatur	°C	N	-1	±1
Vind	m/s	T	9	min 5 max 28
Nederbörd	mm	U	0.2	±0.2

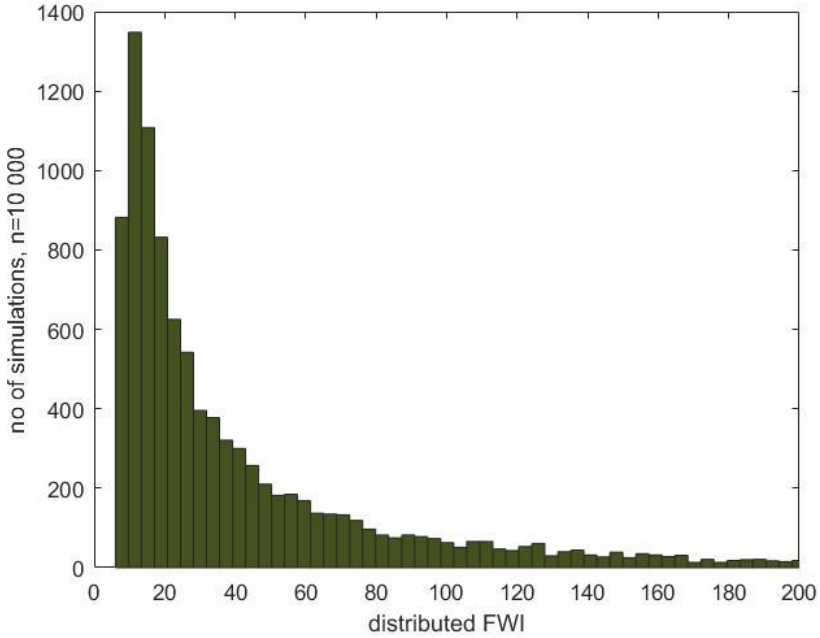
T = Triangulär
U = Uniform
N = Normal

Det beräknade FWI-värdet för branddagen är 6.5 (normal brandrisk). I Figur 12 visas vilka värden FWI-värdet kan anta under branddagen om inputparametrarna (temperatur, vindhastighet, luftfuktighet och nederbörd) är fördelningar istället för fasta värden. Totalt har 10 000 simuleringar gjorts. Av figuren framgår att FWI har en mycket stor variabelbredd, där brandrisken varierar mellan normal och extremt stor. Y-axeln visar ett mått på hur många av simuleringarna som ger ett specifikt FWI-värde. Medianvärdet för simuleringarna är FWI≈26, dvs. mycket stor brandrisk i enighet med kategorierna i Tabell 1.

Temperaturfördelningen är något varmare än den uppmätta då modellen inte accepterade ett temperaturspann på -3.6 till -1.6. Detta då modellen genererar komplexa tal vid låga temperaturer.

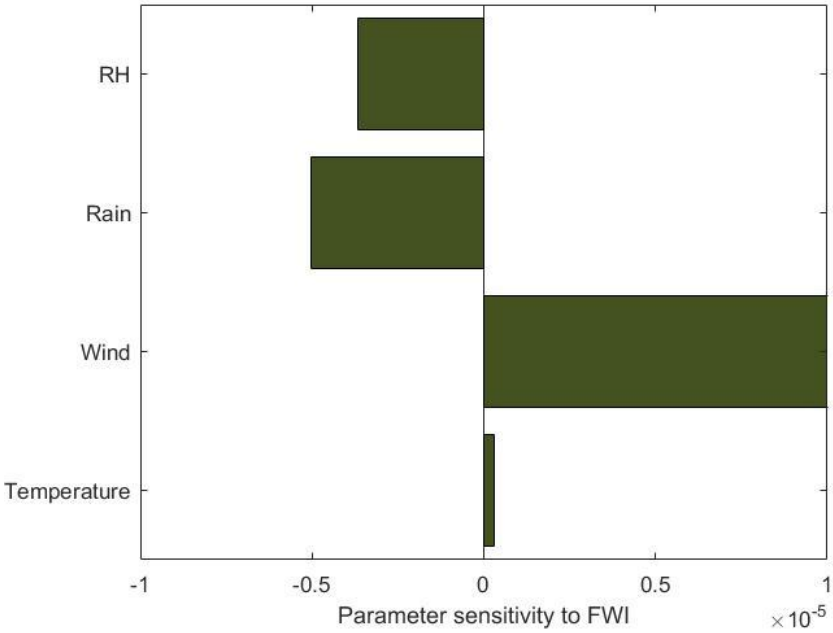
En intressant iakttagelse är att vinden har en stor effekt på utslaget. Enligt vittnesmål uppmättes vindbyar på ca 28 m/s under natten för branden. Om vinden ändras till 28 m/s, medan resterande parametrar hålls till sina uppmätta värden, fås ett FWI-värde på 75. Detta värde motsvarar kategorin ”extremt stor brandrisk”.

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 12. FWI Flatanger, osäkerhetsfördelning

Monte Carlo-analysen bekräftar att vind är den parameter som ger störst utslag på FWI-värdet. I Figur 13 har ett ”importance index” (I) mellan FWI och varje ingångsparameter använts som ett mått på känsligheten. Ett större värde på I innebär en större inverkan på resultatets osäkerhet. Nämnas bör att $I_{wind} = 0.12$ vilket ligger en bra bit utanför x-axeln gränser. För att överhuvudtaget se de andra parametrarna i Figur 13 har x-axelns gränser smalnats av.



Figur 13. Parameterkänslighet för FWI

© RISE Research Institutes of Sweden

4.2 Frøya

4.2.1 Brandförlopp

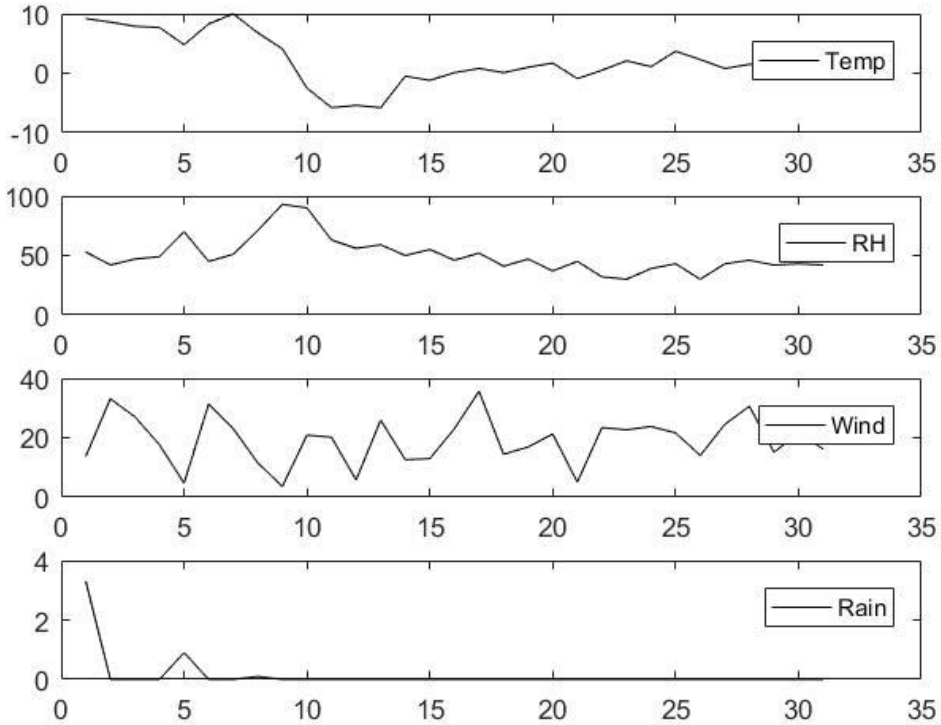
Branden i Frøya startade i Sistranda lite innan kl. 11 den 29 januari, efter att några barn på en skoltur lekt med eld. Redan ett par timmar senare hade branden spridit sig i en sådan omfattning att räddningstjänsten bedömde att de inte hade branden under kontroll. Branden spred sig under natten i två riktningar och kl. 13 den 30 januari hade räddningstjänsten fått branden under kontroll. Sammanlagt hade branden spridit sig över 10 km² [2].

Figur 14. Brandens startpunkt i Sistranda och väderstationen vid Hitra-Sandstad [11]

4.2.2 Uppmätta väderförhållanden

Väderförhållanden under januari månad vid Hitra-Sandstad, 42.1 km från Frøya, visas i Figur 15. Mycket lite nederbörd (<4 mm), i kombination med bitvis kraftiga vindar (1-10 m/s) och en temperatur över nollan gav goda förutsättningar för en rask brandspridning. Marken var inte snötäckt då branden uppstod [9]. Tabell 4 visar uppmätt väderdata för den aktuella branddagen.

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 15. Uppmätta förhållanden (temperatur [°C], RH [%], vind [km/h] och regn [mm/24h]) vid väderstationen Hitra-Sandstad, 1-31 januari 2014 [12].

Tabell 4. Frøya 2014-01-29 [12]

Plats	Närmaste väderstation	Datum	Brandorsak	Vegetation	Uppmätta väderförhållanden vid Buholmråsa fyr, kl. 13.00			
					Temp (°C)	RH (%)	Vindhastighet (m/s)	Dygnsnederbörd (mm)
Frøya	Hitra-Sandstad	2014-01-29	Barns lek med eld	Ljung	1.2	42	4.2	0.0

Precis som i Flatanger, bestod vegetationen mestadels av ljung, gräs och låga buskage med enstaka små träd [2].

4.2.3 Osäkerhets- och känslighetsanalys

4.2.3.1 Frøya, branddagen (Monte Carlo)

En Monte Carlo-fördelning presenteras även för vädret på Frøya under branddagen. Beräkningarna är utförda på samma sätt som för branden i Flatanger. Tabell 5 anger de fördelningar som antagits i analysen av Frøya-branden.

© RISE Research Institutes of Sweden

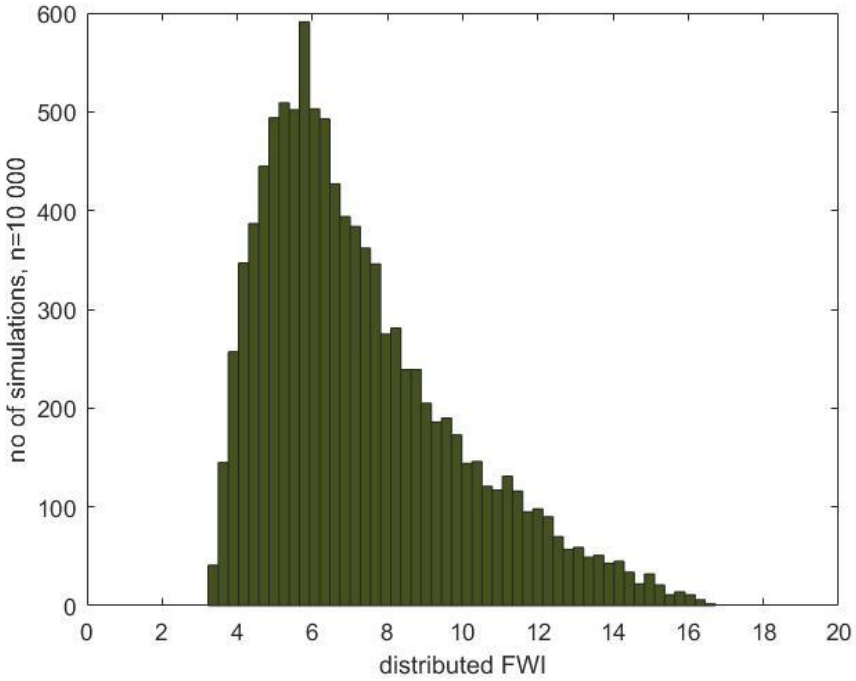
Tabell 5. Antagna värden och fördelningar den 29 januari i Frøya

Parameter	Enhet	Antagen fördelning	Antaget medel (uppmätt värde vid Hitra-Sandstad)	Std / Avvikelse
Temperatur	°C	N	1.5	±1
Vind	m/s	T	4.2	min 1 max 10
Nederbörd	mm	U	0.2	±0.2

T = Triangulär
U = Uniform
N = Normal

I Figur 16 presenteras resultatet av FWI då de antagna värdena i Tabell 5 simulerats. FWI antar värden mellan 3 och 16.5, alltså liten till normal brandrisk, där medianvärdet av simuleringarna är FWI=7. Det beräknade värdet av FWI för branddagen om de uppmätta värdena istället används är FWI=6.

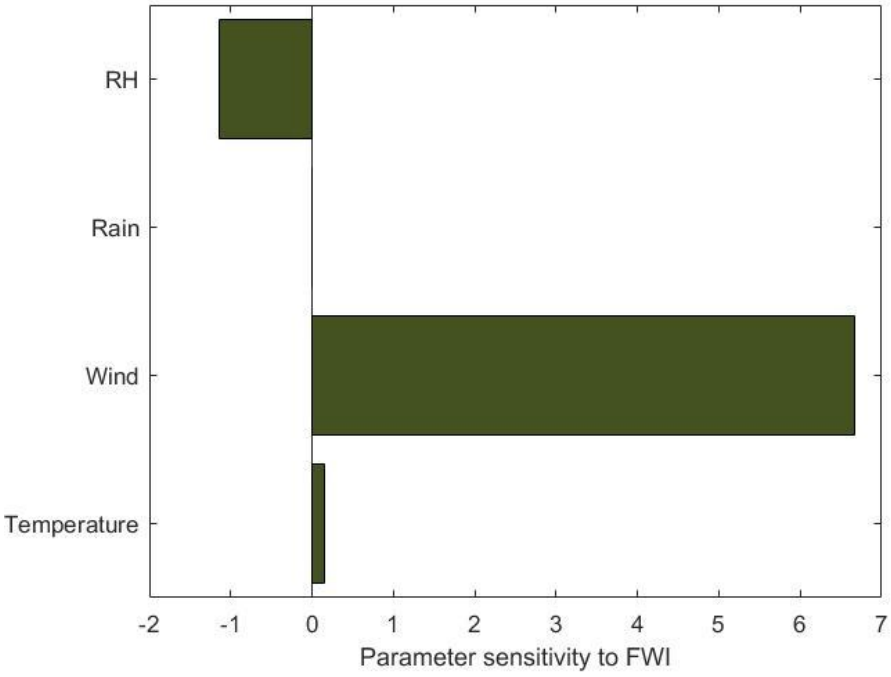
Jämförs variabelbredden av FWI för Frøya-branden med Flatanger, framgår det att FWI för Frøya kan predikteras med mer precision. Detta beror på att ingångsvariablerna i detta fall har smalare fördelningar. Noteras bör att både uppmätt och simulerad FWI visar på en ”liten brandrisk” till ”normal brandrisk” för den aktuella branddagen, vilket inte alls stämmer överens med att en brand kunde initieras och spridas i den omfattning som branden på Frøya spreds.



Figur 16. FWI Frøya, osäkerhetsfördelning

© RISE Research Institutes of Sweden

I Figur 17 presenteras parameterkänsligheten av ingångsvärdena på FWI-indexet. Även i Frøya spelade vinden störst roll för brandrisken, även om variabelbredden för vinden var mindre för Frøya-branden.



Figur 17. Parameterkänslighet för FWI

© RISE Research Institutes of Sweden

5 Slutsatser

Även om vegetationsbränder är ovanliga under vinterhalvåret *kan* de uppkomma och ha betydande konsekvenser. Därtill uppkommer andra svårigheter med brandbekämpning under vintern såsom korta perioder med dagsljus och eventuella problem med frusna vattenledningar. FWI-modellen är inte uppenbarligen lämplig som riskindex under vinterförhållanden men den tar hänsyn till rådande väderförhållanden och plockar upp det generella beteendet. Modellen är intristiskt grov eftersom den baserar sig på momentana väderförhållanden vid 12.00 och tar inte hänsyn till variation över dygnet. För att applicera FWI vintertid bör FWI modifieras till att inkludera huruvida marken är snötäckt eller inte samt korrigeras för avdunstningshastigheter som inte med visshet kan extrapoleras från de sommarförhållanden vid vilken den verifierades. Samtidigt kan tjälad mark samt avlövningsprocessen under hösten ge nya förutsättningar för brandspridning i vissa delar av landet, vilket heller inte är inkorporerat i modellen.

FWI-modellen togs fram för kanadensisk skog. I stort sett är den uppbyggd för att förutspå brandväder i barrskog med högt fuktinnehåll och inslag av äldre träd. Även då stora delar av Sverige täcks av barrskog, är en stor del av skogen ung, då produktionsskog är klart dominerande över naturskog.

För låg vegetation, såsom buskage, gräs, ljung och ris, kan det vara nödvändigt att moderera modellen. Speciellt under perioder av låg nederbörd torkar denna växlighet ut snabbt och FWI-modellen kan då antas underskatta brandrisken. En möjlig framtida utveckling av riskindex kunde vara att ta hänsyn till den faktiska vegetationen, dvs. att olika typer av vegetation ger olika riskutslag för samma väder. Särskilt eftersom merparten av bränderna vintertid sker på just öppna platser.

Det är också möjligt att brandriskindex skulle kunna förbättras om inträffade bränder från tidigare år räknades in i riskanalysen, t.ex. m h a bayensiansk sannolikhetsteori.

Specifika slutsatser från studien är att

- Ej trädbevuxen mark är överrepresenterad vegetation för bränder som inträffar vintertid
- Gräseldning är den vanligaste orsaken för bränder större än 1 ha
- Fördelningen av vegetationsbränder varierar geografiskt
- Vegetation nära tätbefolkade områden har en större sannolikhet att antändas
- Fördelningen av vegetationsbränder varierar med väderlek

Specifika slutsatser från fallstudierna av de norska bränderna är att

- Vind är den viktigaste väderparametern för huruvida en brand sprids eller ej
- FWI ger i dagsläget ett mycket approximativt underlag för huruvida det föreligger en brandrisk eller inte, detta främst pga. att indexet bygger på väderdata som hämtas kl. 12.00 svensk normaltid. Dessa värden för vind, temperatur och relativ luftfuktighet är punktskattningar som mäts vid specifika väderstationer. Verkliga väderförhållanden varierar både spatialt och över tid på dygnet.

© RISE Research Institutes of Sweden

6 Referenser

[1] I. Strömberg, Rapport från skogsbrandsutredningen, (2015). http://www.regeringen.se/contentassets/ba8bf19ab7394bfeb2bc2a18b0751c54/rapport-fran-skogsbrandsutredningen (accessed September 19, 2017).

[2] DSB, Brannene i Lærdal , Flatanger og på Frøya vinteren 2014, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2014. http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2014/Rapport/brannen_i_Laerdal_Flatanger_Froya_2014.pdf.

[3] MSB, Brandrisk skog och mark - fakta och modeller, (2017). https://www.msb.se/ExternData/SMHI/brand_fakta.pdf (accessed September 19, 2017).

[4] C.E. Van Wagner, Development and structure of the Canadian forest fire weather index system, Ottawa, 1987. doi:19927.

[5] D.M. Hamby, A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models., Environ. Monit. Assess. 32 (1994) 135–154. doi:10.1007/BF00547132.

[6] Tomas Öberg, Miljöriskanalys, Studentlitteratur, Lund, 2009.

[7] MSB, Bränder i skog och mark, (2017). https://ida.msb.se/ida2#page=a0077 (accessed September 19, 2017).

[8] Google Maps: Flatanger, (2017). https://www.google.se/maps/place/Flatangers+kommun,+Norge/@64.5287303,9.8436917,9z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x460d3022e3b93517:0x4bffbdd31864122c!8m2!3d64.5013813!4d10.8955768 (accessed September 18, 2017).

[9] YR, Flatanger (Nord-Trøndelag), (2017). https://www.yr.no/sted/Norge/Nord-Trøndelag/Flatanger/Flatanger/almanakk.html?dato=2014-01-27 (accessed May 12, 2017).

[10] P. Berg, J. Sahlberg, W. Yang, Brandrisk under vinterförhållanden med FWI — Norge vintern 2013 / 2014, Rapport nr 2014-63, Norrköping, 2014.

[11] Google Maps: Frøya, (2017). https://www.google.se/maps/@63.692362,8.3600185,8z (accessed September 18, 2017).

[12] YR, Hitra (Sandstad) målestasjon, Hitra (Sør-Trøndelag), (2017). https://www.yr.no/sted/Norge/Sør-Trøndelag/Hitra/Hitra_(Sandstad)_målestasjon/almanakk.html?dato=2014-01-01 (accessed June 1, 2017).

© RISE Research Institutes of Sweden

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

RISE Research Institutes of Sweden
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.sp.se / www.ri.se

Enhet
SP Rapport 2017:44
ISSN 0284-5172

© RISE Research Institutes of Sweden