



Kyoto – ENFORMA

**– en undersökning om möjligheterna att använda
Skogsvårdsorganisationens rutiner för satellitbildsbaserad
hyggeskartering som stöd vid rapportering av avskogning
enligt Kyoto-protokollet**

Håkan Olsson, Göte Eriksson, Hans Pettersson,
Mats Högström & Mattias Lundblad

Arbetsrapport 151 2005

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 83 62

Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR—151--SE

Förord

Rapportering av "Land use, land use change and forestry" (LULUCF) enligt Kyoto protokollet kommer i Sverige huvudsakligen baseras på data från Riksinventeringen av skog (RIS), som genomförs av SLU. Den obligatoriska rapporteringen av avskogning, "Deforestation", omfattar dock så små arealer att RIS systematiska stickprov blir förhållandevis litet. För detta moment skulle avverkningsanmälningarna till Skogsvårdsorganisationen (SVO) och den efterföljande karteringen av dessa avverkningar, som SVO årligen gör med satellitbilder, kunna vara ett stöd. För att undersöka dessa möjligheter till förbättringar av avskogningsskattningen erhöll SLU i december 2004, 170 000 SEK från Naturvårdsverket för ett pilotprojekt. Medlen har huvudsakligen använts till praktiska försök vid Skogsvårdsstyrelsen i Västerbotten. Projektet har utförts av en arbetsgrupp bestående av Håkan Olsson (projektledare) Hans Pettersson, och Mats Högström SLU; samt Göte Eriksson, Claes Kindblom och Karl Axel Persson vid Skogsvårdsstyrelsen i Västerbotten. Projektet har följts av en referensgrupp bestående av Mattias Lundblad, Naturvårdsverket, Anders Persson och Hillevi Eriksson Skogsstyrelsen, Staffan Norin, Skogsvårdsstyrelsen i Västerbotten, samt Göran Ståhl, SLU. Referensgruppen har haft två möten.

Umeå i november, 2005

Författarna

Sammanfattning

Även om mindre än 0,1 % Sveriges landareal avskogas årligen är korrekta uppgifter om den avskogade arealen viktiga. Dels är denna uppgift obligatorisk vid rapportering enligt Kyoto protokollet, dels berörs relativt stora mängder kol av avskogningen (ca 1 M ton C per år). Den lilla andelen avskogad areal gör också att skattningen med ett systematiskt stickprov som Riksinventeringen av skog kan få stora medelfel

Skogsvårdsorganisationen (SVO) karterar årligen landets ca 50 000 nya hyggen. Karteringen utförs på de lokala SVO distrikten med hjälp av årliga satellitbilder, avverkningsanmälningar som är lagrade i ett geografiskt informationssystem; samt lokal-kännedom och fältbesök. I denna pilotstudie undersöks om SVO's rutiner för kartering av nya avverkningar också skulle kunna användas för skattning av avskogad areal enligt Kyoto protokollet.

Resultatet från ett tolkningsförsök i denna studie som utgick från kända förändringar visar att endast 1 av 25 avskogningar missades av en tolkare som inte kände till förändringarna i förväg. Resultatet från ett andra försök, där förändringar istället söktes på samma sätt som vid en operationell användning visade att endast 2 av 28 karterade förändringar vid fältkontroll ej kunde anses vara förändringar enligt Kyoto-protokollet. Detta förutsatt att bilderna är molnfria och tolkningen görs under skogsmask¹. Sedan tidigare vet vi att avgränsningsnoggrannheten i genomsnitt är god vid kartering av avverkningar med SVO's ENFORMA²-verktyg för skillnadsanalys i satellitbilder. I denna studie fann vi också att den nuvarande versionen av ENFORMA-verktyget inte är lämpat för kartering av vägar. Detta är naturligt, eftersom programmet har en funktion som automatiskt tar bort mycket långsmala objekt. De nya vägarna syns dock väl vid manuell tolkning av bilder från två olika år och det finns andra program som är lämpade för en halvautomatisk kartering av dem.

I rapporten föreslås att karteringen av avskogningar kan göras för ett systematiskt sampel av kartblad om 5 km * 5 km. Karteringen bör stratifieras³ med avseende på närhet till större tätort. För de utlottade kartbladen karteras alla misstänkta avskogningar noggrant. Antalet misstänkta avskogningar förväntas vara i storleksordningen 0,5 per kartblad och år. Förändringarnas orsak tolkas mot bakgrund av avverkningsanmälningar och lokalkännedom. För alla återstående objekt med oklar orsak till förändringarna görs sedan besök i fält eller så tas en kontakt med markägaren. Med ett sampel om 1200 kartblad, så uppskattas kostnaden för denna kartering inklusive fältbesöken till ca 1 milj kr per år. Översiktliga kalkyler visar att medelfelet för den årliga arealen avskogning med denna design blir ca 10 % för en 1-års mängd.

En alternativ möjlighet är att använda ett liknande förfarande för kartering av alla avskogningar efter den första åtagandeperioden 2008-2012. Karteringen skulle då också kunna göras på regionnivå inom skogsvårdsorganisationen. Fördelarna med detta alternativ är att goda skattningar, mindre än 5 % medelfel från sampling designen, skulle erhållas med en engångsinsats och med färre inblandade SVO tjänstemän. Nackdelarna är att årliga

¹ Skogsmask är ett digitalt rasterdataskikt som visar vilka områden som enligt Lantmäteriets allmänna kartor (i skala 1:50 000 eller där denna inte finns, i skala 1:100 000) räknas som skogsmark.

² ENFORMA är ett PC baserat system för att betrakta satellitbilder och göra skillnadsanalyser mellan satellitbilder från olika år, det är speciellt anpassat till SVO's Kotten system där avverkningsanmälningar hanteras. ENFORMA utvecklades av Rymdbolagets fjärranalysgrupp inom ramen för ett EU projekt och underhålls av samma grupp som numera heter METRIA Miljöanalys.

³ Vid stratifiering görs ett tätare sampelutlägg inom områden där det kan antas finnas mera förändringar, skattningarna för olika strata vägs sedan samman.

skattningar ej erhålls och att lokalkännedomen hos SVO distrikten och samordningsmöjligheterna med den årliga ENFORMA analysen ej tas tillvara. Eftersom felkällorna är olika kan resultatet också skilja mellan den RIS baserade och den ENFORMA baserade metoden för avskogningsskattning.

Summary

The reporting of Land use, land use change, and forestry (LULUCF) according to the Kyoto protocol will in Sweden mainly be based on data from the sample plot based National Forest Inventory. The systematic sample of NFI plots consists of an annual sample of 5300 temporary plots and 7100 permanent plots which are planned to be re-surveyed with a 5 year interval. However, since less than 0,1 % of the land area (or less than 0,2 % of the forest area) is subject to deforestation yearly, the yearly number of NFI plots that coincides with deforestation areas is very small, resulting in errors above 40 % for estimates of 1 year of deforestation. Still, the amount of Carbon subject to deforestation is estimated to be in the order of 1 Mton C per year.

The Swedish forest administration is receiving requests for cutting permits from forest owners and is also yearly checking the cutting permits against satellite images. For this purpose, the forest administration is acquiring a yearly set of SPOT HRG or similar images for all of Sweden. These images are analysed at the local level at the 58 districts. In this pilot project, the feasibility of using the cutting permits, the satellite data change analysis and complementary field visits, for improving the yearly deforestation statistics is investigated.

It was found that the deforestation areas was clearly visible in multitemporal satellite imagery, the only missed object of 25 tested was a new forest road across a young forest plantation. Also the number of false changes that had to be visited in field was limited to 2 of 28 objects, provided that cloud free imagery were used and the analyses was limited to areas covered by a forest mask. The currently used change detection program could compute changes images where all type of changes that occurred were visible. The changes could in the ENFORMA system be mapped manually or thresholded by grey level slicing in the change image and automatically vectorised. However, in this later step, the current ENFORMA program is designed to filter out long narrow objects like roads. There are other programs that can map also such changes semi automatically.

It is proposed that an operational method will be based on a sample of 5 km by 5 km map sheets, most likely with a higher sampling intensity close to urban areas, e.g. within a 10 km zone. Within the sampled map sheets should all changes be thoroughly mapped. The number of deforestation areas is expected to be in the order of 0,5 objects per map sheet and year if new forest roads are included. All objects with unknown reasons for change should be visited in field. Simplified sampling calculations indicate that the standard error for the area of yearly deforestation area could be reduced to about 10 % with a yearly sample of 1200 map sheets. The yearly cost for mapping and field check of this area would be in the order of 1 000 000 SEK.

An alternative solution would be to map all changed areas after the first commitment period 2008 – 2012. The mapping could then be carried out at regional level within the forest administration. For a five year period, the error caused by the sampling is expected to be less than 5 %. The advantages with this alternative are that good estimates for the full commitment period could be obtained with a one time effort, and with less personnel involved. However,

the link to the local personnel and the yearly mapping of clear fellings carried out by them would be weaker.

For a deforestation assessment using the sample plot based National Forest Inventory, it can be assumed that the major error sources are the differences in judgement among the field personnel and the sampling error. For a deforestation assessment using satellite data and the forest administration routines, it can instead be assumed that the error sources would be a few missed objects and maybe delineation errors. Since the error sources are different, the two methods are likely to produce different estimates.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	6
1.1	Basmetod för Sveriges kolrapportering inom LULUCF sektorn.....	6
1.2	Skogsvårdsorganisationens befintliga rutiner för hyggesrapportering.....	7
1.3	”Kyoto - Enforma” iden och alternativa tillvägagångssätt.....	8
2.	Uppläggning av tolkningsstudien och fältkontrollen.....	12
2.1	Uppläggning av tolkningsstudien.....	12
2.2	Uppläggning av fältarbetet.....	13
3.	Resultat och erfarenheter från tolkningen.....	13
3.1	Försök A – tolkningsförsök med kända konverteringar.....	13
3.2	Försök B – identifiering av konverterade objekt i samband med ordinarie.... ENFORMA körning.....	14
4.	Ett tänkbart operationellt system.....	17
4.1	Överslagsberäkningar av medelfel för olika samplingdesigner.....	17
4.2	Beskrivning av tänkt arbetsgång hos SVO.....	23
4.3	Tidpunkter för rapportering.....	24
4.4	Uppskattning av driftskostnader.....	24
4.5	Dataförsörjningsfrågor.....	24
5.	Diskussion.....	25
5.1	Utvecklingsbehov.....	26
	Referenser.....	27
	Förkortningar.....	27
	Bilaga 1: Ägoslagsdefinitioner som använts inom projektet	
	Bilaga 2: Karta över sannolikheten att erhålla molnfria SPOT bilder	

1. Inledning

Grundläggande krav på kolrapportering finns inskrivna redan i Förenta Nationernas ramkonvention om klimatpåverkan (UNFCCC). Enligt det senare Kyotoprotokollet och tillhörande beslut skall varje land som anslutit sig till detta rapportera aktiviteter under Kyotoprotokollets artikel 3.3. Dessa omfattar:

- nybeskogning (Afforestation, A),
- återbeskogning (Reforestation, R) och
- avskogning (Deforestation, D).

För dessa s.k. ARD-aktiviteter skall sedan förändringarna rapporteras för fem kolpoler:

- levande biomassa ovan mark,
- levande biomassa under mark,
- död ved,
- förna, samt
- markkol.

De viktigaste besluten för hur sektorn ”Land use, land use change och forestry” (LULUCF) skall rapporteras fattades vid COP7 i Marrakech 2001 (Decision 11/CP.7). Då fick också IPCC i uppdrag att ta fram en vägledning för hur man bör beräkna upptag och utsläpp i LULUCF-sektorn. Vid COP9 i Buenos Aires 2004 beslutades slutligen om riktlinjer (IPCC, 2004) och rapporteringstabeller för rapportering enligt Kyotoprotokollet och Marrakech accords (-P.10). Länkar till dessa beslut och dokument finns t.ex. på hemsidan: http://www.joanneuum.at/carboinvent/workshop/background_documents.html

Avskogning definieras som en markanvändningsförändring direkt orsakad av människan där man avverkar skogsarealer och omvandlar landområdet till annan markanvändning än skogsbruk. En vanlig avverkning där fortsatt skogsproduktion skall ske räknas ej som avskogning enligt Kyoto-protokollet. En avskogning identifieras genom att följande två kriterier för marken uppfylls:

1. Kraven på skog enligt den definition som fastställts (minst 5 m höjd, minst 10 % krontäckning, för ett område om minst 0,5 ha) var uppfyllda den 31 december 1989 och
2. Den fastställda skogsdefinitionen nås inte längre på grund av mänsklig aktivitet efter den 1 januari 1990.

Rapporteringen för den första åtagandeperioden (2008-2012) avser alltså kolpoolsförändringar under åtagandeperioden på arealer som avskogats efter den 1 januari 1990.

1.1 Basmetod för Sveriges kolrapportering inom LULUCF sektorn

Ett nationellt system utvecklas av Naturvårdsverket för rapportering av växthusgaser enligt Klimatkonventionen (UNFCCC) och Kyoto Protokoll. För sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) kommer sex markanvändningskategorier (skogsmark, jordbruksmark, gräsmark, våtmark, bebyggd mark och övrig mark) att övervakas, både avseende faktisk areal per kategori och areal av övergångar mellan kategorier. För Sveriges del planeras denna övervakning huvudsakligen att baseras på Riksskogstaxeringens landsomfattande permanenta provytor (Ståhl et al, 2004). Under perioden 1983 till 1987 etablerades 40000 sådana permanenta provytor som sedan återinventerats med 5 – 10 års mellanrum. Den nya design som togs i bruk år 2003 omfattar ett årligt utlägg om ca 5300 tillfälliga provytor samt inventering av ca 7100 av de permanenta

provytorna årligen med ett 5-årigt omdrev bland dessa. Av de permanenta ytorna återfinns ca 3600 på produktiv skogsmark.

Respektive provytas kategori bestäms vid varje inventering och uppgifter för år mellan inventeringar interpoleras. Riksskogstaxeringen är en omfattande stickprovsinventering men eftersom avskogning är sparsamt förekommande blir skattningen av densamma osäker. Enligt Ståhl et al (2004) så konverterades 1990-1997 årligen ca 35 000 ha⁴ från brukad skog till jordbruksmark, gräsmark, bebyggelse eller annan mark. Detta motsvarar ca 0,085 % av landarealen eller ca 0,15 % av skogsmarksarealen, vilket innebär att endast ca 6 avskogade permanenta rikstaxator mäts årligen. Det relativa medelfelet för skattningen av den avskogade arealen ett givet år blir ca 41 % av den avskogade arealen om permanenta ytor från 1 år används, ca 23 % om ytor från 3 år används och ca 17 % om alla de 40 000 ytorna används. Till detta samplingfel ska läggas de fel som beror av felklassning av arealkategori, samt den (för alla metoder gemensamma) osäkerhet som finns i omvandlingen av arealuppgifter till mängd kol. Eftersom den äldre skogen är överrepresenterad i den areal som avskogas permanent och överförs till annat ägoslag, så blir kolutsläppet relativt stort, ca 1 Mton kol per år (Ståhl et al, 2004).

Kyoto – ENFORMA projektet är en pilotstudie för att undersöka om osäkerheterna i arealskattning och kategorisering av förändrad areal kan minskas genom att istället skatta arealen avskogning med hjälp av Skogsvårdsstyrelsens satellitbildsbaserade rutiner för uppföljning av avverkningar.

1.2 Skogsvårdsorganisationens befintliga rutiner för hyggeskartering

Enligt skogsvårdslagen är markägare som avser att föryngringsavverka områden större än 0,5 ha skyldig att senast 6 veckor innan avverkningen påbörjas anmäla detta till Skogsvårdsstyrelsen. Denna anmälningsplikt gäller även då skogsmark ska tas i anspråk för annat ändamål än skogsproduktion t.ex. skogsbilvägar, jordbruksmark, eller täktverksamhet, förutsatt att området är större än 0,5 ha. ”Avverkning för annat ändamål än virkesproduktion” är ett av fem alternativ som kan kryssas för på Skogsvårdsstyrelsens blankett för avverkningsanmälan, (blanketten finns på hemsidan http://www.svo.se/lag/Avver_anm.pdf.) Som framgår av Tabell 1, så berörde i testområdet ca hälften av den areal som på detta sätt anmäls för konvertering vägar, i regel utbyggnad av skogsbilvägar. Här är det viktigt att påpeka att inte avverkning för utbyggnad av större vägar mm är anmälningspliktig till SVO. Det finns också andra fall då marken juridiskt hunnit bli annat ägoslag, t.ex. tomtmark, innan avverkning sker som ej är anmälningspliktiga till SVO.

Avverkningsanmälningarna lagras digitalt som polygoner med tillhörande attributdata i Skogsvårdsorganisationens GIS-system ”Kotten”. Sedan 1997 har satellitbilder använts inom

⁴ Samtidigt som den sista revideringen av denna rapport görs, 2005-11-03, så har nya skattningar av arealen avskogning enligt Riksskogstaxeringen tagits fram av SLU på uppdrag av näringsdepartementet. Vid dessa förnyade analyser har man försökt att ta bort observationer av avskogning som kan bero på olika inventerars olika bedömning. Arealen bedömd avskogning har då sjunkit från tidigare bedömda ca 35000 ha, till ca 28000 ha per år. Det finns också indikationer på att arealen avskogning enligt Riksskogstaxeringen sjunker från 1983 till 2003, detta kan dels bero på en verklig minskning, dels på att problemet med ”brus” på grund av olika förrättningsmäns olika bedömning, minskar med tiden. Enligt denna nya undersökning är arealen ny skogsbilväg endast drygt 2200 ha per år. Ca 2600 ha av avskogningen är ny åkermark, eftersom det oftast är före detta åkermark som ånyo plöjs upp, så är nettoflödet av kol för denna kategori avskogning nära noll. Ca 7700 ha, dvs. ca 25 % av den avskogade arealen, är övergång från skogsmark till gräsmark. I regel är det nya inhägnader av betesmarker i skogar av hagmarkskaraktär och eftersom träden då i regel är kvar, så ökar kolförrådet vid denna avskogning. Vid beräkningarna i denna rapport har vi använt den tidigare siffran 35000 ha avskogning om året, men resultatet kommenteras även i ljuset av de nya siffrorna.

skogsvårdsorganisationen som bakgrundskarta. Därmed har bilderna även kunnat användas för att fastställa avverkningsår. Det vanligaste har dock varit att avverkningsåret fastställts genom kontakter med markägaren. Sedan år 2003 så har även avverkningarnas faktiska utbredning systematiskt figurlagts genom förändringsanalys av satellitbilder med programmet "ENFORMA". Med detta program kan bilder från olika år betraktas på en vanlig PC. Tidigare användes Landsat TM bilder, numera används främst multispektrala SPOT HRG bilder. Eftersom satellitbilder från olika datum har olika skalning så har ENFORMA en rutin för att skala om fördelningen av pixelvärden i en bild så att den överensstämmer med fördelningen i en referensbild. Därefter kan en ny bild som visar skillnaden mellan åren beräknas. Denna skillnadsbild kan tolkas manuellt och i regel syns avgångar som omfattar ned till 20 % av grundytan (Olsson, 1994). Med hjälp av interaktiv "tröskling" av pixelvärdena i en skillnadsbild, följt av en automatiserad "uppstädning" av områden mindre än 0,5 ha, så kan också avverkade områden identifieras halvautomatiskt. Denna typ av förändringsanalys utförs numera i så gott som hela Sverige av lokal personal på Skogsvårdsstyrelsens för närvarande 58 distrikt. De avverkade områdena följs sedan av SVO till dess att föryngringen på de enskilda föryngringsytorna bedöms som säkerställd. Det är för SVO viktigt att avverkningsåret kan verifieras med bilddata, eftersom det är avverkningsåret som avgör när skogsvårdsåtgärderna ska vara utförda.

Tabell 1. Anmälningar om för avverkning för annat ändamål än skogsbruk i Umeå och Lycksele kommuner år 2004

Kommun	Antal anmälningar	Anmäld areal	Därav Väg	Areal skogsmark i kommunen	Andel anmälda konverteringar av skogsmarksarealen	Antal anmälningar per kartblad om 2500 ha
Umeå	35	79,5 ha	45,9 ha (58 %)	148 000 ha	0,05 %	0,59 st
Lycksele	34	77,3 ha	42,7 ha (55 %)	405 000 ha	0,01 %	0,21 st

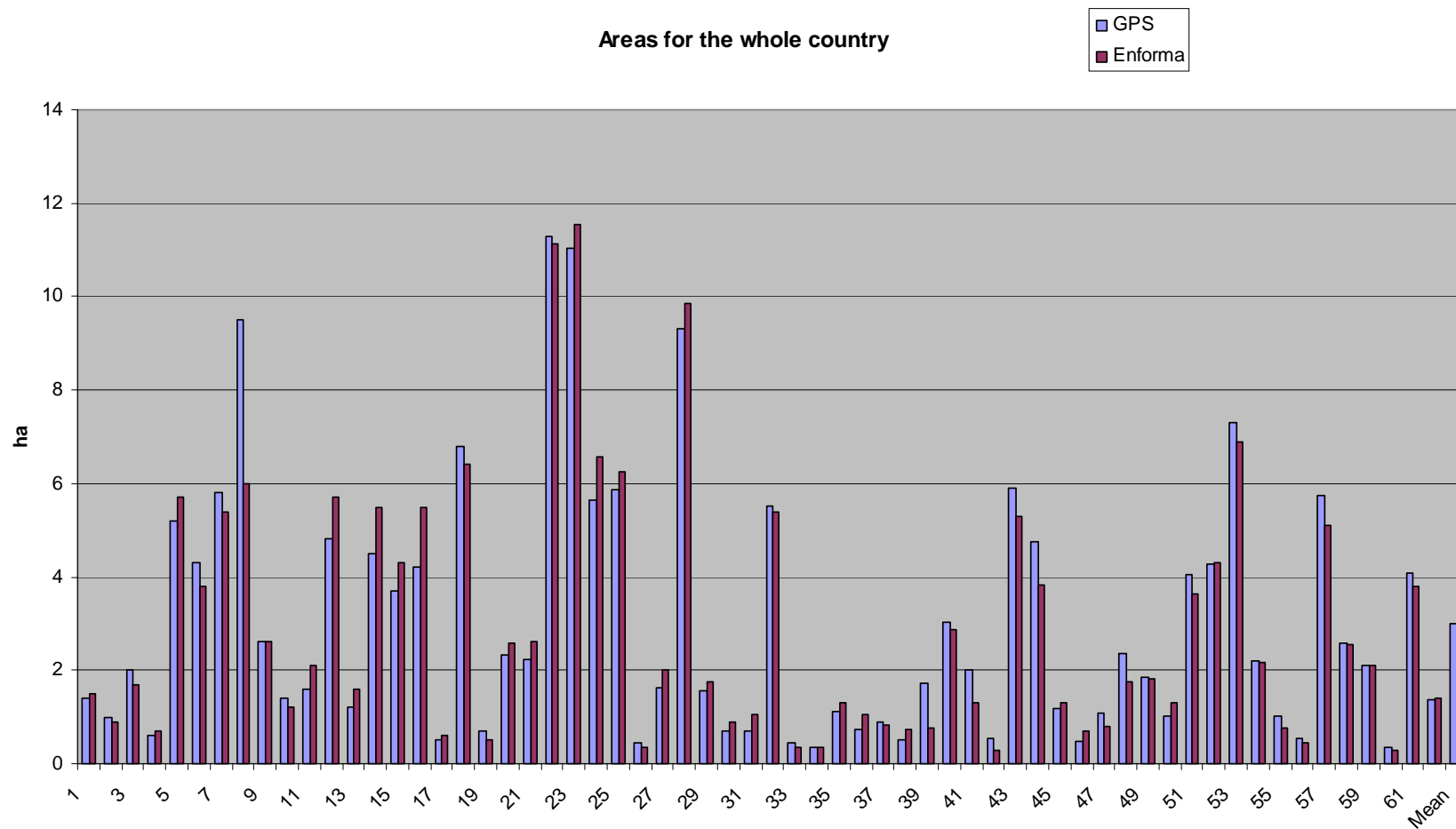
Den manuella tröskling av gråvärden i skillnadsbilder som används i nuvarande ENFORMA programmet är en ganska enkel metod för att avgränsa hyggen. Då ENFORMA systemet utvecklades gjordes en undersökning där avgränsningsnoggrannheten vid halvautomatisk hyggeskartering med ENFORMA och GPS mätning i fält, jämfördes (Figur 1). Undersökningen omfattade 62 hyggen i hela Sverige. Bl.a. svårigheten att i fält bestämma vad som ska räknas som ett hyggesgräns gör att den fältmätta arealen och den areal som uppmäts med bilddata i enstaka fall kan skilja mer än 1 ha. Som framgår av stapelparet längst till höger i Figur 1, så är dock den genomsnittliga arealen för de 62 objekten praktiskt taget lika för de båda metoderna, 2,99 ha för GPS mätningarna mot 2,96 ha för hyggen detekterade med ENFORMA. De SPOT 5 bilder som används numera torde ge ännu bättre resultat, dessutom finns möjligheter att förbättra ENFORMA programmet.

1.3 "Kyoto - ENFORMA" iden och alternativa tillvägagångsätt

Kyoto-ENFORMA iden

Kyoto-ENFORMA konceptet innebär att Skogsvårdsorganisationens rutiner för hyggeskartering skulle användas även för kartering av avskogade arealer enligt Kyoto-protokollet. Tanken är att detta skulle kunna göras årligen med start i januari 2009 med bilder från somrarna 2007 och 2008. De avskogade arealerna torde i regel kunna upptäckas då satellitbilder från två år jämförs. Lokal kunskap, avverkningsanmälningar och GIS-skikt utgör stöd både då förändringarna ska karteras och då deras orsak ska fastställas. Då så erfordras, så görs fältbesök för att fastställa orsaken till förändringarna. Kostnaderna kan hållas låga genom

att karteringen utförs av skogsvårdsorganisationens lokala personal i samband med den ordinarie årliga satellitbildsbaserade karteringen av nya hyggen och uppföljning av oanmälda avverkningar. Dessutom behöver karteringen av avskogning endast ske på ett sampel av kartblad.



Figur 1. Hyggesarealer för 62 hyggen fördelade över hela Sverige. De vänstra blå staplarna visar arealen för respektive hygge enligt GPS mätning i fält. De högra röda staplarna visar hyggenas areal enligt tröskling i skillnadsbild från satellitbilder från olika år utförd med programmet ENFORMA. Trots att skillnaden mellan de två metoderna ibland kan vara mer än 1 ha, bl.a. beroende på svårigheten att i fält bestämma hur ett nytt hygge ska avgränsas, så är den genomsnittliga skillnaden mellan de två metoderna endast 0,03 ha (staplarna längst till höger). Opublicerat material från EU projektet ENFORMA, ställt till förfogande av Anders Persson, Skogsstyrelsen

Alternativa möjligheter i Sverige

En variant av den ovan beskrivna ansatsen skulle kunna vara att en särskild ”Kyoto-kartering” gjordes i efterhand för hela den första åtagandeperioden 2008-2012. En fördel med detta är att det då kanske kan räcka med att en person inom var och en av skogsvårdsorganisationens i framtiden 5 regioner engageras i arbetet. Nackdelar blir dels att den ökade noggrannheten i den årliga rapporteringen ej erhålls, dels att samordningen med ordinarie fältkontroller av avverkningar ej kommer tillstånd. Om karteringen sker på regionnivå och först efter upp till 5 år, så försvinner också mycket av den lokala kunskapen.

Det skulle även vara möjligt att göra en ”Kyoto-ENFORMA” liknande inventering för ett sampel av kartblad för hela perioden 1990-2012. I detta fall skulle satellitbilder från åtminstone somrarna 1990, 2000, 2007 och 2012, behöva användas. Rikstäckande dataset från ca 1990 och 2000 finns att tillgå i Sverige. Perioden 1990-2008 är dock så lång att enbart Riksskogstaxeringen torde ge tillräckligt antal mätningar. Dessutom finns inte Skogsvårdsorganisationens avverkningsanmälningar från början av 1990-talet lagrade i digital form. Det skulle därmed bli ett omfattande jobb att med hjälp av avverkningsanmälningar på blanketter i pappersform skilja ut den minoritet av avverkningarna som är sannolika avskogningar. Inom riksskogstaxeringen används numera post-stratifiering⁵ med satellitbilsdata för att i efterhand korrigera för hur representativt det systematiskt stickprovet med fältytor är. Metoden har visat sig effektiv för att förbättra riksskogstaxeringens skattning av virkesförråd och därmed även skattningen av total mängd kol i trädkiktet. Eftersom mindre än 1 % av skogsmarksarealen avverkas årligen, så är felet i riksskogstaxeringens avverknings-skattningar väsentligt större än felet för tillståndsvariabler. Därför pågår för närvarande ett projekt vid SLU där det undersöks om skattningen av den avverkade arealen kan förbättras med poststratifiering med stöd av förändringsanalys med satellitdata⁶. Eftersom vanliga föryngringsavverkningar och den väsentligt mindre andelen avskogningar enligt Kyoto-protokollet ofta är spektralt lika, så är det dock inte sannolikt att denna ansats kan väsentligt förbättra avskogningsstatistiken, även om den skulle förbättra den totala avverkningsstatistiken.

Ansatser i utlandet

Att avverkning av skog syns då satellitbilder av ”Landsat-typ” från två år jämförs, är välkänt. Från fjärranalys håll har det följaktligen kommit en mängd propåer om hur detta ska utnyttjas i Kyoto-rapporteringen. Sådana metoder utvecklas bl.a. inom GMES Service Element Forest Monitoring (<http://www.gmes-forest.info/htm>) som är ett program för utveckling av satellitbildsbaserad skoglig monitoring finansierat av Europeiska rymdflygstyrelsen (ESA). Även om de sökta förändringarna kan upptäckas, så kan dock i regel inte orsaken till förändringarna fastställas med en tillfredställande noggrannhet från enbart satellitbilsdata av ”Landsat-typ”. Därför måste satellitbildsmetoder för avskogningskartering alltid kombineras med någon typ av fältinventering, åtminstone för ett sampel av objekt. Vi har ännu inte funnit några planer i andra länder som motsvarar det lokalt förankrade Kyoto-ENFORMA konceptet. Sannolikt är orsaken till detta att förutsättningarna för ett sådant koncept är unikt goda i Sverige, med en GIS-baserad fungerande anmälningsprocedur, etablerade rutiner för bildbearbetning på lokal nivå och en hög datamognad hos personalen även på lokal nivå.

⁵ Poststratifiering är en metod för att tillföra hjälpinformation till ett befintligt stickprov. Vid poststratifiering av den svenska riksskogstaxeringens data delas landskapet med hjälp av digitala kartdata och satellitbilder in i diskreta klasser. Skattningar för de provytor som faller inom respektive klass görs sedan var för sig, dessa skattningar viktas sedan med arealen för respektive klass, varefter skattningarna summeras. På detta sätt erhålls ett lägre medelfel för en given areal.

⁶ Projekt Dnr 179/03 inom Rymdstyrelsens nationella fjärranalysprogram, projektet avslutas december 2005, projektledare Mats Nilsson, SLU, Umeå.

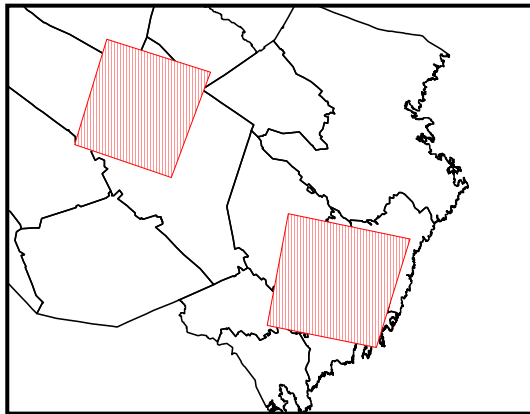
2. Uppläggning av tolkningsstudien och fältkontrollen

2.1 Uppläggning av tolkningsstudien

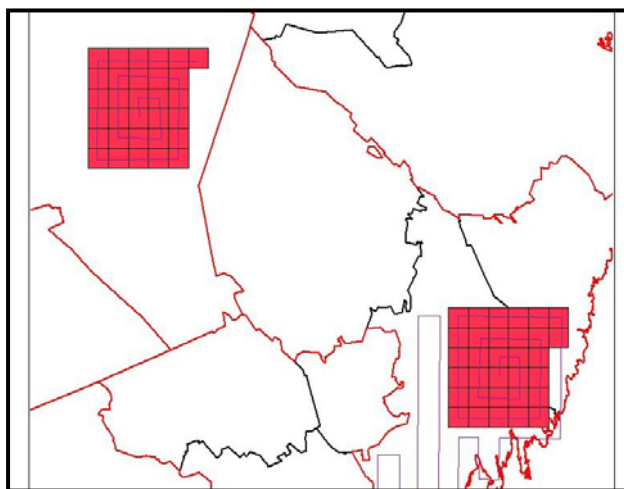
För tolkningsförsöken i denna pilotstudie användes de preliminära ägoslagsdefinitioner som återfinns i Bilaga 1. Tolkningsförsöken utfördes av Skogsvårdsstyrelsen i Västerbotten inom dels delar av Umeå distrikt, dels delar av Lycksele distrikt. Detta gjordes för att spegla eventuella geografiska skillnader i avskogning mellan områden nära en expansiv tätort och andra områden. Studien har bestått av två delar:

- i försök A valdes kända avskogade objekt ut och det undersöktes sedan om dessa gick att upptäcka via satellitbildaanalys med ENFORMA; försöket utfördes inom de områden som markerats i Figur 2.
- i försök B gjordes en förutsättningslös tolkning av avskogade objekt inom ca 30 kartblad per område, de tolkade kartbladen är markerade i Figur 3.

Vid tolkningen användes satellitbilder enligt Tabell 2. Bilderna var geometriskt korrigerade till rikets nät med en pixelstorlek om 25 * 25 m för Landsat TM bilderna och 10 m för SPOT 5 bilderna.



Figur 2. Områden inom vilka konverterade objekt tolkats i försök A.



Figur 3. Områden som tolkades i försök B; totalt tolkades i detta försök 63 ekonomiska kartblad om 5*5 km, dels kring Umeå, dels i Lycksele distrikt, tolkningen gjordes i turordning längs den heldragna linjen tills tillräckligt antal objekt hittats.

Tabell 2. Satellitbilder som använts vid förändringsanalysen

Område och försök	Satellit och sensor	Registrerings-Datum	Scen nummer
Umeå försök A	Landsat 7 ETM+	2002-08-11	194-015/F
	SPOT 5 XS HRG 2	2003-08-31	057-218
Umeå försök B	SPOT 5 XS HRG 2	2003-08-31	057-218
	SPOT 5 XS HRG 2	2004-07-21	057-218
Lycksele försök A	SPOT 5 XS HRG 2	2003-07-19	050-216
	Landsat 5 TM	2004-06-03	196-014
Lycksele försök B	SPOT 5 XS HRG 1	2003-07-06	051-217
	SPOT 5 XS HRG 2	2004-09-03	054-217

2.2 Uppläggning av fältarbetet

Alla objekt som upptäckts i bilderna i försök B har fältkontrollerats, totalt har 27 möjliga avskogningar fältbesökts. Vid fältbesöket har en uppskattning gjorts om avgränsningen från ENFORMA stämmer, samt att det verkligen är fråga om avskogning, och det nya ägoslaget har noterats. I vissa fall har GPS använts för att kontrollera avgränsningen framförallt när det gäller vägarnas längd. Vi har valt att i detta projekt inte lägga tid på att detaljkontrollera alla avgränsningar med hjälp av GPS eftersom ENFORMA noggrannhet vad gäller avgränsning är utvärderat i andra undersökningar, (t.ex. studien som återges i Figur 1, ovan).

3. Resultat och erfarenheter från tolkningen

3.1 Försök A – tolkningsförsök med kända konverteringar

Inom försök A valdes överlappande områden för vardera ett par av satellitscener i närheten av Umeå respektive Lycksele (Figur 2). Inom dessa områden söktes sedan kända konverteringar fram genom att skogsbolag och skogsägarföreningen tillfrågades. Förändringsanalys med ENFORMA och tolkningen av denna gjordes sedan av en annan person som inte kände till var konverteringarna var belägna. Målsättningen var att hitta 20 objekt vardera inom Lycksele respektive Umeå området men det visade sig vara svårt att hitta så många kring Lycksele. Totalt kom delprojekt A endast att omfatta 27 objekt, (21 i Umeå distrikt och endast 6 i Lycksele distrikt).

Inom de berörda satellitscenerna gjordes först en vanlig förändringsanalys med ENFORMA programmet inställt för att upptäcka hyggen större än 0,5 ha. Därefter undersöktes om ENFORMA programmets inställningar kunde anpassas så att vägar kunde hittas. Detta ledde dock inte till någon förbättring. Den helt dominerande delen av konverteringarna utgjordes av vägar, (25 av 27 objekt). Övriga objekt i försök A utgjordes av en golfbana och en skjutbana. I tabell 3 återfinns en sammanställning av resultaten. Med upptäckt i bild avses om avverkningen kunnat konstateras manuellt vid tolkning av bilderna.

Tabell 3. Sammanställning av resultat för försök A

Typ	Antal	Automatiskt avgränsade med ENFORMA	Upptäckta med visuell tolkning i bilder från två tidpunkter	Ej upptäckt på grund av moln	Kunde ej upptäckas med visuell tolkning
Ny väg	25	2	23	1	1
Ny golfbana	1	1	1	0	0
Ny skjutbana	1	1	1	0	0

Av de objekt där avverkning inte kunde konstateras i bild är orsaken i ett fall moln. I det andra fallet, som är den enda verkliga missen, gick den nya vägsträckningen genom ungskog och hygge vilket gav för liten kontrast mellan väggatan och omgivande skogsmark i bilden.

ENFORMA kunde automatiskt upptäcka och avgränsa golfbanan och skjutbanan. Endast två av 25 vägar kunde dock upptäckas automatiskt av ENFORMA och dessa upptäcktes endast delvis. Orsaken till detta är sannolikt att det blir många små polygoner längs väggatan som avskärs av skuggor samt att ENFORMA, i sin nuvarande utformning, är specialgjort för att upptäcka och avgränsa vanliga hyggen och samtidigt filtrera bort små och avlånga förändringar. Huvudsaken är att de nya vägarna i 23 fall av 24 syntes vid visuell tolkning av bilderna. Det finns andra program som är mer lämpade än nuvarande version av ENFORMA för att kartera nya vägar som är synliga i satellitbilder. T.ex. har ett semiautomatiskt program för kartering av vägar från satellitbilder utvecklats inom ramen för en doktorsavhandling vid KTH (Klang 1999).

3.2 Försök B – identifiering av konverterade objekt i samband med ordinarie ENFORMA körning

Syftet med försök B var att testa en ordinarie ENFORMA körning på ett antal ekonomiska kartblad runt Lycksele och Umeå för att se vilka eventuella svårigheter som kan uppkomma om avskogning ska karteras i samband med den ordinarie hyggesanalysen, samt för att få underlag för en bedömning av extra tidsåtgång i tillägg till den ordinarie hyggeskarteringen. Vid denna kartering så fanns ett GIS skikt med objekt som var anmälda för avverkning, inklusive avverkning för annat ändamål (omföring av skogsmark till annat ägoslag) tillgängligt och notering gjordes för de objekt som konstaterades vara avverkade mellan de två olika satellitbilderna. Ansatsen var här att samtidigt som en vanlig ENFORMA körning gjordes så kontrollerades anmälningarna för att på så sätt försöka fånga in alla avskogade objekt. Även här gjordes en extra körning med anpassade inställningar för att bättre fånga in väggator men det gav inte heller i detta fall någon förbättring.

Tabell 4. Sammanställning av objekt funna vid försök B, tolkning av skillnadsbilder för en yta motsvarande 63 ekonomiska kartblad nära Lycksele och Umeå

	Upptäckt förändring som berör anmäld föryngrings-avverkning	Upptäckt förändring där anmälan om avverkning saknas			Berör anmäld konvertering, dvs. anmälan om avverkning för annat ändamål finns			
		Avverkning, ej konvertering	Avverkning tänkbar konvertering	Därav efter fältkontroll verifierat konverterade objekt	antal	Automatiskt upptäckt och avgränsad med ENFORMA	Avv konstaterad i bild	Därav efter fältkontroll avskogade objekt
Lycksele	45	2	9	9	0	0	0	0
Umeå	84	2	10	8	14	2	11	9
Totalt	129	4	19	17	14	2	11	9

Totalt karterades 63 kartblad och inom dessa identifierades totalt 19 objekt som möjlig avskogning utan att det fanns någon anmälan om detta. Efter fältkontroll konstaterades att det av dessa var 17 säkert avskogade (Tabell 5). De 2 objekt där avskogning konstaterats inte skett beror i ett fall på uppenbar feltolkning där vägen täcks av mörka skuggor i 2003 års satellitbild vilket gör att i en snabb tolkning ser det ut som att en väg breddats; det andra fallet

är en avverkning intill åkermark utan anmälan som skulle kunna vara omföring till betes eller åkermark. Vid fältbesök bedömdes detta som sannolik skogsmark eftersom inget tydde på en omläggning, för att vara helt säker behöver dock markägaren kontaktas.

Tabell 5. Förteckning över fältkontrollerade avskogade objekt i försök B, Lycksele området

Ekoblad	Nr	Areal	Anteckningar	Fältkontroll	Nytt ägoslag
22I2I	1	2,1	Ej anmält, upptäckt med ENFORMA.	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark
22I2I	2	0,6	Ej anmält, upptäckt med ENFORMA	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark
22I2I	3	4,9	Ej anmält, upptäckt Med ENFORMA	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark
22I2h	1	1,2	Ej anmält, upptäckt Med ENFORMA	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark
22I2h	2	1,7	Ej anmält, upptäckt Med ENFORMA	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark
22I2h	3	0,3	Ej anmält, upptäckt med ENFORMA – väg	Avverkning för utbyggnad flygfält.	Bebyggd mark Uppfyller ej arealkravet
22I1j	1	0,7	Ej anmält, upptäckt Med ENFORMA	Avverkning utförd för fritidshusområde.	Bebyggd mark
22I1j	2	0,9	Ej anmält, upptäckt med ENFORMA	Avverkning utförd för fritidshusområde.	Bebyggd mark
22I1j	3	0,3	Ej anmält, upptäckt Med ENFORMA – väg	Avverkning utförd för fritidshusområde.	Bebyggd mark Uppfyller ej arealkravet

Därutöver fanns också 14 objekt som var anmälda för avverkning för annat ändamål. Av dessa konstaterades via tolkning av bilderna att 11 var avskogade. Eftersom de flesta objekten var nya skogsbilvägar, så identifierades endast 2 av dem automatiskt av ENFORMA programmet. En fältkontroll bekräftade att 9 av de 11 objekten var avskogade mellan de aktuella åren. De återstående två objekten var också avskogade, men före 2003 års satellitbild. På grund av moln i den tidiga bilden i bildparet var det svårt att direkt ur bilderna avgöra om förändringen gjorts under den aktuella perioden. Totalt hittades 26 avskogade objekt på 63 kartblad och ytterligare 5 objekt visade sig vid fältkontroll inte vara någon avskogning, av dessa 5 objekt visade sig 3 bero på molniga bilder det tidiga året. Detta ger ett genomsnitt på ca 0,4 hittade avskogningar per kartblad och år och om molnfria bilder används 0,03 objekt per kartblad och år som misstänks vara förändrade, men som vid fältkontroll visade sig inte vara någon avskogning.

Erfarenheter

Möjligheten att hitta avskogningsobjekt med skillnadsbilder från satellitdata bedöms som mycket goda. Objekt som till sin form liknar kalhyggen, kan i regel upptäckas och avgränsas halvautomatiskt med det nuvarande ENFORMA verktyget. De exempel vi hittat är grustäkt, golfbana, skjutbana, utbyggnad av flygfält och i samtliga dessa fall har dessa identifierats av ENFORMA Merparten av de objekt som hittades utgjordes dock av vägar. Även dessa kan relativt enkelt tolkas i de använda SPOT 5 bilderna. Det nuvarande ENFORMA verktyget är däremot inte lämpligt för att identifiera vägarna. Helt naturligt, så verkar flest förändringar att finnas i närheten av de större vägarna, t.ex. längs E4 i Umeåfallet.

En lärdom att dra efter våra tester är att för en tillförlitlig bestämning av tidpunkt för förändringen, så är det viktigt att båda bilderna är fria från moln och molnskuggor för det område som ska tolkas. Om inte bildkvaliteten för bilden från närmast föregående sommar är tillfredställande, så kan det vara bättre att använda en bild från året innan och utföra analysen för förändringar från en två-års period.

Tabell 6. Förteckning över fältkontrollerade avskogade objekt i försök B, Umeå området

Ekoblad	Nr	Areal	Anteckningar	Fältkontroll	Nytt ägoslag
21k0f	1	2.2	Anmält, ej upptäckt via ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
21k1g	1	4.7	Ej anmält, avverkning intill åkermark, upptäckt med ENFORMA	Bör sannolikt räknas som ej anmäld avverkning istället för avskogning	Kvarstår sannolikt som skogsmark
20k9g	1	0.72	Ej anm, breddning E4?, upptäckt med ENFORMA	Viss breddning av väg har utförts	Väg och järnväg
20k9g	2	1.44	Ej anm, breddning E4?, upptäckt med ENFORMA	Viss breddning av väg har utförts	Väg och järnväg
20k9g	3	1.46	Ej anm, breddning E4?, upptäckt ENFORMA	Viss breddning av väg har utförts	Väg och järnväg
20k9f	1	2	Ej anm, avverkning väggata?, delvis upptäckt med ENFORMA	Väg	Väg och järnväg
20k9f	2	1.1	Ej anm, avverkning väggata? ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
20k9f	3	1.7	Ej anm, avverkning väggata? ej upptäckt ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
20k9f	4	2	Anmält, ej upptäckt via ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
21k2e	1	4	Ej anm, breddning väg? , ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild	Feltolkat, ingen breddning har utförts	
20k8f	1	2.1	Ej anm. Mkt raka linjer. Tyder på tomt eller liknande, upptäckt med ENFORMA	Stort dike kopplat till avfallsanläggning, väl avgränsat i bild	Bebyggd mark
20k8f	2	0.4	Ej anm. Mkt raka linjer. Tyder på tomt eller liknande, upptäckt med ENFORMA	Damm kopplad till avfallsanläggning, väl avgränsat i bild	Bebyggd mark Uppfyller ej arealkravet
21k0d	1	0.9	Anmält, avverkning för täkt, upptäckt med ENFORMA	Grustäkt, väl angränsat i bild.	Annan mark
21k3i	1	1.3	Väg, delvis moln anmält, ej upptäckt med ENFROMA, men syns i bild.	Feltolkat, avv före 2003 års bild	
21k3i	2	0.5	Väg, delvis moln anmält, ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
21k3i	3	3	Väg, delvis moln anmält, ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild	Feltolkat, avv före 2003 års bild	
21k2i	1	2.4	Väg, tydliga bilder, anmält, ej upptäckt med ENFROMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg
21k2i	2	5	Väg, tydliga bilder, anmält, ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild.	Väg	Väg och järnväg
21k2i	3	5	Väg, tydliga bilder, anmält, ej upptäckt med ENFORMA, men syns i bild	Väg	Väg och järnväg

4. Ett möjligt operationellt system

4.1 Överslagsberäkningar av medelfel för olika samplingdesigner

En tänkbar design

Den föreslagna designen är att Sverige delas in i ”kartblad”, t.ex. 5*5 km rutor i Rikets Nät⁷. Totalt täcks Sverige av ca 20 000 sådana rutor, exakt hur många det blir beror på hur områden med vatten, samt fjällen ovan skogsgränsen räknas. Vi väljer i denna rapport att räkna med 17500 kartblad utanför fjällen. Vid analysen samplas ett antal kartblad som följs år för år. Samplingen av kartblad kan t.ex. göras som ett systematiskt sampel inom geografiskt enhetliga strata. Stratagränser bör av praktiska skäl ej skära kartbladsgränser. Stratifieringen bör sannolikt beakta molnighetsfrekvensen, som är större i fjällnära områden och i Norrlands inland, än i kustnära områden (se figurer i bilaga 2). Dessutom bör stratifieringen sannolikt också beakta förväntad avskogningshastighet, som kan antas vara större i storstadsnära och kustnära områden än i t.ex. Norrlands inland. Innan en mera noggrann utformning av stratumgränser och lämpliga samplingstorlekar kan föreslås behöver det dels fastslås vilka förändringar som ska ingå, i första hand om nya skogsbilvägar ska räknas som förändringar eller ej, dels så behövs mera uppgifter om förändringshastigheten för avskogning i olika delar av landet och på olika avstånd från olika stora tätorter.

Figur 4 illustrerar vilka kartblad som finns på eller inom en 10 km zon runt tätorten Umeå. Sådana zoner kring större tätorter skulle kunna vara en tänkbar grund för en stratifiering av tätortsnära områden med förmodat högre förändringshastighet. Hur många kartblad som berörs då olika kriterier tillämpas framgår av Tabell 7.

Tabell 7. Antalet ekonomiska kartblad (5*5 km rutor i rikets nät) nära tätorter av olika storlek enligt SCB's definitioner

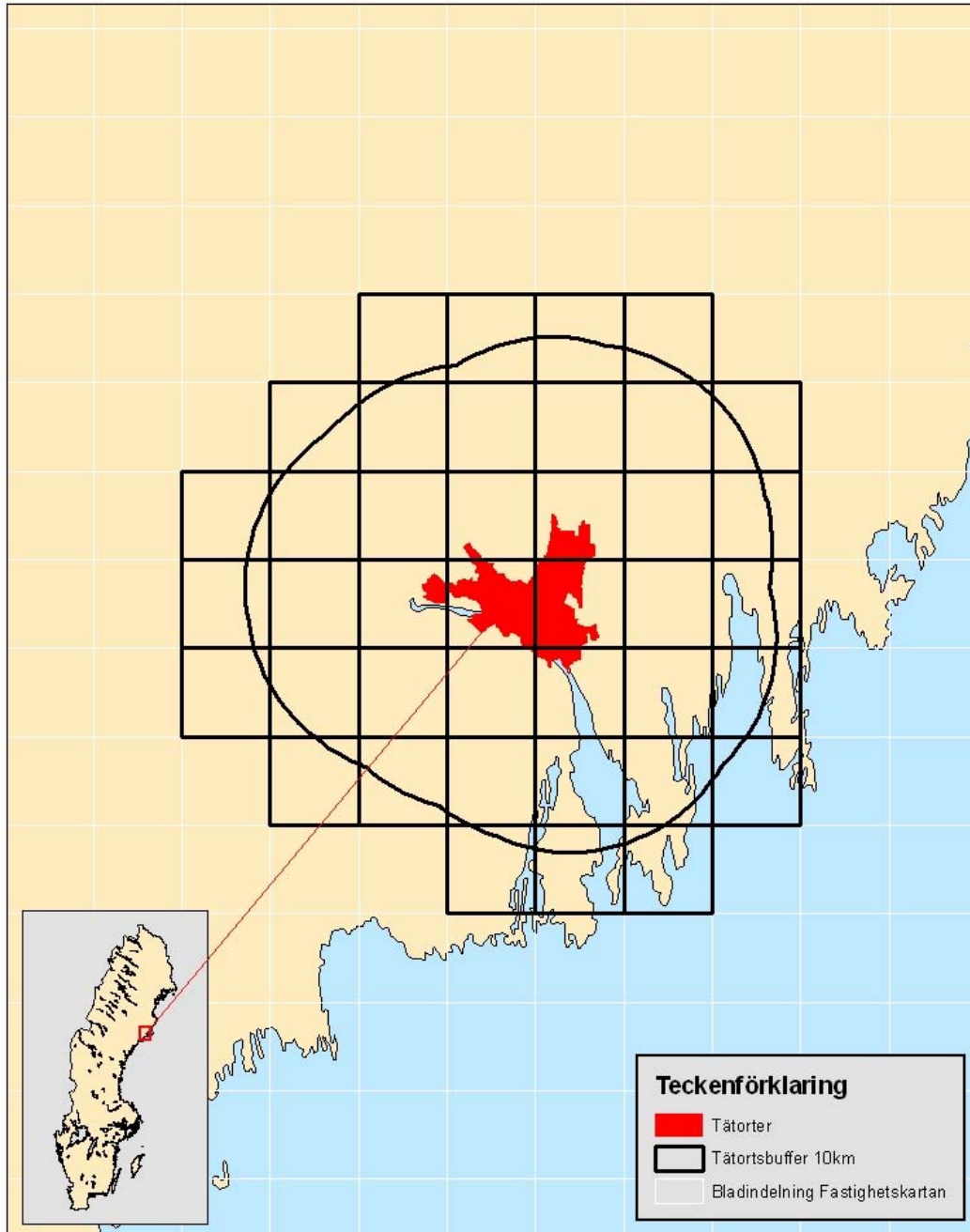
Antal innevånare i tätorten	Antalet berörda tätorter i Sverige	Antal kartblad som berörs av tätortsranden	Antal kartblad som ligger på eller innanför en 10 km bufferzon runt tätorten
> 100 000	5	84	301
> 50 000	20	183	901
> 25 000	41	289	1450
> 10 000	100	502	2892

Baserat på det begränsade materialet i Tabell 5 och 6 samt med stöd av Tabell 1, så erhålls indikativa förändrings-hastigheter enligt Tabell 8. Eftersom enheten i Tabell 8 är kartblad om 25 km² så ger en grov uppskattning att antalet avskogningar enligt Kytoto protokollet för stora delar av landet kan antas vara i storleksordningen 1 avskogat objekt per kvadratmil och år och ca 4 gånger större i närheten av större städer.

Inga förändringar hittades i försök B för de kartblad som berördes av själva tätortsranden, men detta beror sannolikt på att antalet tolkade blad i denna kategori endast var 4 st. I Tabell 8 hänfördes kartbladen i tätortsranden till kategorin ”0 – 10 km från tätortsranden”.

⁷ Inom en snar framtid kommer det nuvarande geodetiska systemet RT90 att ersättas med SWEREF99, 5*5 km rutor i detta nya nät kommer ej att sammanfalla exakt med de nuvarande 5*5 km rutorna, detta har dock ingen betydelse för den principiella diskussionen om samplingdesign i denna rapport.

EK-blad som berör tätort buffrad 10 kilometer



Figur 4. Illustration av de 40 ekonomiska kartblad som ligger på eller inom en 10 km² zon kring Umeå, enligt SCB's tätortsavgränsning, om istället endast kartblad som berör tätortsgränsen väljs, så berörs istället endast 7 kartblad.

Tabell 8. Antalet upptäckta avskogningar >0,5 ha per kartblad om 5 * 5 km och år enligt försök B; siffrorna inom parentes anger antalet tolkade kartblad. Avskogningshastigheten har justerats för att tiden mellan bilderna var 11 månader i Umeå fallet och 13 månader i Lycksele fallet

	Upptäckta förändringar per 25 km ² kartblad som helt eller delvis är närmare tätort än 10 km	Upptäckta förändringar per kartblad som i sin helhet finns > 10 km från tätortsranden
Område NO Umeå	0,99 (11)	0,26 (21)
Område kring Lycksele	0,21 (22)	0,21 (9)

Den genomsnittliga storleken för de förändrade objekten som är >0,5 ha enligt Tabell 5 och 6 är ca 2 ha. Sveriges landareal är ca 410 000 km², om 30 000 km² fjäll ej räknas med återstår ca 380 000 km². Om vi med ledning av Tabell 7 och Tabell 8 antar att avskogningshastigheten är ca 0,01 objekt per år och km² för 90 % Sveriges yta exklusive fjällen och 0,04 avskogade objekt per år och km² för 10 % av Sveriges yta exklusive fjällen, så får vi en grovt uppskattad avskogning om:

$$(0,01 * 0,02 * 380\ 000 * 0,90) + (0,04 * 0,02 * 380\ 000 * 0,1) = 68,4 + 30,4 \approx 100 \text{ km}^2 / \text{år}$$

Överslagsberäkningen ovan indikerar att mer än 30 % av förändringarna kan finnas i en 10 km zon kring de större tätorterna. Om Sverige skulle välja att inte räkna med nya skogsbilvägar som avskogning enligt Kyotoprotokollet, så kommer andelen av den totala avskogningen som sker tätortsnära att bli ännu större.

Räkneexempel, designförslag

Vi väljer i följande räkneexempel att utgå från:

- Landareal utanför fjällen:	380 000 km ²
- Årligen avskogad areal:	35 000 ha
- Genomsnittlig storlek för en avskogning enl Tabell 5 och 6:	2 ha
- Antal berörda kartblad om 5 * 5 km:	17 500 st
- Antal kartblad inom 10 km från tätort > 25 000 innevånare	1 450 st

För att få en ungefärlig uppfattning om vilka medelfel som erhålls med ”Kyoto-ENFORMA-metoden” räknar vi på följande sex alternativ:

- 1) Ingen stratifiering, 600 kartblad samplas.
- 2) Ingen stratifiering, 1200 kartblad samplas.
- 3) 600 kartblad samplas inom 10 km från tätort > 25 000 inv, det antas att 30 % av förändringarna finns i denna zon. Ytterligare 600 kartblad samplas i övriga landet
- 4) 600 kartblad samplas inom 10 km från tätort > 25 000 inv, det antas att 70 % av förändringarna finns i denna zon. Ytterligare 600 kartblad samplas i övriga landet
- 5) Som alternativ 4 ovan, men med toatlinventering av 140 kartblad med vardera 92 ha avskogning som valts manuellt i expansiva områden innan samplingdesignen i övrigt bestäms.

Av Tabell 9 framgår den fördelning av avskogad areal per kartblad och år som användes vid variansberäkningarna. Denna fördelning utgår från storleksfördelningen av avskogningarna i Tabell 5 och 6 och den kartbladsvisa agregeringen av dessa. Dessutom har för att komma upp i de 35000 ha årlig avskogning som antagits enligt tidigare uppgifter från riksskogstaxeringen ett antagande gjort att det finns 280 kartblad i landet där i genomsnitt 92 ha avskogas, detta kan antas motsvara randzoner i expansiva tätorter, större vägbyggen etc, men är kanske ändå ett antagande som leder till onödigt pessimistiska variansberäkningar.

Tabell 9. Fördelning av avskogad areal per kartblad som använts vid översiktliga beräkningar av medelfel i denna rapport

Avskogad areal (ha)	Använd genomsnittlig areal (ha) vid beräkningarna	Alternativ 1 och 2, fördelning av kartblad med olika areal avskogning, utan stratifiering (%)	Alternativ 3, fördelning av kartblad med olika areal avskogning vid stratifiering så att 30 % av avskogad areal finns inom strata N1 (%)		Alternativ 4, fördelning av kartblad med olika areal avskogning vid stratifiering så att 70 % av avskogad areal finns inom strata N1 (%)	
			Täorts-nära N1=1450	Övriga omr. N2=16050	Täorts-nära N1=1450	Övriga omr. N2=16050
0	0	84,0	71,0	93,9	32,4	97,4
0,5 – 1,0	0,75	1,6	2,8	0,6	6,7	0,3
1,0 – 2,0	1,5	3,2	5,8	1,2	13,7	0,5
2,0 – 4,0	3,0	6,4	11,5	2,4	26,7	1,0
4,0 – 10,0	7,0	3,2	5,8	1,2	13,7	0,5
10,0 –	92,0	1,6	3,0	0,6	6,8	0,3

Varianser för avskogad areal (y) per kartblad (i) har för enkelhetens skull beräknats enligt obundet slumpmässigt urval:

$$s^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

Variansen för skattningen av totalt avskogad areal ett år (τ): $Var(\tau) = \frac{N(N - n)s^2}{n}$

Vid de stratifierade designerna har varianserna för olika strata summerats.

Det relativa medelfelet vid 35000 ha avskogning blir: $\frac{\sqrt{Var(\tau)}}{35000}$

Variansen för skattningen av en femårsperiod, dvs. hela åtagandeperioden 2008 – 2012, kan om oberoende mellan åren antas, skattas till summan av varianserna för de 5 olika åren. Även om bilder från bara första och sista året skulle behövas, så kan man se det som att man gör fem olika årsvisa skattningar mellan bilder från par av år. På motsvarande sätt så femdubblas den avskogade arealen. För en 5-årsmängd så får vi alltså ett relativt medelfel som kan approximeras med:

$$\frac{\sqrt{5 * Var(\tau)}}{5 * 35000}$$

vilket innebär att medelfelen för 5-årsmängden fås genom division med $\sqrt{5}$.

De medelfel som beräknats återges i tabell 10.

Tabell 10, översiktligt beräknade medelfel för 1 respektive 5 års avskogad areal vid olika alternativ av OSU sampling av kartblad

	Medelfel för 1 år	Medelfel för 5 år
1. N=17500 kartblad OSU sampling av n = 600 kartblad	23,7 %	10,6 %
2. N=17500 kartblad OSU sampling av n = 1200 kartblad	16,4 %	7,3 %
3. Stratifiering av tätortsnära områden 30 % av arealen avskogning i: N1 = 1450, n1 = 600 70 % av arealen avskogning i: N2 = 16050, n2 = 600	14,0 %	6,2 %
4. Stratifiering av tätortsnära områden 70 % av arealen avskogning i: N1 = 1450, n1 = 600 30 % av arealen avskogning i: N2 = 16050, n2 = 600	10,3 %	4,6 %
5. Som alternativ 4 ovan, fast dessutom med totalinventering av 140 kartblad om 92 ha avskogning, vilket är hälften av antalet objekt i klassen med störst förändringar.	7,4 %	3,3 %

Hantering av moln vid sampling och beräkningar

Antalet samplade kartblad bör bestämmas utifrån förväntad avskogningshastighet och molnighet. Kartbladen om 5*5 km kan vid analysen lämpligen delas in i 25 st mindre delrutor (j = 1 – 25) om 1*1 km. Endast de 1*1 km rutor som i den sena bilden är helt fria från moln, molnskuggor och tekniska fel som kan försvåra tolkningen, används vid tolkningen. Som tidig referens används närmast föregående år med data av god kvalitet för respektive ruta. Det kan därför bli aktuellt att hantera olika långa tidsperioder för olika delrutor.

Eftersom en samvariation mellan avskogningshastighet och molnighetsfrekvens kan antas (se Figur i bilaga 2), så är det viktigt att erhålla en skattad avskogningshastighet för varje samplat kartblad, istället för att endast summera skattningar för de kartblad där det råkade finnas data från de två senaste åren. I de fall ett kartblad helt saknar data ett givet år, t.ex. på grund av moln, så bör ändå en avskogningshastighet för detta kartblad kunna skattas genom att använda bilder från det närmast föregående par av år då bilddata finns.

I de fall delar av ett kartblad är molniga det sena året så bör t.ex en kvotskattning kunna användas för att få en skattning avskogad areal (y) per kartblad (i):

$$y_i = a_i \frac{\sum_{j=1} y_{i,j}}{\sum_{j=1} a_{i,j}},$$

där

a_i = areal för kartblad i,

$y_{i,j}$ = uppmätt avskogning inom kartblad i, molnfri delruta j

$a_{i,j}$ = areal för kartblad i, molnfri delruta j

Användning av avskogad areal från SVO tillsammans med data från RIS

Förslaget här är att skattad avskogning används för viktning av avskogad areal enligt RIS. Omvandlingen från avskogad areal till mängd kol föreslås fortsatt ske med data från RIS. För detta kan med fördel längre tidsserier från RIS användas. Rent tekniskt vore det möjligt att erhålla ungefärliga uppgifter om mängden kol för varje objekt före avskogning, från t.ex den satellitbildsbaserade kNN – Sverige databasen, men vi bedömer inte detta som motiverat. kNN data har en stark ”dragnig mot mitten”, data kan saknas för enstaka objekt, och kommer att behöva framskrivnas mm. Att använda genomsnittliga värden från RIS, kanske fördelat per strata, förefaller vara en enklare lösning.

Möjlighet att begränsa analyserna till skogsmasken

I de fall då avverkningsanmälan eller lokal kännedom om förändringar finns, så är det enkelt att återfinna och avgränsa avskogade objekt i par av bilder från olika år. Även i de fall då ingen förhandskunskap finns, så kan så gott som alla de sökta förändringarna upptäckas i bilder från två på vart annat följande år, åtminstone i de fall som de innebär en att en icke obetydlig andel av träden (> 20 % av grundytan) avlägsnas, eller att fältskitet påtagligt ändras. Det är dock ett problem att även en del andra naturliga förändringar kan se likartade ut i satellitdata, t.ex. färgförändringar som beror på jordbruksmark som i vissa bilder kan ha gröda och i andra bar jord, eller förändringar som beror av olika vattenstånd i våtmarker. Sådana fenomen kan leda till ett onödigt stort behov av fältkontroller. I denna studie har tolkningen begränsats till en digital skogsmask. De allmänna kartornas i skala 1:50 000 och 1:100 000, har en skogsmask som täcker 92 % - 96 % av all skogsmark (Persson, 1998) och skulle kunna utgöra ett separat strata. Övrig areal skulle i så fall kunna hanteras med enbart rikstaxtor enligt den tidigare (Ståhl et al, 2004) föreslagna basmetoden. Om karteringen av avskogning ej begränsas till skogsmask bör ytterligare studier av tidsåtgång för fältbesök av falska förändringar göras innan kostnaderna för metoden kan beräknas

4.2 Beskrivning av tänkt arbetsgång hos SVO

Fastighetsägare har anmälningsplikt till Skogsvårdsstyrelsen vid avverkning på skogsmark för konvertering till annan markanvändning. En stor del av avskogningen torde därför finnas i SVO's register över avverkningsanmälningar. Vid den årliga kontrollen av faktiska avverkningar med stöd av satellitbilder från två tidpunkter, så bör sedan dessa arealer kunna upptäckas och karteras utan mycket extra arbete.

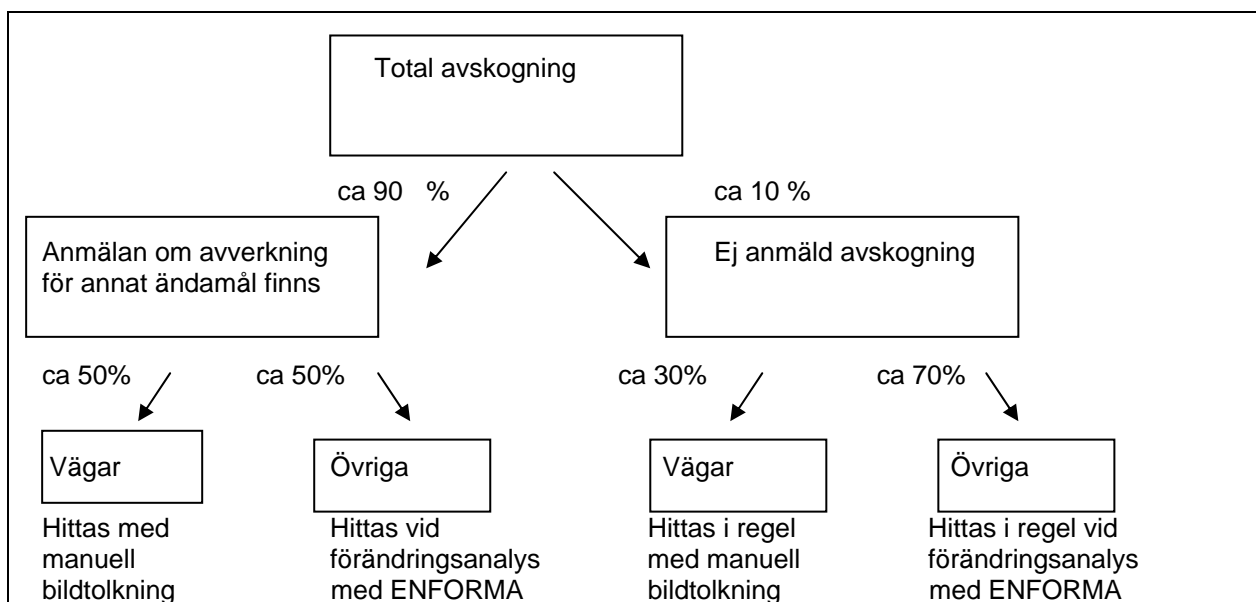
SVO's arbete med satellitbildsbaserad förändringsanalys för att bestämma avverknings-tidpunkt börjar vanligen i januari månad. Arbetet med att tolka satellitbilderna och kombinera dem med avverkningsanmälningarna utförs av personal ute på distrikten och ska vara avslutat innan fältsäsongen startar dvs. före maj månad. För att samtidigt hitta avskogade objekt så kan ett GIS-skikt med samtliga anmälningar som anmäls som avverkning för annat ändamål skapas och detta skikt får man sedan jämföra med resultatet då satellitbilder från olika år jämförs. Där förändringsanalysen visar att avverkning skett och där det dessutom finns en avverkningsanmälan om konvertering kan man anta att det är en avskogning. Utöver att jämföra med förändringsbilden så måste man även manuellt tolka om de vägar som anmäls är avverkade. Dessutom görs en tolkning av hela bilden för att försöka hitta avverkade väggator och andra objekt där avverkning skett men ingen anmälan finns. I dessa fall måste ett fältbesök eller en markägarkontakt ske för att avgöra om det är avskogning eller förnygringsavverkning, i vart fall om det är större objekt så ingår sådan fältkontroll i skogsvårdsorganisationens ordinarie arbete.

Utöver SVO's ordinarie arbete för att erhålla avskogningsstatistik tillkommer följande moment vid en eventuell kartering för Kyoto-rapporteringen:

- Skapa ett GIS skikt med områden anmälda för annat ändamål. Detta går enkelt att ta fram och kan lämpligen göras på regionnivå för att sedan spridas ut till distrikten, här bör det också övervägas om det är enklare om detta skikt tas fram centralt för hela landet.
- Granskning av de anmälda områdena mot förändringsbilden från ENFORMA programmet för de anmälningar som fallen inom utlottat ekoblad.
- Eventuellt inhämta kompletterande uppgifter om konvertering från vägverket, kommuner m.fl.
- Manuell tolkning av satellitbilderna för att upptäcka misstänkt avskogade objekt där anmälan till SVO ej föreligger, (det vanligaste torde vara vägar som byggts ut).

- Avgränsning av misstänkt förändrade områden med stöd av halvautomatisk kartering i t.ex. ENFORMA, samt eventuellt även med tillkommande programvara för kartering av linjära objekt, samt med kompletterande manuell bildskärmsredigering.
- Dataläggning och sammanställning av data från de objekt som identifierats som avskogade.
- Fältkontroller av objekt som kan misstänkas vara avskogning.

I figur 5 nedan visas en schematisk bild av avskogning i förhållande till anmälningsplikten, med uppskattade procentandelar.



Figur 5. Schematisk bild av avskogning och de möjligheter som skogsvårdsorganisationen har att kartera den, andelarna för respektive kategori är baserade på erfarenheter från Västerbotten och kan variera över landet.

4.3 Tidpunkter för rapportering

Under åtagandeperioden 2008 – 2012 ska ändringar i kolpoolerna rapporteras årligen, fast med viss fördröjning. Ändringen under 2008 ska t.ex rapporteras under våren 2010. Med såväl det bassystem som bygger på rikstaxdata, som med den kompletterande satellitbildsanalys som föreslås här, så kommer de dataregistreringen att gälla förhållandena vid ett datum under sommarhalvåret. Resultat för skillnaden mellan två somrar kommer sedan att kunna erhållas under sommaren året efter att de senaste mätningarna gjordes. Tex, så kommer resultat mellan sommaren 2007 och sommaren 2008 att kunna föreligga sommaren 2009. För att rationalisera skogsvårdsorganisationens fältkontroller är det angeläget att det finns tid att utföra dessa under en del av barmarkssäsongen året efter bilderna togs.

4.4 Uppskattning av driftskostnader

Om ca 1200 ekoblad karteras årligen skulle vid en jämn fördelning mellan ca 60 skogsvårdsdistrikt varje distrikt behöva kartera ca 20 eko-blad, denna kartering bör utföras av 1 person per distrikt. Sannantaget bedöms den extra tidsåtgången för att kartera avskogning uppgå till högst 2 arbetsdagar. Därutöver tillkommer tidsåtgången för fältkontroller, hur stor den extra tidsåtgången för detta blir avgörs av med vilken säkerhet man vill fånga all avskogning korrekt, samt i hur stor utsträckning man kan anse att detta är en del av SVO's ordinarie arbete med kontroll av avverkningar. Ett antagande om ca 0,5 möjliga avskogningsobjekt per eko-blad och år innebär därmed 10 misstänkta avskogningar per distrikt (Det tidigare antagandet om 0,01 avskogningar per km²/år för 90 % av skogsmarksarealen och 0,04 avskogningar per km²/år för 10 % av arealen ger 0,325

avskogningar per kartblad och år, vilket motsvarar 6,5 avskogningar per distrikt. I denna siffra ingår de avskogningar där det finns en anmälan om avverkning för annat ändamål och där markägaren redan redovisat vad marken ska användas till i framtiden och som bör gå att lita på utan fältbesök. Till detta kommer dock besök av misstänkta förändringar som ej visade sig vara avskogning. Vi räknar därför här med ca 6 fältbesök per distrikt. Under förutsättning att dessa fältbesök kan utföras under en stor del av fältsäsongen och på så sätt samordnas med övrigt arbete så bedöms tidsåtgången till högst 2 arbetsdagar per distrikt. Totalt ger detta vid en timkostnad på 500 kr en kostnad på 800 kr per ekoblad och vid en tänkt design om 1200 ekoblad totalt ca 960 000 kr per år. Vid en design om 600 ekoblad halveras dessa rörliga kostnader och blir därmed ca 480 000 kr per år. Om tolkningen ej begränsas till skogsmask kan kostnaderna för fältkontroll av falska förändringar komma att stiga, hur mycket är svårt att förutse innan ett försök med detta upplägg har gjorts.

I tillägg till ovanstående rörliga kostnader kommer kostnader på i storleksordningen 50 000 kr för sammanställning och samordning. (Som jämförelse kan nämnas att kostnaden för de 63 ekoblad som karterats i denna studie uppgår inklusive fältbesök till 1000 kr per ekoblad, karteringen har då utförts av 2 personer och då ingår även en del kostnader för planeringsmöten och uppstart.)

Driftkostnader vid en alternativ design

Om man väljer alternativet att endast komplettera avskogningsskattningarna genom förändringsanalys av hela perioden 2008-2012 vid ett tillfälle efter 2012 blir de totala kostnaderna för analys av en 5-årsmängd givetvis högre än för analys av ett enskilt år. Dock så blir de sannolikt inte 5 gånger högre, eftersom denna alternativa design bygger på att endast ett fåtal personer (ca 5 st) engageras vid ett tillfälle istället för att 60 personer engageras vid 5 tillfällen. Några närmare kalkyler för denna alternativa design har inte gjorts inom ramen för denna rapport.

4.5 Dataförsörjningsfrågor

De nuvarande satelliterna Landsat 7 (från USA) och SPOT 5 (från Frankrike) är de sista i sina serier. Efterföljare planeras i såväl USA som Europa, men dessa är ännu inte helt beslutade och kan tidigast vara i drift kring 2010. Många länder planerar att använda satellitdata för sin Kyoto rapportering, men om man ska göra sig helt beroende av satellitdata, så bör också dataförsörjningen vara säkrare än idag. Därför är det tillvägagångssätt som föreslås här, att använda satellitdata om det finns tillgängligt som ett tillägg till ett markbaserat sampel, att föredra vid internationellt bindande rapportering.

Skogsvårdsorganisationen i Sverige behöver dock årliga satellitdata för sin hyggeskartering. Det finns också många satelliter från olika länder som bör kunna ersätta SPOT och Landsat om det behövs tillfälligt innan deras efterföljare sänds upp. Ett exempel är den nuvarande satelliten IRS P6 från Indien (som sändes upp 2003 och från vilken data tas ned i Europa). Ett annat exempel är CEBERS som är en serie satelliter som ägs av Kina och Brasilien tillsammans. Nedtagning av CEBERS i Europa diskuteras inom Europeiska Rymdflygstyrelsen och i det fall både SPOT och Landsat skulle falla så blir sannolikt sådana åtgärder prioriterade. Ytterligare potentiella ersättare till SPOT och Landsat är ALOS som är en Japansk satellit med planerad uppskjutning hösten 2005 och Rapid Eye som är en tyskägdd konstellation om 5 kommersiella fjärranalyssatelliter med planerad uppskjutning 2007 (Olsson, 2005)

Ytterligare en möjlighet är att förlägga en stor del av samplet så att det sammanfaller med NILS inventeringen. På detta sätt förbättras sannolikheten för att åtminstone flygbilder för

respektive ruta vart 5:e år kan erhållas, även om möjligheten att erhålla satellitdata skulle utebli. Lantmäteriets statsfinansierade uppdrag att årligen flygfotografera en yta motsvarande 1/3 av Sverige med den digitala Z/I DMC kameran ökar också möjligheterna att erhålla andra bilddata om försörjningen med satellitdata skulle fallera.

5. Diskussion

Sverige är sannolikt det enda landet i världen som har en årlig landsomfattande satellitbilsstödd kartering av avverkningar. Karteringen inklusive bildbearbetning utförs av lokal personal, som också har tillgång till ett GIS system med avverkningsanmälningar. Det finns också fungerande system för automatisk inrapportering av de karterade avverkningarna till Skogsstyrelsens nationella databas. Därmed torde Sverige ha unikt goda chanser att för en marginell extra kostnad komplettera uppgifterna från RIS med en mycket god satellitbilsstödd kartering av avskogning. I denna studie har vi funnit att så gott som alla avskogade objekt kunde hittas (endast 1 objekt av 25 missades). Andelen förändringar enligt bilderna som vid fältkontroll inte kunde hänföras till en avskogning enligt Kyoto-protokollet var också litet (2 av 28 om de fall där molniga bilddata använts undantas). Sedan tidigare studier vet vi också att arealnoggrannheten vid avgränsning med satellitbilder i genomsnitt är god.

De översiktliga kalkyler som gjorts här visar också att samplingfelet för den årliga avskogade arealen bör kunna reduceras till ca 10 % för en kostnad av ca 1 milj kr per år. Detta ska jämföras med ett samplingfel om ca 41 % för arealskattningar med en årlig omgång av rikstaxtor. Om en 5-års mängd med förändringar analyseras skulle medelfelet på grund av sampling sannolikt sjunka till under 5 %, vilket i realiten innebär att det sannolikt vore negligerbart i förhållande till andra felkällor.

En överslagsberäkning baserat på de förändringar som upptäckts i denna rapport indikerar att den årliga avskogningen skulle vara i storleksordningen 10 000 ha / år. Skillnaden mot skattningen 35 000 ha per år enligt Ståhl et al, (2004) kan bero på flera orsaker. Siffran 10 000 ha är endast ett grovt överslag, och det begränsade område i Västerbotten där denna undersökning utförts behöver inte vara representativ för landet. Den främsta felkällan för Kyoto-ENFORMA metoden kan dessutom antas vara att konverterade arealer inte upptäcks och att arealen därmed blir underskattas. Chansen att avverkade områden, som därmed innebär kolflöden, inte upptäcks är liten. Däremot kan det sannolikt att t.ex. glesa hagmarksskogar som på nytt hägnas för t.ex. hästbete, inte upptäcks om konverteringen inte anmälts, ingen avverkning skett, och betet inte är intensivt.

Den risktaxbaserade metoden å andra sidan kommer att registrera en ny betesmarken som betesmark även om inte avverkning eller anmälan skett. En felkälla med den metoden är istället att olika inventerare vid tveksamma gränfall kan göra olika bedömningar av till vilket ägoslag en provyta ska föras. Därmed tenderar risktaxmetoden att istället leda till överskattningar av areal avskogning, vilket kan vara en bidragande orsak till skillnaderna. De nya, rikstaxbaserade beräkningar som gjorts i november 2005 tyder också på att den skattade avskogningen är under 30 000 ha per år, samt minskande med tiden under perioden 1983 – 2003. Detta kan bero dels på en verklig bedömning, dels kanske även på att inventerarna harmoniserat sina bedömningar med tiden. Att skattning med bilddata och med rikstaxdata har olika felkällor innebär tyvärr också att metoderna inte är helt jämförbara.

De nya uppgifterna om en lägre avskogning gör också att klassen med 92 ha avskogningsobjekt i variansberäkningarna, som dimensionerades för att nå upp till den antagna avskogningen om 35 000 ha borde göras mindre och varianserna därmed minska. Därmed blir alternativ 5 i Tabell 10 som motsvarar sampling av 22 200 ha avskogning det mest realistiska alternativet, utan att en kartering i förväg av kända avskogningar behöver antas.

Sampling av kartblad om t.ex. 5*5 km har många fördelar, de erbjuder lagom stora områden för tolkning och fältkontroll. Innan en samplingdesign läggs fast bör dock en mera noggrann undersökning om förändringarnas fördelning i Sverige göras. I skrivande stund är det heller inte klart om Sverige ska räkna nya skogsbilvägar som avskogning. Vilket val som görs beträffande detta kommer att påverka designen.

Kostnaderna för den föreslagna karteringen av avskogning är svåra att uppskatta eftersom de är beroende av i vilken utsträckning som arbetet integreras med, och ses som en del av, SVO's ordinarie arbete med övervakning av avverkningar. Dessutom finns möjligheter att samordna denna övervakning med annan liknande övervakning. T.ex. så diskuteras för närvarande ENFORMA baserad övervakning av såväl bränder som naturvårdsobjekt.

5.1 Utvecklingsbehov

Den föreslagna rutinen för avskogningskartering ligger mycket nära Skogsvårdsorganisationens ordinarie rutiner för uppföljning av hyggen. Utvecklingskostnaderna torde därför bli låga och nödvändig utveckling torde också gå att samordna med den utveckling som SVO bedriver. Möjligheterna för att erhålla kompletterande medel från Rymdstyrelsen Fjärranalyskommittés tillämpningsprogram torde också vara goda för de delar av utvecklingen som berör satellitbildsmetoder, givet att motfinansiering finns. I Tabell 11 sammanfattas några utvecklingsbehov. Om en årlig Kyoto-Enforma kartering planeras bör tidsplanen utgå från att den första operationella karteringen görs i januari 2009, med bilder från sommaren 2007 och 2008.

Tabell 11. Sammanställning av utvecklingsbehov

Aktivitet	Tänkbar utförare	Grad av angelägenhet
Instruktioner och datorsystem för fältkontroller, inrapportering och resultat-sammanställning	SKS	Nödvändigt
Implementering av verktyg för semiautomatisk kartering av linjära objekt	SKS, Metria eller SLU	Option för smidigare kartering
Implementering av förbättrad programvara för mer noggrann avgränsning av förändrade områden i satellitdata	SKS, Metria eller SLU	Option för smidigare kartering
Statistik för linjära objekts bredd (vägar mm)	SLU eller SKS	Nödvändigt
Samplingdesign, preliminär och slutlig	SLU	Nödvändigt
Pilotkartering som också ger förändringarnas fördelning i Sverige och tidsåtgång för fältkontroll	SKS	Angeläget

Referenser

Holmgren, P., Anton, P., Nilsson, L., Nordahl, G., Wiklund, F. 1989. Hur ofta kan molnfria SPOT-bilder registreras? FUX240 Delprojekt metodutveckling datatillgänglighet. Projektrapport Rymdbolaget, Solna.

IPCC. 2004. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/gpplulucf_unedit.html

Klang, D. 1999. Reconstruction of geometric road data using remotely sensed imagery. Doktorsavhandling. Institutionen för geodesi och fotogrammetri, KTH. TRITA-GEOFOTO 1999:17.

Olsson, H. 1994. Monitoring of local reflectance changes in boreal forests using satellite data. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden.

Olsson, H. 2005. Supply of earth observation data beyond Landsat and SPOT. Bidrag presenterat vid SNS-möte för nordiska skogsinventerare i Lillehammer, Norge 2004, under publicering.

Persson, M. 1998. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan – en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Arbetsrapport 40.

Skogsvårdsförordningen 1993. SFS 1993:1096. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19931096.HTM>

Ståhl, G., Andren, O., Klemedtsson, L., Kätterer, T., Nilsson, M., Olsson, H. 2004. Preparing for Sweden's reporting of emissions and removals of greenhouse gases in the LULUCG sector under the Kyoto protocol. Naturvårdsverket, Rapport 5337.

Förkortningar

COP	Conference Of the Parties
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use Land Use Change and Forestry
SVO	Skogsvårdsorganisationen = Skogsstyrelsen + Skogsvårdsstyrelserna
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Ägoslagsdefinitioner som använts inom projektet

Rörande klimatrapporering är de ägoslagsdefinitioner som beskrivs i denna bilaga inte slutgiltigt fastställda och kommer i många fall ha en mer specificerad definition än vad som här är fallet.

Naturvårdsverket har tillsammans med Skogsvårdsorganisationen fastställt följande definition på brukad och obrukad skogsmark i samband med rapportering enligt Klimatkonventionen och Kyotoprotokollet.

Definition Skogsmark

- Skogsmark definieras som mark som bär skog eller som utan produktionshöjande åtgärder har förutsättningar att bära skog med en höjd av minst 5 m och med en kronslutenhet av minst 10 %. Arealen för ytan sätts till minst 0.5 ha.(internationell skogsmark i RIS-RT)
- All mark som faller under ovanstående skogsdefinition räknas som brukad (Managed forest och Forest management)
- Alla reservat räknas som brukad skog oavsett när de avsatts som reservat.

Detta innebär att vi inte har någon obrukad skog att rapportera eftersom även de s.k. impedimenten räknas som brukade enligt ovanstående definition.

Åkermark

Åkermark definieras som ägoslaget åkermark enligt RIS (Riksinventeringen av Skog)

All åkermark är brukad

Mark som används till växtodling eller bete och som regelmässigt plöjs. Mark som används för yrkesmässig odling av köksväxter, frukt, och bär samt mark som används för odling av gräsmattor för avsalu, plantskole- och plantageverksamhet m m förs till bebyggd mark. Till åkermark hänförs också angränsande områden där uthuggning för åkermarken regelmässigt sker.

Gräsmark

Brukad gräsmark definieras som ägoslaget naturbete i RIS

(Obrukad gräsmark är inte slutgiltigt definierad men utgör en mindre areal som troligen inte är relevant för denna studie.)

Mark som väsentligen används till bete och som inte plöjs regelmässigt. Ägoslaget kännetecknas ofta av tuvor, sten, viss buskvegetation eller hög markfuktighet. Dessa marker är dessutom vanligtvis sämre belägna i förhållande till bebyggelse än åkermarken.

Våtmark

Brukad våtmark är mark som utgör områden för torvbrytning eller dammanläggningar.

Obrukad våtmark definieras som ägoslagen myr och sötvatten i RIS.

Myr utgör nog den mest intressanta marktypen inom detta ägoslag och definieras som våt mark med vanligen torvbildande växtsamhällen. Marken behöver dock ej vara torvmark i den meningen att torvdjupet överstiger 30 cm. Vanligen trädlös eller glest bevuxen men

beskogningen får inte vara så omfattande att marken utgör skogsmark, definierad enligt ovan. I myr ingår mossar och kärr.

Bebyggd mark

Brukad bebyggd mark definieras som ägoslagen väg och järnväg , kraftledning inom skogsmark, bebyggd mark och annan mark, enligt RIS. All bebyggd mark anses brukad.

Väg och järnväg: Med väg avses här vägar för permanent bruk med en bredd av minst 5 m. Till vägen räknas vägbana, banketter, diken, parkeringsplatser etc. och mark där skogen regelmässigt siktröjs. Med järnväg avses område för spårbunden trafik. I järnvägen ingår ett större område än själva banvallen, nämligen hela den areal där skogsbruk ej kan bedrivas p.g.a. järnvägens existens. Sådant område är ofta inhägnat, vilket underlättar gränsdragningen. Vägar och järnvägar inom eller vid kanten av åker, fjäll, militärt impediment, bebyggd mark eller annan mark förs till respektive angränsande ägoslag.

Kraftledning inom skogsmark: Gator för elektriska ledningar med en bredd av minst 5 m som ligger inom mark som annars vore skogsmark. Om bredden ej överstiger 5 m förs gatan till skogsmark. Gränsen mellan kraftledningen och skogsmarken definieras med en tänkt rät linje som tangerar trädstammarna (eller om beståndet avverkats, stubbarna) på skogsmarken.

Bebyggd mark: Till bebyggd mark förs tätort, parker (fältskiktet skall vara hävdad), industriområde, mark i anslutning till militära anläggningar (vanligen inhägnade), skjutbanor, golfbanor, idrottsanläggningar inkl. slalomanläggningar (egentliga nedfarten) men exkl. elljusspår (väg), anläggning för friluftsbad, flygfält, tomt, trädgårdsanläggningar fröplantager och plantskolor. Observera att till bebyggd mark föres även andra "ägoslag", dock ej skogsområden (såvida de inte uppfyller kriteriet för park) och vatten, om de ligger inom ovan nämnda typer av mark. Områden intill bebyggelse där åtgärder vidtagits för att förhindra uppkomst av trädvegetation förs också till bebyggd mark.

Annan mark: All mark på land som inte hänförs till de ovan beskrivna ägoslagen. Hit förs t ex upplagsplatser, rastplatser, i bruk varande grustag, torvtag och gruvor.

Annan mark

Brukad annan mark definieras som militärt impediment.

Obrukad annan mark definieras som större delen av ägoslagen berg och vissa andra impediment, fjäll och annat klimatimpediment, enligt RIS. Här hamnar också delar av ägoslag som inte passar in någon annanstans.

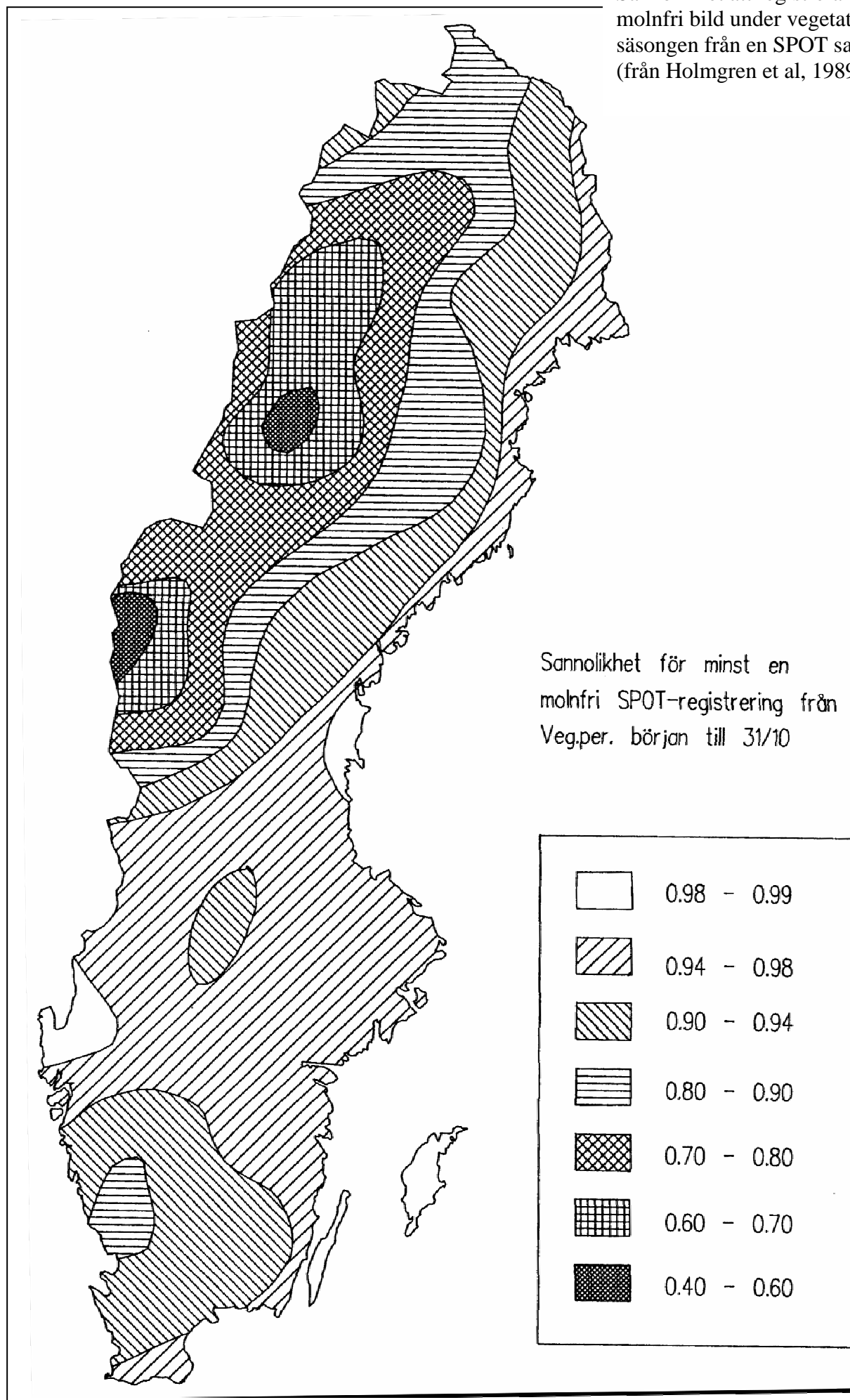
Militärt impediment : Militärt impediment omfattar skjutfältens och bombfältens målområden samt vissa andra militära områden. Observera dock att vanligtvis inhägnade områden i anslutning till militära anläggningar förs till bebyggd mark. Orsaken till att områden klassas som militärt impediment är säkerhets- eller sekretesskäl.

Berg och vissa andra impediment: Berg i dagen, stenbunden mark, klapperstenfält, gallstränder (kala sand- eller stenstränder), Ölands alvar m fl liknande marktyper där boniteten är lägre än vad som krävs för att marken skall klassas som skogsmark.

Fjäll: Kala eller glest trädbevuxna områden ovan barrträdsgränsen. Gränsen mellan skogsmark och fjäll utgår från skogsmarksdefinitionen.

Annat klimatimpediment: Mark, belägen i Norrland och i första hand på plana, fuktiga marker. Marken ligger inte i sådan terräng att den kan klassificeras som fjäll. Vattenöverskottet är ej så uttalat att man kan föra marken till myr. På grund av kärvt klimat kan marken inte klassas som skogsmark.

Bilaga 2
Sannolikhet att registrera minst en
molnfri bild under vegetations-
säsongen från en SPOT satellit,
(från Holmgren et al, 1989).



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten, Internationellt samt NILS. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- | | | | |
|------|----|---|---|
| 1995 | 1 | Kempe, G. | Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE |
| | 2 | Nilsson, P. | Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - Metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE |
| 1997 | 23 | Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. | Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE |
| | 24 | Fridman, J. & Walheim, M. | Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE |
| 1998 | 30 | Fridman, J., Kihlblom, D. & Söderberg, U. | Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE |
| | 34 | Löfgren, P. | Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE |
| | 37 | Odell, P. & Ståhl, G. | Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. - En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE |
| | 38 | Lind, T. | Quantifying the area of edges zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE |
| 1999 | 50 | Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. | Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG-AR--50--SE |
| | 52 | Fridman, J. & Ståhl, G. (Redaktörer) | Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE |

- 54 Fridman, J.,
Holmström, H.,
Nyström, K.,
Petersson, H.,
Ståhl, G. & Wulff,
S. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE
- 56 Nilsson, P. &
Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE
- 57 Nilsson, P. &
Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE
- 2000 65 Bååth, H.,
Gällerspång, A.,
Hallsby, G.,
Lundström, A.,
Löfgren, P.,
Nilsson, M. &
Ståhl, G. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SRG-AR--75--SE
- 2001 86 Lind, T. Kolinnehåll i skog och mark i Sverige - Baserat på Riksskogstaxeringens data. ISRN SLU-SRG-AR--86--SE
- 2003 110 Berg Lejon, S. Studie av mätmetoder vid Riksskogstaxeringens årsringsmätning. ISRN SLU-SRG--AR--110--SE
- 116 Ståhl, G. Critical length sampling for estimating the volume of coarse woody debris. ISRN SLU-SRG-AR--116--SE
- 117 Ståhl, G.
Blomquist, G.
Eriksson, A. Mögelproblem i samband med risrensning inom Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--117--SE
- 118 Ståhl, G. Boström,
B. Lindkvist, H.
Lindroth, A.
Nilsson, J. Olsson,
M. Methodological options for quantifying changes in carbon pools in Swedish forests. ISRN SLU-SRG-AR--118--SE

- 2004 129 Bååth, H., Eriksson, B., Lundström, A., Lämås, T., Johansson, T., Persson, J A. & Sundquist, S. Internationellt utbyte och samarbete inom forskning och undervisning i skoglig mätteknik och inventering. -Möjligheter mellan en region i södra USA och SLU. ISRN SLU-SRG-AR--129--SE

Planering och inventering:

- 1995 3 Homgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Colombia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. An Sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRG-AR--19--SE
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventeringssimulering - En handledning till programpaketet. ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om detektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfractioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE

- 70 Walheim, M. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE
- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE
- 76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog. ISRN SLU-SRG-AR--76--SE
- 2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research. ISRN SLU-SRG-AR--82--SE
- 2002 91 Wilhelmsson, E. Forest use and it's economic value for inhabitants of Skråven and Hakkas in Norrbotten. ISRN SLU-SRG-AR--91--SE
- 93 Lind, T. Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv ht 2001, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--93--SE
- 94 Eriksson, O. et. al. Wood supply from Swedish forests managed according to the FSC-standard. ISRN SLU-SRG-AR--94--SE
- 2003 108 Paz von Friesen, C. Inverkan på provytans storlek på regionala skattningar av skogstyper. En studie av konsekvenser för uppföljning av miljömålen. SLU-SRG-AR--108--SE
- 2005 145 Nordfjell, T., Kettunen, A., Vennesland, B. & Suadicani, K. Family Forestry Future challenges and needs ISRN SLU-SRG-AR--145--SE

Biometri:

- 1997 22 Ali, A. A. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG--AR--22--SE
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG--AR--64--SE
- 2001 88 Ekström, M. Nonparametric Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--88--SE
- 89 Ekström, M. & Belyaev, Y. On the Estimation of the Distribution of Sample Means Based on Non-Stationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--89--SE

- 90 Ekström, M. & Sjöstedt-de Luna, S. Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data with Varying Expected Values. ISRN SLU-SRG-AR--90--SE
- 2002 96 Norström, F. Forest inventory estimation using remotely sensed data as a stratification tool - a simulation study. ISRN SLU-SRG-AR--96--SE

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE
- 29 Hagner, O. Textur i flygbilder för skattningar av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--43--SE
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot-level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE
- 2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote sensing aided Monitoring of Nontimber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE
- 69 Tingelöf, U. & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromatiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE
- 79 Reese, H. & Nilsson, M. Wood volume estimations for Älvsbyn Kommun using SPOT satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE
- 2003 106 Olofsson, K. TreeD version 0.8. An Image Processing Application for Single Tree Detection. ISRN SLU-SRG-AR--106--SE

- 2003 112 Olsson, H. Proceedings of the ScandLaser Scientific Workshop on Airborne
Granqvist Pahlen, Laser Scanning of Forests. September 3 & 4, 2003. Umeå, Sweden.
T. Reese, H. ISRN SLU-SRG-AR--112--SE
Hyypä, J.
Naasset, E.
- 114 Manterola Computer Visualization of forest development scenarios in
Matxain, I. Bäcksjön estate. ISRN SLU-SRG-AR--114--SE
- 2004 122 Dettki, H. & Skoglig GIS- och fjärranalysundervisning inom Jägmästar- och
Wallerman, J. Skogsvetarprogrammet på SLU. - En behovsanalys. ISRN SLU-
SRG-AR--122--SE
- 2005 136 Bohlin, J. Visualisering av skog och skogslandskap -erfarenheter från
användning av Visual Nature Studio 2 och OnyxTree. ISRN SLU-
SRG-AR--136--SE

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & En analys av skogstillståndet samt några alternativa
Thuresson, T. samt avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-
jägm. studenter SRG-AR--14--SE
kurs 92/96
- 1997 21 Holm, S. & En analys av skogstillståndet samt några alternativa
Thuresson, T. samt avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-
jägm.studenter SRG-AR--21--SE
kurs 93/97.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, An analysis of the state of the forest and of some management
T. samt alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE
jägm.studenter
kurs 94/98.
- 1999 58 Holm, S. & Lämås, En analys av skogstillståndet samt några alternativa
T. samt studenter avverkningsberäkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58-
vid Sveriges -SE
lantbruksuniversite
t.
- 2001 87 Eriksson, O. (Ed.) Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under
kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2000, SLU
Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--87--SE

- 2003 115 Lindh, T. Strategier för Östads Säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig Planering ur ett företagsperspektiv HT 2002, SLU Umeå. SLU-SRG--AR--115--SE
- 2005 150 Lindh, T. 350 000 skogsägare kan inte ha fel - men hur vet vi vad det tycker och vad de gör? Workshop om skogägandets förändrade villkor och vad skogsnäringen, samhället och allmänheten förväntar sig av skogen och dess ägare. Tisdagen den 26 april 2005 på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm. ISRN SLU-SRG-AR--150--SE

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det? ISRN SLU-SRG-AR--5--SE
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. ISRN SLU-SRG--AR--6--SE
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? ISRN SLU-SRG-AR--7--SE
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE

- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsområde, SCA. ISRN SLU-SRG-AR--17--SE
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*). ISRN SLU-SRG-AR--35--SE
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequenses and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE
- 40 Persson, M. Skogsmarkindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av Riksskogstaxeringens provtytor. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE
- 41 Eriksson, M. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Field Data. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE

- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonekvenser med olika miljömål. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. - En beskrivning och modellering av rötförekomst hos gran, tall och björk. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE
- 2001 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov (Satellite image based estimations of forest areas with cleaning requirements). ISRN SLU-SRG-AR--84--SE
- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE
- 2002 92 Bodenhem, J. Tillämpning av olika fjärranalysmetoder för urvalsförfarandet av ungskogsbestånd inom den enkla älgbetesinventeringen (ÄBIN). ISRN SLU-SRG-AR--92--SE

- 95 Sundquist, S. Utveckling av ett mått på produktionsslutenhet för Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--95--SE
- 98 Söderholm, J. De svenska skogsbolagens system för skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--98--SE
- 99 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 1. Fallstudie av fastighetsgränserns lägesnoggrannhet på fastighetskartan. ISRN SLU-SRG-AR--99--SE
- 100 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 2. Instruktion för gränsvård. ISRN SLU-SRG-AR--100--SE
- 101 Nordbrandt, A. Analyser med Indelningspaketet av privata skogsfastigheter inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområde. ISRN SLU-SRG-AR--101--SE
- 2003 102 Wallin, M. Satellitbildsanalys av gremmeniellaskador med skogsvårdsorganisationens system. ISRN SLU-SRG-AR--102--SE
- 103 Hamilton, A. Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk - förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande. ISRN SLU-SRG-AR--103--SE
- 104 Hajek, F. Mapping of Intact Forest Landscapes in Sweden according to Global Forest Watch methodology. ISRN SLU-SRG-AR--104--SE
- 105 Anerud, E. Kalibrering av ståndortsindex i beståndsregister - en studie åt Holmen Skog AB. ISRN SLU-SRG-AR--105--SE
- 107 Pettersson, L. Skördarnavigering kring skyddsvärda objekt med GPS-stöd. SLU-SRG-AR--107--SE
- 109 Östberg, P-A. Försök med subjektiva metoder för datainsamling och analys av hur fel i data påverkar åtgärdsförslagen. SLU-SRG-AR--109--SE
- 111 Hansson, J. Vad tycker bilister om vägnära skogar - två enkätstudier. SLU-SRG-AR--111--SE
- 113 Eriksson, P. Renskötseln i Skandinavien. Förutsättningar för sambruk och konflikthantering. SLU-SRG-AR--113--SE

- 119 Björklund, E. Medlemmarnas syn på Skogsägarna Norrskog. ISRN SLU-SRG--AR--119--SE
- 2004 120 Fogdestam, Niklas Skogsägarna Norrskog:s slutavverkningar och PEFC-kraven - fältinventering och intervjuer. ISRN SLU-SRG--AR--120--SE
- 121 Petersson, T Egenskaper som påverkar hänsynsarealer och drivningsförhållanden på föryngringsavverkningstrakter -En studie över framtida förändringar inom Sveaskog. ISRN SLU-SRG--AR--
- 123 Mattsson, M Markägare i Stockholms län och deras inställning till biodiversitet och skydd av mark. ISRN SLU-SRG--AR--123--SE
- 125 Eriksson, M. Skoglig planering och ajourhållning med SkogsGIS - En utvärdering av SCA:s nya GIS-verktyg med avseende på dess introduktion, användning och utvecklingspotential. ISRN SLU-SRG--AR--125--SE
- 130 Olmårs, P. Metrias vegetationsdatabas i skogsbruket - En GIS-studie. ISRN SLU-SRG--AR--130--SE
- 131 Nilsson, M. Skogsmarksutnyttjande på Älvdalens kronopark före 1870. En kulturhistorisk beskrivning och analys. ISRN SLU-SRG--AR--131--SE
- 2005 133 Bjerner, J. Betydelsen av felaktig information i traktbanken -Inverkan på virkesleveranser samt tidsåtgång och kostnad vid avverkningar. ISRN SLU-SRG--AR--133--SE
- 138 Kempainen, E. Ett kalkylstöd för ekonomiska analyser av avverkningsåtgärder på beståndsnivå. A calculation support program for economic analysis of cutting actions on stand level. ISRN SLU-SRG--AR--138--SE
- 140 González, J.D.D. A time study and description of the work methods for the field work in the National Inventory of Landscapes in Sweden. ISRN SLU-SRG--AR--140--SE
- 141 Jacobsson, L. Förbättringspotential i avverkningsplanering -En fallstudie av ett års avverkningar på två distrikt inom SCA skog, Jämtlands förvaltning. ISRN SLU-SRG--AR--141--SE
- 142 Gallegos, Å. Design and evaluation of a computer aided calibration program for visual estimation of vegetation cover. ISRN SLU-SRG--AR--142--SE

- 143 Gålnander, H. Bevarande av naturvärdesträd i enlighet med FSC och Holmen Skogs naturvårdspolicy. ISRN SLU-SRG--AR--143--SE
- 144 Lövdahl, H. Automatisk beståndsavgränsning i satellitbilder - En jämförelse av gränser från två segmenteringsmetoder och Grön Plan. ISRN SLU-SRG--AR--144--SE
- 147 Petter Karlton Utveckling av diameterklassmodell för grandominerade bestånd i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--147--SE
- 148 Marcus Bergsten Skogsmarksgödsling - en ekonomisk analys av olika gödslingsstrategier för ett skogsinnehav i norra Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--148--SE
- 149 Magnus Petterson Användning av satellitdata för lokalisering av skogsområden där lövröjning bedöms angelägen. - En analys av användbarheten med fjärranalys som hjälpmedel till röjningsrådgivning. ISRN SLU-SRG-AR--149--SE

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, M., Ohlsson, B. & Sandewall, R.K. People's options of forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE
- 1998 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE
- 1998 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE
- 1999 60 Sandewall, M. (Edit.). Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. ISRN SLU-SRG-AR--60--SE
- 2000 80 Sawathwong, S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE

2002 97 Sandewall, M. Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning in Southern Africa. Proceedings from a training workshop in Botswana, December 3-17, 2001. ISRN SLU-SRG-AR--97--SE

NILS:

- 2004 124 Esseen, P-A.,
Löfgren, P. Vegetationskartan över fjällen och Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) som underlag för Natura 2000. ISRN SLU-SRG-AR--124--SE
- 126 Allard, A.,
Löfgren, P. &
Sundquist, S. Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning. ISRN SLU-SRG-AR--126--SE
- 127 Esseen, P-A.,
Glimskär, A. &
Ståhl, G. Linjära landskapselement i Sverige: skattningar från 2003 års NILS-data. ISRN SLU-SRG-AR--127--SE
- 128 Ringvall, A., Ståhl,
G., Löfgren, P. &
Fridman, J. Skattningar och precisionsberäkning i NILS - Underlag för diskussion om lämplig dimensionering. ISRN SLU-SRG-AR--128--SE
- 132 Esseen, P-A.,
Glimskär, A.,
Moen, J.,
Söderström, B. &
Weibull, A. Analys av informationsbehov för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS). ISRN SLU-SRG--AR--132--SE
- 2005 134 Glimskär, A.,
Allard, A. &
Högström, M. Småbiotoper vid åkermark – indikatorer och flygbildsbaserad uppföljning i NILS. ISRN SLU-SRG--AR--134--SE
- 135 Hylander, K. &
Esseen, P-A. Lavkompendium för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) ISRN SLU-SRG--AR--135--SE
- 137 Ericsson, S. Arthandbok Fältskiktsarter för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige NILS. ISRN SLU-SRG-AR--137--SE
- 139 Weibull, H. Mosskompendium för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) 2004. ISRN SLU-SRG-AR--139--SE
- 146 Glimskär, A.,
Löfgren, P. &
Ringvall, A. Uppföljning av naturvärden i ängs- och betesmarker via NILS - statistisk utvärdering och förslag till design. ISRN SLU-SRG-AR--146--SE