



Flygbildsanalys av trädskiktets status efter brand. En metodstudie

*Analysis of tree canopy status after fire using aerial photography.
A methods study*



Ann Österström

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handletts och granskats av handledaren, och godkänts av examinerator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Summary.....	4
Inledning.....	5
Material och metoder.....	6
Fältinventering.....	6
Flygbildstolkning och analys.....	7
Tolkningstest.....	7
Resultat.....	8
Hortesbergsbodarna.....	8
Holmsnäs.....	9
Länstersjön.....	11
Bodträskfors.....	13
Tolkningstest.....	16
Diskussion.....	20
Flygbildstolkning av brandfält.....	20
Test med oberoende tolkare.....	21
Slutsatser.....	21
Referenser.....	22

Sammanfattning

Brand har under senare år identifierats som viktig för naturvården i skogslandskapet. Att kvalitativt bedöma ett brandfält är intressant dels för att göra en korrekt arealbestämning av det avbrända området och dels för att bedöma graden av brandpåverkan på trädsiktet inom området. Bedömningen av brandpåverkan är viktig ur flera aspekter, men främst för resultatuppföljning efter bränningar och som stöd för planering och val av skötselåtgärder i framtiden.

Jag har undersökt om man genom flygbildstolkning kan bedöma trädsiktets status efter brand. Brandpåverkan i trädsiktet gör att trädskiktets struktur förändras och detta speglas i flygbildens färgåtergivning, det vill säga den spektrala reflektionen från trädskiktet.

I studien ingår fyra områden som brann 2005 och 2006. Samtliga fotograferades sommaren 2006. Fältinventering har utförts på brandfälten för jämförelse vid flygbildstolkningen. Vid fältinventeringen användes dels solitära träd som provytor och dels provytor i sluten skog med radien 10 m. Provytorna valdes ut subjektivt för att få hela spektrat från opåverkat till hög påverkan i trädsiktet. Den procentuella barrförlusten uppskattades, liksom ett antal andra variabler som beskriver trädsiktet inom provytan (höjd, trädslagssammansättning, grundyta). Vid fältinventeringen utfördes även gps-kartering av brandfältens gränser. Detta för att kunna se hur exakt avgränsning av brandfält kan utföras i en flygbild.

Informationen om provytorna från fältinventeringen jämfördes med en tolkning som gjordes av flygbilderna. Graden av brandpåverkan kunde avläsas i flygbildens skalor för gråton, trädskiktets eller trädskiktets utbredning samt skuggans form och skarphet. Genom att observera dessa variabler var klassindelning av brandpåverkan möjlig.

Ett tolkningstest utarbetades och resultatet visar att flygbildstolkning generellt ger hög träffsäkerhet i klassning av brandpåverkan. En genomgående trend i resultatet var att provytor bestående av solitära träd var något svårare att bedöma korrekt i jämförelse med provytor i sluten skog. Vad gäller avgränsningen av brandområdena var det en stor variation mellan olika tolkare. Tolkarnas svårigheter att identifiera brandgränsen skiftade dessutom beroende på det angränsande områdets karaktär. Avvikelse från den verkliga gränsen var störst i områden där brandfältet tangerade sluten skog.

Slutsatsen från studien är att flygbildstolkning kan vara ett snabbt och effektivt alternativ för inventering av trädsiktet efter brand, särskilt när det är stor spatial variation i påverkan inom området, vilket är svårt att kartlägga från marken. Både 1000 och 2000 m fotograferingshöjd ger bilder som är användbara för att bedöma brandfältets gränser samt trädsiktets status efter brand. Bäst resultat fås om fotograferingen utförs under brandåret, när merparten av de branddödade barrarna ännu sitter kvar i trädskiktet.

Analysis of tree canopy status after fire using aerial photography. A methods study

Summary

During the past years fire has been identified as an important factor for nature conservation in the forest landscape. To accurately quantify the size of a burnt area is obviously important, but also to quantify the degree of fire damage to the tree canopy. Such data are important for assessing the conservation value, and to support planning and management of the burned area in the future.

I have examined how to estimate the status of tree crowns after fire from interpretation of aerial photographs. This is possible because fire changes the structure of tree crowns and this influences the colours in aerial photographs by spectral reflection.

Included in the study are four areas, three of which burned in 2005 and one in 2006. Aerial photographs were taken of all areas in the summer of 2006. I did a field inventory of the burnt areas in 2006, to get a reference material for comparison with the interpretation of aerial photos. Study plots consisting of solitary trees (on seed-tree cut areas) or plots with a radius of 10 m (in closed forest), were chosen subjectively to get references for low to high effects from fire in the tree crowns. The fire effects were estimated in the field inventory as percentage loss of needles. Also variables which describe the stand structure in the plots (height, tree composition, basal area) were measured. In the field, the border of each burned area was also mapped with GPS.

Information from the field inventory was compared with interpretation of the aerial photographs. Criteria for the degree of fire effects reflected in the aerial photograph were identified and it included scales for tone of grey, the shape of the tree crowns and the shape and density of shadows from the trees. With the support of these criteria, it was possible to classify the fire effects on the tree stands using remote sensing.

A test of was performed with three experienced interpreters of aerial photography, using the field data as reference material. The results show that the method gives a high accuracy in classification of fire effects. However, it was more difficult to correctly estimate the degree of fire damage on solitary trees than on plots of closed forest. The ability to identify fire borders differed between the interpreters also differed with the adjacent land cover. Deviation from actual fire border was larger when the burned area was adjacent to closed forest.

I conclude that interpretation of aerial photography can be a quick and effective alternative for inventory after fire, particularly when there is a large spatial variation in fire effects, which is difficult to cover from the ground. Photographs taken from 1000 m and 2000 m both yielded useful pictures for estimating fire borders and tree canopy status after fire. The best results are however achieved if the photos are taken in the same year as the fire, when fire-killed needles are still attached in the tree crowns.

Inledning

Tidigare har brand varit den viktigaste naturliga störningen i Sveriges skogsekosystem (Zackrisson, 1977). Sedan 150 år har dock effektiv bekämpning gjort att elden nästan helt förlorat sin roll. Kunskap om brandens ekologiska betydelse har ökat kraftigt under de senaste åren och lett till ett stort intresse både inom statlig naturvård och i skogsbruket. Ett steg i riktningen att återinföra brand i skogsbruket var den FCS-standard som antogs år 1997. Där sägs att större markägare skall bränna minst 5 % av förnygringsarealen på torr och frisk mark under en femårsperiod. I detta sammanhang är inte enbart total areal bränd mark viktig utan även kvaliteten; många arter är exempelvis knutna till branddödade träd. Metoder för kvantitativ uppskattning och kartläggning av brandpåverkan är i Sverige, så väl som övriga världen, ett ganska utforskat område (Sukhinin, m fl. 2004).

Fjärranalys används idag flitigt som stöd till den skogliga planeringen och det kan även vara ett alternativ för kvalitativ uppskattning och kartläggning av brandpåverkan. Denna typ av kartläggning kan ge en bild av ekologiska och ekonomiska effekter samt verka som underlag till planering på lokal nivå i framtiden.

Syftet med den här studien är att undersöka möjligheterna att bedöma trädsiktets status efter brand genom tolkning av flygbilder. Ett andra moment i analysen rör identifiering av gränsen för brandfält. Syftet är att utröna med hur hög noggrannhet avgränsning kan ske och om noggrannheten påverkas av skogstyp och substrat i angränsande bestånd.

Brand i skog kan ge dramatiskt skilda effekter, beroende på brandbeteendet. Trädsiktet påverkas främst av brandens intensitet. Med intensitet menas den energi som utvecklas i brandfronten och mäts i kW/m. Intensiteten påverkar flamlängden i brandfronten som i sin tur påverkar hur högt upp i kronan man får så hög temperatur (60°C) att barrén dör (Johnson 1992; Granström & Schimmel, 1993). För tjock-barkiga trädarter som tall är andelen oskadade barr avgörande för trädets omedelbara överlevnad, och för att stå emot sekundär påverkan från bland annat insektsangrepp. Om ca 30-40 % av tallens barr förblir oskadade är överlevnad efter brand trolig (Granström 1991).

I flygbildstolkningen är främsta informationskällan den spektrala reflektionen från trädkronorna. Reflektionen och färgåtergivningningen påverkas av trädkronans uppbyggnad och struktur samt belysningsförhållandena vid fotograferingen (Lehtilä & Holmström, 1993). En tätare krona har högre reflektans och lägre genomsläpplighet för ljus i jämförelse med en glesare krona. En tät krona har därför starkare färgåtergivning och ses tydligare i bilden. Barrförlust kan genom detta återspeglas i färgåtergivning, då det leder till gleshet hos trädkronorna.

Tätheten hos kronan påverkar inte bara dess färgåtergivning utan även skuggan från träden. Särskilt för tolkning av solitära träd i öppen terräng kan skuggan vara ett centralt verktyg vid bedömning. En tätare krona har som nämnts tidigare låg genomsläpplighet för ljus och skuggan blir då mörk och därmed tydligare i flygbilden. Skuggorna påverkas även av väderlek vid fotograferingstillfället. Om vädret är mulet ger träden inte skuggor, till skillnad från vid solsken, och då kan vissa träd bli svåra att upptäcka. Skuggor kan även vara till bildtolkarens nackdel genom att de kan skymma vissa element i bilden som blir svåra att upptäcka. Belysningsförhållandena påverkar även färgåtergivningningen hos trädkronorna vid fotograferingstillfället genom att direkt solljus ger en beskuggad och en

solbelyst sida av objekt i flygbilden (Lehtilä & Holmström, 1993). I den delen av bilden där trädskronorna ses i motljusposition är den beskuggade delen framträdande och kronan kan då uppfattas mörkare. Motsatsen ses i den delen av bilden där trädskronan ses i medljusposition och den solbelysta sidan blir framträdande och kronans färgåtergivning kan bli ljusare.

Även bildens centralprojektion kan påverka tolkningen. Centralprojektion innebär att skalan i flygbilden inte är enhetlig, utan påverkas av avståndet mellan kamerans lodlinje och objektet (Malmström & Wellving, 1995). Höjdskillnad i terrängen påverkar avståndsskillnader och det kan återspeglas i bilden genom förskjutning och vinkling av objekt. I bilden kan alltså objekt återges olika beroende på placering. Träd som finns i utkant av bild ses mer från sidan jämfört med träd nära bildcentrum (Lehtilä & Holmström, 1993).

Material och metoder

Fältinventering

Jag har utnyttjat ett antal brandfält på SCA-mark i Ångetrakten. I samband med ordinarie flygfotografering av hyggestrakter fotograferade man även dessa brandfält. Samtliga brann under sommaren 2005 och blev fotograferade sommaren 2006, från 1000 m höjd. Det fanns vid fotograferingstillfället ingen bränna från år 2006 inom distriktet. För att få ett färskt objekt utnyttjade jag därför också det stora område som brann i Augusti 2006 i trakten av Bodträskfors i Bodens kommun. Detta område fotograferades av Skogsstyrelsen under september samma år, från 2000 m höjd.

Inför flygbildstolkningen genomfördes en fältinventering för att få referenser på trädskiktets tillstånd för jämförelser med flygbildstolkningen. Då brandfälten i studien har varierad struktur med både enskilda fröträd/naturvärdesträd och sluten skog användes två typer av provytor. Solitära träd bedömdes individuellt och ett träd utgör alltså en provyta. I sluten skog identifierades inte enskilda träd utan en provyta utgör samtliga träd i en cirkel med radien 10 m. Provytorna valdes subjektivt i fält för att fylla ut hela spektrat från hög till låg brandpåverkan med jämnt antal ytor i tre grova brandskadekategorier, ”opåverkad”, ”låg påverkan” och ”hög påverkan”. Kategoriindelningen baserade sig på uppskattad procentuell barrförlust:

Opåverkad. Vid markinventering bedömdes trädskronorna som intakta om barrförlusten var 0-33 %. Mindre skador kunde dock finnas i nedersta delen utan att det syntes från ovan. Effekten av detta är att den påverkan som blivit på träden är svår att urskilja i en flygbild.

Låg påverkan. Till denna kategori bedömdes vid markinventeringen skadegrad med barrförlust 34-66 %. Barrdödgränsen låg en bit ovanför den naturliga krongränsen.

Hög påverkan. Barrförlusten bedömdes i denna kategori till >67 % vid markinventeringen, alltså träd som inte har någon större chans till långsiktig överlevnad. Genom de stora barrförlusterna i kronan blir då genomsläppligheten av ljus hög.

För varje brandfält markerades hela yttergränsen i fält med GPS. Provytorna valdes ut och namngavs med nummer och koordinater. Samtliga provytor fotograferades med digitalkamera. Följande variabler observerades vid inventeringen: barrförlust i procent, trädhöjd, diameter i brösthöjd, krongräns, barrdödsgräns, övre och nedre sothöjd på stam samt

översiktlig status på markskiktet. För provytorna i stående skog bedömdes även grundytan genom relaskopering och en uppskattning gjordes av andelen branddödade träd samt trädslagsfördelning.

Flygbildstolkning och analys

Vid tolkningen av flygbilderna användes programmet ArcView. Provyternas barrförlust och skadegrad bedömdes med hjälp av trädkronans eller trädkronornas färgsättning. Första steget var att få en bild av hur trädkronorna uppfattas vid olika grad av brandpåverkan. Till detta nyttjades referenser från fältinventeringen så att skalor för gråton i relation till skadegrad kunde upprättas. Samtliga fälttaxerade provytor granskades för att få en bild av tolkningsmöjligheterna.

Tolkningstest

Flygbildstolkningen av brandfält testades av tre personer på Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU Umeå. Tolkarna arbetar med flygbildstolkning dagligen. Varje tolkare tolkade fyra brandfält och 69 provytor i ArcMap. Tolkningstestet bestod av 2 moment. Först tolkades objekten i viss angiven ordning med provytorna numrerade från 1-69, fördelade över objekten. Två typer av provytor ingick i testet: solitära träd samt sluten skog markerad med cirkel med radien 10 m. Testet baserades på klassning till tre kategorier av brandpåverkan: ”opåverkad”, ”låg påverkan” och ”hög påverkan”. Därefter identifierades och digitaliserades brandgränsen för ett av objekten.

Inför tolkningstestet fick tolkarna en tolkningsinstruktion, blanketter med provytorna numrerade och en muntlig instruktion. Den skriftliga tolkningsinstruktionen innehöll en kortare inledning till inventeringsmetodiken och beskrivning av objekten samt en definition av de tre olika kategorierna av brandpåverkan. Inom objekten fanns ytorna markerade, samt obränd skog utanför brandfälten, som vägledning i tolkningen. För testet ställdes inget tidskrav men de uppmanades vara noggranna i tolkningen, utan att det blev allt för tidskrävande. För varje provyta antecknades klassning av skadegrad samt eventuella övriga kommentarer om tolkningen på medföljande blankett.

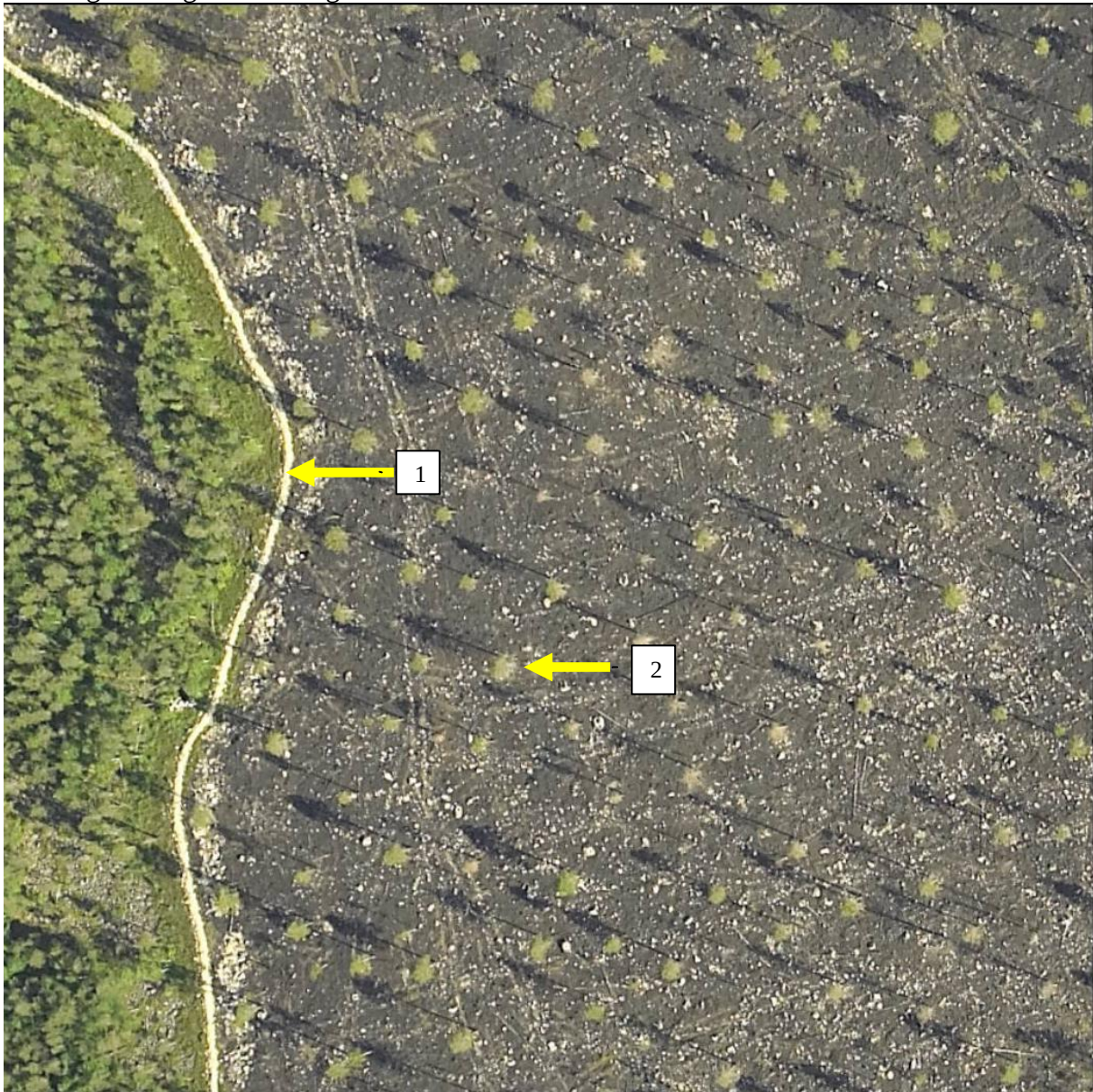
Resultatet från de tre tolkarna har jämförts med bedömningen från utförd markinventering, för att värdera noggrannheten i flygbildstolkningen. Tolkningsresultatet har bearbetats statistiskt genom så kallad noggrannhetsanalys som baseras på en korstabell med den indelning i kategorier som skall utvärderas och referensdata som indelningen ska utvärderas mot. Referensdata kommer i detta fall från markinventeringen. Ett noggrannhetsmått erhålls i form av en överensstämmelsekoefficient (kappa). Koefficienten varierar mellan 1 och +1 och visar i vilken grad utvärderade punkterna skiljer sig från en slumpmässig klasstillhörighet. En perfekt överensstämmelse ger värdet +1 (Lehtilä & Holmström, 1993).

Vad gäller bestämningen av brandgränsen har tolkarnas bedömning utvärderats var för sig. Graden av noggrannhet har räknats ut för hela den tolkade gränsen i jämförelse med den avgränsning av brandfältet som utförts vid markinventeringen. Två olika gränstyper urskiljdes och analyserades separat: brandgräns i sluten skog respektive brandgräns på öppen mark.

Resultat

Hortesbergsbodarna

Sommaren 2005 utfördes här en naturvårdsbränning och fotografering ägde rum sommaren 2006 från 1000 m höjd (figur 1). Brandfältet är 25 ha och trädskiktet består av en fröträdställning av tall. Tjugo provytor bestående av enskilda träd med varierande grad av brandpåverkan fördelades över hela brandfältet. Nedan följer en sammanfattning av tolkningen kategori för kategori.



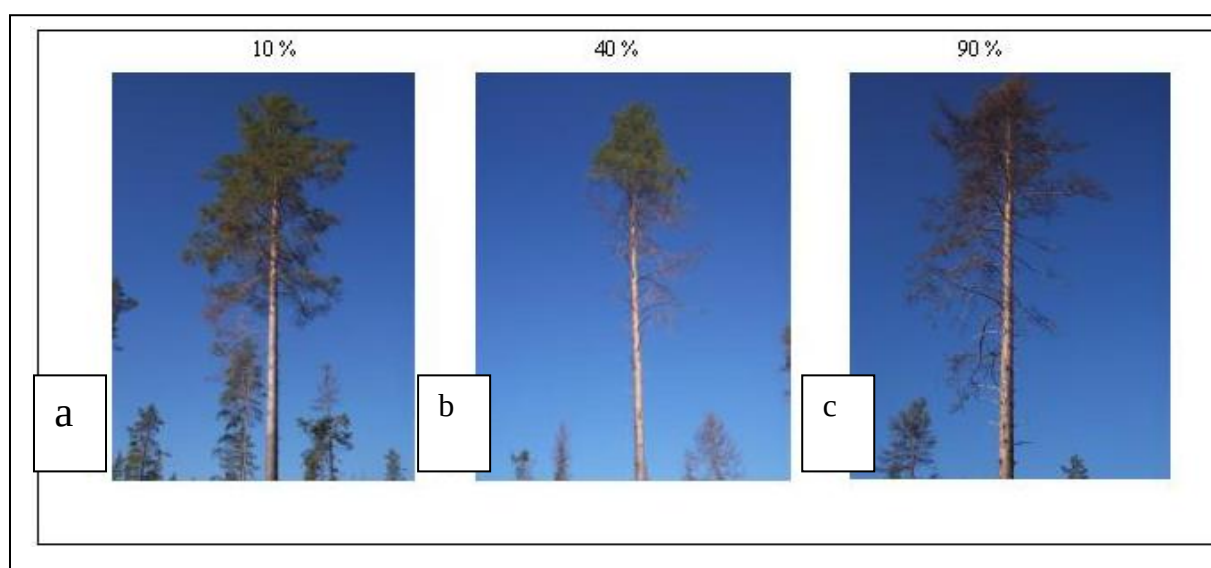
Figur 1. Hortesbergsbodarna. Flygfoto från 1000 m höjd. Utsnitt 225 x 225 m. Området brann 2005 och flygfotograferades 2006. Pil 1 i bilden visar en grävd mineraljordssträng, ca 1,5 m bred, som utgjort brandgräns. Till höger om strängen syns ett diffust pärlband av blottad mineraljord där jord tagits till strängen. Pil 2 visar en frötall med måttliga skador. Dess status kan avläses både i färgstyrkan och skuggans täthet. Bildutsnittet ligger nära fotografiets centrum och ger därför ett lodperspektiv.

Opåverkad: Vid flygbildstolkning uppfattades kronans färg som enhetligt grön och dess form samt ytterkant kunde urskiljas tydligt. Barrförlusten var obetydlig och genomsläppligheten för ljus låg. Skuggan från trädet blev tydlig med markerade konturer.

Formen på skuggan var avlång och enhetlig då krongränsen inte förflyttats och dess nedre del var lika tydligt markerad som dess topp (figur 2a).

Låg påverkan: Vid tolkning var centrum av kronan mörk med grön ton och mot kanten tog grå ton över. Nedre delen av trädkronan som bildar ytterkanten blev otydlig. Detta beror på att nedersta grenarna i kronan saknade barr eller hade förlorat mycket barr och hade hög genomsläpplighet för ljus, vilket sänker färgåtergivningen och ökar gråtonen. Ännu en effekt av förhöjd krongräns blev att skuggans form sågs otydligt. Dess botten var diffus jämfört med toppen som var mörk och skarp (figur 2b).

Hög påverkan: Vid tolkningen i flygbilden uppfattades färgåtergivningen som svag. Grå ton dominerade i kronan vilket gör både kant och centrum av kronan oskarp. Skuggbildningen var i flygbilden diffus med otydlig form. Skuggor kunde urskiljas men kanterna var svagt markerade (figur 2c).



Figur 2. Provytor (solitära tallar) i Hortesbergbodarna, 2006. Området brann 2005 och inventerades 2006. Procentsiffrorna anger skadegraden i trädkronorna.

Holmsnäs

Detta är en 40 ha naturvårdsbränning från sommaren 2005. Fotograferingen skedde sommaren 2006 från 1000 m höjd (figur 4). Trädskiktet består av solitära träd i form av naturvärdesträd/fröträd i öppen terräng, ett flertal trädgrupper samt ett mindre område, ca 2 ha, med sluten homogen tallskog.

För solitära träd gjordes 12 provytor i fält fördelade över hela området. Tolkningsproblematiken vad gäller solitära träd var likartad som för Hortesbergbodarna (se ovan).

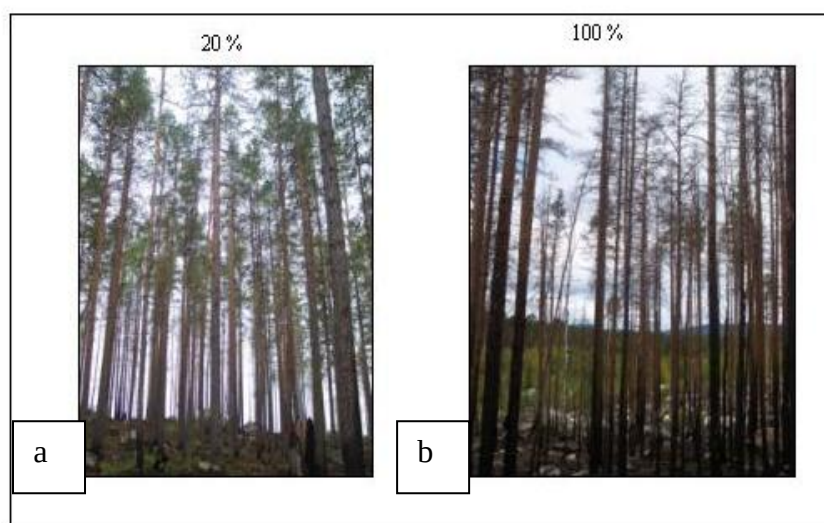


Figur 4, Holmsnäs. Flygfoto från 1000 m höjd. Utsnitt 225 x 225 m. Området brann 2005 och flygfotograferades 2006. Pil 1 visar brandfältets ”naturliga”gräns mot slutna skog med inslag av steniga partier och som vid brandtillfället vattnades. Pil 2 visar en grävd mineraljordssträng som utgjort brandgräns mot hygge och även här vattnades det vid brandtillfället. Trädsiktet inom brandfältet består av solitära träd och pil 3 visar en fröträdskall med hög skadegrad som kan avläsas i kronans grå färg och den svaga skuggan.

Inom mindre trädgrupper placerades två provytor vid markinventeringen som bedömdes till kategorin ”hög påverkan”. Den höga barrförlusten gav här obefintlig färgåtergivning och fullständig inblickbarhet i flygbilden. Ett fåtal trädkronor gick att urskilja och mortaliteten uppskattades till närmare 100 % (figur 5b).

I den slutna tallskogen placerades fyra provytor. Vid markinventeringen bedömdes brandpåverkan över lag som låg i beståndet och med barrförlusten koncentrerad till nedre delen av trädkronorna. Endast en provyta av de fyra klassificerades som ”låg påverkan” med kronskadegrad 30 %. Vid tolkning syntes det genom partiell påverkan med grå ton i ett flertal av trädkronorna som inte kunde ses i de andra tre provytorna som placerades i kategorin ”opåverkad” (figur 5a). För dessa tre kunde påtagliga effekter från brand inte urskiljas i trädskiktet och inblickbarheten i beståndet var dålig. Färgåtergivningen var dominerande

grön. I ett sådant fall kan markskiktet vara en indikator för brand. Färgsättningen går mot svart samt att stenar och block får hög reflektans på grund av att täckande mossor konsumerats i branden.



Figur 5. Provytor i Holmsnäs, 2006. Området brann 2005 och flygfotograferades 2006. Procentsiffrorna anger skadegraden i trädkronorna.

Länstersjön

Sommaren 2005 brann 32 ha efter blyxtantändning. Fotografering utfördes sommaren 2006 från 1000 m höjd (figur 6). Trädskiktet har skiftande struktur och trädslagssammansättningen är tall och/eller gran i olika slutna bestånd inom brandfältet.

Inför fältinventeringen delades brandfältet upp i 5 mindre områden (A-E) med ungefärligt likvärdig brandpåverkan gällande barrförlust och mortalitet i flygbilden. Nedan följer en sammanfattning av markinventering och flygbildstolkning för varje område.

Område A: Markinventeringen visade att området dominerades av tall. I området placerades fem provytor och samtliga bedömdes till kategorin ”hög påverkan” med mortalitet närmare 100 %. Vid flygbildstolkning kunde trädkronorna inom provytorna tydligt urskiljas men med dominerande grå ton. Ett fåtal kronor hade kvarvarande levande barr som gav en grön nyans. Den dominerande tonen i kronorna var grå trots att en del döda barr (bruna) fortfarande fanns kvar. Då skogen fortfarande var slutna var skuggor svåra att urskilja (figur 7d).

Område B: Markinventering visade att området dominerades av gran och mortaliteten uppskattades till 100 %. I området placerades fem provytor, samtliga i kategorin ”hög påverkan”. Här har förekommit kronbrand. Vid tolkning av flygbilden gick bara ett fåtal kronor att urskilja då barrförlusten var 100 %. De kronor som ändå syntes i bilden hade låg färgåtergivning med grå ton. Skuggor från träden kunde urskiljas men enbart från stammarna, då kronorna saknar barr (figur 6 och 7c-d).

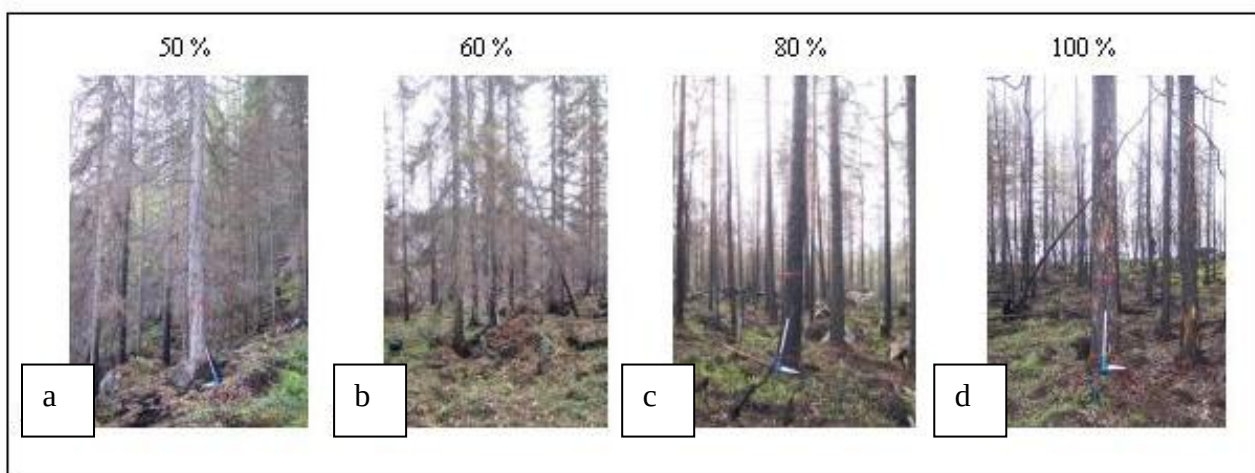


Figur 6. Länstersjön. Flygfoto från 1000 m höjd. Utsnitt 225 x 225 m. Området brann 2005 och flygfotograferades 2006. Pil 1 visar övergång mellan bränt och obränt slutet trädskikt Gränsen är här svårbedömd i flygbilden, men identifieras genom färgskalans övergång från grönt till dominerande inslag av grått och ökad inblickbarhet i beståndet, samt blottade stenar och mörk markyta. Pil 2 visar ett område där det har brunnit med hög intensitet och kronbrand förekommit, med 100 % mortalitet som följd. Träden urskiljs främst genom deras skuggor, men några trädkronor kan också skymtas med grå ton. Pil 3 visar ett område med dominerande gran och med mortalitet närmare 100 % men med ett inslag av ett fåtal överlevande tallar som urskiljs genom inslag av grön ton som går mot grått. I nedre delen av utsnittet är perspektivet snett och trädkronorna kan ses från sidan, vilket underlättar uppskattning av skadegrad.

Område C: Vid markinventeringen placerades i området fyra provytor med trädslagssammansättningen tall och gran. Brandpåverkan var låg med trädöverlevnad ca 40 %, men med varierande åverkan på träden inom provytorna, till följd av graninslaget och storleksvariationen mellan tallarna. Vid tolkning hade färgåtergivningningen både en grön och en grå ton. Grön ton dominerade i trädskiktet och placerar provytorna i kategorin låg påverkan. Dock varierade som sagt brandpåverkan från träd till träd vilket även gav varierande inblickbarhet i beståndet. Tydliga spår efter branden syntes i markskiktets mörka färger och blottade stenar (figur 6 och 7a).

Område D: Markinventeringen visade att tall var dominerande trädslag. Fyra provytor placerades inom området. Brandpåverkan klassades för samtliga till kategorin ”låg påverkan”. Mortaliteten bedömdes till ungefär 50 % men med varierande grad av barrförlust mellan träden inom provytorna. Vid tolkning var inblickbarheten hög i området och den varierande barrförlusten mellan träd inom beståndet syntes tydligt i flygbilden. Grön ton dominerande och området klassades som ”låg brandpåverkan”. Skuggorna framträdde tydligt och ett flertal visade på hög barrförlust i trädkronorna som annars kan vara svår att urskilja (figur 7b).

Område E: Dominerande trädslag var gran och fyra provytor placerades i området. Brandpåverkan klassades till ”opåverkad” eller ”låg påverkan” då huvudparten av träden i provytorna hade överlevt branden och mortaliteten var låg. Vid tolkning dominerade grön färgton i samtliga provytor (figur 7a).



Figur 7. Provytor i Länstersjön, 2006. Området brann 2005 och flygfotograferades 2006. Procentsiffrorna anger skadegraden i trädkronorna.

Bodträskfors

Med början den 8 augusti 2006 brann sammantaget ca 1700 ha skogsmark väster om Luleälven i Bodträskfors. Fotografering från 2000 m höjd utfördes under september 2006 (Figur 8). I studien ingår tre mindre bestånd inom brandområdet med skiftande brandpåverkan. Samtliga områden var likartade gällande ståndort och trädskikt före brand. Bestånden består av sluten skog dominerad av tall. 14 provytor fördelades över de tre bestånden (A-C). Då brand och fotografering här skett samma år skiljer sig detta brandfält från de övriga, vilket visar sig i tolkningen. Här hade största delen av de branddödade barren ännu inte fallit ur trädkronorna. Färgåtergivningen från dessa var därför bruntonad. Nedan följer en sammanfattning av tolkningen.

Område A: Här placerades fyra provytor vid markinventeringen som representerar ”opåverkad” och överlevnaden uppskattades till 100 %. I flygbilden uppfattades trädkronorna som intakta genom sin form och rent gröna färgton. Några tydliga tecken på brandskador i trädskiktet kunde inte urskiljas (figur 9a).



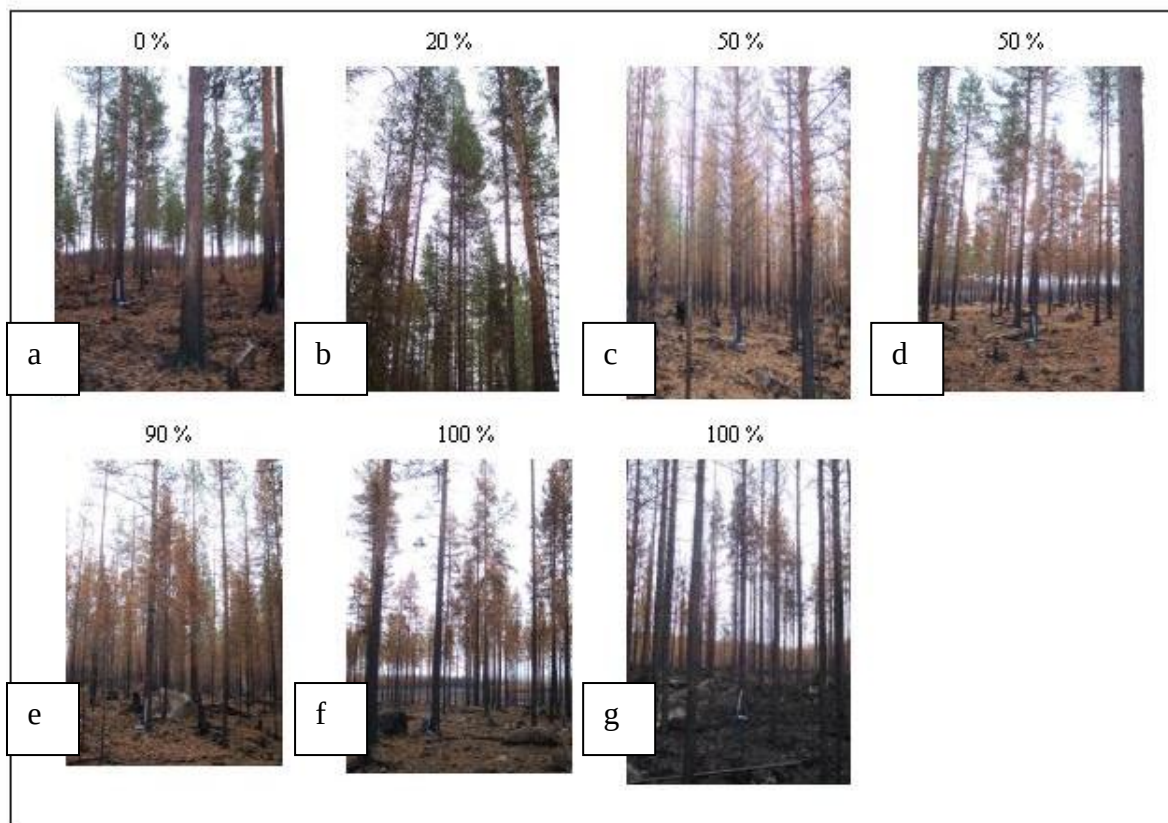
Figur 8. Bodträskfors. Utsnitt 440 x 440 m. Flygfoto från 2000 m höjd. Området brann andra veckan i augusti 2006 och fotograferades omkring en månad senare. Pil 1 visar ett område dominerat av tall och med låg skadegrad. Enbart nedre delar av träden har påverkats av branden vilket inte kan ses från ovan i flygbilden. Pil 2 visar ett område med närmare 100 % mortalitet. De branddödade barren sitter fortfarande kvar i trädkronorna och ger en rödbrun färgton, vilket underlättar en analys av brandpåverkan. Pil 3 visar ett område där kronbrand förekommit och största delen av de barrmassan konsumerats i elden, vilket ger en mörk ton i bilden.

I två provytor var brandpåverkan partiellt större och vid markinventeringen klassades dessa till ”låg påverkan” med 50 % trädmortalitet. I tolkningen gick färgåtergivningen här över i gul ton i flertalet av trädens kronor, vilket är ett tecken på att (de gulnande) barren överlevt själva branden, men att trädet var döende, och att de kvarvarande barren börjat vissna. De kronor som antagit gul ton hade redan en reducerad volym till följd av de initiala brandskadorna och inblickbarheten var därför högre. Trädkronornas konturer var ändå tydliga genom den gula färgåtergivningen från döende barr (figur 9d).

En provyta klassades vid markinventeringen till ”hög påverkan” med 100 % mortalitet. Hela barrskruden var brun och en del av de döda barren hade redan hunnit falla till marken. I flygbilden domineras färgåtergivningen av brunt och indikerar hög brandpåverkan. Nedfallet

av branddödade barr reducerade kronornas täthet och ökade tydligt inblickbarheten till markskiktet (figur 9f).

Område B: En provyta bedömdes vid markinventeringen till ”hög påverkan”. Här har det förekommit kronbrand. I flygbilden vid tolkning kan majoriteten av trädkronorna inte urskiljas genom att deras barrförlust är 100 %. Marken är svart, då den inte täckts av några nedfallande barr. De trädkronor som är tydliga i flygbilden har en viss del barr kvar men den bruna färgåtergivningen visar att dessa är branddödade. Mortaliteten uppskattas därför till 100 % vid tolkning av flygbilden (figur 9g).



Figur 9. Brandområdet i Bodträskfors. Området brann 8-10 Augusti 2006 och flygfotograferades i September 2006. Procentsiffrorna anger skadegraden i trädkronorna.

Vid markinventeringen bedömdes brandpåverkan samt mortalitet som hög även om större delen av barren inte fallit av trädkronorna men ändå var skadad av branden. Vid flygbildstolkningen var då färgåtergivningen dominerande brun. Ett fåtal kronor inom provytorna återgav grön ton. Även kronornas utbredning var reducerad och det medföljer hög inblickbarhet. Mortaliteten kunde därför skattas till närmare 100 % i flygbilden (figur 9e).

Inom en provyta bedömdes brandpåverkan till ”låg påverkan” vid markinventeringen med 60 % barrförlust. Vid tolkning av flygbilden var flertalet kronor dominerande gröna. Dock kan färgåtergivningen ses variera mellan trädkronorna och mortaliteten efter brand skattades till 60 % (9d).

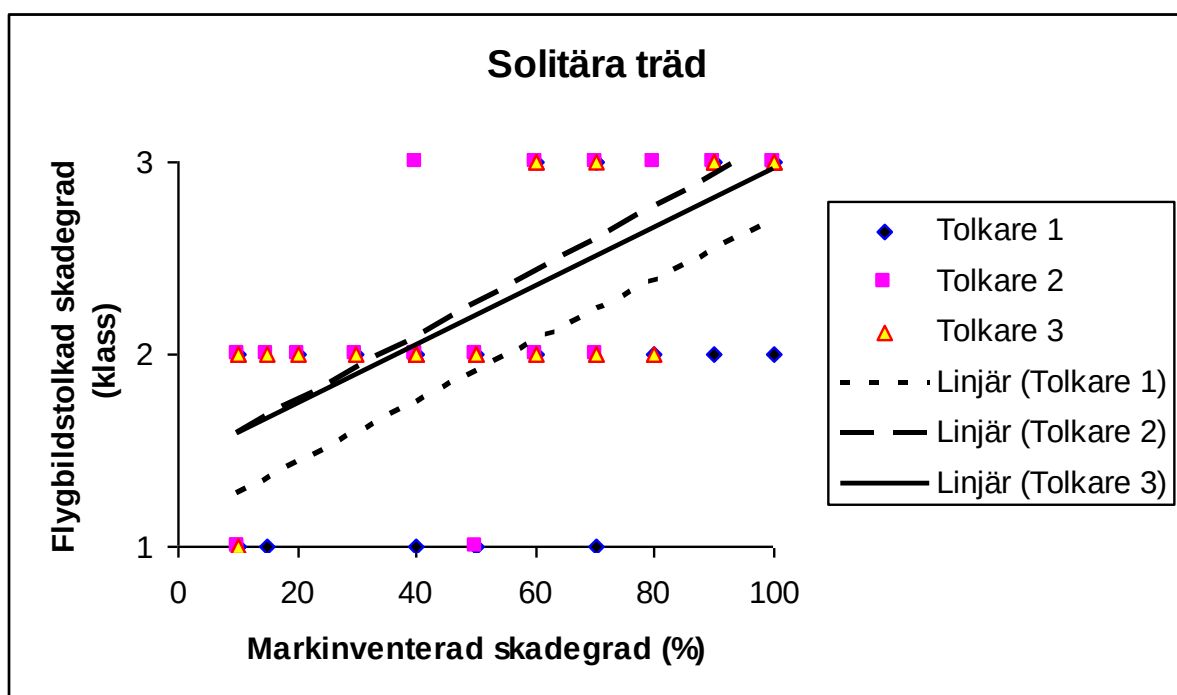
Område C: Fem provytor är placerade i området. Två klassades vid markinventeringen till kategorin ”hög påverkan” då majoriteten av kronorna har dominerande brun ton med

barrförlusten 40 %. Vid tolkningen är färgtonen i näst intill samtliga kronor brun och inblickbarheten på grund av barrförlust är här högre jämfört med övriga provytor i området. Ytorna kan därför vid flygbildstolkningen bedömas till kategorin ”hög påverkan” med mortaliteten 100 % (figur 9e).

Tre provytor klassades vid markinventeringen till kategorin ”opåverkad” med 0 % barrförlust. I flygbilden dominerar grön förgton. Tydliga tecken på brand kan ej tolkas i trädsiktet. Mortaliteten bedöms då 0 % med låg barrförlust. Denna del av beståndet uppfattas betydligt mer kompakt jämfört med delen med hög brandpåverkan. Markskiktet avslöjar en mörkare ton i jämförelse med slutna skog där brand ej förekommit (figur 9b).

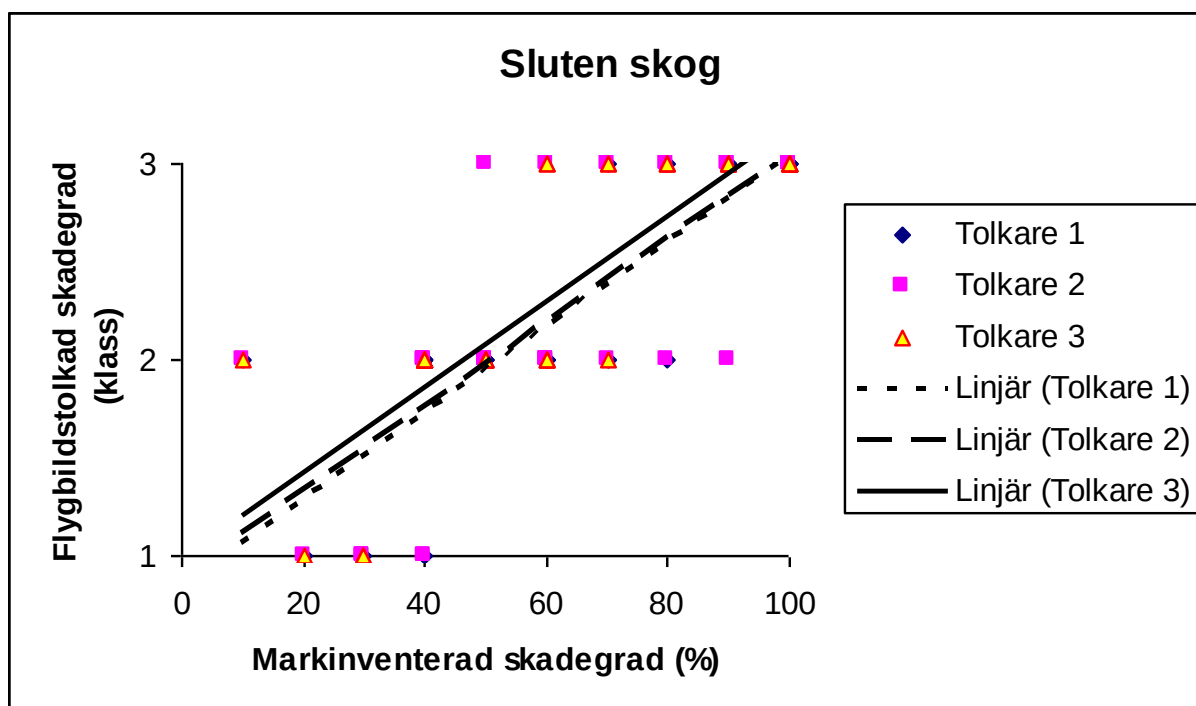
Tolkningstest

Resultat från tolkning av solitära träd (totalt 28 stycken per tolkare), visar att de med skadegrad 1-30 % gav stor spridning i bedömningen (Figur 10); bara 7 av 18 bedömningar var korrekta (sammanlagt för alla tolkare). Tendensen är att skadegraden överskattades på träd med små kronskador. Precisionen vid tolkningen är högre för kategori 2 där brandpåverkan är



Figur 10. Sambandet mellan verklig brandpåverkan på solitära tallar (uppmätt kronskada vid markinventeringen) och flygbildstolkad brandpåverkan. De tre skadegraderna som användes vid flygbildstolkningen är: 1 ”opåverkad”, 2 ”låg påverkan” på trädkronan samt klass 3 ”hög påverkan” på trädkronan (se metoder). Figuren innehåller många överlagrade punkter, men regressionslinjerna baseras på samtliga punkter.

30-70 % samt för kategori 3 med 70-100 % brandpåverkan. För kategori 2 var 26 av 33 bedömningar korrekta och för kategori 3 var 27 bedömningar korrekta av totalt 36. Det var i medeltal ingen nämnvärd skillnad i bedömningen mellan de tre olika tolkarna (figur 10).



Figur 11. Sambandet mellan verklig brandpåverkan inom cirkelprovytor (uppmätt kronskada vid markinventeringen) och flygbildstolkad brandpåverkan (%) vid markinventering. De tre klasser som användes vid flygbildstolkningen var: 1 "opåverkad", 2 "låg påverkan" samt 3 "hög påverkan". Figuren innehåller många överlagrade punkter, men regressionslinjerna baseras på samtliga punkter.

För provytor i sluten skog, totalt 120 stycken, gav tolkningstestet mindre avvikelser jämfört med provytor för solitära träd (figur 11). Inom kategori 1 (brandpåverkan 1-30 %) var 11 av 15 bedömningar korrekta. Inom kategori 2 (brandpåverkan 30-70 %) var 42 av 54 bedömningar korrekta. Inom kategori 3 (brandpåverkan 70-100 %) var 42 av 51 bedömningar korrekta.

En överensstämmelsekoefficient, Kappa (K) har beräknats genom noggrannhetsutvärdering för samtliga kategorier av brandpåverkan: "opåverkad", "låg påverkan" och "hög påverkan". Provytor för solitära träd och sluten skog har utvärderats separat. Ekvationen för beräkning av Kappa för utvärdering av klassningsnoggrannhet är följande:

$$K = \frac{p_{ii} - q_{ii}}{p_i - q_{ii}}$$

K = kappa – överensstämmelsekoefficient (varierar mellan -1 och +1)

p_{ii} = proportionen rätt karterade punkter per klass

q_{ii} = proportionen förväntade punkter vid slumpmässighet per klass

p_i = proportionen karterade punkter per klass

Tabell 1. Korstabell för utvärderingen av solitära träd. Kolumnerna innehåller referensdata för utvärdering (från markinventeringen) och raderna innehåller den klassificering som skall utvärderas (från flygbildstolkningen).

Matris A.1	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	7	11	0	18
Låg påverkan	5	25	3	33
Hög påverkan	1	8	27	36
Totalt	13	44	30	87

Tabell 2. Proportionen karterade punkter per kategori.

Pi	
Opåverkad	0,206
Låg påverkan	0,379
Hög påverkan	0,414

Tabell 3. Förväntad fördelning av utvärderingspunkterna från tabell 1.

Matris A.2	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	234	792	540	1566
Låg påverkan	429	1452	990	2871
Hög påverkan	468	1584	1080	3132
Totalt	1131	3828	2610	7569

Tabell 4. Proportionen korrekt karterade punkter från tabell 1.

Matris A.3 pii	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	0,08	0,126	0	0,206
Låg påverkan	0,057	0,287	0,034	0,378
Hög påverkan	0,011	0,092	0,31	0,413
Totalt	0,148	0,505	0,344	1

Tabell 5. Proportionen förväntade punkter från tabell 3.

Matris A.4 qii	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	0,031	0,104	0,071	0,206
Låg påverkan	0,057	0,192	0,13	0,379
Hög påverkan	0,062	0,209	0,142	0,413
Totalt	0,15	0,505	0,343	1

Tabell 6. Sammanställning av komponenter för uträkning av klassningsnoggrannhet samt överensstämmelsekoefficient Kappa.

Matris A.5	Pi	pii	qii	Kappa
Opåverkad	0,206	0,08	0,031	0,28
Låg påverkan	0,379	0,287	0,192	0,508
Hög påverkan	0,414	0,31	0,142	0,617

I tabell 6 anges överensstämmelsekoefficienten Kappa för samtliga kategorierna av brandpåverkan för solitära träd. Högst överensstämmelsekoefficient i tolkning anges i kategorin ”hög påverkan” och lägst i klassen ”opåverkad”.

Tabell 7. Korstabell för utvärderingen av slutet skog. Kolumnerna innehåller referensdata för utvärdering och raderna innehåller den klassificering som skall utvärderas.

Matris B.1	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	11	4	0	15
Låg påverkan	5	42	7	54
Hög påverkan	0	9	42	51
Totalt	16	55	49	120

Tabell 8. Proportionen karterade punkter för kategori.

pi	
Opåverkad	0,125
Låg påverkan	0,45
Hög påverkan	0,425

Tabell 9. Förväntad fördelning av utvärderingspunkterna från tabell 6.

Matris B.2	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	240	825	735	1800
Låg påverkan	864	2970	2646	6480
Hög påverkan	816	2805	2499	6120
Totalt	1920	6600	5880	14400

Tabell 10. Proportionen korrekt karterade punkter från Tabell 6.

Matris B.3 pii	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	0,0916	0,033	0	0,1246
Låg påverkan	0,042	0,35	0,058	0,45
Hög påverkan	0	0,075	0,35	0,425
Totalt	0,1336	0,458	0,408	1

Tabell 11. Proportionen förväntade punkter från Tabell 8.

Matris B.4 qii	Opåverkad	Låg påverkan	Hög påverkan	Totalt
Opåverkad	0,017	0,057	0,051	0,125
Låg påverkan	0,06	0,206	0,183	0,449
Hög påverkan	0,057	0,195	0,173	0,425
Totalt	0,134	0,458	0,407	1

Tabell 12. Sammanställning av komponenter för uträkning av klassningsnoggrannhet samt överensstämmelsekoefficient Kappa.

Matris B.5	pi	pii	qii	Kappa
Opåverkad	0,125	0,0916	0,017	0,69
Låg påverkan	0,45	0,35	0,206	0,59
Hög påverkan	0,425	0,35	0,173	0,7

I tabell 12 anges överensstämmelsekoefficienten Kappa för samtliga kategorier av brandpåverkan för slutna skogar. Högst överensstämmelse hittas i kategorierna ”opåverkad” och ”hög påverkan” där resultatet är likvärdigt för kategorierna. Lägst klassningsnoggrannhet ses i kategorin ”låg påverkan”.

Resultatet från gränsdragningen (tabell 13) visar att noggrannheten i tolkningstestet varierar starkt. Avvikelsen från verklig gräns var störst i slutna skogar. Det var även stor variation mellan olika tolkare och för slutna skogar är avvikelsen störst.

Tabell 13. Sammanställning för tolkare 1, 2 och 3 vad gäller identifiering av brandgräns. *Min* är kortaste tolkade avstånd till referens, *max* är längsta avstånd. Medel är medelvärde för tolkad gräns mot referens samt *stddev* är standardavvikelse för avstånd av tolkad gräns till referens.

Tolkare	Min(m)	Max(m)	Medel(m)	Stddev(m)
1	0	167	91	42
2	0	37	9	8
3	0	106	18	25

Diskussion

Flygbildstolkning av brandfält

Flygbilden är en informationsrik källa med möjlighet till olika tillämpningar. Främsta fördelen vid analys av brandfält är den förmågan till överblick som flygbilden ger. När trädskiktet skall inventeras från marken är det tidskrävande att kvantifiera hur dess status varierar över ett större område. Tolkning av flygbilden möjliggör bedömning av brandpåverkan på hela eller delar av ett brandfält.

Tolkning av brandpåverkan i en flygbild är emellertid till viss del subjektiv. Den som flygbildstolkar ett brandfält måste därför beakta faktorer som belysningsförhållanden och objektets placering i flygbilden för att nå en hög noggrannhet.

I studien ingår brandfält som fotograferats året efter brand samt brandfält där brand och fotografering skedde samma år. På brandfält där brand och fotografering skett samma år är tolkningsmöjligheterna mycket bättre eftersom större delen av den brandskadade barrmassan fortfarande sitter kvar i trädkronorna. De döda barrarna antar redan några dagar efter brand en brun färg. Därefter börjar de småningom falla till marken, men det sker över en ganska lång tid. Förloppet är inte närmare kvantifierat, men sammantaget efter branden verkar det vara avslutat till större delen. När de bruna barrarna fallit minskar möjligheterna att skatta brandskador med hög precision, i synnerhet efter lågintensiv brand, eftersom det blir svårare att skilja mellan ”naturlig” respektive brandgenererad undergräns.

Jag hade också exempel på olika fotograferingshöjd men har inte detaljanalyserat dess inverkan på tolkningsmöjligheterna. Vid lägre fotograferingshöjd och högre upplösning kan enskilda träd och slutna skogar granskas med högre detaljnoggrannhet, vilket givetvis är fördelaktigt i tolkningen av flygbilden. Men studien visar att fotografering från så hög höjd som 2000 m, med 0.5 m upplösning, fortfarande är funktionell. För normalstora bränningsobjekt (10-40 ha) finns dock ingen anledning att använda så hög flyghöjd. Vid 1000 m flyghöjd blir flygbilden tillräckligt stor för att täcka brandfält upp till 40 ha med ett enda flygstråk.

Test med oberoende tolkare

Jämförelse mellan markinventering och bildtolkningen visar att bestånd med små skador (klass 1, ”opåverkad” med procentuell barrförlust 0-33 %) var svårast att bedöma brandpåverkan för. Här överskattades lätt graden av påverkan (tabell 6). Anledningen till denna överskattning kan vara att den naturliga formen hos trädkronorna var skiftande. Ett flertal av träden hade en naturligt hög krongräns och kompakt krona vilket har misstolkats som ett resultat av brandpåverkan.

För sluten skog var resultatet från flygbildstolkningen generellt bättre än för solitära träd. I ett mindre antal fall gjordes stora feltolkningar (tabell 6,7). Vad som orsakade dessa felbedömningar är svårt att säga. Faktorer som kan påverka är belysningsförhållanden där viss del av trädkronan eller trädkronorna kan framträda mer och förstärka eller reducera brandpåverkans spektrala återgivning. Även provytans placering i flygbilden kan ha betydelse. Ett rent lodperspektiv gör tolkningen svårare.

Tolkning av brandgränser utfördes bara på brandfältet Holmsnäs som fotograferades året efter brand. Analysen visar problem med att identifiera brandgräns inom sluten skog. Det var också en stor variation mellan de olika tolkarna (tabell 13). En anledning kan vara att brandintensiteten (och därmed påverkan på trädskiktet) generellt är låg nära brandgränsen i sluten skog och flygbildstolkningen därmed försvåras. Vare sig man bränner medvetet eller det rör sig om en vild bränna finns normalt en zon nära gränsen där brandintensiteten är lägre. Den diffusa brandgränsen ökar också spridningen i tolkarnas individuella bedömning.

Visuell bedömning av de tolkade gränserna visar att identifiering av brandgräns där angränsande substrat är hygge och ungskog ger hög noggrannhet. Här är avvikelserna från reell gräns låga och variationen är även liten mellan de olika tolkarnas bedömning. Tolkningen visar även på problem att identifiera brandgräns där brandfältet utgör hyggesmark som tangerar sluten obränd skog. Åtminstone var det problem i detta fall, där bilden togs året efter branden. Här gav tolkningen de största avvikelserna från verklig gräns, vilket kan bero på att markvegetationen till viss del hunnit återkomma.

Slutsatser

Inventeringsmetodiken är tidsbesparande och kan även vara kostnadseffektiv, speciellt om fotografering av ett större antal objekt kan samordnas. Inget hindrar att brandområden fotograferas samtidigt med andra typer av objekt.

Användningsområdet för inventeringsmetodiken är uppföljning av trädskiktets status efter hyggesbränning under fröträd, efter naturvårdsbränning eller efter vilda skogsbränder. Genom flygbildstolkning kan en snabb skattning göras av brandareal och påverkan på bestånd och solitära träd.

Utifrån resultatet från analysen av inventeringsmetodiken kan det rekommenderas att fotografering görs under brandåret. Flyghöjden bör vara den lägsta möjliga som ändå täcker hela objektet i bara ett flygstråk. Sällan torde man behöva gå högre än 1000 m, även om till och med bilder från 2000 m visat sig användbara.

Referenser

Granström, A. 1991. Skogen efter branden. Skog & Forskning 4/1991: 32-38.

Granström, A. & Schimmel, J. 1993. Heat effects on seeds and rhizomes of a selection of boreal forest plants and potential reaction to fire. *Oecologia*, 94: 307-313.

Johnson, E A. 1992. Fire and vegetation dynamics. Cambridge Studies In Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.

Lehtilä, S. & Holmström, J. 1993. Flygbildsteknik och Fjärranalys. Nämnden för Skoglig Fjärranalys.

Malmström, B. & Welling, A. 1995. Introduktion till GIS. ULI, Gävle.

Sukhinin, A. & Ryan, K C. 2002. Dynamic Interactions between forest structure and fire behaviour in boreal ecosystems. *Silva Fennica* 36(1): 13–39.

Sukhinin, A., French, N., Kasischke, E., Heweson, J., Soja, A. & Csiszar, I. 2004. AVHRR-based mapping of fires in Russia: New products for fire management and carbon cycle studies. *Remote Sensing of Environment* 93: 546-564.

Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. *Oikos* 29: 22-32.



SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2008:3 Författare: Nathalie Enström
Heavy metal accumulation in voles, shrews and snails after fertilisation with pelletized and granulated municipal sewage sludge
- 2008:4 Författare: Jenny Sallkvist
Relationer mellan Norske Skog och de privata skogsägarna i Jämtland
- 2008:5 Författare: Emma Sandström
Skötsel av tätortsnära skogliga rekreationsområden. Besökarens upplevelser i norra och södra Sverige
- 2008:6 Författare: Tobias Norrbom
Askgödsling och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskog Förvaltnings AB – en litteraturstudie
- 2008:7 Författare: Camilla Göthesson
Privata skogsägars inställning till frivilliga naturvårdsavsättningar samt kvalitets- och tillväxthöjande skogsskötselåtgärder
- 2008:8 Författare: Sakura Netterling
Tropical rain forest recovery after cyclone and human activity on Savai'i, Samoa – A field study of tree species composition and distribution
- 2008:9 Författare: Håkan Nilsson
Resultat från tre klonförsök med Fågelbär, *Prunus avium* L, i södra Sverige
- 2008:10 Författare: Anna Nylander
Trädslagsinverkan på markvegetationens utveckling i odlingsförsök med tall och contorta
- 2008:11 Författare: Cecilia Persson
Tillväxt och potentiell sågtimmerkvalitet i gallringsmogna jämförelseplanteringar med *Pinus contorta* och *P. sylvestris*
- 2008:12 Författare: Anna Sjöström
Fuktkvotens inverkan på oljeupptag och pigmentinträngning i gran (*Picea abies* L. Karst) och tall (*Pinus sylvestris* L.) vid impregnering med Linotechmetoden.
- 2008:13 Författare: Alexander Ross
Ifrågavarande kronopark skall benämnas Skatan – En skogshistorisk analys av Ekoparken Skatan
- 2008:14 Författare: Hampus Roffey
Fågelbär (*Prunus avium* L.) – Överlevnad, höjduutveckling och skador i unga planteringar på småländska högländet
- 2008:15 Författare: Jenny Andersson
Ekologisk landskapsplan för fastigheten Götebo 1:5
- 2008:16 Författare: Ylva Linnman-Vänglund
How is the distribution of the epiphytic lichen *Usnea longissima* affected by forest structure and logging history within stands?
- 2008:17 Författare: Anna Högdahl
Naturvårdande skötsel (NS) – blir resultatet som man tänkt sig? En fältstudie över föryngring, trädslagsfördelning och död ved 14 år efter åtgärd