



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

FORSKNING/STUDIE

Detektioner av bränder med satellitsystemet VIIRS

2023 års registrerade bränder och experiment



Johan Sjöström, Stefan Andersson, Adam Dybbroe, Robert Svensson

Detektioner av bränder med satellitsystemet VIIRS: 2023 års registrerade bränder och experiment

Utförare: RISE Research institutes of Sweden

Analys: Johan Sjöström (RISE), Stefan Andersson (MSB), Adam Dybbroe (SMHI), Robert Svensson (RISE)

Kort sammanfattning: Vi noterar att VIIRS-systemet uppskattar celltemperaturer med tillfredsställande noggrannhet. Detektioner av gräsbränder hämmas av kall mark och detektionen av skogsbränder hämmas av skymmande träd.

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB:s kontaktpersoner: Leif Sandahl, 010-240 53 12

Omslag: 2023 års största vildbrand i Nybro sett i synligt band från Sentinel-2, 43 minuter efter larm. 29 minuter senare detekterades branden av VIIRS-systemet. Den nedre bilden visar samma område tre dagar senare.

Text: Johan Sjöström, Stefan Andersson, Adam Dybbroe, Robert Svensson

Publ. nr: MSB2313 - mars 2024

ISBN: 978-91-7927-477-1

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna studierapport. Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Innehåll

INNEHÅLL	3
SAMMANFATTNING	4
INLEDNING	5
HUR DETEKTERAS BRÄNDER?	6
Algoritmen för att beräkna detektion	7
EXPERIMENTBRÄNDER	9
Utförande	9
Resultat.....	10
REGISTRERADE DETEKTIONER UNDER ÅRET	14
Utförande	14
Resultat.....	16
DISKUSSION OCH SLUTSATSER	22
REFERENSER	24
BILAGA	25
Resultat från Test 1	25
Resultat från Test 2	29
Resultat från Test 3	31

Sammanfattning

Vi studerar VIIRS-systemets registrering av välkontrollerade experimentbränder samt hur satelliterna detekterat bränder under 2023 utefter förväntat brandbeteende och vegetationskaraktistik. Studien ser indikationer på att:

1. VIIRS uppskattar celltemperaturen (T_b) på ett tillfredsställande sätt under molnfria dagar då dess sikt inte är skymd.
2. Uppskattningen av strålningseffekt (FRP) är inte lika träffsäker.
3. Detektionen av gräsbränder eller säsongens tidiga skogsbränder hämmas av kravet på absolut celltemperatur då markytan överlag kan vara kall.
4. Detektion av skogsbränder hämmas av att bränderna skymms från satelliterna av skogens träd. Ju högre områdets grundyta (mått på mängden stammar i skogen) är, desto lägre uppskattar satelliten cellens temperatur.
5. De tydligaste bränderna som detekterades 2023 var, förutom den riktigt stora vildbranden i Nybro, de som skett på kalhyggen eller väl gallrade skogsmarker.

Inledning

VIIRS-instrumentet (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) sitter installerat på tre satelliter, Suomi-NPP (hädanefter kallad S-NPP), NOAA-20 och sedan 2023 också NOAA-21, som roterar runt jorden 14 gånger per dygn och ger fullständig bild över hela jordytan två gånger per dygn. Satelliterna följer samma bana med ca 50 minuter mellan den första och den sista. Över Sverige flyger satelliterna ungefär vid lunchtid och mitt på natten.

Instrumenten mäter både synlig och infraröd strålning, och informerar om jordens temperaturtillstånd. Det ger bland annat möjlighet att detektera bränder med 375 m upplösning¹, vilket är operationellt på Effis (European Forest Fire Information System) och numera även i MSBs Brandrisk Skog och Mark. Sedan brandrisksäsongen 2023 skickar SMHI även informationen direkt till SOS Alarm, så att kommunala räddningstjänster får satellitdetektioner som larm via SOS Alarms system CoodCom (MSB 2023a).

Algoritmens generositet för vad som ska tolkas som en vegetationsbrand måste vägas mot antalet falsklarm systemet ger upphov till. Det står dock klart att:

- Ca 25 % av detektionerna som registrerades 2021, larmade före något annat larm inkommit till SOS Alarm (Letalick & Andersson 2022).
- Under 2022 detekterades 39 okontrollerade vegetationsbränder av satelliterna. 24 % detekterades före annat larm inkom till SOS Alarm (MSB 2023b).
- Detektion kräver oftast relativt molnfri (<20 %) himmel (Letalick 2022).
- Endast ca 1 % av alla årliga bränder i skog och mark detekteras av systemet och det är inte helt givet vad som ibland avgör om en brand detekteras eller ej.

I den här rapporten studerar vi detektioner från 2023 års säsong utifrån vegetationen och brandbeteende. Vi redogör också för initiala försök där vi studerar satelliternas registrering av väldokumenterade testbränder.

¹ Detta gäller i nadir; längre ut i scanningsvepet är upplösningen grövre. Den maximala osäkerheten på positioneringen är ca 600 meter.

Hur detekteras bränder?

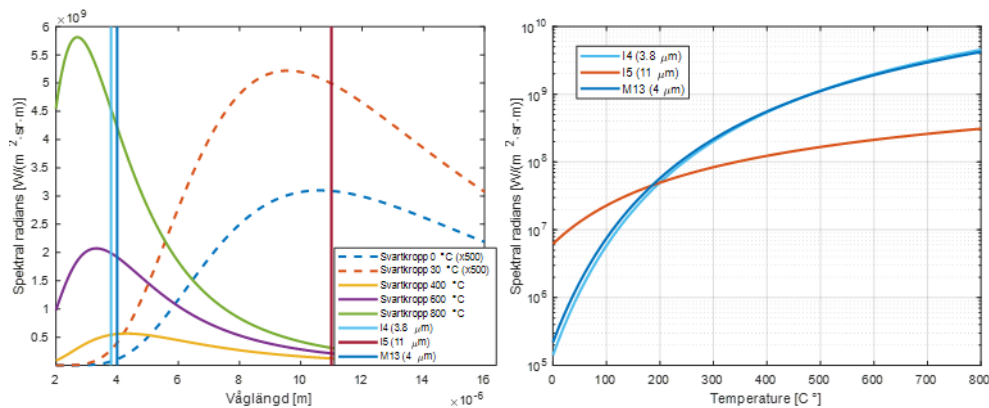
VIIRS-instrumenten på de tre satelliterna har 22 kanaler vardera i olika våglängdsintervall från 0.41 μm till 12.01 μm . Fem av dessa är högupplösta så kallade 'Image' I-band och sexton är 'moderate resolution', eller M-band. Flera av kanalerna används för detektion av vegetationsbränder, bland annat för att sälla bort vatten, moln och andre störande reflektioner men det tre viktigaste kanalerna är I4, I5 och M13 vilka opererar i områden runt 3.8 μm , 11 μm , respektive 4 μm . I5 är känsligast för våglängder typiska för en svartkropp vid normala utetemperaturer (exempelvis 0-30 $^{\circ}\text{C}$) medan I4 och M13 är känsliga vid våglängder typiska för strålningen från flera hundra grader varma objekt.

Strålningen från marken kan antas följa strålningen från en svartkropp (**Figur 1**). Denna strålning kan beskrivas med Plancks strålningslag enligt

$$B_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (1)$$

där B_{λ} är strålningen för en viss våglängd och temperatur i effekt per utstrålande area, per steradian, per våglängd [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{sr m})$], h är Plancks konstant (6.626×10^{-34} Js), c är ljusets hastighet (ca 3×10^8 m/s), λ är strålningens våglängd (m), k_B är Boltzmanns konstant (1.381×10^{-23} J/K) och T är temperaturen (K). De olika våglängderna gör kanalerna tydligt känsliga för olika typer av temperaturer. Vid normala utetemperaturer är som synes I5 över 20 gånger mer känslig än I4 medan I4 är tio gånger mer känslig vid temperaturer kring 600 $^{\circ}\text{C}$ (**Figur 1**).

Figur 1. Vänster: Spektral radians från svartkroppar vid fem olika temperaturer (värden för 0 och 30 $^{\circ}\text{C}$ är multiplicerade med en faktor 500 för synlighet) samt våglängderna där I4, I5 och M13 är känsliga. Höger: Spektral radians för de tre viktiga kanalerna som funktion av temperaturen från 0 till 800 $^{\circ}\text{C}$



När satelliterna åker över jorden registrerar kanalerna ögonblicksintensitet för sina respektive våglängdsområden som medelvärden över deras upplösning som vid scanningsvinklar runt nadir är rutor om ca 375 m, något mer vid större scanningsvinklar. Om inte hela pixeln är av samma temperatur så kommer

intensiteten som detekteras bli ett viktat medelvärde över arean. En brand med arean A_{Brand} kommer alltså ge upphov till en intensitet vid våglängden λ_d för en pixel med bakgrundstemperaturen T_{BG} enligt:

$$I_\lambda = B_\lambda(\lambda, T_{Brand}) \cdot A_{Brand} + B_\lambda(\lambda, T_{BG}) \cdot (A_{pixel} - A_{Brand}) \quad (2)$$

Från ekvation (1) och (2) kan vi alltså uppskatta en celltemperatur för en specifik kanal, T_b^{Est} , genom att veta bakgrundstemperaturen, brandens uppskattade temperatur samt dess omfattning (area). Uttrycket för denna ges av:

$$T_b^{Est} = \frac{hc}{\lambda k_B} \cdot \frac{1}{\log\left(\frac{2hc^2 A_{pixel}}{\lambda^5 I_\lambda} + 1\right)} \quad (3)$$

De olika känsligheterna gör det möjligt att detektera små men intensiva händelser (> 700 °C) även om dessa endast upptar så lite som 10^{-4} av pixelns area (< 20 m²).

Algoritmen för att beräkna detektion

Algoritmen för att detektera bränder är ganska lång och komplicerad och vi upprepar bara de viktigaste kriterierna här vilka reproduceras från (Schroeder *et al.* 2020). Först används informationen främst från kanal I1, I2 och I5 för att detektera pixlar med moln eller molnfria vattenytor (t.ex små sjöar eller översvämningar som inte beskrivs av den statistiska markanvändningsdatabasen som nyttjas i algoritmen), Dessa pixlar kan, på grund av reflektioner, annars lätt förväxlas med bränder. Därefter används informationen från I4 och I5 för att identifiera potentiella brandpixlar från bakgrunden (alltså pixlarna runt omkring aktuell pixel). Dessa kan sedan maskas bort, tillsammans med moln- och vattenpixlar, när aktuell pixel ska jämföras med omgivningen.

Huvudkriteriet för om en pixel ska klassas som en ”kandidat” för brand är:

$$BT_4 > BT_{4S} \text{ OCH } \Delta BT_{45} > 25 \text{ K} \quad (\text{Dag}) \quad (4)$$

$$BT_4 > 295 \text{ K OCH } \Delta BT_{45} > 10 \text{ K} \quad (\text{Natt}) \quad (5)$$

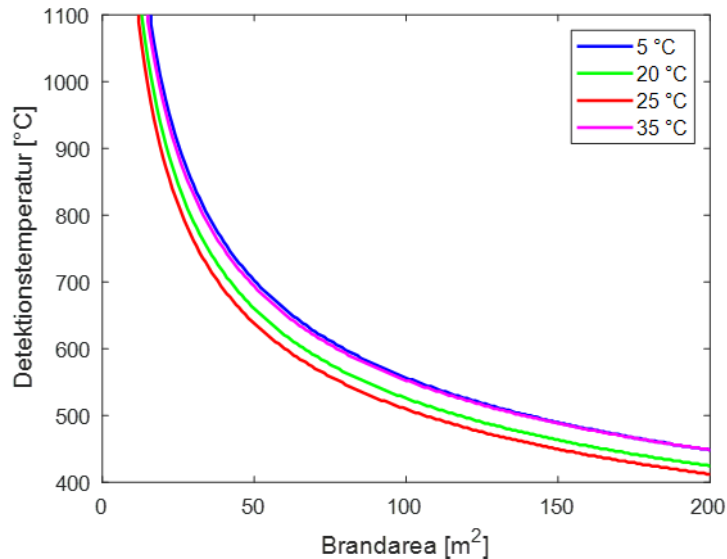
där BT_4 är temperaturen beräknad på intensiteten i kanal 4 enligt ekvation (3) och $\Delta BT_{45} = BT_4 - BT_5$. För dagen används ett dynamiskt bakgrundsvärde, BT_{4S} , baserat på kanal I4-temperaturer över ett 501×501 pixlar stort fönster där vatten- moln- och brand-pixlar maskas bort. Nivån av BT_{4S} är oftast 325 K (27 °C) men definieras egentligen av

$$BT_{4M} = \text{MAX}[325, M + 25]K \quad (6)$$

$$BT_{4S} = \text{MIN}[330, BT_{4M}]K \quad (7)$$

där M är medianvärdet av BT_4 över alla icke-maskade pixlar i 501×501 -fönstret. Under dagtid krävs alltså att temperaturen för kanal I4 ska överstiga ett tröskelvärde mellan 325 och 330 K (vilket beror på bakgrunden) samt att I4 registrerar en temperatur som är 25 K högre än den som beräknas för kanal I5. För olika stora ytor av bränder kommer alltså den teoretiska tröskeltemperaturen för branden variera och dessutom bero på bakgrundens temperatur. Teoretiska värden för tröskeltemperaturer på dagtid ges nedan (**Figur 2**). Notera att tröskeln blir lägre för varmare bakgrund men att den återigen ökar för bakgrundstemperaturer över 30 °C.

Figur 2. Teoretiska tröskeltemperaturer som funktion av brandens yta för $375 \text{ m} \times 375 \text{ m}$ pixel och olika bakgrundstemperaturer enligt ekvation 1-7.



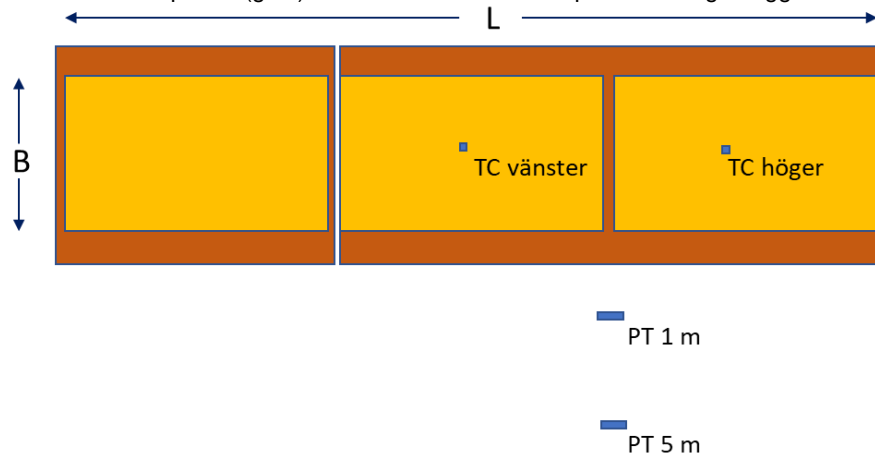
Experimentbränder

Tre stora träribbstaplar antändes för att karakteriseras precis när satelliterna passerade. Dessa brandbål genomfördes mellan den 28 februari och 2 mars 2023. Temperaturen vid försöken var omkring 2-3 °C och marken delvis frusen.

Utförande

Två termoelement (TC) placerades överst i bränslet. Två plattermoelement (PT) placerades på 1 m och 5 m från långsidan av bränslet på en höjd ca 2 m över marken. Fyra stycken lastceller är placerade under karen av metall vari träribbstaplarna ligger. Eftersom vikten loggas kan vi därför bestämma brandeffekten från hastigheten av massförlusten givet antaganden om energiinnehållet i trä (17 MJ/kg).

Figur 3. Schematisk uppställning av bålen sett uppifrån. Orange rektangel representerar metallkar vari träribbstaplarna (gula) står. Vikten av de två staplarna till höger loggas.



Det genomfördes tester 28 februari, 1 mars samt 2 mars. Bränslearrangemanget finns beskrivet nedan (**Tabell 1**) tillsammans med ett exempelfoto (**Figur 4**).

Tabell 1. Träribbstaplarnas karakteristik för de tre bålen

Datum	Test	Vikt (kg)	Tvärsnitt regler	Längd x bredd	Höjd	Fuktkvot
28 feb	1	1 000	23 x 47 mm ²	5 x 1.2 m ²	0.6 m	16.8 ± 0.8 %
1 mars	2	1 650	23 x 47 mm ² (60%) 47 x 47 mm ² (40%)	8.8 x 1.9 m ²	0.9 m	16.5 ± 0.8 % (60%) 10.5 ± 0.6 % (60%)
2 mars	3	1 650	45 x 45 mm ²	9 x 2 m ²	0.9 m	16.8 ± 0.8 %

Alla tester genomfördes under klara dagar vid Guttasjön, Södra Älvsborgs räddningstjänstförbunds övningsplats, strax söder om Borås. Höga granar stod precis söder om bålet men på sådant avstånd att de inte störde satelliternas vy.

Figur 4. Foto från test 3, 2 mars klockan 12:41 CET.



Tabell 2. Satellitpassager och tid för antändning

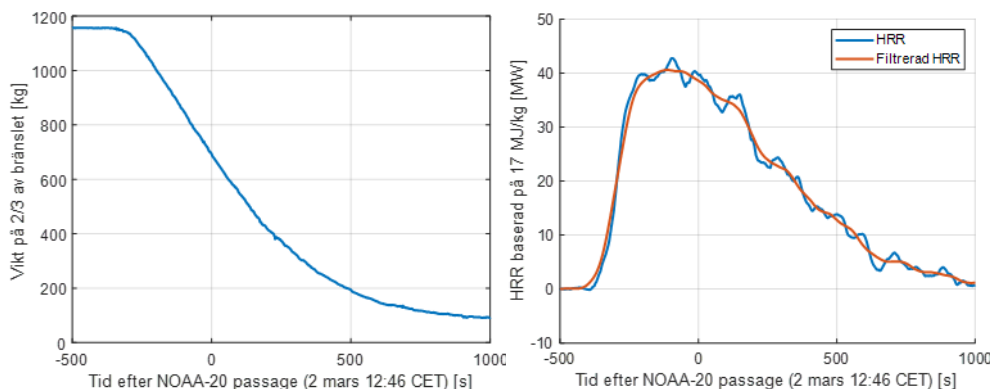
Dag	Passage UTC	Passage CET	Satellit	Vinkel	Tid antändning (CET)
Tisdag 28 februari	10:43:20	11:43:20	NOAA-20	43°	11:27
Tisdag 28 februari	11:34:47	12:34:47	S-NPP	85°	11:27
Onsdag 1 mars	11:14:00	12:14:00	S-NPP	66°	11:59
Onsdag 1 mars	12:04:42	13:04:42	NOAA-20	62°	11:59
Torsdag 2 mars	11:45:52	12:45:52	NOAA-20	81°	12:40
Torsdag 2 mars	Ca 12:34	Ca 13:34	S-NPP	-	12:40

Resultat

Vid tiden för experimenten var inte NOAA-21 ännu driftsatt för detektioner i SMHIs produktion. Alltså är det bara resultat från NOAA-20 och S-NPP som analyseras här. Under första bålet fallerade viktloggningen och vikten på träribbstaplarna kunde bara utvärderas från några slumpmässiga visuella avläsningar från en kontrolldisplay. Det tog lång tid för bålet att nå full effekt och den stora effekten inträffade flera minuter efter passagen av NOAA-20. S-NPP passerade något mer än en timma efter antändning då enbart en glödhärd fanns kvar av bålet men också rejält uppvärmd omgivning.

Test 2 brann i stället snabbare än förväntat och hade redan konsumerat mer än 85 % av bränslet vid satellitpassagen. Det tredje testet prickade in passagen precis vid maximal effekt (**Figur 5**). Tillsammans utgjorde de tre testerna tre ganska olika scenarion. Alla mätningar finns som figurer i bilagan.

Figur 5. Bränslets massa och uppskattad effekt (HRR) från Test 3.



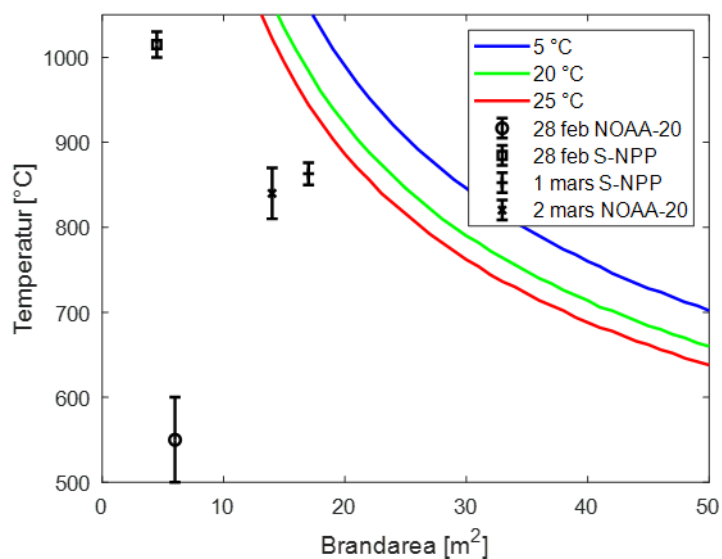
Brändernas uppskattade omfattning finns beskriven nedan (**Tabell 3**) för två passager vid varje bål.

Tabell 3. Effekt, omfattning och temperaturer vid satellitpassager

Datum	Test	Satellit	Uppskattad brand vid passage	Termoelement [°C]	Plattermoelement (PT) 1 m / 5 m [°C]
28 feb	1	NOAA-20	9 MW 6 m ²	500-600 °C	340 / 70
28 feb	1	S-NPP	Glödbrand 4-5 m ²	1000-1030 °C	230 / 40
1 mars	2	S-NPP	10 MW 14 m ²	810-870 °C	550 / 190
1 mars	2	NOAA-20	Liten glödbrand 10 m ²	150-200 °C	100 / 10
2 mars	3	NOAA-20	39 MW 17 m ²	850-875 °C	600 / 230
2 mars	3	S-NPP	Bra glödbrand 12 m ²	200-500 °C	160 / 20

Ingen av bränderna gav utslag på algoritmen för aktiv brand eftersom ingen av dem registrerade en celltemperatur över BT_{4S} (325 K för alla tester). För att nå tillräckligt hög celltemperatur hade bålens area varit tvungna att vara större, alternativt mycket varmare (**Figur 6**). Däremot registrerades tillräckligt ökad temperatur för kanal I4 jämfört med I5 för första överflygningen i test 2 och 3 (**Tabell 4**). Observationerna på celltemperatur från satelliterna samt uppskattade förväntade resultat från brandens omfattning vid passage stämmer i de flesta fall mycket väl överens (**Figur 7**). Den beräknade effekten (FRP) beräknad från radiansten i kanal M13 stämmer delvis för test 1 och 2, men exempelvis registreras mindre än 2 % av effekten i test 3.

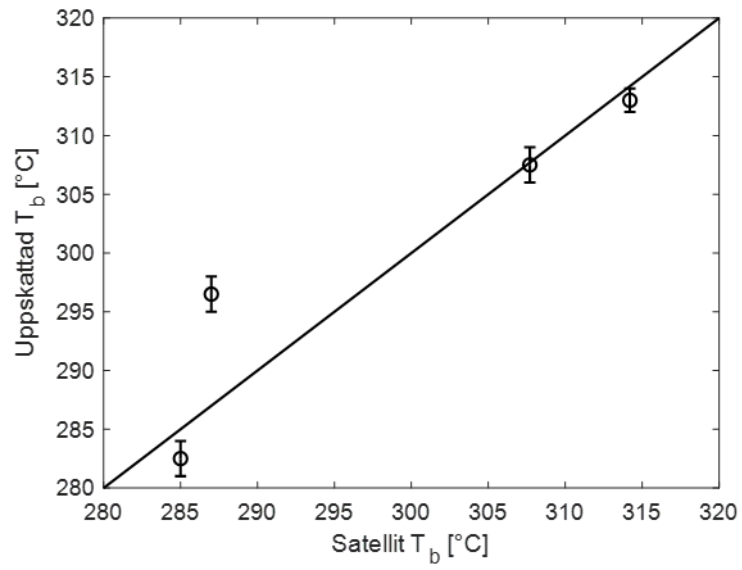
Figur 6. Strålningstemperaturen hos en brand mot brandens area för att kunna uppfylla kravet på tillräcklig celltemperatur för olika bakgrundstemperaturer (linjer – samma som Figur 2). I figuren ses även uppskattade resultat vid fyra överflygningar i experimenten. Experimentens felmarginaler speglar intervallet för brandtemperaturen.



Tabell 4. Resultat från satelliterna samt uppskattade resultat beräknat på area och temperatur på branden. Den andra överflygningen från 1 och 2 mars är undantagna analysen. Uppskattad celltemperatur och FRP kommer från mätningarna på bränderna.

Test	Satellit	T _b (I4) [K]	FRP [kW]	Uppskattad celltemperatur, T _b [K]	Uppskattad FRP [kW]	BT ₄₅ [K]	ΔBT ₄₅ [K]
1	NOAA-20	285.0	56	281 - 284	700 - 900	325	9.3
1	S-NPP	287.0	138	295 - 298	270 - 360	325	7.7
2	S-NPP	307.7	8 000	306-309	10 000	325	31.9
2	NOAA-20	-	-	276	250	-	-
3	NOAA-20	314.2	731	312-314	39 000	325	37.6
3	S-NPP	-	-	277-286	400	325	-

Figur 7. Celltemperaturen vid satellitpassage beräknad för kanal I4 från uppskattad area, bakgrundstemperatur och brandtemperatur mot den uppmätta I4-celltemperaturen från satelliten. Helt dragen linje är perfekt överensstämmelse.



Registrerade detektioner under året

Utförande

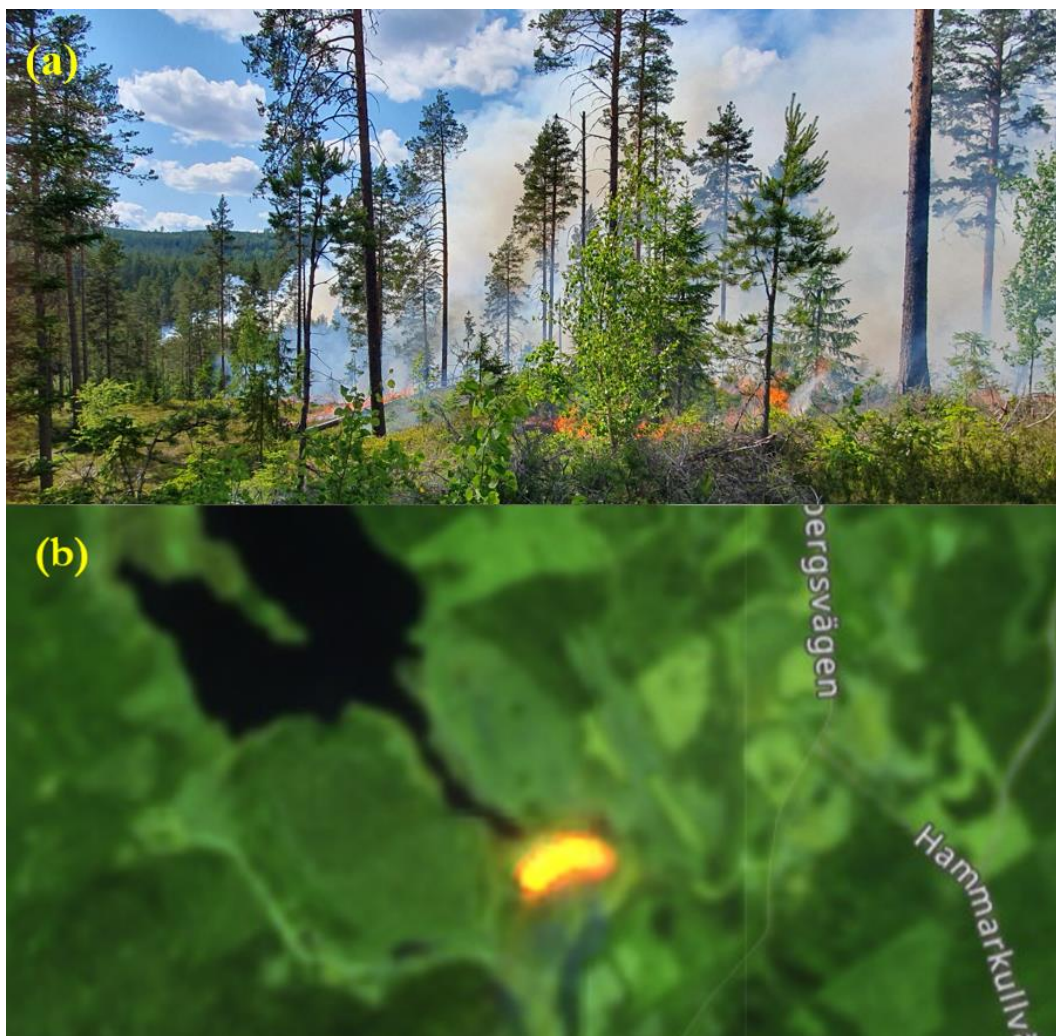
MSB har gått igenom de 523 detektionerna som systemet registrerat mellan 1:a januari och 16 oktober, 2023. 30 av dessa kan inte kopplas till någon temperaturanomali utan beror sannolikt på solblänk eller andra reflektioner. Flera av de resterande 493 detektioner härrör från en och samma händelse och 225 individuella händelser har till slut identifierats. Dessa har delats in i olika kategorier där nästan en fjärdedel kommer från bränder i byggnader och därefter, i fallande ordning, vilda skogsbränder, naturvårdsbränder, kontrollerad eldning av ris eller annat samt gräsbränder (**Figur 10**). 61 vilda vegetationsbränder detekterades under 2023, varav 30 % detekterades av satelliterna innan något annat larm inkom till SOS Alarm.

Vi analyserar händelser som härrör från naturvårdsbränder, från vilda skogsbränder och några vilda gräsbränder. Framst fokuserar vi på de händelser som registrerat störst celltemperatur eller strålningseffekt. Analysen går till som följer:

1. Vi söker på Effis efter registrerad area från Modis vid plats och dag för detektionen för att verkligen se vilken yta som brann (Effis 2023). Även ”Fire severity” (Keeley 2009) noteras från Effis. Den högsta klassen av ”severity” som upptar minst 20 % av den brända ytan registreras (**Figur 14a**).
2. Därefter letar vi efter om något skede av branden blivit fångat av Sentinel-2 (**Figur 8b**), vars bilder scannas av för samma dag och plats med *wildfire*-filtret (Markuse 2017) som finns att använda på Sentinel hub EO browser (Sentinel hub 2023). Denna ögonblicksbild vid ett specifikt klockslag används för att uppskatta brandens utbredning vid detektion av S-NPP eller NOAA-20. Skulle inte någon förstärkt ögonblicksbild finnas tillgänglig används föregående och efterföljande dagar för att identifiera slutgiltig bränd mark genom synliga bilder eller filtren *Burned Area Index*, *Burned Area Detection* (**Figur 14c**) eller *Normalized Burn Ratio*.
3. Den brända marken analyseras sedan med hjälp av skoglig grunddata (Skogsstyrelsen 2023) där senaste laserscanningen används för att uppskatta grundyta, trädhöjd och trädslag för den brända marken (**Figur 14b**). Vi kontrollerar också att informationen från Skogsstyrelsen stämmer med informationen från branddagen (eller dagarna före) från visuella bilder från Sentinel-2 eftersom nyligen gjorda avverkningar inte syns på Skogsstyrelsen.

4. Vädret för den aktuella platsen vid tiden för detektionen hämtas från *Brandrisk skog och mark* (MSB 2023) för att notera temperatur, vindhastighet och riktning, relativ luftfuktighet och index från FWI-systemet.
5. Ytterligare information hämtas för vissa av bränderna genom att ringa till ansvarig brännare (för naturvårdsbränder), insatsledare (för vildbränder) eller nyhetsinslag från händelsen. Dessa kompletteras ibland med ytterligare bilder hämtade från Google streetmap eller likande (**Figur 8a**).
6. Informationen om bränd area, ögonblicksbilder, vädret, vegetationstyp och klockslag för larm, räddningstjänstens ankomst och detektionstid ger sedan tillsammans en uppskattad bild av brandens utbredning vid detektionstillfället. Vi använder den kanadensiska brandbeteendemodellen för att beräkna spridningshastighet och intensitet i det uppskattade eldbandet vid detektion med programmet REDapp. Oftast är det brandmodellerna *Conifer plantation*, *Spruce-lichen woodland* eller *Mature Jack or Lodgepole pine* som passar bäst in. Från dessa uppskattas brandens strålningseffekt $FRP(est)$. Temperaturen uppskattas på samma sätt genom det beräknade eldbandets omfattning (bredd och djup) och tre temperaturintervall för dessa (550 °C i det flammande området, 250 °C i en halvmetr bakom samt 70 °C i det omedelbart brända området bakom). Areorna och temperaturerna stoppas in i ekvation (1) – (3) för att beräkna uppskattad celltemperatur $T_b(est)$. De uppskattade $FRP(est)$ och $T_b(est)$ jämförs sedan med motsvarande storheter registrerade av satelliterna.

Figur 8. (a) En av de analyserade bränderna, här en frötallställning på bolagsmark i Härnösands kommun, 27 juni 2023. Foto: Askia Sandberg. (b) Wildfire-filter från bild tagen av Sentinel-2 vilket ger en ögonblicksbild av brandens omfattning.



Resultat

2023 års brandsäsong startade med en torr april då mycket gräsbränder förekom i snöfria delar av landet. Under maj föll ovanligt lite nederbörd i de flesta län vilket fortsatte i juni då även varm och torr luft drog in över landet. Från början av juli och genom hela augusti regnade det dock rikligt och ofta, varpå bränderna nästan helt uteblev efter juni månads slut.

Byggnadsbränder stod för marginellt fler detektioner än vilda skogsbränder. Ett antal detekterade byggnadsbränder på landsbygden stör inte systemet utan kan ses som en möjlig positiv bieffekt då även dessa bör larmas fort till SOS Alarm och bränder i ödehus kan ta lång tid att larma.

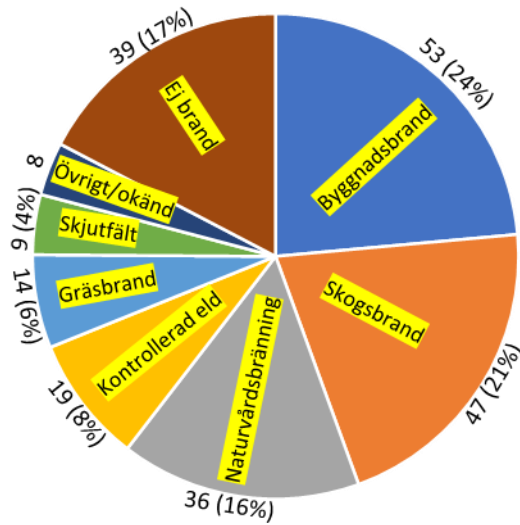
Detektionerna är spridda över hela landet (**Figur 9**), men eftersom tätbefolkade områden är maskade är detektionerna mer spridda jämfört med exempelvis en karta över antändning i skogsmark (se exempelvis Sjöström & Granström 2023).

Figur 9. Kartbild över detektioner 1 januari – 16 oktober. Vegetationsbränder (gröna punkter), blandade vegetationsbränder och byggnader/halmbalar/rishögar (orangea punkter) samt övriga bränder/värmekällor från exempelvis byggnader (blå punkter).



Strax mer än hälften av händelserna är bränder i skog och mark. Det är vildbränder i skogsmark, naturvårdsbränder (övervägande i skogsmark), kontrollerade eldar av ris eller liknande samt gräsbränder under våren (**Figur 10**).

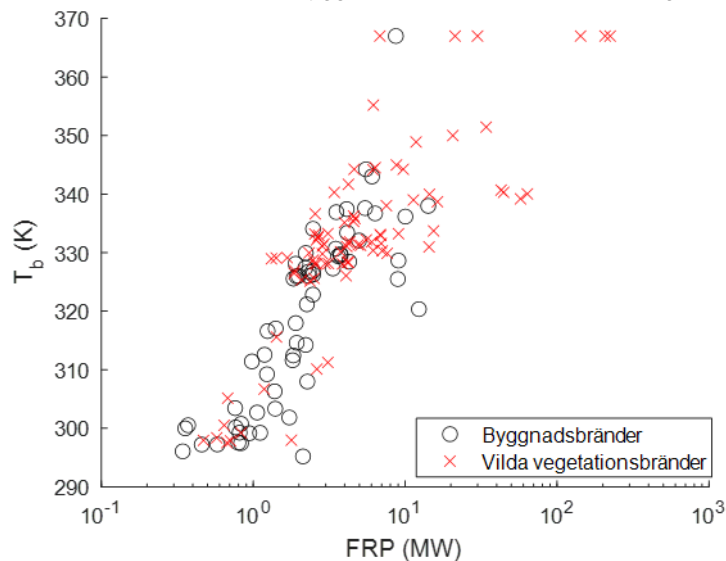
Figur 10. Fördelning över typer av händelser som ledde till satellitdetektion fram till oktober 2023. I kategorin 'Ej brand' ingår övriga värmekällor såsom industrier och annat.



Notera att fördelningen ovan är över antalet händelser som leder till detektion. Många händelser leder dock till flera detektioner och skulle vi istället se till fördelningen över antalet detektioner skulle andelen ”Ej brand” vara mycket mindre och ”Skogsbrand” samt ”naturvårdsbränning” vara större (se MSB (2023b) samt Letalick och Andersson (2022) för exempel från tidigare år).

Vi ser ingen skillnad på celltemperaturen för byggnads- och vegetationsbränder. Kanal I4 bottenar vid 367 K och når inte högre för någon kategori men det är bara de största vegetationsbränderna som kan ge upphov till stora strålningseffekter över 15 MW. De högsta detekterade FRP är över 200 MW (**Figur 11**).

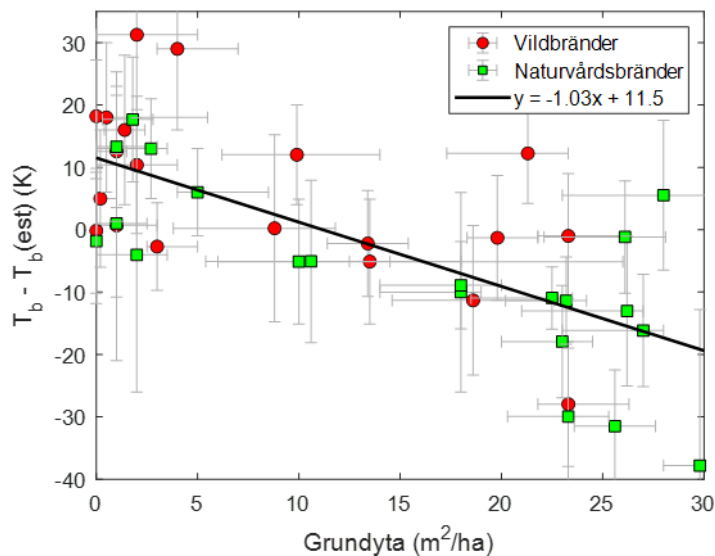
Figur 11. Detekterad T_b och FRP för byggnadsbränder samt för vilda vegetationsbränder.



Vi lyckades göra en djupare analys av 20 naturvårdsbränder och 21 vildbränder enligt schemat på sidan 13. Utav dessa är det tydligt att de som gett upphov till starkast detektion är sådana som brunnit på bar, eller väldigt gles mark, exempelvis vildbrand på kalhygge, impediment eller glesa bestånd. Skogsbolagen genomför ofta naturvårdsbränningar på bestånd som gallrats hårt och där virke plockats ut men äldre tallar lämnas för naturhänsyn för att sedan brännas (se exempelvis fotot i **Figur 8**).

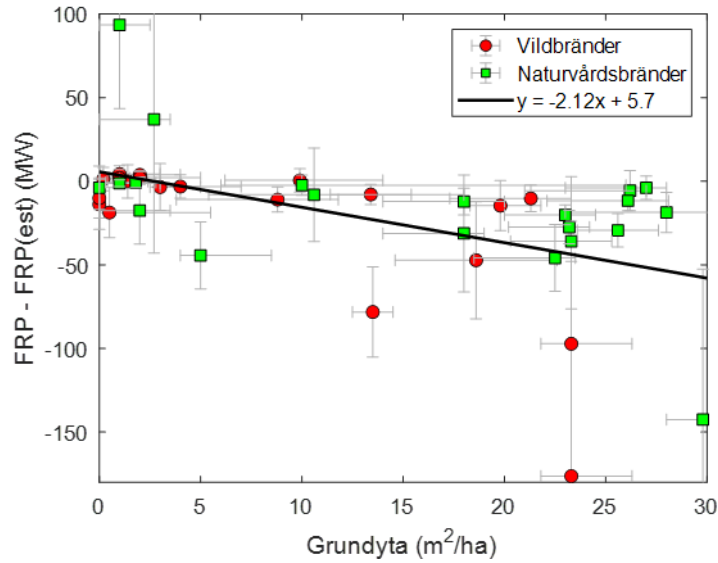
Den uppskattade celltemperaturen (T_b) jämfört med den av satelliten registrerade temperaturen visar också en tydlig grundyta²-beroende (**Figur 12**). För kalhyggen eller gallrade bestånd överskrider i regel satellitens T_b den som uppskattats genom brandanalysen. Vid normala skogsbestånd (grundyta >10-15 m²/ha) är däremot satellitens registrerade T_b lägre än det som uppskattats av brandbeteende-modeller. Detta gäller både vildbränder (som framförallt sprids i medvind) och naturvårdsbränder (som framförallt sprids mot vinden). Samma tendens kan anas för FRP, även om sambandet inte alls är lika tydligt som för T_b (**Figur 13**).

Figur 12. Skillnad mellan satellitens registrerade celltemperatur och den uppskattade celltemperaturen baserat på analysen av branden mot grundytan på brandens plats. Felstaplar representerar uppskattningarnas osäkerhet.



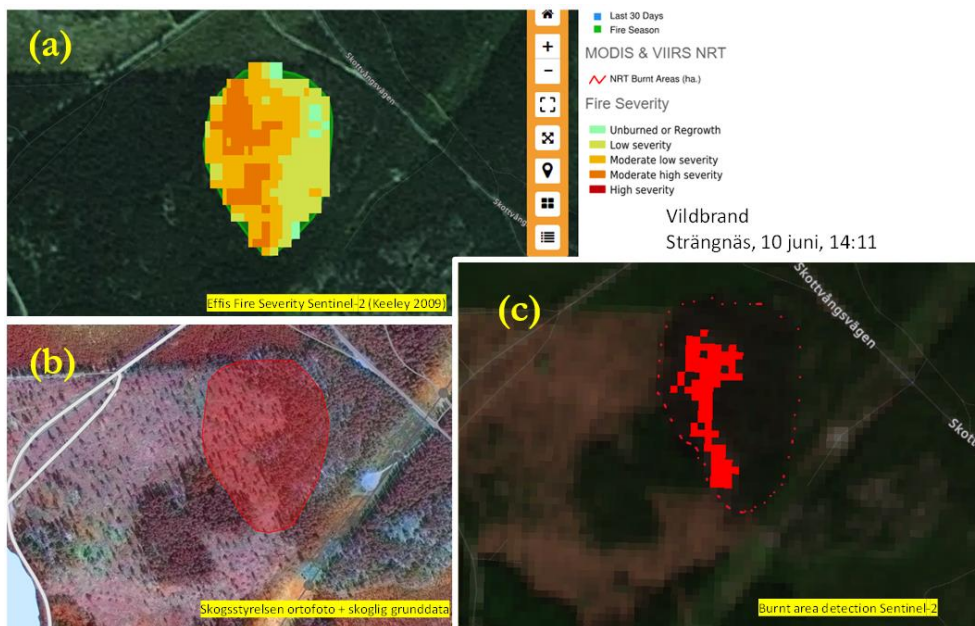
² Grundyta är ett mått på hur mycket stam som finns i skogen. Om alla stammar skars av vid brösthöjd och arean av snittet mättes beskriver den sammanlagda arean av stam (m²) per hektar mark beståndets grundyta.

Figur 13. Skillnad mellan satellitens registrerade FRP och uppskattad FRP baserat på analysen av branden mot grundytan på brandens plats. Felstaplar representerar uppskattningarnas osäkerhet.



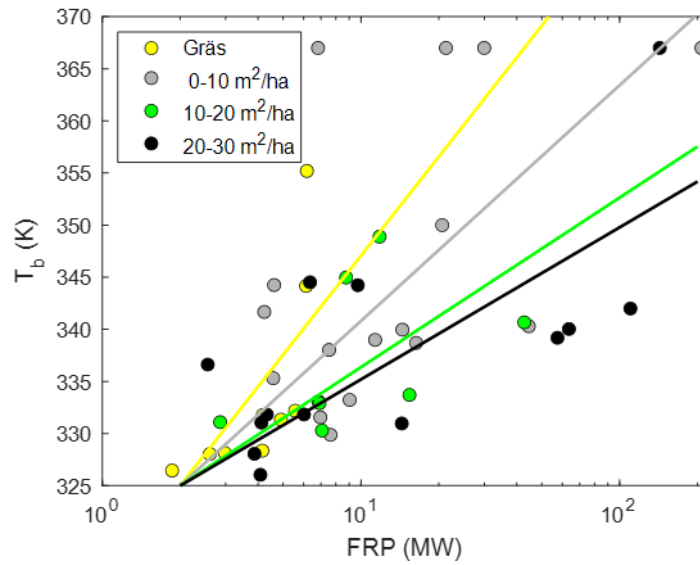
Ett exempel är vildbranden som i Strängnäs härjade över både en frötärdställning och fullsluten skog. Fire severity från Effis (Sentinel-2) visar tydligt hur satelliternas analys ger intensivare brand precis i frötallställningen jämfört med skogen (**Figur 14a**). Filtret *Burned Area Detection* lyckas faktiskt bara detektera den brända arealen i området där inte träd skymmer sikten mot marken (**Figur 14c**).

Figur 14. Vildbrand över både en frötärdställning och en fullsluten skog. (a) Fire severity från Sentinel-2 (Effis 2023), (b) Skoglig grunddata med överlagrat flygfoto (Skogsstyrelsen 2023). (c) Burned area detection från Sentinel-2 (Effis 2023).



Vi ser även en indikation på att det är främst celltemperaturen T_b som påverkas av ökad mängd skyddande träd. Om vi kategoriserar gräsbränder och skogsbränder med grundytintervallen <10, 10-20 samt 20-30 m²/ha för sig, så ser vi att enkla Anpassningar av T_b mot FRP ger minskade T_b i förhållande till FRP vid högre grundytor (**Figur 15**). Detta är dock främst en indikation och djupare analys behövs.

Figur 15. Satelliternas registrerade celltemperatur mot registrerad FRP. Data är uppdelat på fyra kategorier av mark: gräsytor och skogsmark med grundyta <10, 10-20 samt 20-30 m²/ha. Linjerna är Anpassningar av data för varje grupp.



Diskussion och slutsatser

Satelliterna lyckas med tillfredsställande noggrannhet pricka in celltemperaturen baserat på de tester som gjorts med kontroll över brandens effekt, area och temperatur (**Figur 7**). Dessa tester gjordes med god vinkel mot överflygande satelliter och i helt klart väder. Två av testerna var tillräckligt intensiva för att klara kravet på temperaturskillnad mellan kanal I4 (känslig för varma temperaturer) jämfört med I5 (känslig för 'vanliga' temperaturer). Ingen av testerna klarade dock att höja totala celltemperaturen över 325 K. Det kalla vädret gjorde tröskeln hög men inte ens under en varm sommardag hade kriteriet mötts (**Figur 6**). Eftersom temperaturen på branden är svår att höja så hade en större area varit det lättaste sättet att uppfylla kriterierna. Vi föreslår att komplettera testerna genomförda här med nya tester under varmare förhållanden, upp mot 30 m² stora och med full kontroll över massförlust och välövervakade av IR-kamera.

Satelliterna verkar ha svårare att beskriva FRP men eftersom det är just Fire Radiative Power är detta inte helt konstigt. Vad en brand strålar är inte alltid synonymt med brandens totala effekt, även om det statistiskt sett bör korrelera väl.

Arean som krävs för att detektion ska ske ökar med ca 40 % om temperaturen sänks från 25 till 5 °C (**Figur 2**), vilket inte är helt ovanlig omgivningstemperatur vid gräsbränder. Det är värt att fundera på om inte kravet på celltemperatur skulle sänkas för dagar med kallt väder, såsom många dagar i Sverige är under gräsbrandssäsongen. Analysen av de detekterade bränderna visar också att få gräsbränder detekteras trots att de sker på öppen mark. Å andra sidan är oftast hela förloppet för gräsbränder ganska kort och de har därför mindre chans att plockas upp av satelliterna vars passager är ganska begränsade.

Vi ser de klaraste bränderna på öppna eller glesa marker. Detta kan bero på att bränder ofta kan bli intensiva på öppna marker där vinden kommer åt och där ljusinsläppet möjliggör snabbare uttorkning än i fullsluten skog. Det är dock inte alltid så att öppnare marker är mer brännbara än skog eftersom uppväxt av gräs, andra örter eller sly kan ha en kraftigt dämpande effekt på brandspridning. En annan effekt är just att träden delvis skymmer markbranden ovanifrån vilket resulterar i att satelliten underskattar T_b och FRP. Man ser helt enkelt inte skogsbranden för alla träd. Detta kan i efterhand tyckas vara en självklar slutsats men vi har här visat det på ett systematiskt sätt och vi ser även att trenden i hur grundytan påverkar detekterad T_b är oberoende av FWI- eller ISI-värden (sist i bilagan).

Detekterad T_b tycks minska med lika många grader som grundytan ökar i m²/ha. En ökning av grundytan med 10 m²/ha förväntas alltså minska detekterad T_b med 10 °C. Något som kan vara ett problem exempelvis tidigt på säsongen eller då branden är i sitt tidiga skede och då detektion hade varit som mest värdefull.

Det största hindret för fler detektioner måste nog dock anses vara att systemet bara skannar ungefär fyra gånger på dagen (och lika många på natten) och att tiden för dessa är begränsade till någon timme eller två kring kl 12.00-13.00 sommartid, medan de flesta bränder startar något senare (Sjöström & Granström 2023). Fler överflygningar hade varit till god hjälp och i framtiden ökar dessa möjligheter med fler system och satelliter.

Referenser

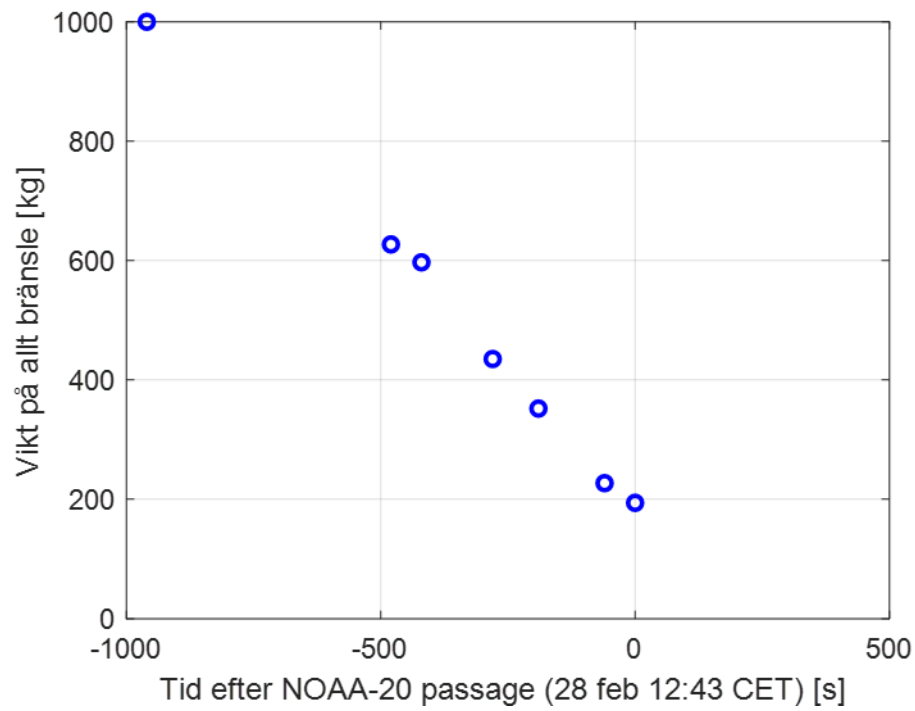
- Effis (2023) Current situation, https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation/ (besökt 2023-12-29)
- Keeley, J.E. (2009) Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18 (1), 116–126. <https://doi.org/10.1071/WF07049>
- Letalick, M. & Andersson S. (2022) Uppföljning av satellitdetektioner av skogs- och vegetationsbränder – perioden januari till och med oktober 2021. MSB1939. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Karlstad). <https://rib.msb.se/Filer/pdf/29972.pdf> (besökt 2023-12-30)
- Letalick, M. (2022) Molns inverkan på satellitdetektion av vegetationsbränder i Sverige. (Examensarbete Uppsala Universitet) <https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1653181&dswid=6650>
- Markuse, P. (2017) Visualizing (Wild)Fires in Sentinel-2 imagery through EO Browser <https://pierre-markuse.net/2017/08/07/visualizing-wildfires-sentinel-2-imagery-eo-browser/> (besökt 2023-12-29)
- MSB (2023) Brandrisk skog och mark <https://brandrisk-sverige.smhi.se/> (besökt 2023-12-29)
- MSB (2023a) Hantering av satellitdetektioner av bränder via SOS Alarms system CoordCom. MSB2170 – mars 2023. <https://rib.msb.se/filer/pdf/30313.pdf>
- MSB (2023b) Utvärdering av satellitdetektion av brand för säsongen 2022. MSB2176 – mars 2023. <https://www.msb.se/sv/publikationer/utvardering-av-satellitdetektion-av-brand-for-sasongen-2022/>
- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., & Csiszar, I. A. (2014) The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, 143, 85-96.
- Schroeder, W., Giglio, L., Csiszar, I. & Tsidulko, M. (2020) Algorithm Theoretical Basis Document For NOAA NDE VIIRS I-band (375m) Active Fire https://www.star.nesdis.noaa.gov/jps/documents/ATBD/ATBD_Iband_Active_Fires_v1.0.pdf (2023-12-29)
- Sentinel hub (2023) <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser> (besökt 2023-12-29)
- Sjöström, J., & Granström, A. (2023) Human activity and demographics drive the fire regime in a highly developed European boreal region. *Fire Safety Journal*, 136, 103743. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103743>
- Skogsstyrelsen (2023) Kartor <https://kartor.skogsstyrelsen.se/kartor/?startapp=skogligagrunddata> (besökt 2023-12-29)

Bilaga

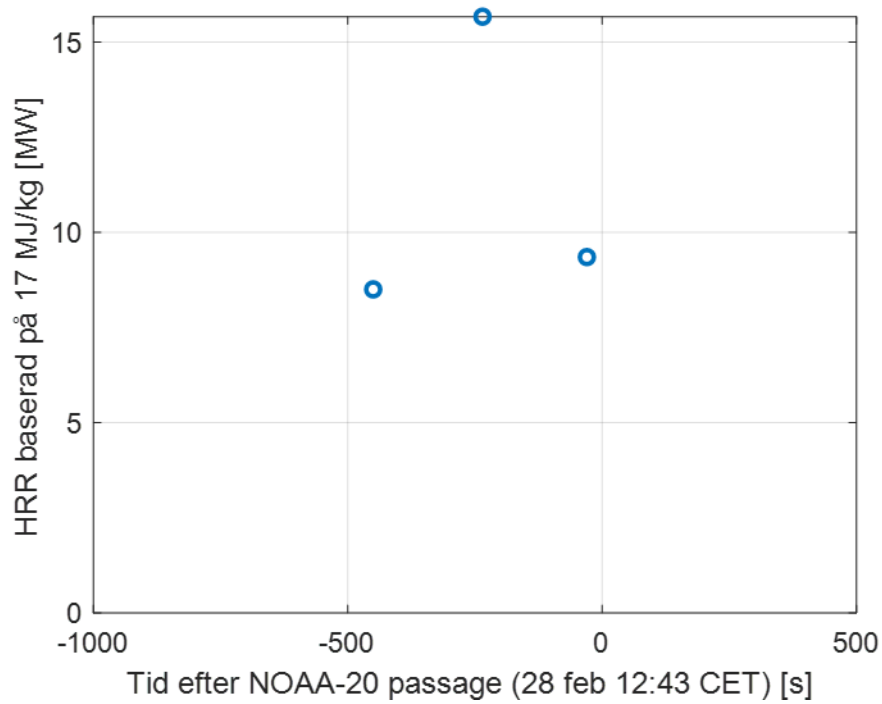
I bilagan visas alla resultaten från testerna för vidare analys.

Resultat från Test 1

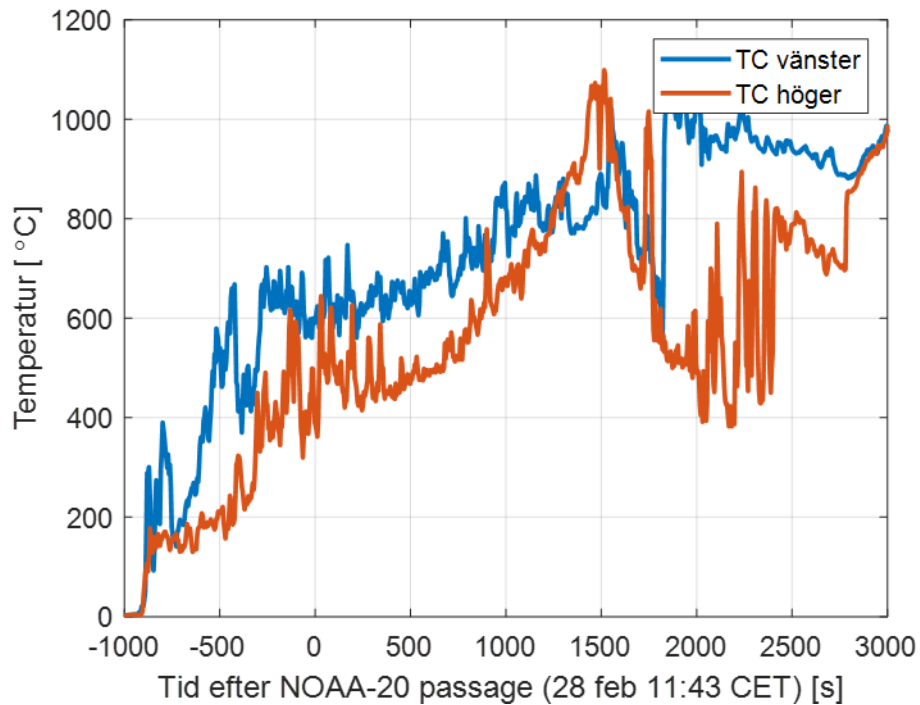
Figur B16. Vikt på bränslet över tid kring NOAA-20-passage i Test 1.



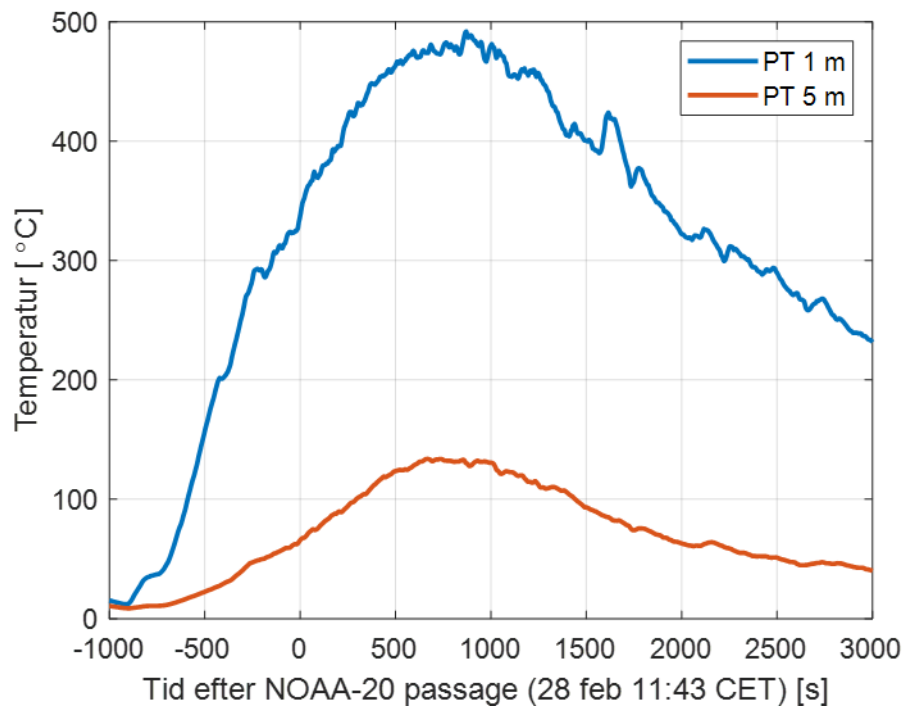
Figur B17. Värmeutveckling över tid kring NOAA-20-passage i Test 1.



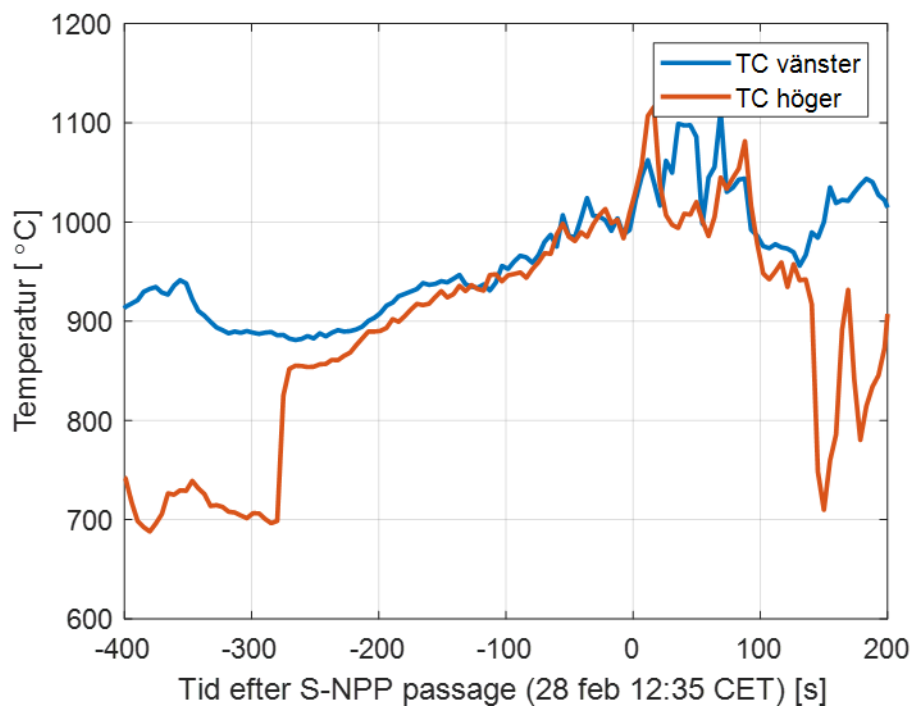
Figur B18. Temperatur i bränslet över tid kring NOAA-20-passage i Test 1.



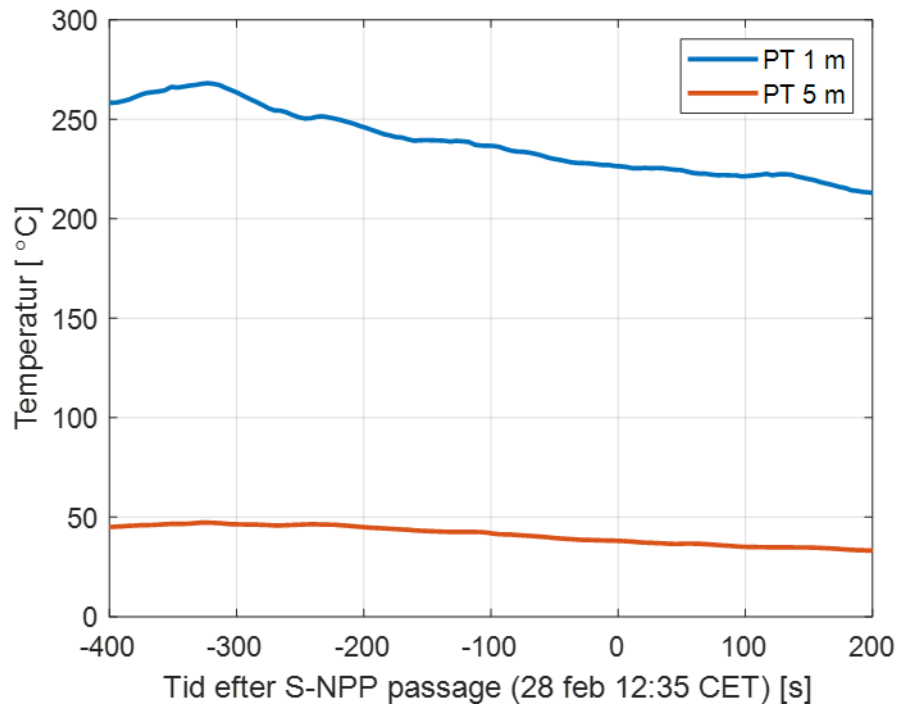
Figur B19. Temperatur på plattermoelement över tid kring NOAA-20-passage i Test 1.



Figur B20. Temperatur i bränslet över tid kring S-NPP-passage i Test 1.

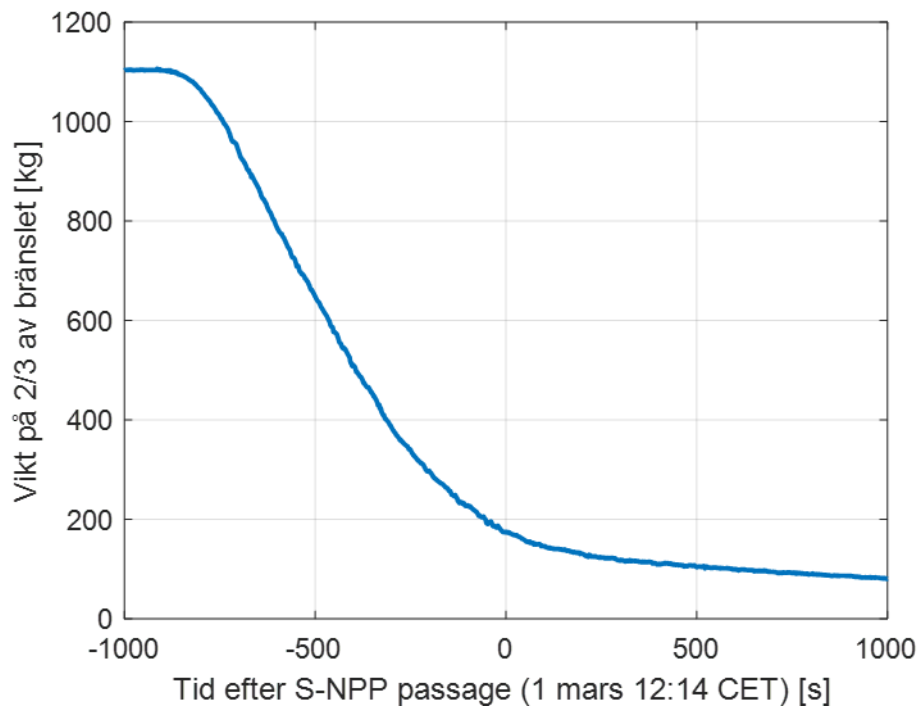


Figur B21. Temperatur på plattermoelement över tid kring S-NPP-passage i Test 1.

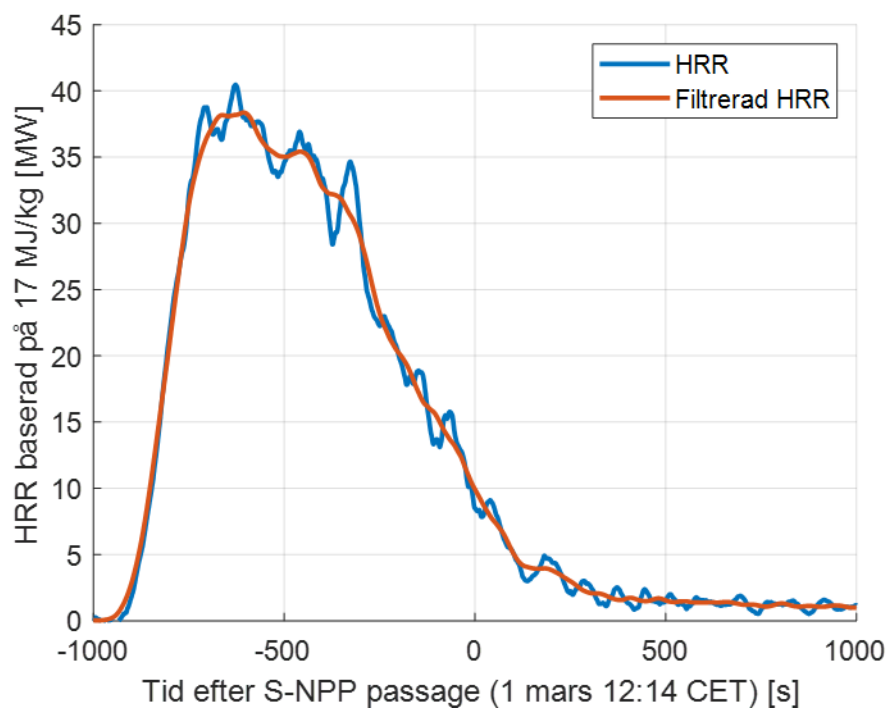


Resultat från Test 2

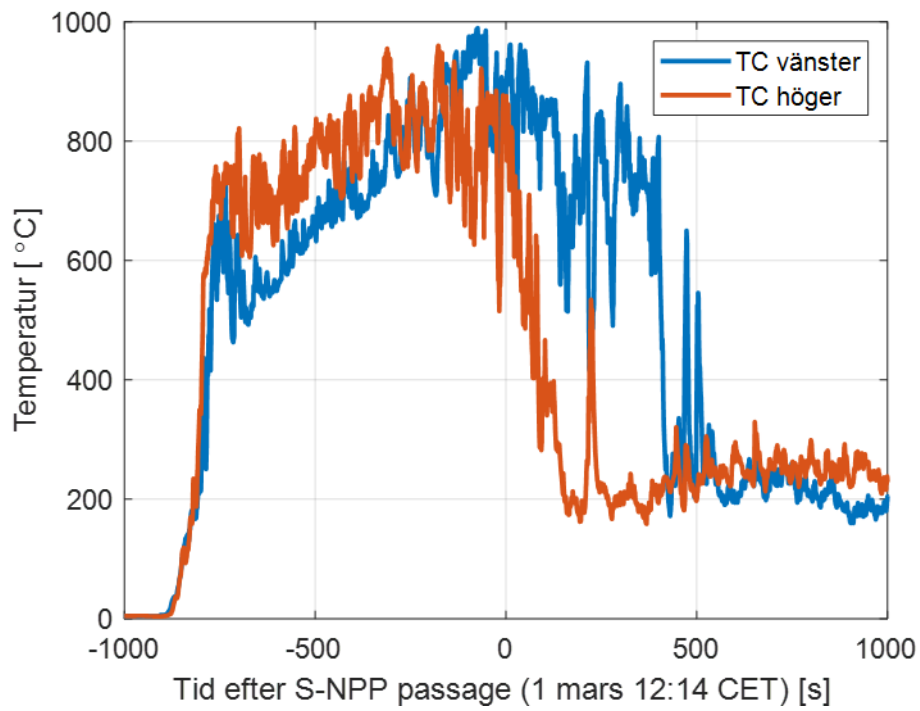
Figur B22. Vikt på 66% av bränslet över tid kring S-NPP-passage i Test 2.



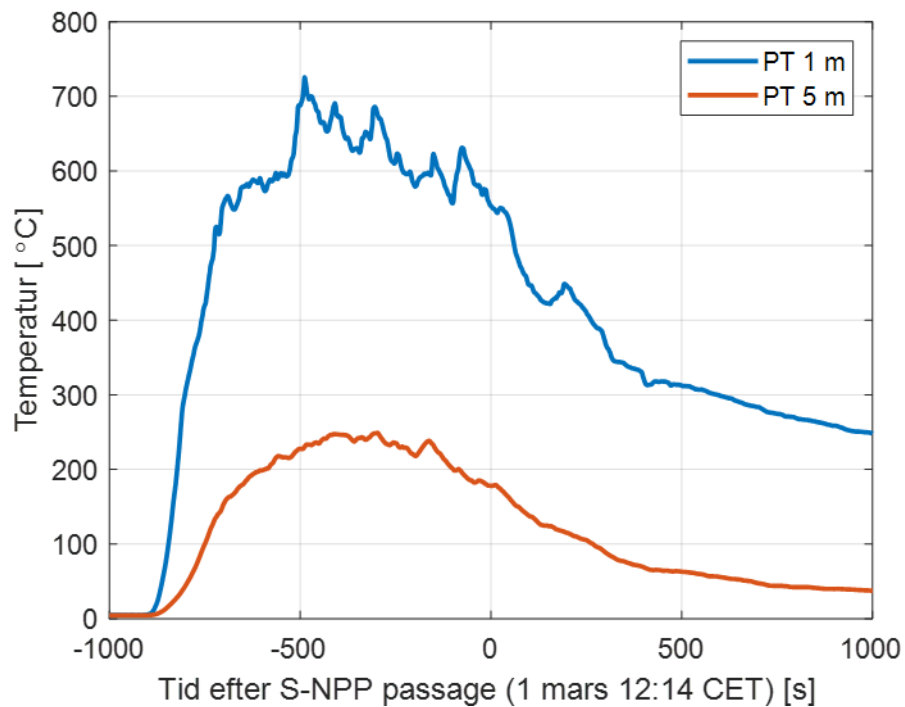
Figur B23. Värmeutveckling över tid kring S-NPP-passage i Test 2.



Figur B24. Temperatur i bränslet över tid kring S-NPP-passage i Test 2.

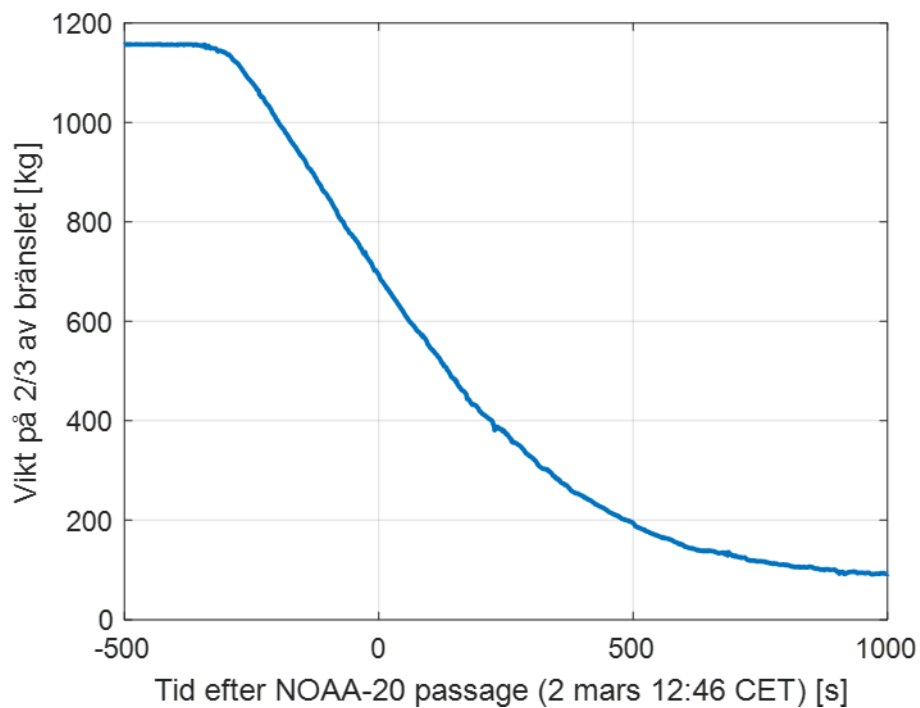


Figur B25. Temperatur på plattermoelement över tid kring S-NPP-passage i Test 2.

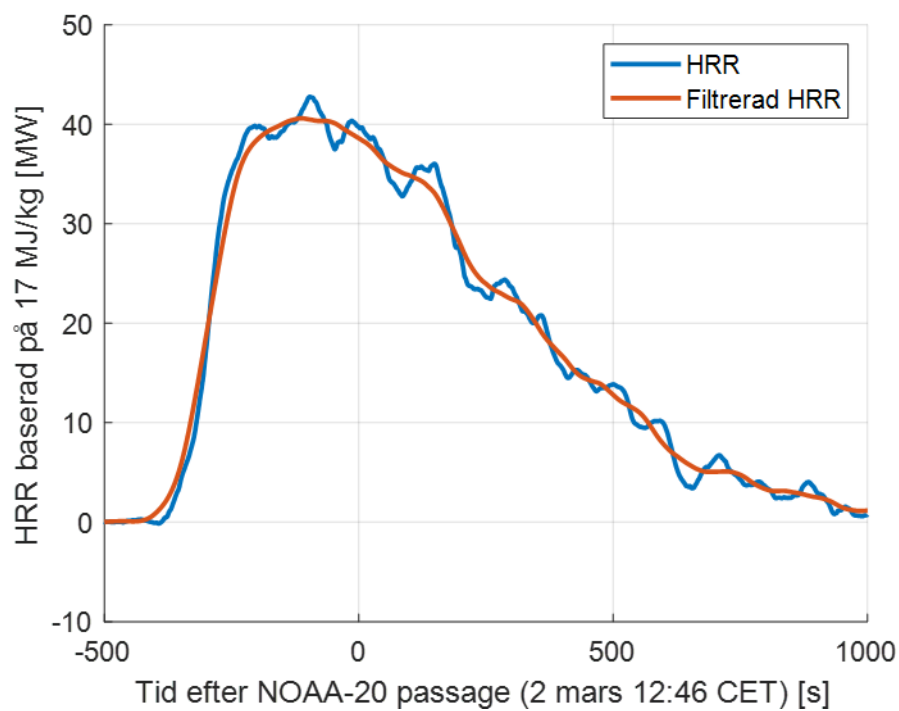


Resultat från Test 3

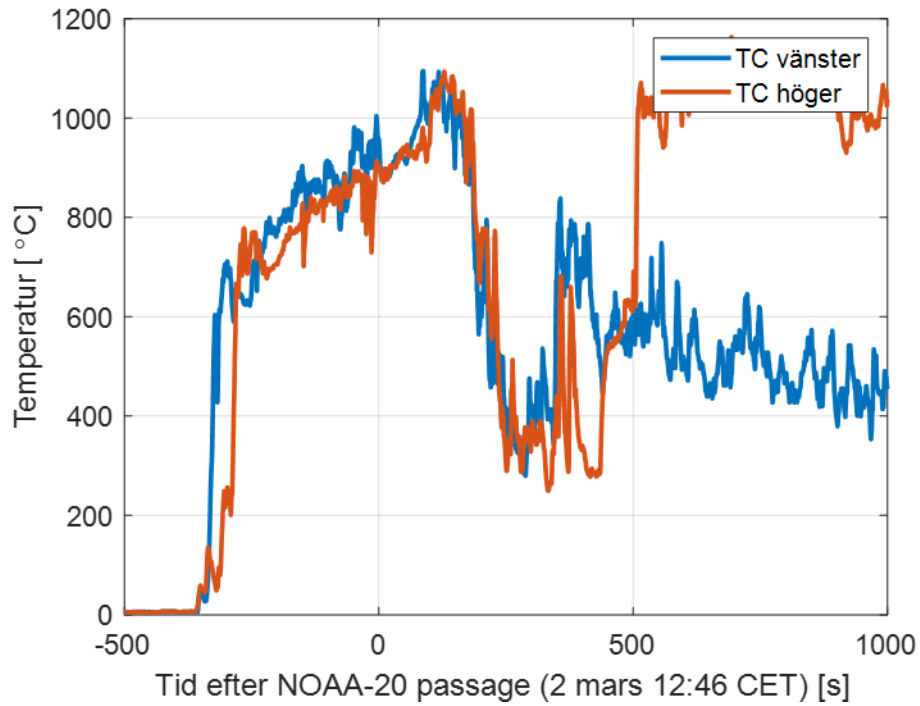
Figur B26. Vikt på 66% av bränslet över tid kring NOAA-20-passage i Test 3.



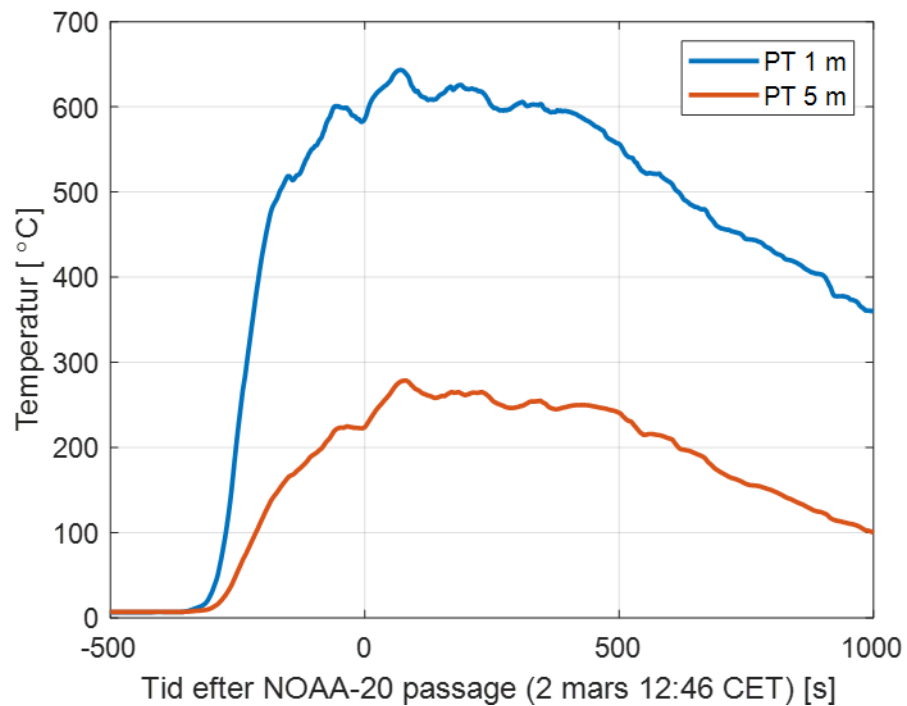
Figur B27. Värmeutveckling över tid kring NOAA-20-passage i Test 3.



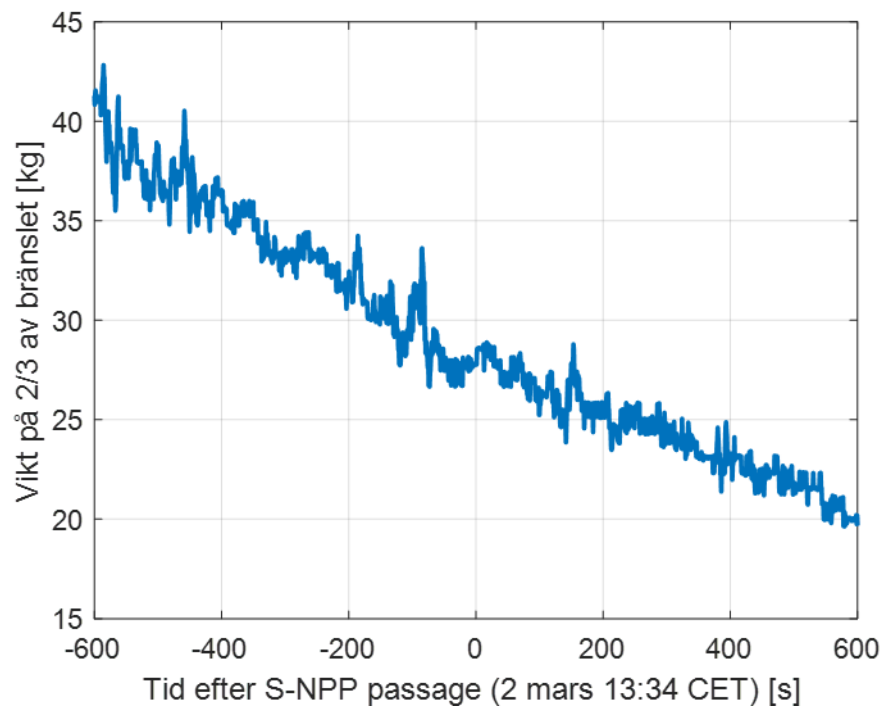
Figur B28. Temperatur i bränslet över tid kring NOAA-20-passage i Test 3.



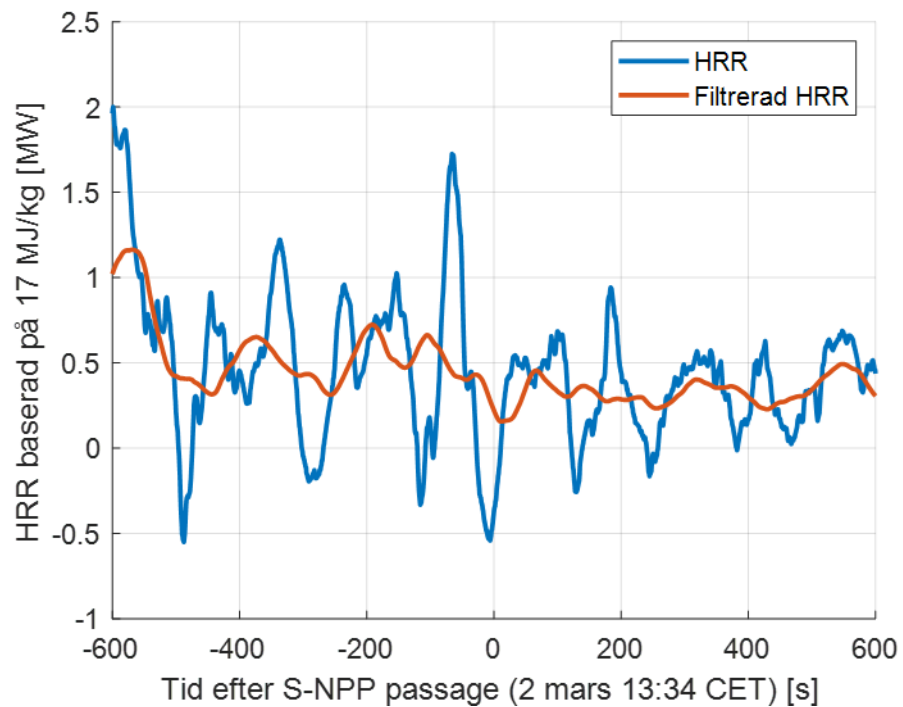
Figur B29. Temperatur på plattermoelement över tid kring NOAA-20-passage i Test 3.



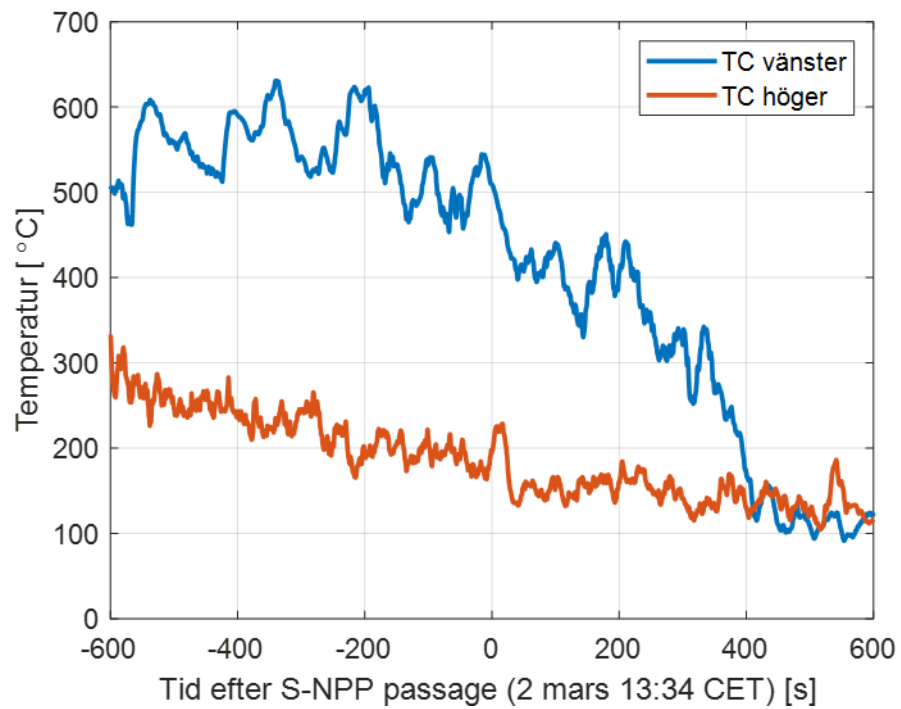
Figur B30. Vikt på 66% av bränslet över tid kring S-NPP-passage i Test 3.



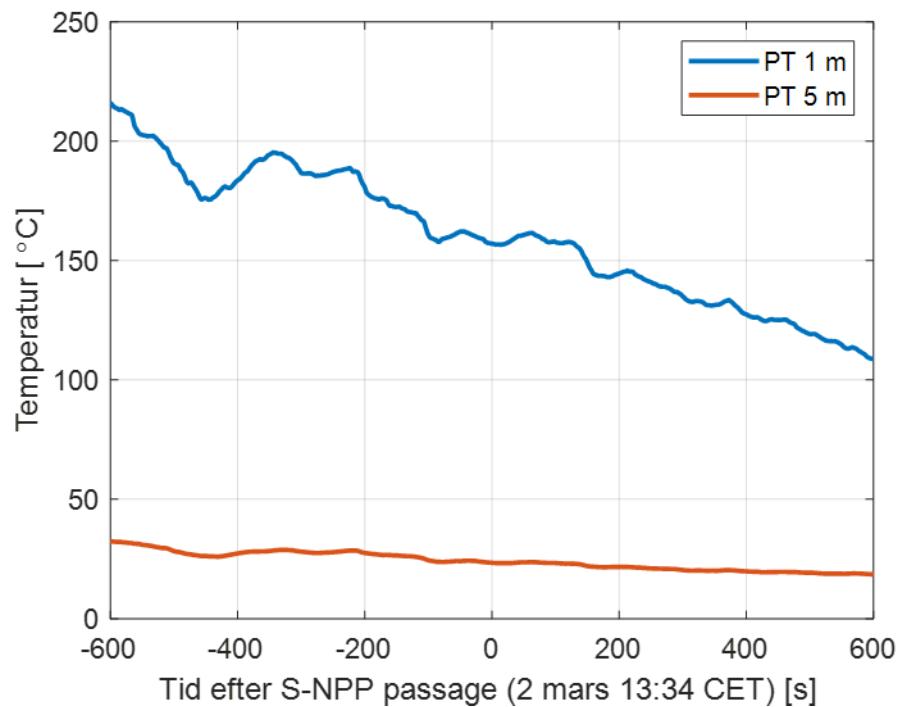
Figur B31. Värmeutveckling över tid kring S-NPP-passage i Test 3.



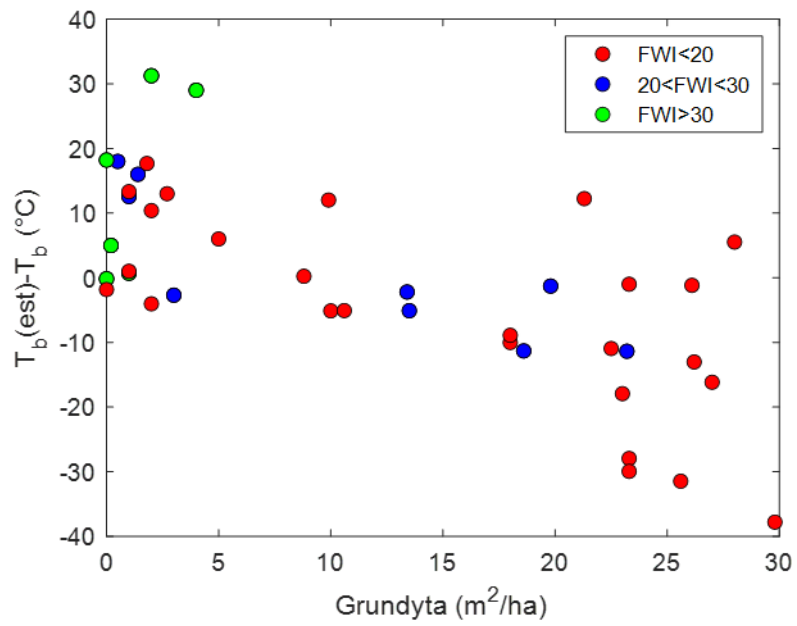
Figur B32. Temperatur i bränslet över tid kring S-NPP-passage i Test 3.



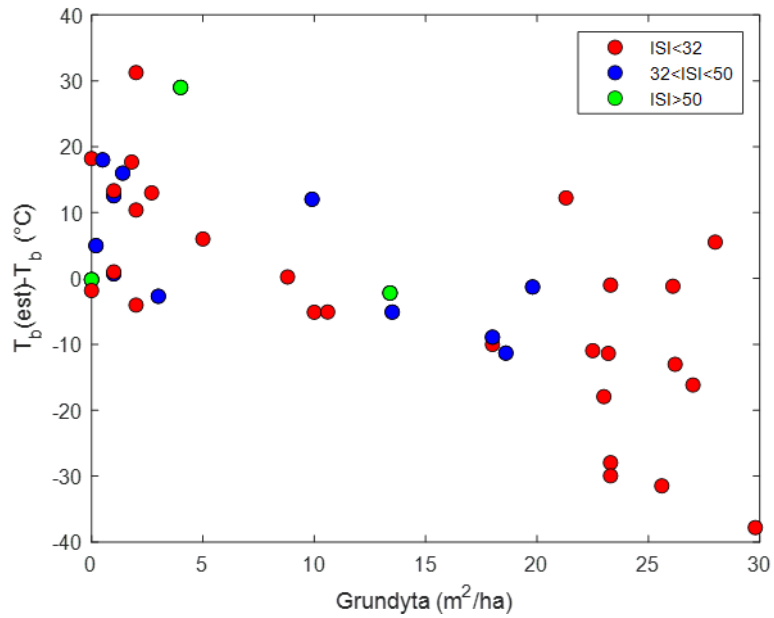
Figur B33. Temperatur på plattermoelement över tid kring S-NPP-passage i Test 3.



Figur B34. Differensen mellan uppskattad celltemperatur och celltemperatur detekterad av satelliter för bränder som inträffar vid olika FWI-värden.



Figur B35. Differensen mellan uppskattad celltemperatur och celltemperatur detekterad av satelliter för bränder som inträffar vid olika ISI-värden.





Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

I samarbete med:

**RI.
SE**

SMHI