RAPPORT
4
1998

Användning av satellitdata

- hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningbehov -



Anders Persson och Hans Bank – Skogsstyrelsen

Skogsstyrelsen

Användning av satellitdata

- hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov -



Anders Persson och Hans Banck - Skogsstyrelsen

© Skogsstyrelsen april 1998

Författare
Anders Persson, Skogsstyrelsen
Hans Bank, Skogsstyrelsen

Omslag
Christina Johansson

Papper
brilliant copy

Tryck
SJV, Jönköping

Upplaga
310 ex

ISSN 1100-0295
BEST NR 1668

Skogsstyrelsens förlag
551 83 Jönköping

INNEHÅLL

Förord ... iii
Sammanfattning ... iv
Bakgrund ... iv
Hitta avverkad skog ... iv
Uppskatta lövröjningsbehov ... v
Inledning ... 1
Projektinitiering ... 1
Hitta avverkad skog ... 1
Uppskatta röjningsbehov ... 2
Mål ... 2
Satellitdata ... 2
Indata ... 3
Projektområden ... 3
Satellitdata ... 3
Digital kartinformation ... 4
Fältdata ... 4
Mjukvaror ... 4
Förändringsanalys ... 5
Allmänt om förändringsanalys ... 5
Tillverkning av förändringsbilder ... 5
Fältkontroll av hyggeskaraktär ... 7
Figurläggning och arealmätning ... 7
Vegetationsindex ... 9
Allmänt om Vegetationsindex ... 9
Implementering i ArcView ... 10
Skogsmask ... 10
Kontraststräckning ... 10
Bestämning av brytpunktsvärde ... 11
Fältkontroll av lövförekomst ... 11
Resultat av förändringsanalys ... 12
Förändringsbilden ... 12
Hyggesskikt ... 12
Hyggesanalys, klustring ... 12
Hyggesanalys, vegetationsindex ... 12
Resultat av ägoslagstillhörighet ... 13
Resultat från fältkontrollerna ... 13
Resultat av Vegetationsindex ... 17

Fördelning på ägoslag 17
Resultat på produktiv skogsmark 17
Slutsatser 21
Förändringsanalys 21
Vegetationsindex 21
Bilaga 1 23
Bilaga 2 24
Bilaga 3 25
Källhänvisningar 33

FÖRORD

Användning av satellitdata är ett samarbetsprojekt mellan Skogsstyrelsen och Svenska Rymdaktiebolaget i Solna. Rapportrubriken är Skogsstyrelsens namn på projektet medan det hos Rymdbolaget har gått under namnet hyggesövervakning. Rymdbolagets rapport heter *Hyggesövervakning - statusrapport* och har beteckningen X-PUBL-18.

Från Rymdbolaget har främst Erik Willén och Olle Furberg medverkat. Det mesta fältarbetet har utförts av skogsvårdsstyrelsens personal från respektive projektområde.

Kartor ur allmänt kartmaterial, Copyright © Lantmäteriverket. Medgivande 96.0435

Projektet har givit bl.a. värdefull kunskap inför fortsatt utvecklingsarbete inom ett nyligen startat EU-finansierat projekt benämnt ENFORMA.

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Inom Skogsvårdsorganisationen sker just nu en omfattande satsning på verksamhetsutveckling med IT-stöd som bland annat inkluderar kompetens-uppbyggnad, bildförsörjning och utveckling av GIS-system för de drygt 100 distriktskontoren. Samtliga distrikt beräknas under 1998 ha fått tillgång till ett första GIS-stöd. I en krympande organisation ses satsningen som ett nödvändigt sätt att effektivisera och förnya verksamheten. Satellitbaserad fjärranalys är i detta sammanhang en av flera komponenter.

I samarbete med Rymdbolaget har projektet A*nvändning av satellitdata* genomförts under 1997. Det har haft som syfte att närmare undersöka möjligheterna att med hjälp av satellitdata hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov.

Det finns inom fjärranlysområdet ett flertal metoder för att både skatta lövandelar och att hitta skogsavverkningar. Dessa båda områdena inom satellitfjärranalysen tillhör några av de mest undersökta och är kanske också de som snabbast kan komma till operativ användning. Likafullt så finns det inom Skogsvårdsorganisationen ännu idag ingen sådan operativ tillämpning som enkelt kan användas av distriktspersonal. Det är bakgrunden till och motivet för det genomförda projektet.

Försöksområden

Tre försöksområden på skilda platser i landet har valts ut. Det första i Skogsvårdsstyrelsen i Norrbotten (Luleå kommun), det andra i Skogsvårdsstyrelsen i Västra Götaland (Ulricehamns kommun) och det tredje i Skogsvårdsstyrelsen i Jönköping/Kronoberg (Nässjö kommun).

Satellitdata

Så långt det var möjligt användes data från senaste vegetationssäsongen (1996) för att ha så färskt data som möjligt att jobba med vid analyserna. Ytterligare data från ett eller ett par år tillbaka i tiden införskaffades också för att göra det möjligt att tillverka en förändringsbild.

Satellitdatat precisionskorrigerades av SSC Satellitbild AB i Kiruna och levererades scenvis på CD-ROM till såväl Rymdbolaget, Skogsstyrelsen som de medverkande skogsvårdsstyrelserna.

Hitta avverkad skog

Den slutavverkade skogen hittas genom användandet av sk förändringsanalys. Det är en sedan lång tid tillbaka välkänd teknik som lämpar sig väl för den här typen av uppgifter.

Förändringsanalysen åstadkoms genom att två bilder från olika tillfällen över samma område används. Den ena bilden subtraheras från den andra i någon form av bildbehandlingsssystem och ett normaliseringsvärde adderas. Resultatet av subtraktionen och adderingen av normaliseringsvärdet är en förändrings-bild.

Försök har gjorts tidigare med gott resultat både när det gäller att hitta den slutavverkade skogen och uppskatta arealen på dessa avverkningar. Projektet har därför inte på nytt undersökt om det går att hitta utan mera hur en sådan metod ska se ut. Dessutom har projektet undersökt möjligheterna om att få fram mera information om hyggets utseende, t.ex. om det finns fröträd sparade på hygget eller ej.

Målsättningen har varit att utvecklade metoder ska implementeras i GIS-verktyget Kotten som nu introduceras på alla distrikt inom Skogsvårdsorganisationen.

Hittar hygget gör man enklast genom att ett sk hyggesskikt tillverkas utifrån förändringsbilden. Detta hyggesskikt består av de kraftigaste förändringarna i förändringsbilden och filtrerats för att inte innehålla för små ytor. I projektet användes ett minsta arealkrav på 0,4 ha.

Under hyggesskiktet söktes därefter ett samband mellan den senaste bildens utseende och den avverkade ytans karaktär. Målsättningen var att kunna dela in hygget i olika klasser beroende på hur pass mycket trädstammar som stod kvar.

Resultat

Resultaten visar att hyggesskiktet utgör ett kraftfullt hjälpmedel för att hitta och avgränsa enskilda hyggen. Metoden kan direkt implementeras i Kotten men det krävs att programvara för förändringsanlyserna finns tillgänglig. Någon form av administrativ indelning behövs, exempelvis fastighetsinformationen från ekonomiska kartan, för att en optimal hyggesavgränsning ska gå att göra. Däremot gick det inte att via ett vegetationsindex ta fram hyggets karaktär. För detta krävs sannolikt ett annat angreppssätt där hänsyn tas till bl.a. storleken av förändringen i förändringsbilden.

Uppskatta lövröjningsbehov

Vegetationsindex är ett samlingsnamn för en mängd olika värden som genereras genom någon form av kombination av olika spektralband i t.ex. satellitdata. Det finns många olika vegetationsindex, allt ifrån enkla kvoter till mer sofistikerade beräkningar. Gemensamt för dem alla är att det finns empiriska samband mellan högt index och mycket vegetation. I projektet har detta utnyttjats på så sätt att höga index har ansetts innebära en hög andel lövträd och framför allt unga lövträd.

Tanken med vegetationsindex grundar sig på det faktum att vegetation (i skogliga sammanhang fa. lövträd) reflekterar mycket NärInfraRött ljus (NIR) medan det synligt röda ljuset absorberas av klorofyllet i stor utsträckning. Endast ca 10 % av det synliga ljuset, medan så mycket som 50% av det infraröda ljuset reflekteras. Följden blir att man genom att använda sig av förhållandet mellan NIR och rött ljus kan, något förenklat sett, avgöra hur mycket lövträd det finns över ett visst område. Ett vegetationsindex ger därför höga värden där det finns mycket lövträd medan det blir låga där det t.ex. finns vatten.

Genom att bestämma en brytpunkt i indexet där värden ovan brytpunkten anses vara lövträd kan man ta fram de ytor i området som har ett sannolikt röjningsbehov. En skogsmask, dvs. en definiering av vad som är skogsmark, utgör i detta sammanhang viktig information för att slippa sammanblandning med t.ex. jordbruksgrödor som också får höga index.

Resultat

Ett vegetationsindex framställt ur data från Spotsatelliten ger ett bra resultat avseende lövinnehållet. Procenten objekt där enbart löv orsakat ett högt index är ca 70% för Nässjö och Ulricehamn vilket är ungefär vad som kan förväntats enligt tidigare erfarenheter. Luleås 95% är ett klart bättre resultat än förväntat.

Av resultaten kan man se att det finns en tydlig koncentration på R2 och G1 bestånd i alla delar av landet. Sannolikt missar man en del unga bestånd där lövröjningsbehovet inte är akut men angeläget inom den närmaste 5-årsperioden. F a gäller detta R1-bestånd, dvs. plantskog vars medelhöjd är mindre än 1,3 meter. Det vore angeläget att fånga även dessa eftersom det är önskvärt att sätta in röjningen tidigt, dvs. innan de förhärskande träden tagit överhanden. Detta skulle sannolikt kräva ett lägre värde på den sk brytpunkten men också innebära att fler felobjekt registrerades.

För att kunna värdera metodens användbarhet på ett distrikt beräknades en sk träffprocent som visar andelen av totala antalet provytor som enligt vegetationsindexet ansågs vara ett lövröjningsobjekt och som efter fältbesök verkligen hade detta behov. Träffprocenten definierades enligt två snarlika alternativ

- Alternativ 1 *Röjning och Gallring*:

Objekt på produktiv skogsmark med åtgärdsbehov antingen akut eller inom fem år och med föreslagna åtgärder som röjning, röjning/gallring eller gallring främst av löv.

- Alternativ 2 *Endast Röjning*:

Objekt på produktiv skogsmark med åtgärdsbehov antingen akut eller inom fem år och med föreslagen åtgärd röjning. Gallring är inte tillåten åtgärd vilket däremot åtgärden röjning/gallring är.

Område	**Alt1**	**Alt2**
Luleå	79 %	59 %
Nässjö	58 %	47 %
Ulricehamn	58 %	48 %

Tabellen visar träffprocenten inom respektive provområde, fördelat på de båda alternativen *Röjning och Gallring* (alt 1) och *Endast röjning* (alt 2).

Träffprocenten beskriver , såsom den är definierad här, metodens tillförlitlighet för de tillfällen då enbart en satellitbild används i kombination med en skogsmask. Detta måste man hålla i minnet när man utvärderar resultatet. Ett bättre resultat kan förväntas om analysen görs under ytor där åldern är känd.

Område	**Totalt antal ytor med ålder 6-15 år**	**Antal träff**	**% träff**
Luleå	21	20	95 %
Nässjö	23	14	61 %
Ulricehamn	12	10	83 %

Tabellen visar träffprocent för provytor i åldersintervallet 6 - 15 år enligt alternativet E*ndast röjning*.

För att få en bättre tillförlitlighet, vilket krävs om metoden ska kunna användas operationellt fa. i södra Sverige, bör därför även annat material såsom avverkningsanmälningar och ÖSI-data användas. Träffprocenten m h a sådant material har inte undersökts i någon större omfattning inom ramen för detta projekt men bör ingå i en metod som implementeras i en kommande distriktsanpassning. Begränsningen till åldersintervallet 6 - 15 år (se tabellen ovan) ger en indikation på att det ger en bättring tillförlitlighet.

Inte bara röjningsytor

Att använda satellitbilder och vegetationsindex ska ses som ett bland flera hjälpmedel för att fånga in bestånd eller objekt med stora lövinslag. För distrikten är det viktigt att få vetskap om såväl röjnings- som gallringsbehov. Även medelålders och äldre skog med eller utan åtgärdsbehov kan därför vara av intresse, t ex ur naturvårds- och landskapssynpunkt. Det finns därför anledning att betrakta resultatet ur ett lite vidare perspektiv än enbart röjningsaspekten.

INLEDNING

Inom Skogsvårdsorganisationen sker just nu en omfattande satsning på verksamhetsutveckling med IT-stöd som bland annat inkluderar kompetensuppbyggnad, bildförsörjning och utveckling av GIS-system för de drygt 100 distriktskontoren. Samtliga distrikt beräknas under 1998 ha fått tillgång till ett första GIS-stöd. I en krympande organisation ses satsningen som ett nödvändigt sätt att effektivisera och förnya verksamheten. Satellitbaserad fjärranalys är i detta sammanhang en av flera komponenter.

Projektinitiering

Sedan ett par år tillbaka pågår fyra långsiktiga och målinriktade programområden inom Rymdstyrelsens nationella fjärranalysprogram. Ett av dessa är *Programområde Skogsbruk* där deltagare finns med från såväl forskningsområdet (SLU) som det praktiska skogsbruket (AssiDomän, SCA, MoDo, m fl). Rymdbolaget i Solna leder arbetet inom programområdena och har en programsekreterare tillsatt inom varje område. Vid sidan av programsekreteraren finns dessutom en programberedningsgrupp som består av företrädare för användarna och Rymdstyrelsens fjärranalyskommitté.

De långsiktiga syftena med satsningen inom Programområde Skogsbruk är bland annat:

· *att bidra till att satellitdata blir operativt användbart inom Skogsvårdsorganisationen och storskogsbruket;*

· *att vidareutveckla den kunskap som krävs för att svenska organisationer även i fortsättningen skall kunna hävda sig i den internationella konkurrensen om projekt där fjärranalys av skog används operationellt;*

· *att vidareutveckla den grundläggande forskning inom skoglig fjärranalys som motiveras av Sveriges internationella position inom såväl skogsområdet som fjärranalysområdet.*

Genom projektet, *Användning av satellitdata* är Skogsvårdsorganisationen med bland de aktiva aktörerna inom programområdet.

Skogsstyrelsen ser satsningen på det här projektet som ett led i arbetet att införa nya och förbättrade arbetssätt samt att öka kunskaperna om digital fjärranalys och dess användning i GIS. Satsningen innehåller därför mål som direkt siktar mot praktisk användbarhet och möjlighet att implementera resultaten från projektet på relativt kort tid i distriktens normala arbete och via GIS verktyget Kotten®.

Hitta avverkad skog

God miljöhänsyn och bra återväxtresultat är nyckelfaktorer för att skapa framtida skogar i överensstämmelse med uppställda produktions- och miljömål. Arbetet med avverkningsanmälningar och tillstånd om avverkning inklusive hänsynsbedömning samt uppföljning av återväxter hör därför till skogsvårdsstyrelsernas viktigaste verksamheter.

Skogsvårdslagen (SVL) kräver att slutavverkningar som är 0,5 ha eller större skall anmälas till skogsvårdsstyrelsen (SVS). Anmälan prövas och följs upp i varierande utsträckning. Arbetet innefattar bl.a. kontroller, kontakter med skogsägare eller deras ombud och rådgivning eller råd enligt SVL.

Genom att informera, motivera och stödja markägarna ska SVS se till att miljöhänsyn i samband med avverkning blir tillgodosedd, återväxtåtgärder blir utförda och godkänt återväxtresultat uppnås i tid. Målet är hög kvalitet i miljöhänsynen och goda återväxtresultat.

För att få ett korrekt underlag för uppföljningsarbetet krävs kännedom om vilka anmälningar som verkligen lett till avverkningar och när dessa genomfördes. Att markägaren lämnat in en avverkningsanmälan medför nämligen inte nödvändigtvis att avverkningen verkligen blir utförd. Dessa basdata är viktiga inte bara för återväxtuppföljningen utan även som utgångspunkt för bedömning av fortsatta åtgärder, t.ex. när en röjningsinsats kan vara aktuell. I praktiken har det hittills varit svårt och tidsödande att få säkra och heltäckande uppgifter på vad som verkligen har avverkats och när avverkningarna utförts.

En av projektets viktigaste uppgifter har därför varit att utveckla en metod för att på ett enkelt och kostnadseffektivt sätt kunna samla in heltäckande och tillförlitliga data om läge, storlek och form på gjorda avverkningar samt tidpunkt för när avverkningen utfördes.

Uppskatta röjningsbehov

Röjning är en skogsskötselåtgärd där tillväxtresurserna näring, vatten och ljus frigörs och styrs till de träd som bedöms ha bäst förutsättningar att uppfylla uppställda mål. Detta gäller såväl ur ekonomisk- som ur natur- och kulturmiljösynpunkt.

Att inte röja innebär bl a ökad skaderisk t ex toppbrott p g a snö och vind och försämrad kvalitetsutveckling. Vidare försämras den ekonomiska lönsamheten i framtida avverkningar och möjligheterna att välja den trädslagsfördelning som är önskvärd ur produktions- och naturvårdssynpunkt. Utebliven röjning får därför allvarliga negativa konsekvenser inte bara för den enskilde markägaren utan också för samhället i stort bl a beroende på ett försämrat förädlingsvärde på skogsråvaran.

Sedan 1990 har de röjda arealerna i Sverige minskat kraftigt. Det är därför troligt att det finns ett stort uppdämt röjningsbehov såväl inom den privatägda som inom den bolagsägda skogen. Idag finns det emellertid ingen bra och ekonomiskt genomförbar metod att bedöma röjningsbehovet för operativt bruk på distriktsnivå.

En annan viktig uppgift för projektet har därför varit att utveckla en sådan användbar metod. Vidare att undersöka hur sådan information om lövröjningsbehovet på bästa sätt kan utnyttjas i den operativa verksamheten.

Mål

Målet med projektet har främst varit att under 1997 ge de inblandade skogsvårdsstyrelserna en första introduktion och något djupare kännedom om satellitbilder och deras användning. Syftet har varit att skapa förståelse för hur bilderna kan användas och att lära ut tillvägagångssättet vid beställning och användning i ArcView samt hur data kan bearbetas för att ge ett önskat resultat.

Projektet har haft fyra delmål:

1. Förståelse för och erfarenhet av hur en grundläggande visuell tolkning av multispektrala data från satellit utförs.

2. Förstå teorierna bakom sk normaliserat vegetationsindex samt veta hur man konstruerar ett sådant. Känna till de möjligheter och begränsningar som ett normaliserat vegetationsindex har för bedömning av sannolikt lövröjningsbehov.

3. Förstå teorierna bakom sk förändringsanalys samt veta hur man konstruerar en förändringsbild. Känna till de möjligheter och begränsningar som förändringsbilder har vid användningen av dessa vid lagtillsynen kring avverkningsanmälningarna.

4. Användandet av satellitbilder för visuell tolkning, detektering av lövröjningsbehov samt uppföljning av avverkningsanmälningarna ska fungera och vara väl integrerat med övrig funktionalitet i Kotten®.

Satellitdata

Projektet som den här rapporten avser har gått under namnet *Användning av satellitdata*. I rapporten förekommer både beteckningen satellitbild och satellitdata. Trots det finns inte några direkta skillnader mellan satellitdata och satellitbilder. Det handlar snarare om ett sätt att betrakta informationen man får från satelliten.

Med en satellitbild menas därför en bild som man betraktar med ögonen antingen på en dataskärm eller en utskrift. Ingen direkt bearbetning sker av det man ser. Med satellitdata menas däremot den information som satellitbilden består av. Informationen används som mätvärden istället för en bild och kan bearbetas och hanteras i datorn på många olika sätt av vilka vi har använt ett par i projektet.

Bildens uppbyggnad

Begreppet pixel är flitigt använt i rapporten vilket kan kräva en närmare förklaring. Ordet pixel kommer av engelskans *picture element* och med det menas den minsta enhet en bild är uppbyggd av. Man skulle kunna likna det vid att bilden är uppbyggd av ett stort antal kvadratiska celler. I var och en av dessa celler (pixlar) lagras ett nummer som representerar graden av registrerat ljus inom ett visst våglängdsband. Värdet motsvarar det ljus som reflekterats och sedan registrerats i satellitens sensorer.

11	13	21	55	8	7	21	24	26	33	44	38
14	16	19	31	6	8	19	18	24	30	39	44
19	20	51	48	62	53	49	17	12	33	51	55
25	26	61	52	71	74	80	66	15	27	46	57
31	33	58	61	50	64	81	77	21	23	26	50

Figur 1.1 Här visas ett exempel på hur en bild är uppbyggd av kvadratiska celler (pixlar). Värdet som visas i varje pixel motsvarar graden av registrerat ljus inom ett visst våglängdsband.

Graden av registrerat ljus varierar mellan olika våglängdsband och är beroende av vilken typ av objekt som registreras. En ung, tät lövskärm ger t ex höga värden i det infraröda våglängdsbandet och jämförelsevis låga värden i de gröna och röda banden. Ett område med blottad mineraljord ger höga värden i alla tre våglängdsbanden medan däremot vatten ger motsvarande låga värden.

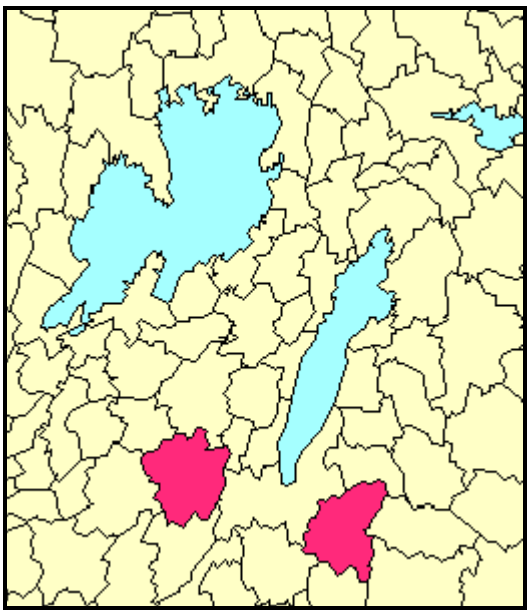
Upplösning

Geometrisk upplösning är det avstånd som en sida av pixeln representerar på marken. Spektral upplösning är det antalet våglängdsband som registreringen görs i. I projektet har data från Spotsatelliten används där den geometriska upplösningen är 20 meter medan den spektrala upplösningen är tre band (grönt ljus, rött ljus respektive nära-infrarött ljus)

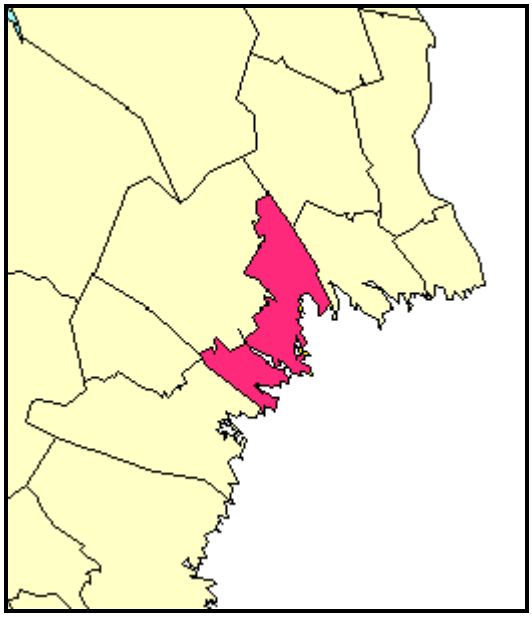
INDATA

Projektområden

Tre försöksområden på skilda platser i landet har valts ut. Det första i skogsvårdsstyrelsen i Norrbotten (Luleå kommun), det andra i skogsvårdsstyrelsen i Västra Götaland (Ulricehamns kommun) och det tredje i skogsvårdsstyrelsen i Jönköping/Kronoberg (Nässjö kommun).



Figur 2.1 Projektets båda södra områden, Ulricehamns respektive Nässjö kommuner.



Figur 2.2 Projektområdet i Norrbotten, Luleå kommun.

Norrbotten valdes för deras goda kompetens inom satellitfjärranalysområdet och för möjligheten att få tester utförda i norra delen av landet. De övriga två projektområdena valdes också med anledning av kompetens men även för den geografiska närheten till Skogsstyrelsens kontor i Jönköping. Samtidigt var det en målmedveten satsning på Götaland, eftersom användningen av satellitdata i denna delen av landet har varit relativt liten och tilltron till dess användbarhet varit låg.

Satellitdata

Multispektralt data från Spotsatelliten (Spot3) har genomgående använts i projektet. De olika kanalerna som registrerar våglängdsbanden i denna satellit benämns XS1, XS2 respektive XS3.

Kanal	Våglängd	Beskrivning
XS1	0,5 - 0,59µm	Synligt grönt ljus
XS2	0,61 - 0,68µm	Synligt rött ljus
XS3	0,79 - 0,89µm	Nära Infrarött ljus

Tabell 2.1 Egenskaperna för ljuskänsligheten i Spotsatellitens multispektrala sensor (XS).

Så långt det var möjligt användes data från senaste vegetationssäsongen (1996) för att ha så färskt data som möjligt att jobba med vid analyserna. Ytterligare data från ett eller ett par år tillbaka i tiden införskaffades också för att göra det möjligt att tillverka en förändringsbild.

Område	Datum för satellitregistreringar
Ulricehamn	1995-07-28 och 1994-07-08
Nässjö	1996-07-26 och 1994-06-24
Luleå	1996-08-13 och 1993-07-30

Tabell 2.2 Satellitdatats registreringsdatum över vart och ett av försöksområdena i projektet.

Satellitdatat precisionskorrigerades av SSC Satellitbild AB i Kiruna och levererades scenvis på CD-ROM till såväl Rymdbolaget, Skogsstyrelsen som de medverkande skogsvårdsstyrelserna. För att få sk ortokorrigerade data korrigerades bilderna m h a Lantmäteriverkets höjddata. Höjdförskjutningsfelen kunde därför hållas till ett minimum och förutsättningarna bli de bästa för geografisk överensstämmelse med övriga kartdata.

Digital kartinformation

Bland diverse kartinformation är det framför allt digitala produkter av topografiska och ekonomiska kartan som använts.

Topografiska kartans ytinformation användes till att framställa en sk skogsmask över respektive område. Med detta menas en digital karta där ytinformationen delats in i två klasser; områden med skogsmark respektive områden utan skogligt intresse. Undantaget är försöksområdet i Norrbotten där digitala blå-kartan kunde användas för framställning av denna skogsmask.

Ekonomiska kartan i rasterform användes inför diverse fältbesök och för allmän orientering vid analys i ArcView (se mjukvaror nedan).

Fältdata

Fältbesök har gjorts på samtliga områden för både kontroll av avverkade ytor som upptäckts genom förändringsanalysen, och förmodade röjningsobjekt framtagna genom analys av ett vegetationsindex. Dessutom har kompletterande fältbesök gjorts för att utröna diverse problem som upptäckts under de tidigare fältkontrollerna. Vid dessa kompletterande besöken har även en DGPS använts för positionering och datainsamling.

Val av ytor för fältkontroll

För fältkontroll valdes sex ekonomiska kartor ut subjektivt inom varje projektområde så att de var jämt fördelade över området. Inom varje kartblad lades därefter nio kontrollpunkter ut systematiskt. Den hyggesyta eller lövröjningsyta som låg närmast kontrollpunkten valdes till kontrollyta.

Vissa fältdata har samlats in, i ett område norr om Nässjö, för att utgöra kalibreringsdata för sk klustring av skillnadsbilderna.

Mjukvaror

I huvudsak är det ArcView version 3.0 med tillägget Spatial Analyst som har använts för att behandla och analysera satellitdatat. Microsoft Access version 7.0 har använts för lagring av databasinformation och Microsoft Excel version 4.0 för diagram hantering. SkoGIS programvaran har använts för både matchning av de ingående satellitbilderna och för framställning av förändringsbilderna på Rymdbolaget. Programmet är ett DOS program och är utvecklat av Olle Hagner och Professor Håkan Olsson vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Programmet kan fritt hämtas hem via Internet på följande adress:
http://www-umea.slu.se/eng/dept/geom/fjarr/ny/index.htm

FÖRÄNDRINGSANALYS

Metodutvecklingen inom projektet har haft som mål att få fram metoder som är praktiskt och operationellt tillämpbara för skogsvårdsstyrelsernas distrikt. Meningen har alltså inte varit att ta fram metoder som är de mest sofistikerade. Måttot har snarare varit att *göra det så enkelt som möjligt* utan att för den skull göra avkall på för resultatet avgörande faktorer. Det finns inom fjärranlysområdet ett flertal metoder för att både skatta lövandelar och att hitta skogsavverkningar. Dessa båda områdena inom satellitfjärranalysen tillhör några av de mest undersökta och är kanske också de som snabbast kan komma till operativ användning. Likafullt så finns det inom Skogsvårdsorganisationen ännu idag ingen sådan operativ tillämpning som enkelt kan användas av distriktspersonal. Detta är bakgrunden till och motivet för att som den nedan beskrivna metodutvecklingen har genomförts.

Allmänt om förändringsanalys

Kartering av nyupptagna hyggen med hjälp av satellitdata tillhörde de första skogliga tillämpningsförsöken av satellittekniken. Då, vid slutet av 70-talet, var det Landsat MSS data som var aktuellt[1]. Den geometriska upplösningen var 79 meter vilket inte riktigt var tillräckligt för att en operativ tillämpning skulle vara möjlig. Idag finns det betydligt fler satelliter tillgängliga och med betydligt bättre upplösning.

Just därför att satellitbilderna är digitala är det relativt enkelt att framställa sk förändringsbilder som visar förändringarna över ett område från ett tillfälle till ett annat. Man använder varje enskilt bildelement, s.k. pixel, i de båda bilderna och ser hur pass stor skillnaderna är i värdena från det ena till det andra tillfället.

Förändringsbilden kan bestå av ett eller flera band, beroende på vilka satellitdata man använder sig av och på vilket sätt man vill presentera informationen. I projektet har förändringarna för varje enskilt band beräknats vilket också innebär att förändringsbilden liksom ursprungsbilderna har tre spektralband. Förändringsbildens band redovisar därför skillnaderna i synligt grönt ljus, synligt rött ljus respektive skillnaderna i nära-infrarött ljus.

Tillverkning av förändringsbilder

Att framställa en förändringsbild är en relativt enkel manöver. Den ena bildens pixelvärden subtraheras från den andra i någon form av bildbehandlingssystem och ett normaliseringsvärde adderas (vanligtvis 127). Resultatet av subtraktionen och adderingen av normaliseringsvärdet är förändringsbilden:

Ny - Gammal + 127 = Förändring

Subtraktionen *Ny - Gammal* kan resultera i negativa värden. Så är t ex fallet för rött ljus när ungskog växer. Utan normaliseringsvärdet skulle dessa förändringar enbart redovisas som värdet *noll* i de flesta bildbehandlingssystem och alltså inte ge det utslag i förändringsbilden som man är ute efter. Värdet 127 kommer av att det är mitt emellan 0 och 255, där 255 är det maximala gråvåvärdet som förändringsbilden kan anta.

Förutsatt att de ingående bilderna har god passning så ligger svårigheterna i förändringsanalysen oftast i att få förändringarna att vara så korrekta som möjligt, dvs. normal skoglig tillväxt mellan de båda registreringarna ska inte ge upphov till förändringar utan enbart markanta förändringar ska framträda i förändringsbilden. För att åstadkomma detta krävs att bilderna är normaliserade (matchade) mot varandra innan subtraktionen görs. I Projektet har sk Iterativ histogrammatchning använts för att göra denna normalisering[2].

De förändringsbilder som har använts i projektet har tillverkats av Rymdbolaget m h a programvaran SkoGIS med en implementerad teknik för sk iterativ histogrammatchning.

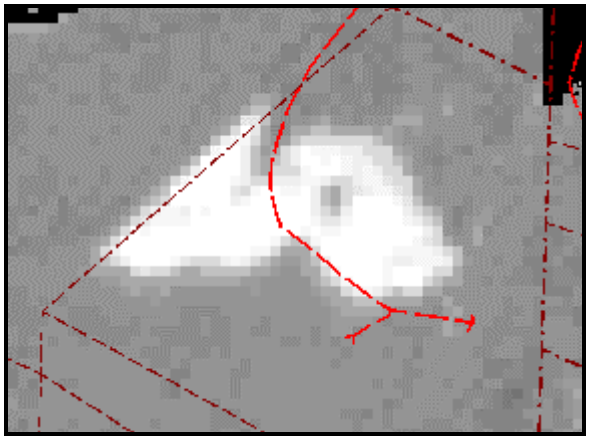
Iterativ histogrammatchning

Iterativ histogrammatchning bygger på att man upprepar (itererar) en vanlig histogrammatchning men inför varje matchning så tas pixlar med stora differenser bort. En sådan upprepning leder så småningom till att man har en överföringsfunktion som grundar sig på de pixlar som har förändrats minst mellan de båda bilderna. Tekniken är utvecklad vid SLU i Umeå och finns implementerad tillsammans med tillverkningen av själva förändringsbilden i SkoGIS.

Förändringsbilder

Förändringsbilden åstadkoms genom att den äldsta bildens pixlar dras från den färskaste. Detta för att t e x avverkningar ska uppträda som ljusa objekt i den resulterande förändringsbilden när man tittar på förändringar i något av de visuella kanalerna.

Nedan visas ett exempel på en förändringsbild baserad på förändringarna i det synligt röda ljuset (nyXS2 - gammalXS2). Överlagrat är ekonomiska kartans vägar och fastighetsgränser.



Figur 3.1 Exempel på förändringsbild där en slutavverkning tydligt visar sig som ljusa pixlar i förändringsbilden. Omgivande skog är i stort sett oförändrad med jämngrå pixlar.

Hyggesskikt

Om man söker efter enbart de avverkade ytorna är förändringarna i det synligt röda ljuset lämpligt att analysera. Genom att använda sig av sk tröskling i en sådan bild kan man alltså plocka fram en ny bild som enbart består av två klasser; *Hyggen* och *Ej hyggen*.

Vid en tröskling bestämmer man, genom att titta i bilden, vid vilken gråvärde gränsen ska sättas för vad som kan betraktas som hygge eller inte. Fr o m denna gråvärde och uppåt anses pixlarna vara hygge medan de nedanför denna gräns ej anses vara hygge. Den nya bild som är resultatet av denna tröskling kallar vi *Hyggesskikt*.

Detta sk hyggesskikt kan filtreras på så sätt att man sätter ett minimikrav på vilken areal den minsta sammanhängande yta måste ha. Genom detta förfarande får man bort *småpixlar* som stör fortsatta analyser. I projektet sattes denna gräns till 0,4 ha dvs. 10 pixlar á 20 x 20 meter.

Hyggets karaktär

Det finns ett intresse från SVOs sida att kunna följa den fortsatta utvecklingen på de upptagna hyggena. En av de mest grundläggande uppgifterna för organisationen är att se till att rätt föryngringsmetod används så att ett godkänt återväxtresultat uppnås i tid. I avverkningsanmälningarna lämnar skogsägaren information om vilka föryngringsåtgärder som ska vidtagas. Ska området planteras, föryngras med hjälp av s.k. naturlig föryngring eller sker det på något annat sätt?

En hypotes är att det med satellitfjärranalys går att avgöra hyggets karaktär, t.ex. finns tillräckligt med fröträd sparade för att en naturlig föryngring ska kunna fungera. Metoden för detta bör vara enkel, snabb och inte kräva några större operatörsinsatser för att fungera.

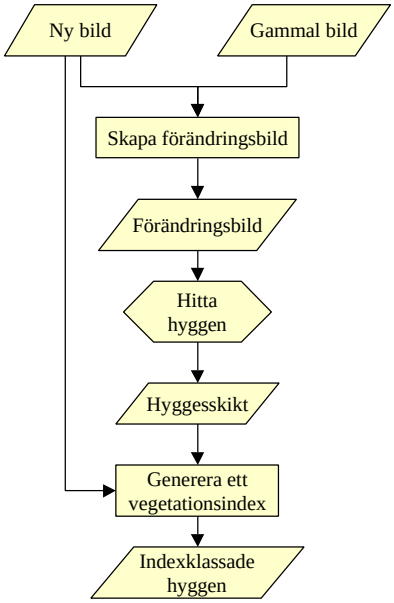
Klustring

Ett möjligt sätt att ta fram hyggets karaktär är genom att de multispektrala förändringsbilderna klustras med hjälp av sk ostyrd klassning. Vid en ostyrd klassning ombeds ett bildbehandlingsprogram att dela in bildens pixlar i ett visst antal kluster. Dessa kluster, som spektralt sett är statistiskt åtskilda, måste därefter tilldelas någon form av identitet för att kunna användas på ett konkret sätt. Detta kräver kalibrering mot kända fältytor.

Klustringen av förändringsbilderna i projektet utfördes endast under en mask som bestod av *hyggesskiktet*.

NDVI

Ett annan möjligt sätt att ta fram hyggets karaktär på gjordes genom att låta hyggesskiktet återigen utgöra mask och under denna mask, från den senaste satellitregistreringen beräkna ett sk *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI se kapitlet Vegetationsindex för närmare beskrivning). Indexet delades sedan in i tre huvudklasser som i sig uppdelades i tre underklasser. De nio intervallen redovisas i tabell 3.1 nedan.



Figur 3.2 Schematisk bild över framställningen av de indexklassade hyggena. Notera att den senaste bilden används två gånger i processen.

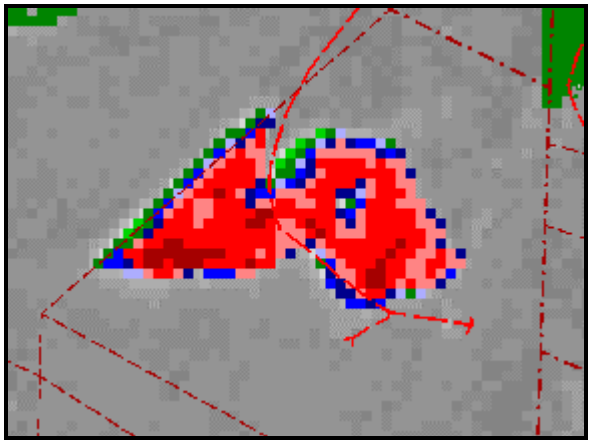
De nio intervallen kalibrerades mot kända hyggen av olika karaktär och färgsattes enligt tabellen nedan.

NDVI	Färg	Klass
0 - 0,1	Mörkröd	Kalmark
0,1 - 0,15	Röd	Kalmark
0,16 - 0,20	Ljusröd	Kalmark
0,21 - 0,24	Mörkblå	Grupper av träd
0,24 - 0,28	Blå	Grupper av träd
0,29 - 0,31	Ljusblå	Grupper av träd
0,32 - 0,45	Mörkgrön	Fröträdsställning
0,46 - 0,60	Grön	Fröträdsställning
> 0,60	Ljusgrön	Fröträdsställning

Tabell 3.1 Tabellen visar hur det över hyggen framställda vegetationsindexet (NDVI) från den färskaste satellitbilden delades upp i nio klasser.

De nio klasserna användes för att bättre återge den naturliga variationen som finns på hyggen. Skulle det varit bara tre klasser finns ingen möjlighet att regionalt justera in en klass om den hamnat lite felaktigt.

De NDVI-klassade hyggena presenterades ovanför förändringsbilden tillsammans med information från ekonomiska kartan.



Figur 3.3 Bilden visar en klassning av vegetationsindex över ett hygge. Överlagrat bilden syns ekonomiska kartans vägar och fastighetsgränser. Observera den blå färgen längs hyggets kant och inuti hyggets högra del där träd sparats i ett fuktparti.

Fältkontroll av hyggeskaraktär

Inom varje försöksområde valdes 54 hyggen ut för fältkontroll. För varje hygge noterades ett antal uppgifter som syftade till att ge en så god beskrivning av hygget som möjligt. Uppgifterna var, förutom diverse läges- och identifieringsdata, *ägoslag*, *hyggestyp*, *kvarvarande stammar* samt *trädslagsfördelningen*. Se bilaga 1.

Hyggestypen beskrevs med en för ändamålet särskild kod där karaktären på ytan delades in i sju typer. Se tabell 3.2 nedan för en utförlig beskrivning.

Kod	Beskrivning
1	Slutavverkning utförd. Inga överståndare eller fröträd har lämnats inte heller några grupper av träd eller buskar. Ytan är i stort sett kalavverkad.
2	Slutavverkning utförd. Träd eller grupper av träd och buskar har lämnats. (Ojämnt fördelade)
3	Slutavverkning utförd. Fröträd eller skärmställning har lämnats. (Jämnt fördelade).
4	Avverkning av överståndare, fröträd eller skärmställning.
5	Gallring utförd.
6	Röjning alternativt röjningsgallring utförd.
7	Annat

Tabell 3.2 Tabell med beskrivning av de olika hyggestyperna som de fältkontrollerade hyggena delades in i.

Informationen från fältkontrollerna matades in i en Accessdatabas och kunde därefter analyseras tillsammans med bildmaterialet. Vid analysen beräknades för respektive objekt arealen av varje NDVI-klass. Objekt tilldelades sedan den klass som representerade den största arealen. Detta resultat jämfördes sedan med den i fältkontrollen observerade karaktären.

Figurläggning och arealmätning

Att hitta hygget är en sak, det behöver man i princip inte göra en förändringsanalys för, en annan sak är att figurlägga det och beräkna arealen. Vid figurläggningen måste man beakta ett flertal saker som påverkar hyggets avgränsning och därmed också arealen.

Teoretiskt sett så kan man göra förändringsanalyser så snart det finns bilder att tillgå, i stort sett en gång i veckan om inte moln sätter hinder i vägen för satellitregistreringarna (vilket de i praktiken gör). Man skulle då kunna få en mycket bra datering av avverkningen samt risken för sammanblandning av flera intilliggande hyggen skulle kunna hållas till ett minimum. I praktiken fungerar inte detta p g a ekonomiska begränsningar. Det blir helt enkelt för dyrt att köpa så mycket bilder. Istället få man nog i bästa fall hålla tillgodo med en bild per år, eller en vartannat år.

Stöd från ekonomiska kartan

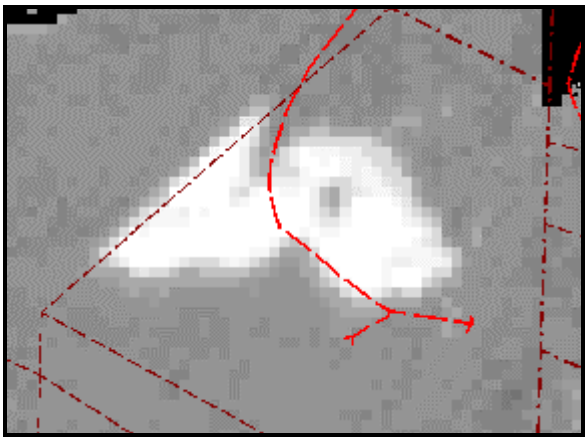
Risken för sammanblandning av flera avverkningar kan man minska genom att lägga den ekonomiska kartan på förändringsbilden. Genom att man i den ekonomiska kartan ser fastighetsgränser och vägar, har man lättare för att avgöra om en avverkad yta t.ex. hör hemma på en eller flera fastigheter. Samtidigt får man också det stöd man kan behöva för

att figurläggningen av beståndet ska bli så korrekt som möjligt.

Varierande solbelysning i bilden

Solen står normalt i syd när satellitdata registreras. Var den mera exakt befann sig vid registreringen kan man få reda på genom att titta i den sk *Raster Source File* (.rs*) som följer med satellitdata från SSC Satellitbild. Där finns uppgifter om solvinkel och solhöjd för varje bild.

Den praktiska betydelsen av solens läge är att en avverkning där äldre skog finns kvar runt om ytans kanter måste tolkas olika. Avverkningen kommer skenbart att vara något förstorad diagonalt mot solen, dvs. mot norr. En skuggeffekt finns även i den södra delen av avverkningen men är inte lika markant. Till skillnad mot flygbilder har satellitbilder normalt inga effekter orsakade av motljus utan ljuset kommer som regel alltid från en och samma riktning.



Figur 3.4 Bilden visar hur solbelysningen får varierande effekt på hyggets storlek. Fastighetsgränsen i hyggets nordvästra del är den korrekta gränsen för hygget. Den ökade solinstrålningen längs hyggeskanten har gjort att avverkningen ser ut att ha skett på den angränsande fastigheten.

För att figurläggningen ska bli så korrekt som möjligt bör man därför inte enbart basera figuren på förändringsbilden utan även använda sig av den färskaste satellitbilden. Då kan man enkelt se om äldre skog finns kvar längs avverkningens kanter och på så sätt avgöra om hänsyn måste tas till varierande solbelysning . För övrigt så ger alltid ursprungsbilderna ett värdefullt stöd vid figurläggningen varför de alltid bör observeras innan figurläggningen anses färdig.

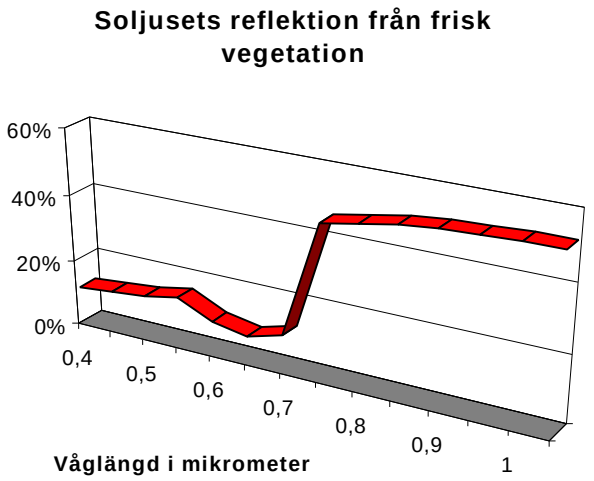
VEGETATIONSINDEX

Vegetationsindex är ett samlingsnamn för en mängd olika värden som genereras genom någon form av kombination av olika spektralband i t ex satellitdata. Dessa värden kan ha ett samband med mängden vegetation för en given pixel. Litteraturen pekar på att dessa vegetationsindex generellt snarare är baserade på empiriska samband än på biologi, kemi eller fysik. Man bör hålla det i minnet när man arbetar med dessa index. Det finns många olika vegetationsindex, allt ifrån enkla kvoter till mer sofistikerade beräkningar. Gemensamt för dem alla är att det finns empiriska samband mellan högt index och mycket vegetation. I projektet har detta utnyttjats på så sätt att höga index har ansetts innebära en hög andel lövträd och framför allt unga lövträd.

Allmänt om Vegetationsindex

Det finns många sätt att klassificera informationsinnehållet i en multispektral satellitbild. Ett utav dem är det sk vegetationsindexet.

Tanken med vegetationsindex grundar sig på det faktum att vegetation (i skogliga sammanhang fa. lövträd) reflekterar mycket NärInfraRött ljus (NIR) medan det synligt röda ljuset absorberas av klorofyllet i stor utsträckning. Man brukar räkna med att endast ca 10 % av det synliga ljuset, medan så mycket som 50% av det infraröda ljuset reflekteras, se figur 4.1. Följden blir att man genom att använda sig av förhållandet mellan NIR och rött ljus kan, något förenklat sett, avgöra hur mycket lövträd det finns över ett visst område.



Figur 4.1 Diagrammet visar hur mycket av det inkommande solljuset som reflekteras av frisk vegetation. Endast ca 10% av det synliga ljuset (< 0,70 µm) medan så mycket som ca 50% av det infraröda (> 0,75 µm) reflekteras tillbaka.

Det korrekta sättet att ta fram vegetationsindexet på kräver att beräkningar görs på sk radiansvärden, men eftersom de, kan vara lite svåra att få tag i brukar användandet av satellitdatats pixelvärden vara en någorlunda bra approximation. Det är också vad som har använts i detta projektet.

NDVI

Det kanske mest kända vegetationsindexet kallas för *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI). Ofta är det detta man menar när man säger vegetationsindex. Det beskrevs första gången 1973 av *Rouse et al*[3] och har sedan dess använts i många olika sammanhang. Konceptet som sådant beskrevs dock redan 1969 av *Kriegler et al*[4] Kanske är det mest känt för att vara ett index som man använder för att studera vegetationsförändringarna över större regioner m h a lågupplösande satellitdata. Trots det är det inget i teorierna som hindrar att man använder det tillsammans med högupplösande satellitdata.

Så som namnet antyder så är det ett index som utnyttjar differensen mellan andelen reflekterat synligt rött ljus och nära infrarött ljus. Normaliseringen sker genom att differensen divideras med den totala mängden reflekterat ljus.

$$NDVI = \frac{NIR - Rött}{NIR + Rött}$$

Konstruktionen av indexet medför att dess värden kommer att pendla mellan -1 och +1. En yta med hög andel vegetation, där reflektionen av NIR-ljus är hög samtidigt som det röda ljuset absorberas i stor utsträckning kommer därför att närma sig +1 medan en yta med t e x vatten återfinns i området nära -1 p g a att NIR-ljuset i stort sett inte reflekteras alls.

IPVI

Infrared Percentage Vegetation Index beskrevs första gången 1990 av *Crippen*[5] som ett sätt att både snabba på beräkningarna av indexet och att spara lagringsutrymme. Funktionellt sett är det ingen skillnad mellan IPVI och NDVI. De vilar på samma teoretiska bakgrund och ger samma resultat. Indexet kommer att löpa mellan 0 och 1 vilket gör att man slipper hantera de stundtals besvärliga negativa talen.

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + Rött}$$

På samma sätt som med NDVI får områden med mycket vegetation höga index (de närmar sig 1) medan de riktigt låga indexen uppträder i områden med mycket vatten (de närmar sig 0). Sambandet

mellan NDVI och IPVI kan därför enkelt beskrivas med följande formel:

$$IPVI = \frac{NDVI + 1}{2}$$

Generellt sett så ska det alltså gå snabbare att beräkna IPVI eftersom man slipper en subtraktion av Rött i täljaren. Detta är förmodligen sant så länge man strikt följer formeln. I praktiken lägger man till ytterligare två beräkningar; multiplicering med 100 och omräkning till heltal enligt följande formel:

$$IPVI = \text{int}(\frac{NIR * 100}{NIR + Rött})$$

De två extra beräkningarna leder istället till att extra kraft krävs vid beräkningen men trots det överväger fördelarna. Lagringsutrymmet kan minskas väsentligt genom att heltalen kan lagras minnessnålare men också genom att detta data också går att komprimera på ett enkelt sätt. Samtidigt blir hanteringen i ArcView något enklare och mer tillförlitlig när brytpunkten skall bestämmas.

Index från olika satellitsensorer

Som NDVI och IPVI är definierat så använder man sig av information från NIR och rött ljus. Den informationen hittar man vanligtvis i de flesta satelliters multispektrala sensorer. Nedan redovisas en tabell (tabell 4.1) som åskådliggör från vilka kanaler man hämtar NIR och Rött ljus från några olika satellitsensorer.

Sensor	NIR kanal	Röd kanal
Spot HRV	XS3	XS2
Landsat5 TM	TM4	TM3
Landsat5 MSS	MSS4	MSS2
Noaa AVHRR	AVHRR2	AVHRR1
JERS-1 OPS	OPS3	OPS2

Tabell 4.1 Tabellen visar några exempel på satellitsensorer och vilka kanaler som används för att beräkna ett vegetationsindex.

Implementering i ArcView

I version 3.0 av ArcView finns ett tillägg som kallas *Spatial Analyst* med vilket det är möjligt att utföra en del enklare bildbearbetningsfunktioner trots att det inte är något bildbearbetningssystem. All rasterhantering i Spatial Analyst sker i ett format som programvaruföretaget ESRI inc benämner GRID. En konvertering till detta format måste därför först ske innan analysarbetet kan påbörjas. Fördelen med Spatial Analyst är att rasterhanteringen är mycket välintegrerad med övriga funktioner och data i ArcView, vilket också gör att det är relativt enkelt att sambearbeta data oberoende av dataformat. När det gäller användningen av satellitdata är detta mycket betydelsefullt.

För beräkning av NDVI användes följande formel i Spatial Analyst *Map Calculator*. (Förutsatt ett Grid benämnt *XS2* och ett annat benämnt *XS3.)*

$$([XS3] - [XS2].float) / ([XS3] + [XS2])$$

För beräkning av IPVI användes följande formel i Spatial Analyst *Map Calculator*:

$$(([XS3].float / ([XS3] + [XS2])) * 100).\text{int}$$

Skogsmask

Skogsmasken är en viktig komponent när man försöker uppskatta lövförekomsten m h a vegetationsindex. Utan en mask som definierar var skogsmarken är kommer t ex områden med jordbruksgrödor eller betesmarker att framstå som områden med mycket löv. Det underlättar alltså väsentligt om man har tillgång till en skogsmask.

Kontraststräckning

Satellitdata som levereras i digital form är endast i undantagsfall kontraststräckt. Utan kontraststräckning visas bildens gråvärden på skärmen ungefär som de från början registrerats av satelliten. Resultatet är en mycket mörk och tillsynes innehållslös bild. En kontraststräckning översätter originalvärdena till nya betydligt ljusare som gör det möjligt att upptäcka relativt små nyansskillnader i skogen där det t.ex. finns en högre andel lövträd.

Uttrycket kontraststräckning kommer av att man sträcker ut eller ökar den dynamik som från början fanns i bildens gråvärden så att man kan utnyttja hela färgskalan som står till förfogande på t.ex. en dataskärm.

Kontraststräckningen tillhör ett utav de viktigaste och samtidigt bland det mest subjektiva moment som måste göras med en bild innan man kan börja utnyttja den för visuell tolkning. För framställandet av ett vegetationsindex behövs ingen kontraststräckning men för att kunna tolka resultatet krävs däremot en bra sträckning.

Sträckningen kan antingen permanentas i bilden eller lagras i en separat fil som utgör en översättning från original värdena till de värden som ska visas på skärmen. Lagringen till en fil är att föredra eftersom man då alltid har möjlighet att förbättra sträckningen när behovet uppstår. Samtidigt har man inte "förstört" originalbilden utan kan använda den för många olika ändamål.

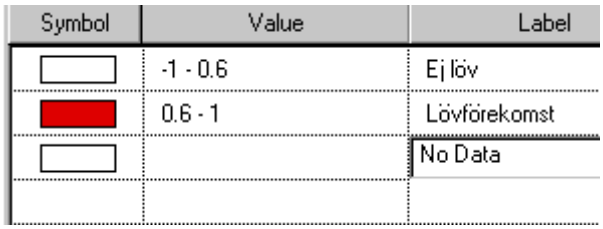
Att lära ut hur man gör en bra kontraststräckning är inte enkelt. Dock finns det en bra tumregel; Välj ut ett område i bilden som har en blandning av olika objekt. Sträck därefter bilden så att vatten blir mycket mörkt medan bebyggelse och grustag blir ljusa.

Bestämning av brytpunktsvärde

Det svåraste momentet, och för den delen också det viktigaste, under hela processen med att försöka hitta lövförekomsten m h a vegetationsindex är själva bestämningen av brytpunkten i vegetationsindexet. Med brytpunkt menas det värde i vegetationsindexet fr o m vilket lövförekomsten anses framträda. Värden under detta index anses inte indikera en tillräcklig lövförekomst.

Brytpunkten kan variera mycket. Den är inte densamma från en bild till en annan och varierar med säsong och växtlighetens utvecklingsgrad. Den kan t o m variera inom en och samma satellitbild.

Brytpunkten tas fram genom att pröva olika brytpunktsvärden och jämföra resultaten mot bilden genom visuell tolkning. I ArcView är detta möjligt genom att klassificera NDVI-bilden i två klasser. En klass *Lövförekomst* med objekt med indexvärden ≥ *brytpunkten* och den andra klassen *Ej löv* med objekt med indexvärden mindre än vald brytpunkt. Den sistnämnda klassen görs sedan genomskinlig, se figur 4.2.



Figur 4.2 Bilden visar klassificering av en NDVI-bild med brytpunkten satt till 0.6 (motsvarande IPVI-bild har brytpunkten vid 80). Klassen *Lövförekomst* kommer att visas på skärmen med den inställda symbolfärgen medan klasserna *Ej löv* och *No Data* har gjorts genomskinliga.

Nu gäller det att man har en bra kontraststräckning av satellitbilden för nu måste den tolkas. När klassningen av lövförekomsten visas ovanpå satellitbilden ska områden med stor andel löv täckas av de objekt som utgör klassen *lövförekomst* enligt exemplet ovan. Förfarandet kräver att man kan tolka satellitbilden och att man har en viss lokalkännedom.

De brytpunktsvärden som användes i projektet presenteras i tabell 4.2 nedan.

Område	Brytpunkt NDVI	Brytpunkt IPVI
Ulricehamn	0,60	80
Nässjö	0,57	79
Luleå	0,47	74

Tabell 4.2 Tabellen visar de brytpunkter som valdes inom respektive område. För jämförelsens skull är både värden för NDVI och IPVI redovisade.

Arealkrav

De ytor som framträder efter det att man har bestämt brytpunkten kommer att variera i storlek. Från ytor som består av endast en pixel till ytor som är mycket stora. De små ytorna vill man som regel ta bort från det fortsatta arbetet varför ett minsta arealkrav måste sättas. Detta kan göras på flera sätt bl a genom att låta alla sammanhängande pixlar bilda en unik yta. Bland alla dessa unika ytor väljs de ut som består av tillräckligt många pixlar. Dessa utvalda ytor konverteras sedan till ett vektorformat (Shape-filer i ArcView).

Nackdelen med arealkravet är att för små ytor som ligger nära varandra inte kommer med trots att de egentligen borde göra det om man betänker deras sammanlagda areal. Man kan tänka sig ett hygge där lövuppslaget har kommer upp fläckvis. Varje enskild sammanhängande yta är mindre än arealkravets gräns men tillsammans utgör alla fläckar en betydande areal. För att kunna komma runt detta måste man i förväg känna till ett hygges avgränsningar för att sedan studera summan av arealerna för varje sammanhängande yta inom denna avgränsning.

I projektet sattes minimiarealen till 0,28 ha. Med en pixelstorlek på 20 x 20 meter motsvarar denna areal sju stycken pixlar.

Fältkontroll av lövförekomst

På samma sätt som för förändringsanalysen valdes 54 kontrollytor ut inom varje försöksområde. För varje yta noterades en antal parametrar vars syfte var att ge så god beskrivning av ytan som möjligt. Fältblanketten finns redovisad i bilaga 2.

Orsakskoder

En av de viktigaste uppgifterna i fält var att med en kod beskriva orsaken till att ytan hade fått ett högt vegetationsindex. Åtta olika orsakskoder fanns att välja mellan. Se tabellen nedan för utförlig beskrivning.

Kod	Beskrivning
1	Lövträd
2	Gräs
3	Örtvegetation
4	En blandning av gräs och örter
5	Gröda
6	Annat
7	En blandning av löv, gräs och örter
8	En blandning av löv och gräs

Tabell 4.3 Tabell med beskrivning av de olika orsakskoderna som de fältkontrollerade provytorna delades in i.

Informationen från fältkontrollerna matades in i en Accessdatabas för vidare analyser.

RESULTAT AV FÖRÄNDRINGSANALYS

De resultat som presenteras nedan grundar sig f a på det material som använts i projektet samt fältarbete som utförts. Information har dessutom hämtats från litteratur och diskussioner med sakkunniga på Rymdbolaget.

Att hitta hyggen med hjälp av förändringsbilder vet man sedan tidigare fungerar. I en rapport[6], som gemensamt presenterades av Rymdbolaget och Skogsstyrelsen 1988, redogörs för ett försök i Småland som syftade till att se hur väl hyggen kunde karteras från Spotsatelliten. Försöket föll väl ut och slutsatsen blev att Spot pankromatiskt data utgjorde ett tillräckligt bra material för den här typen av kartering. Man fann att 97% av alla hyggen större än 0,5 ha blev registrerade och att arealen på dessa överskattades med 3%. Målet med det här projektet har därför inte varit att på nytt se om hyggen kan upptäckas och arealmätas utan att mera konkret gå in på hur informationen framtagen ur satellitdata ska kunna användas operativt.

Förändringsbilden

Det råder inget tvivel om att förändringsbilderna visar var hyggen har tagits upp. Problematiken ligger nog knappast i om de går att upptäcka eller inte, utan snarare står de att finna i de fel som orsakas av en ofullständig skogsmask. Risken är uppenbar att de förändringar som man ser härrör från förändringar utanför skogsmark. Detta kan i och för sig vara av intresse när man vill kunna följa en förändring av ett helt landskap.

Gallringar är det dock lite svårare att upptäcka. Tidigare forskning (Olsson 1994) visar att det krävs ett kraftigt ingrepp för att det ska ge utslag i förändringsbilden.

Utan att ha jämfört olika tekniker för framtagning av förändringsbilder kan vi ändå konstatera att iterativ histogrammatchning ger ett tillräckligt bra resultat för hyggen. Effekten av en normal föryngringsavverkning är så pass stor att det förmodligen inte behövs någon matchning av originalbilderna för att hygget ska kunna upptäckas. Däremot krävs nog matchningen för att även svagare och mer subtila skillnader, t ex gallringar, ska kunna upptäckas.

Hyggesskikt

Rymdbolaget har använt sig av ett bildbehandlingssystem (*Erdas Imagine*) vid framställningen av hyggesskiktet, den sk trösklingen. Handhavandet har därmed varit ganska enkelt. Att göra samma sak m h a ArcViews *Spatial Analyst* modul är tyvärr inte lika enkelt. Så är ju inte heller tilläggsmodulen *Spatial Analyst* någon bildbehandlingsprogramvara utan ett system för hantering och analys av data i rasterformat. Skillnaden är egentligen bara att det i ArcViews *Spatial Analyst* tar lägre tid och inte är lika intuitivt, men å andra sidan så får man ett resultat som direkt går att använda i den fortsatta analysen i ArcView.

Hyggesskiktets användbarhet

Hyggesskiktet är en nödvändighet för att kunna utföra många av de analyser som enbart görs på hygget. Utan hyggesskiktet skulle t.ex. klustringen och framställningen av ett vegetationsindex på enbart hyggen vara i det närmaste omöjligt. Däremot visar användningen av skiktet att det inte representerar hela sanningen när det gäller gränsdragningarna och därmed arealen. Till detta bör man därför utnyttja även de ingående originalbilderna. Trots det så är frågan om man inte kan utnyttja hyggesskiktet för att automatiskt skapa hyggesfigurerna inte helt obefogad. I många fall är dessa gränser fullt acceptabla.

När det gäller mindre utglesningar kan det dock bli problem. Skillnaden mellan täta granskärmar och kraftiga gallringar kan bli svår att detektera och måste studeras vidare innan metoden är fullt operationell. Förändringsbilden kan fungera som stöd men för en tematisk bild krävs vidare utvecklingsinsatser.

Hyggesanalys, klustring

I ett första försök att urskilja hur pass mycket stammar som fanns kvar på hygget klustrades förändringsbilderna. Detta gjordes under hyggesskiktet med hjälp av ostyrd klassning. Resultaten blev visserligen en hel del kluster men också att dessa inte var de samma från bild till bild. En automatisk identifiering blev därför i praktiken omöjlig. De fortsatta försöken med klustring via ostyrd klassning avbröts därför. Möjligen skulle metoden kunna fungera ifall klustringen alltid gjordes på relativt stora områden där spridningen av data kan förväntas vara likartad från en förändringsanalys till en annan.

Hyggesanalys, vegetationsindex

Hyggesanalysen m h a ett vegetationsindex baserades på rött och nära-infrarött ljus från den senaste bland de i förändringsanalysen ingående bilderna.

Användningen av ett vegetationsindex i någon form kräver alltid en manuell kalibrering - detta för att resultaten ska bli någorlunda lika oberoende av vilken bild som används. Till skillnad mot ostyrd klassning finns det ändå ett viss likhet mellan indexen från en bild till en annan förutsatt att de atmosfäriska förhållandena är någorlunda lika. Detta gör att ett vegetationsindex kan anses vara någorlunda robust.

Resultat av ägoslagstillhörighet

Vid alla fältbesök har den kontrollerade ytans ägoslagstillhörighet registrerats. Detta ger ett mått på hur pass bra den kartmask varit som använts för att sålla bort all den mark som inte är skog. Av resultatet kan utläsas att som regel kommer även andra ägoslag än skog med.

Vattenytan i Nässjö var en igenväxt sjö medan inägomarken var brukade åkrar som inte fanns med i Topokartan. I Ulricehamn kom en motocrossbana med liksom en lekplats. I Luleå var det bl a en vägkorsning, nybyggda villor och ett grustag på skogsmark som gav utslag i förändringsbilden. Förändringarna i sig är ju korrekta men vi är inte intresserade av dem eftersom de inträffade på fel ägoslag.

Ägoslag	Nässjö	Ulricehamn	Luleå
Inägomark	3	1	3
Produktiv skogsmark	51	58	50
Vatten	1		
Övrig landareal	1	2	6
Alla ägoslag	56	61	59

Tabell 5.1 Tabellen visar på vilka ägoslag de för försöket utvalda provytorna hamnade.

Resultat från fältkontrollerna

Fältkontroller i Ulricehamn

Förändringsbilderna baserades på bildmaterial registrerat 1994 och 1995. Skillnaderna är alltså endast ett år gamla och man kan därför förvänta sig att en större andel av hyggena ska sakna någon form av nytillkommen hyggesvegetation. Fältbesöken har gjorts 1997, dvs. upp till tre år efter det att hygget har tagits upp. Detta borde trots tidsförskjutningen inte innebära några förändringar av resultaten. Hyggen som var kala 1994 är med största säkerhet också kala 1997. Däremot så skulle områden med fröträd kunna ha drabbats av stormfällningar så att de nu är mer eller mindre kala.

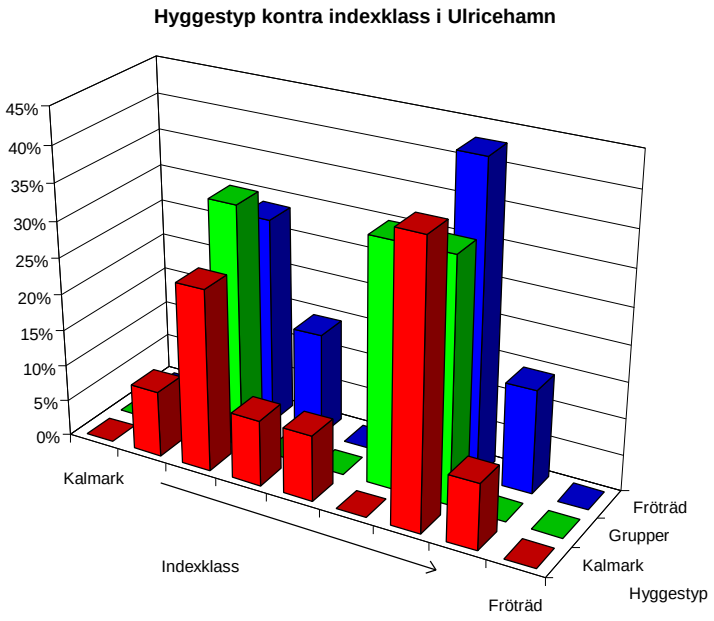
Av de från början 54 utvalda ytorna blev sju delade p g a. att det vid fältbesöket ansågs nödvändigt för att korrekt kunna beskriva ytan. Det totala antalet ytor som undersökningen baseras på är alltså 61 stycken i Ulricehamns kommun. Bland dessa 61 ytor har 54 tilldelats hyggestyperna *Kalmark*, *Grupper av träd* eller F*röträd*. Resultatet från fältbesöken redovisas i tabellen nedan med antalet provytor per vegetationsindexklass (även kallat indexklass).

	Klassificerat m h a vegetationsindex Kalmark ⟶ Fröträd						
Hyggestyp (fältkontr.)	**M. Röd**	**Röd**	**L. Röd**	**M. Blå**	**Blå**	**L. Blå**	**M. Grön**
Kalmark	4	11	4	4		17	4
Grupper		1			1	1	
Fröträd		2	1			3	1
Gallring						1	
Röjning						1	
Annat						2	

Tabell 5.2 Tabellen redovisar antalet fältkontrollerade ytor i Ulricehamn och deras fördelning på de olika hyggestyperna samt vegetationsindexklasserna. Indexklasserna i satellitbilden är indelade från *Mörk Röd* till *Mörk Grön* - vilket förväntades motsvara *Kalmark* till *Fröträd*. Prefixen M och L står för Mörk respektive Ljus. Diagrammet nedan redovisar den procentuella fördelningen för de tre första hyggestyperna.

Som framgår av tabell 5.2 är antalet observationer endast tillfredsställande i hyggestypen *Kalmark*. Övriga observationer är för få för att på ett tillförlitligt sätt kunna visa på någon trend.

Med tanke på att det är osäkert var gränsen ska gå mellan de olika indexklasserna, t ex mellan ljusrött och mörkblått, så bör man nog räkna med även de *Mörk Blå* och de *Blå* staplarna till klassen låga vegetationsindex (röda klassningar).



Figur 5.1 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.

Diagrammet ovan, figur 5.1, visar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklasserna har sitt ursprung i ett vegetationsindex framtaget ur den senaste satellitbilden som delats in i

nio indexklasser (se tabell 3.1). Provytornas hyggestyp har bestämts i fält.

Diagrammet (gäller såväl figur 5.1, 5.2, 5.3 som 5.4) ska läsas på så sätt att för varje hyggestyp avläses vilket resultat indexklassningen har givit. Jämförelsen visar att indexklassningen inte ger det stöd för klassificeringen av hyggestypen som var önskvärd. Hade indexklassningen stämt överens med den fältkontrollerade hyggestypen så hade diagrammet varit idealt. Ett sådant diagram hade haft samtliga staplar långt till vänster för hyggestypen *Kalmark* medan de hade varit långt till höger för hyggestypen *Fröträd*. Hyggestypen *Grupper av träd* hade däremot haft materialet spritt kring centrum av diagrammet.

Ett diagram med stamantalet och indexklasserna finns i bilaga 3, figur 10.2. Bilden är i mångt och mycket den samma som för fördelningen av hyggestyperna. Man kan inte se något enkelt samband mellan stamantal och det klassificerade vegetationsindexet.

Sammantaget är det svårt att i försöksmaterialet från Ulricehamn se något enkelt samband mellan det klassade vegetationsindexet och hur mycket stammar det står kvar på hygget.

Fältkontroller i Nässjö

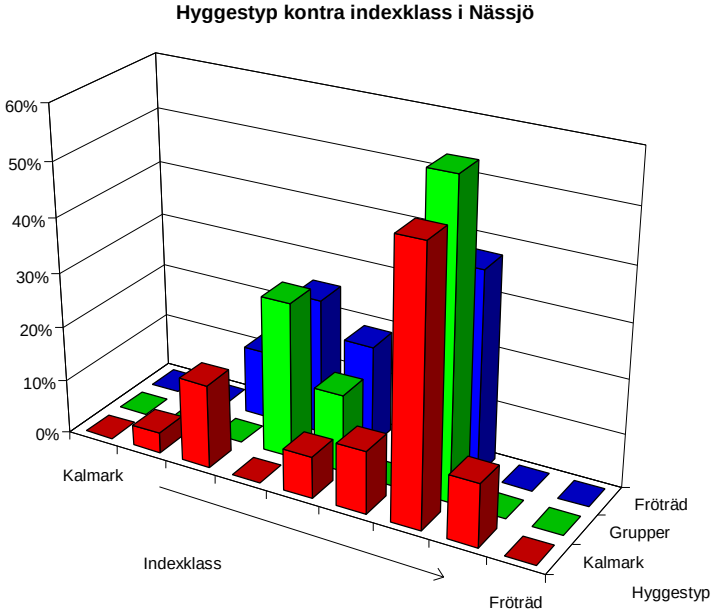
Förändringsbilderna baserades på bildmaterial registrerat 1994 och 1996. Detta ger alltså en skillnadsbild med förändringar som är upp till två år gamla. Fältbesöken har gjorts 1997, dvs. upp till tre år efter det att hygget har tagits upp. Risken finns naturligtvis för att de områden som 1996 hade fröträd har blåst ned och tagits bort innan fältkontrollen 1997.

Av de från början 54 utvalda ytorna blev två delade p.g.a. att det vid fältbesöket ansågs nödvändigt för att korrekt kunna beskriva ytorna. Det totala antalet ytor som undersökningen baseras på är alltså 56 stycken i Nässjö kommun. Bland dessa 56 ytor har 49 tilldelats hyggestyperna *Kalmark*, *Grupper av träd* eller F*röträd*. Resultatet från fältbesöken redovisas i tabellen nedan med antalet provytor per vegetationsindexklass.

	Klassificerat m h a vegetationsindex Kalmark ⟶ Fröträd						
Hyggestyp (fältkontr.)	**Röd**	**L. Röd**	**M. Blå**	**Blå**	**L. Blå**	**M. Grön**	**Grön**
Kalmark	1	4		2	3	13	3
Grupper			2	1		4	
Fröträd		2	4	3	1	6	
Annat	1	1				1	1

Tabell 5.3 Antalet fältkontrollerade ytor i Nässjö och deras fördelning på de olika hyggestyperna samt vegetationsindexklasserna. Indexklasserna är indelade från *Röd* till *Grön* - vilket förväntades motsvara *Kalmark* till *Fröträd*. Prefixen M och L står för Mörk respektive Ljus. Diagrammet nedan redovisar den procentuella fördelningen för de tre första hyggestyperna.

Eftersom observationerna är så få för hyggestypen *Annat* (kod 7) så finns den informationen inte med i diagrammet, figur 5.2, som visas nedan, utan det är endast de tre första hyggestyperna som redovisas. Värt att notera i diagrammet är att större delen av materialet har en dragning åt det indexet som klassats som *Fröträd* (*Mörk Grön*) bland hyggestyper som är



Kalmark, *Grupper av träd* liksom *Fröträd*.

Figur 5.2 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.

Stamantalet kontra det klassade vegetationsindexet ger i Nässjö en något bättre bild än i Ulricehamn. (Diagrammet finns presenterat i bilaga 3, figur 10.4). Framför allt gäller detta gruppen med de höga stamantalen. Förbryllande är dock den höga stapeln i indexklassen *Fröträd* i gruppen 0-20 stammar. I den gruppen tycker man alla provytor skulle blivit klassade i någon röd färg - dvs. som *Kalmark*.

Fältkontroller i Luleå

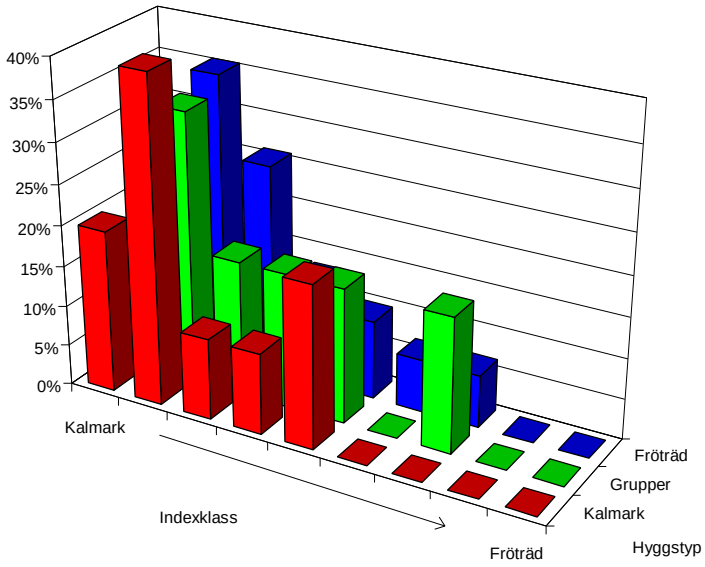
Luleå hade det bildmaterial som skilde sig mest åt i tid, 1993 respektive 1996. Skillnaderna kan därför vara upp till tre år gamla. Fältbesöken som gjordes 1997 kan därför referera tillbaka till en händelse som inträffade fyra år tidigare. På samma sätt som fallet är i Ulricehamn respektive Nässjö så kan därför det ha skett stormfällningar eller avverkningar av f a fröträdsställningar mellan 1996 och 1997 som påverkar resultatet.

	Klassificerat m h a vegetationsindex Kalmark ⟶ Fröträd						
Hyggestyp (fältkontr.)	**M. Röd**	**Röd**	**L. Röd**	**M. Blå**	**Blå**	**L. Blå**	**M. Grön**
Kalmark	2	4	1	1	2		
Grupper		2	1	1	1		1
Fröträd	1	11	8	4	3	2	2
Avv. fröt.			1				
Gallring		1					
Annat	3			1			2

Tabell 5.4 Antalet fältkontrollerade ytor i Luleå och deras fördelning på de olika hyggestyperna samt vegetations-indexklasserna. Indexklasserna i satellitbilden är indelade från *Mörk Röd* till *Mörk Grön* - vilket förväntades motsvara *Kalmark* till *Fröträd*. Prefixen M och L står för Mörk respektive Ljus. Diagrammet nedan redovisar den procentuella fördelningen för de tre första hyggestyperna.

Hyggestyperna kontra det klassade vegetations-indexet visar i Luleå en annorlunda bild än vad fallet är på de övriga försöksområdena. En klar förskjutning syns av materialet mot det röda området, dvs. mot området med indexklasserna Kalmark.

Hyggestyp kontra indexklass i Luleå



Figur 5.3 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.

Man kunde förvänta sig att även det fältkontrollerade stamantalet kontra indexklassnigen skulle uppvisa samma förskjutning mot de röda klasserna som fallet är för hyggestyperna i figur 5.3, men så är det inte. (Diagrammet finns redovisat i bilaga 3, figur 10.6). Här syns en större spridning av materialet på flera indexklasser. Observationerna för gruppen 81-300 stammar/ha grundar sig dock på endast totalt tre observationer, en för varje stapel, och ska därför inte ges för stor vikt vid analysen.

Sammantaget ger inte heller detta material stöd för att klassningen av vegetationsindexet skulle ge en enkel indikation på hur många stammar det står kvar på det avverkade hygget. Inte heller vilken hyggestyp som den avverkade ytan anses tillhöra.

Sammanvägda fältresultat för samtliga provytor

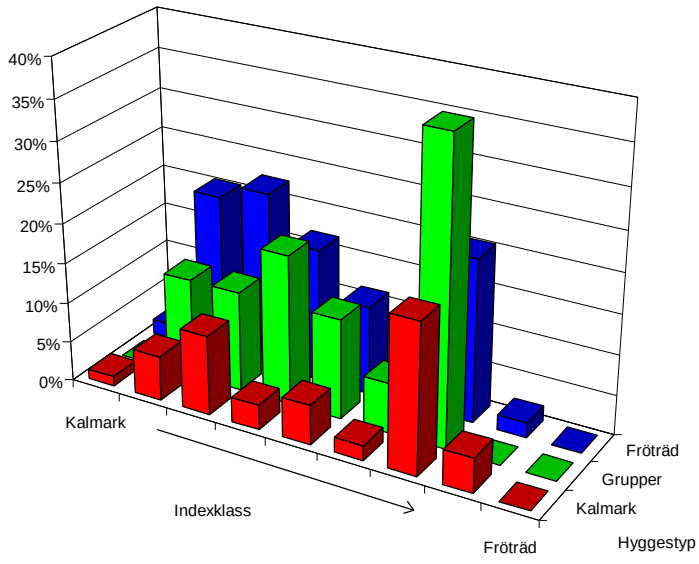
Resultatet av samtliga provytor, över hela landet, presenteras i tabellen nedan

	Klassificerat m h a vegetationsindex Kalmark ⟶ Fröträd							
Hyggestyp (fältkontr.)	**M. Röd**	**Röd**	**L. Röd**	**M. Blå**	**Blå**	**L. Blå**	**M. Grön**	**Grön**
Kalmark	2	9	16	5	8	3	30	7
Grupper		2	2	3	2	1	6	
Fröträd	1	11	12	9	6	3	11	1
Avv. fröt.			1					
Gallring		1					1	
Röjning							1	
Annat	3	1	1	1			5	1

Tabell 5.5 Tabellen visar resultaten från samtliga provytor över hela landet. Antalet fältkontrollerade ytor och deras fördelning på de olika hyggestyperna samt vegetationsindexklasserna. Prefixen M. och L. står för mörk respektive ljus. Diagrammet nedan redovisar den procentuella fördelningen av de tre första hyggestyperna.

Det är tveksamt om resultatet ska redovisas sammanvägt för hela landet eftersom den tidsperiod som de olika förändringsbilderna representerar skiljer sig över landet. Dessutom är det troligt att man måste sätta klassgränserna i vegetationsindexet olika över landet. Jämförelser på det viset som gjorts i tabellen ovan blir därför inte riktigt relevanta.

Hyggestyp kontra indexklass alla provytor



Figur 5.4 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.

I diagrammet ovan (figur 5.4) redovisas utfallet av de 150 provytor på produktiv skogsmark som besöktes i fält. Det man kan konstatera är att det inte finns någon signifikant trend i materialet. En kalyta kan precis som fallet är för grupper av träd respektive fröträd lika gärna uppträda som röd, grön eller blå i den klassade vegetationsindexbilden.

För hyggestyperna 1 t o m 3 finns det tillräckligt med observationer (150 stycken) för att man ska kunna dra en slutsats medan materialet vilar på alltför få observationer för övriga hyggestyper.

Resultaten tyder på att det inte med hjälp av detta vegetationsindex går att avgöra vilken hyggestyp som hygget tillhör.

Sammanfattning

Hyggesskiktet utgör ett kraftfullt hjälpmedel. Med hjälp av det kan de flesta hyggen hittas och arealbestämmas. Metoden för framställningen av det kan säkert förbättras vilket också är ett av målen med det nyligen startade ENFORMA-projektet. Samtidigt blir också tillämpningen möjlig att flytta ut på distrikt där den enkelt ska kunna användas i Kotten®.

Resultaten av klassningen av hyggets karaktär visar att det är svårt att hitta ett enkelt samband mellan indexet och de antalet träd som finns kvar på hygget. Speciellt var vi ju intresserade av att hitta fröträdsställningar och få någon form av identifikation på hur pass tät den fröträdsställningen var. Det misslyckades vi med.

Inom projektet gjordes aldrig någon direkt mätning men det visuella intrycket vid fältbesöken var att det snarare är hyggesvegetationen och andelen blottad mineraljord som fäller avgörandet i indexet än andelen träd som finns kvar på hygget. Avverkningar som i den klassade vegetationsindexbilden fått grön färg (indikerar många träd) innehåller i stor utsträckning en riklig mängd gräs eller har stort uppslag av löv. På samma sätt tycks de avverkningar bli röda (indikera få träd) som har en stor andel blottad mineral jord eller i liten utsträckning är bevuxen med gräs.

Det finns andra metoder utvecklade som utnyttjar förändringsbilden och de ingående bildparen för att karaktärisera förändringarna. Inom ENFORMA-projektet kommer detta att testas och eventuellt vidareutvecklas för att ge önskat resultat.

RESULTAT AV VEGETATIONSINDEX

De resultat som redovisas nedan grundar sig på det material som använts i projektet och det fältarbete som utförts. Att använda vegetationsindex för att uppskatta lövröjningsbehov har prövats tidigare av bl a SLU i Umeå. Resultaten av de undersökningarna dock opublicerade. Av erfarenheterna från dessa framgår att metoden inte är något precisionsinstrument. Syftet med det här projektet är emellertid att pröva om metoden, trots kända fel och brister, är praktiskt användbar i Skogsvårdsorganisationens distriktsverksamhet.

Fördelning på ägoslag

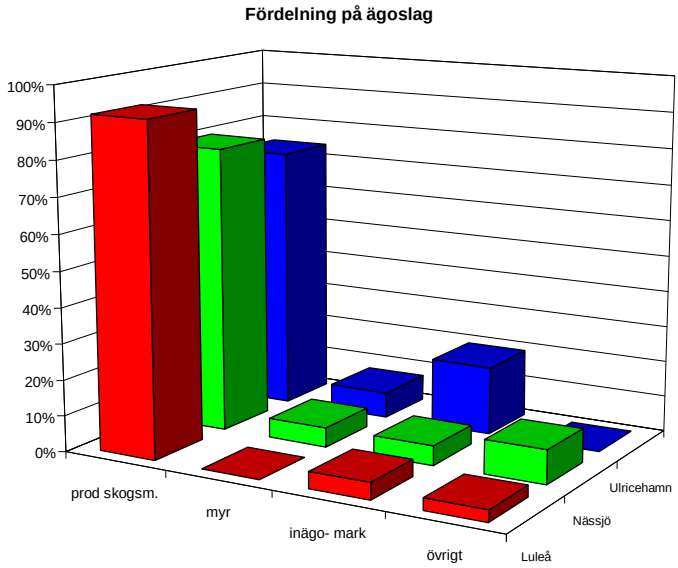
Att kunna särskilja skogsmarken från övrig mark har egentligen inget med vegetationsindexets möjligheter att uppskatta lövröjningsbehovet att göra. Trots detta måste man i praktisk användning ha möjlighet att begränsa arbetet till enbart skogsmarken för att undvika en rad problem som analyser över övriga ägoslag medför.

Ägoslag	Luleå	Nässjö	Ulricehamn
Prod. skogsmark	58	59	31
Myr		4	3
Inägomark	3	4	8
Övrig landareal	2	7	
Totalt antal	63	74	42

Tabell 6.1 Tabellen visar antalet provytor per ägoslag fördelat på respektive projektområde.

Av diagrammet nedan framgår hur pass bra den skogsmask var som användes i projektet. Där redovisas provytornas fördelning på ägoslag för respektive projektområde

Figur 6.1 Diagrammet visar provytornas fördelning på de olika



ägoslagen för respektive projektområde.

Resultatet visar att det material som användes har klara brister. Detta gäller främst de södra landsändarna där resultaten är sämst. I Nässjö och Ulricehamn har Lantmäteriverkets rasterversion av topokartan (GSD-grön) använts medan en digital Blå karta istället använts i Luleå. Att resultatet är sämre i de båda södra områdena kan nog delvis tillskrivas maskens ålder (T3) men också en större andel småbrutenhet som finns i landskapet. Rent generellt borde nämligen topokartan vara bättre än Blå kartan i de här sammanhangen. Att Blå kartan användes i Luleå motiveras av att den gav en tillräckligt bra mask, vilket också resultatet visar.

Idag är sannolikt den topografiska kartan dessvärre det bästa rikstäckande underlag som finns att tillgå. När LMV:s GGD-bas föreligger bör förhoppningsvis markklassificeringen i denna vara ett bättre alternativ. Scannade analoga ÖSI-kartor som bakgrundsbild erbjuder en möjlighet att i efterhand manuellt förbättra resultatet.

Den låga andelen av provytor på produktiv skogsmark i Ulricehamn beror delvis på att den skogsmask som användes i utgångsläget var felaktig. Analysen gjordes senare om med en korrekt mask varvid ett antal av de ursprungligt valda provytorna bortföll. Totala antalet provytor blev därför lägre i Ulricehamn än i övriga projektområden, vilket kan inverka på resultatet.

Resultat på produktiv skogsmark

De resultat som presenteras i de följande avsnitten gäller enbart för provytor som har påträffats på produktiv skogsmark. Det totala antalet provytor som dessa resultat vilar på är 148 stycken.

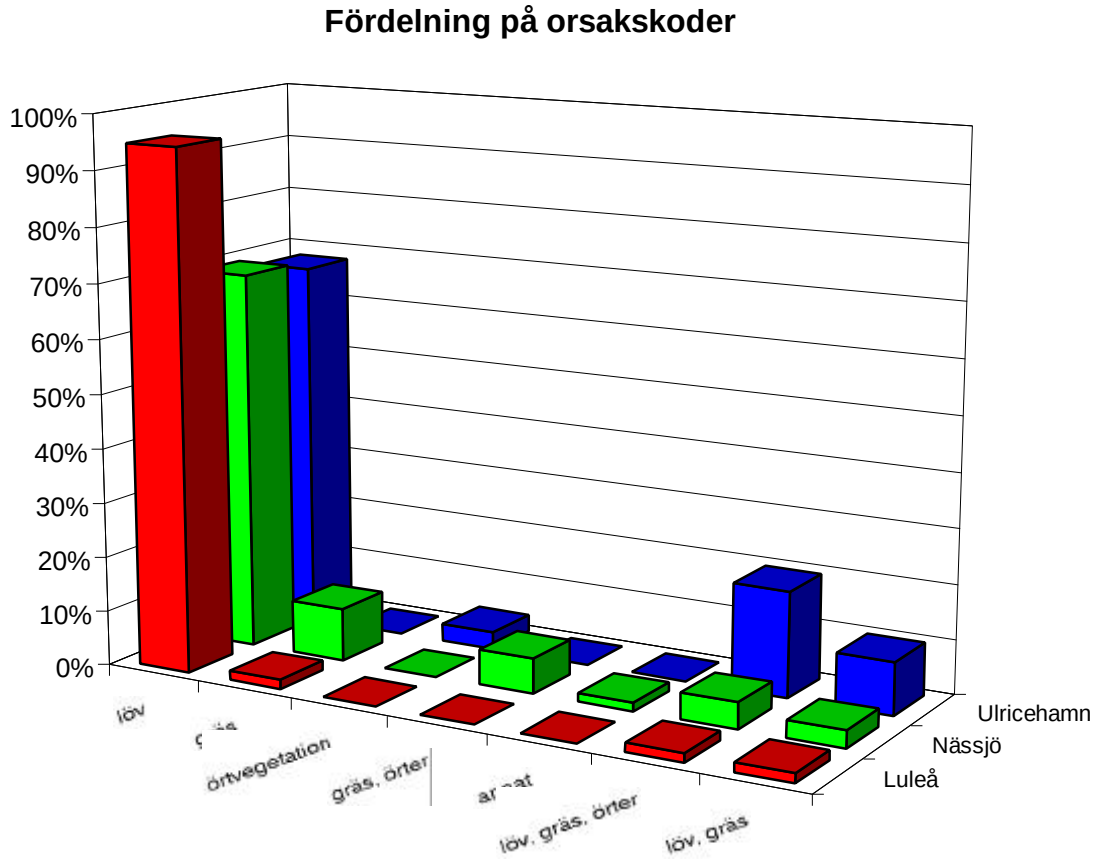
Samtliga fältbesök har gjorts under sommaren 1997, alltså ca ett år efter det att bilderna registrerats. En del ytor har under denna tiden blivit röjda. Trots det så har inventerarna, så långt det varit möjligt, försökt beskriva läget såsom det var vid själva satellitregistreringen sommaren 1996. Det kan naturligtvis vara så att det har gjorts felbedömningar i samband med detta eller att man helt har missat objekt som faktiskt har blivit röjda, men vi kan med fog anta att den risken är relativt liten.

Syftet med fältkontrollen var att få en uppfattning om metodens användbarhet i praktiskt distriktsarbete. Fältkontrollen skulle ge svar på bl a vilka träffprocent

som kan förväntas vid uppskattning av, primärt objekt med lövröjningsbehov, men även av lövbestånd mera allmänt. Samtidigt skulle den visa vilka felkällor som finns och hur stora fel dessa orsakar samt vilka eventuella möjligheter det finns att eliminera, alternativt minimera dem.

Lövinslaget

Själva grundtanken med att nyttja ett vegetationsindex i projektet var att hitta objekt med stort lövinslag, speciellt de med röjningsbehov. Vidare att få en uppfattning om hur väl rena gräs- eller örtobjekt kan undvikas. Grundat på fältbesöken visas i diagrammet nedan huvudorsaken till att ett objekt anses fått ett högt utslag i vegetationsindexet.



Figur 6.2 Diagrammet visar provytor på produktiv skogsmark och huvudorsaken till att dessa objekt anses ha fått ett högt vegetationsindex. Notera att antalet rena gräs eller örtobjekt är litet utom i Nässjö.

Av diagrammet framgår att ett vegetationsindex framställt ur data från Spotsatelliten ger ett bra resultat avseende lövinnehållet. Procenten objekt där enbart löv orsakat ett högt index är ca 70% för Nässjö och Ulricehamn vilket är ungefär vad som kan förväntats enligt tidigare erfarenheter. Luleås 95% är ett klart bättre resultat än förväntat.

Det finns, som syns i diagrammet ovan, ytterligare två sk *orsakskoder* som innehåller löv. Summeras objekt med orsakskod *löv* med objekt i de andra båda orsakskoderna där andelen löv ≥ 70% får man en bättre träffprocent för lövinslaget. Luleå når så högt som till 98%, Nässjö 74% och Ulricehamn får så mycket som 90%.

Att 70% eller mera av fältkontrollens objekt är *lövbestånd* är inte liktydigt med att vi fångar in 70% av alla lövobjekt. För att få ett grepp om den sistnämnda träffprocenten krävs någon form av totalinventering av ett område. Det har inte gjorts inom ramen för detta projekt.

Den stora skillnaden mellan norra och södra Sverige är värt att notera. Samtidigt bör man observera att det brytpunktsvärde som använts är väsentligt lägre i Luleå än de som använts i de båda södra områdena. Det lägre värdet borde egentligen tala för att Luleå skulle få en större inblandning av andra *orsakskoder* än löv, men så är inte fallet. Detta kan bero på att förhållandena är mindre komplexa i den norra delen av landet med t ex färre trädslag och lägre boniteter. I så fall borde man rent generellt kunna förvänta sig ett bättre resultat i norra Sverige.

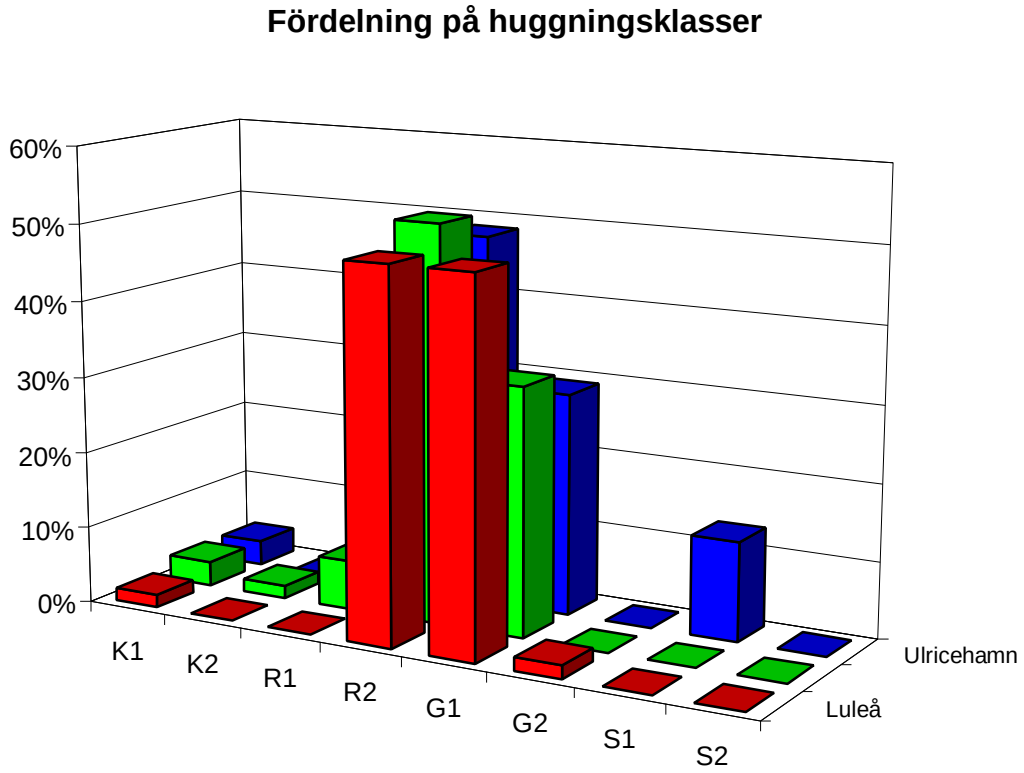
Att ett *optimalt* brytpunktsvärde i vegetationsindexet inte är stabilt för ett givet geografiskt område framförs ofta som en av svagheterna med att använda

vegetationsindex. Noteras kan emellertid att både Nässjö och Ulricehamn använt värden som ligger mycket nära varandra. Detta trots att satellitbilder från olika år använts, 1996 respektive 1995, men tagna vid samma tidpunkt, 26 respektive 28 juli. Möjligen kan det vara så att om växternas utvecklingsfas är likvärdig så är brytpunktsvärdet stabilt för geografiska områden med likartade förhållanden.

Även om det skulle vara så att *optimalt* brytpunktsvärde inte är stabilt för ett givet geografiskt område så är detta i praktiken ingen belastning för användningen inom SVO. Det är distrikten själva som ska ställa in värdet på brytpunkten och använda vegetationsindexet efter de lokala förutsättningarna och med tanke på det syfte man vill uppnå i varje enskilt fall. Vidare ska resultatet stämmas av mot annan tillgänglig information innan det används operativt. Man kan t ex kosta på sig att inom ett mindre område t ex en by välja ett lägre brytpunktsvärde för att vara säker på att få med alla önskade lövobjekt. Ett lägre brytpunktsvärde innebär totalt sett fler objekt inklusive ett större antal icke önskade objekt. Det är emellertid betydligt lättare att stämma av dessa för ett litet än ett stort material.

Huggningsklass

Den åldersmässiga fördelningen av provytor redovisas här som huggningsklasser. I diagrammet ser man en tydlig koncentration på R2 och G1 bestånd i alla delar av landet. Sannolikt missar man en del unga bestånd där lövröjningsbehovet inte är akut men angeläget inom den närmaste 5-årsperioden. F a gäller detta R1-bestånd, dvs. plantskog vars medelhöjd är mindre än 1,3 meter. Det vore angeläget att fånga även dessa eftersom det är önskvärt att sätta in röjningen tidigt, dvs. innan de förhärskande träden tagit överhanden. Dessa har nämligen ofta anlag för spärrväxt och risighet. Detta skulle sannolikt kräva ett lägre värde på den sk brytpunkten men då får man troligen med för många felobjekt.



Figur 6.3 Diagrammet visar provytor på produktiv skogsmark och deras fördelning på huggningsklasser inom respektive provområde.

I Ulricehamn har ett antal provytor hamnat inom huggningsklassen S1. Dessa bestånd består av blandskog på bördig mark i huvudsak med trädslag som al, ask, ek och björk, ofta med undervegetation av örter (på ett ställe med hassel).

Träffprocent

Det är viktigt att kunna säga hur pass bra ett vegetationsindex är för att kunna hitta de områden som är i behov av lövröjning. Inte minst för att kunna värdera metodens användbarhet på ett distrikt. Detta kan beskrivas m h a en sk träffprocent som visar andelen av totala antalet ytor som enligt vegetationsindexet ansågs vara ett lövröjningsobjekt och som efter fältbesök verkligen konstaterades vara i behov av röjning.

Träffprocenten har definierats enligt två olika alternativ där ett antal kriterier eller villkor ställts upp som tar hänsyn till dels lövinslag, dels till

åtgärdsbehov men också till föreslagen åtgärd på det besökta objektet.

• Alternativ 1 *Röjning och Gallring*:
Objekt på produktiv skogsmark med åtgärdsbehov antingen akut eller inom fem år och med föreslagna åtgärder som röjning, röjning/gallring eller gallring främst av löv. Detta motsvarar orsakskoderna 1, 7 och 8 samt åtgärdskoder enligt ÖSI 7, 9, 11, 38, 41, 42 och 43.

• Alternativ 2 *Endast Röjning*:
Objekt på produktiv skogsmark med åtgärdsbehov antingen akut eller inom fem år och med föreslagen åtgärd röjning. Gallring är inte tillåten åtgärd vilket däremot åtgärden röjning/gallring är. Detta motsvarar orsakskoder 1, 7 och 8 samt åtgärdskoder enligt ÖSI 9, 11, 38, 41, 42 och 43.

Med denna definition framgår den sk träffprocenten för de olika provområdena av tabellen nedan.

Område	Alt1	Alt2
Luleå	79 %	59 %
Nässjö	58 %	47 %
Ulricehamn	58 %	48 %

Tabell 6.2 Tabellen visar träffprocenten inom respektive provområde, fördelat på de båda alternativen *Röjning och Gallring* (alt 1) och *Endast röjning* (alt 2).

Träffprocenten beskriver , såsom den är definierad här, metodens tillförlitlighet för de tillfällen då enbart en satellitbild används i kombination med en skogsmask. Detta måste man hålla i minnet när man utvärderar resultatet.

För att får en bättre tillförlitlighet, vilket krävs om metoden ska kunna användas operationellt fa. i södra Sverige, bör därför även annat material såsom avverkningsanmälningar och ÖSI-data användas. Träffprocenten m h a sådant material har inte undersökts inom ramen för detta projekt men bör ingå i en metod som implementeras i en kommande distriktsanpassning.

Träffprocent för yngre skog

Genom att enbart titta på de provytor som faller inom åldersintervallet 6-15 år, med åtgärd enligt alternativ 2, kan vi konstatera att träffprocenten förbättras betydligt. Detta indikerar att en kännedom om tidpunkt och avgränsning för en tidigare avverkning väsentligen skulle höja metodens tillförlitlighet. En för distriktet regelbunden analys av förändringarna (se kapitlet om förändringsanalys) inom området skulle kunna ge sådan information.

Område	Totalt antal ytor med ålder 6-15 år	Antal träff	% träff
Luleå	21	20	95 %
Nässjö	23	14	61 %
Ulricehamn	12	10	83 %

Tabell 6.3 Tabellen visar träffprocent för provytor i åldersintervallet 6 - 15 år enligt alternativ 2 (endast röjning).

Bland provytorna i Nässjöområdet fanns ett antal ytor med ung växtlig gran med gräs och örtinslag som gav höga utslag i vegetationsindexet. Detta var inte väntat och det finns därför anledning att undersöka dem närmare. Uppträder detta i någon större omfattning så är det en allvarlig komplikation för metodiken.

Inte bara för röjningsytor

Att vegetationsindexet inte är något precisionsinstrument är väl känt. Det har trots detta valts eftersom målet för metodutvecklingen varit att ta fram enkla, robusta och för skogsvårdsstyrelsernas distrikt operationellt användbara metoder och verktyg.

Att använda satellitbilder och vegetationsindex ska ses som ett bland flera hjälpmedel för att fånga in bestånd eller objekt med stora lövinslag. För distrikten är det viktigt att få vetskap om såväl röjnings- som gallringsbehov. Även medelålders och äldre skog med eller utan åtgärdsbehov kan därför vara av intresse, t ex ur naturvårds- och landskapssynpunkt. Det finns därför anledning att betrakta resultatet ur ett lite vidare perspektiv än enbart röjningsaspekten.

SLUTSATSER

Användningen av satellitdata inom Skogsvårdsorganisationen har troligen bara sett sin början. De användningsområden som beskrivs i denna rapporten tillhör kanske de som satellitdatat är mest lämpade för. Genom att använda satellitdatat på det sättet kan det bli ett bra komplement till annan typ av data, t ex flygbilder eller fältbesök, i tillämpningar som kräver att fler detaljer kan urskiljas.

Förändringsanalys

Hyggen hittas

Sedan tidigare är det känt att i stort sett alla slutavverkningar ≥ 0,5 ha hittas. I åsyftad undersökning användes pankromatiskt data från Spot-satelliten med 10-meters upplösning. Man kan därför förvänta sig ett något sämre resultat vid användning av 20-meters data. F a gäller detta små hyggen, t ex stormfällningar. Men precisionen är fortfarande hög.

Från den tidigare undersökningen vet man också att arealen blir tillräckligt bra skattad. Den överskattas med endast några få procent vilket är fullt acceptabelt för Skogsvårdsorganisationens arbete i det här sammanhanget.

Med förändringsanalyserna införda i Kotten® skulle det vara möjligt att göra en bättre uppföljning av hyggesanmälningarna genom att man får uppgifter på under vilken tidsperiod avverkningen har skett, var den har skett, hur stor arealen är och vilken form hygget har. Sådan information kan sedan under lång tid utgöra basen för andra mer sofistikerade analyser både m h a information i befintliga databaser och i färsk satellitdata.

Det i projektet framtagna hyggesskiktet är i detta sammanhang ett utmärkt hjälpmedel. Ur förändringsbilden går det att via hyggesskiktet sålla fram i stort sett alla hyggen som omfattar minst 0,4 ha. Tekniken för framställning av förändringsbild och hyggesskikt är i dagsläget inte mogen för distriktsanvändning men den bör kunna hanteras på regionskanslierna. Resultaten kan därefter distribueras till distrikten för operativ användning. Inom ett par års sikt bör det däremot finnas programvara för enkel framställning och analys av förändringsbilder även på distrikt. Det nyligen startade ENFORMA projektet har det som sitt mål.

Fröträden hittas inte

Däremot visar det sig att den undersökta metoden för att se i vilken utsträckning det finns träd kvar på den avverkade ytan inte räcker till. Här är ytterligare metodutveckling nödvändig för att användbara resultat ska uppnås. Det som behövs är en relativt grov klassificering av antalet kvarvarande stammar på hygget, eller delar av hygget. Med sådan information kan man enklare allokera sina resurser till de avverkningar som vid uppföljningen kräver fältbesök.

Vidareutveckling

När det gäller områden att gå vidare med m h a förändringsanalyser så finns det ett intresse av att mera övergripande se till de förändringar som sker i hela landskapet. Vad är det för skogar som växer upp? Är det skogar med en blandning av löv och barr som kommer, enbart löv eller enbart barrskogar? Kanske skall man då titta på de yngre eller medelålders skogarna.

Det vore också intressant att kunna följa de förändringar som sker i t ex trädslagssammansättning. Var sker avverkningar av f a äldre lövträd, eller var avverkas barrträden och lövet sparas, dvs. var kan man tänka sig att biotoper med förutsättningar för höga naturvärden försvinner respektive återskapas?

Vegetationsindex

Lövträden hittas

Satellitbilden ger m h a ett vegetationsindex en tydlig indikation på var vi har objekt med lövträd. Såväl unga som gamla lövträd fångas på detta sätt med en tyngdpunkt på äldre röjningsbestånd (R2) och yngre gallringsbestånd (G1). En del yngre röjningsbestånd (R1) som borde röjas missas med all säkerhet p.g.a att brytpunkten satts för högt.

Skogsmaskens noggrannhet

Skogsmaskens noggrannhet kan orsaka problem som drabbar analyserna av vegetationsindexet extra hårt. Framför allt gäller det att försöka hitta ett väl uppdaterat grundmaterial som kan tjäna som skogsmask. Samtidigt finns det anledning att utreda ordentligt hur själva masken ska tillverkas. Främst gäller detta pixelstorleken på den färdiga masken. Resultaten från Ulricehamn visar att en mindre

pixelstorlek på masken, 5 istället för 20 meter, förbättrar resultatet.

Är metoden operativ?

Träffsäkerheten bör förmodligen ligga på minst 75% innan metoden kan anses vara användbar. Det vill säga i tre fall av fyra bör satellitinformationen, tillsammans med annan information, kunna peka ut bestånd som har ett lövröjningsbehov eller ett behov av gallring, främst av löv (se alternativ 1 i tabell 6.2).

Med utgångspunkt från resultaten i denna undersökning så talar mycket för att metoden är operativ i norra Sverige. Materialet gäller visserligen endast norra Norrlands kustland men vi tror ändå att det är en trend vi har sett. Området klarar 75% gränsen med hjälp av enbart satellitbilden dvs. utan att kompletterande material används.

För operativ användning i södra Sverige krävs att resultatet från vegetationsindexet stäms av mot annan tillgänglig information t.ex. avverkningsanmälningar och ÖSI. Metodförbättringar behövs generellt för att förbättra träffprocenten men är angelägna fa. med tanke på operativ användning i den södra delen av landet.

Vidareutveckling

Det finns ett antal möjligheter att förbättra metoden. Några som vi anser är värda att pröva redovisas nedan.

Redan idag, dvs. utan modifieringar, kan man förbättra resultatet genom att använda vegetationsindexet tillsammans med annan tillgänglig information. Sådan information kan t e x vara avverkningsanmälningar, scannat ÖSI men också lokalkännedom.

Avverkningsanmälningarna alternativt hyggesytor från en förändringsanalys kan användas på så sätt att analysen av vegetationsindexet enbart görs under *kända ytor i en viss åldersklass* dvs. under ytor som avverkats för ett visst antal år sedan. Härigenom elimineras i princip problemet med skogsmaskens noggrannhet eftersom den inte behövs. Träffprocenten för provytorna i åldersklassen 6 till 15 år indikerar också att detta bör ge en väsentlig resultatförbättring.

Nya satelliter kommer ständigt upp. Ett flertal redan i år (1998) Det finns därför anledning att pröva de möjligheter som finns både när det gäller högre geometrisk upplösning och högre spektral upplösning.

Pröva en kombination av förändringsbilden och vegetationsindexet för att i första hand se om felobjekt bestående av växtlig granungskog med gräs- och örtinslag men utan åtgärdsbehov kan elimineras eller minimeras.

Pröva i vilken utsträckning en bonitetskarta kan bidra med information för att utöka bedömningsunderlaget.

BILAGA 1

Fältblankett för kontroll av hyggen detekterade m h a förändringsanalys.

ID-uppgifter (Dokument: rapport4-98.doc)

Objekt-ID	Delyta	Län	Inventeringsdatum	Inventerare

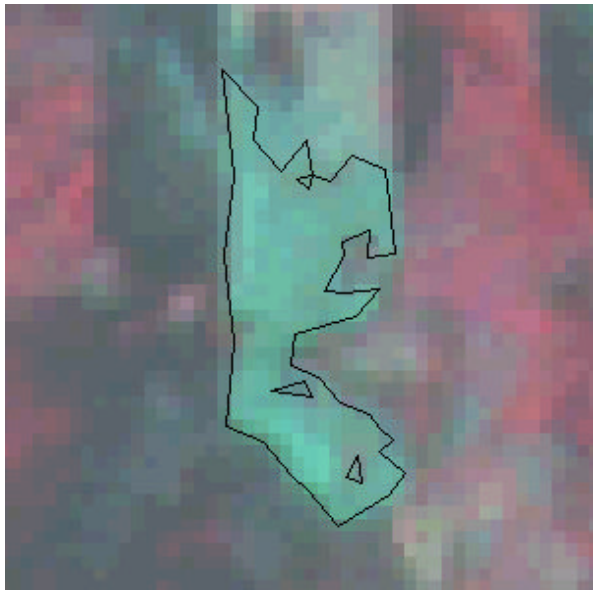
Objektdata

Objekt-ID	Delyta	Ägoslag	Hyggestyp (kod)	Stammar eller uttag	Trädslags-förd. (TGL)	Noteringar

Kod	Beskrivning
1	Slutavverkning utförd. Inga överståndare eller fröträd har lämnats inte heller några grupper av träd eller buskar. Ytan är i stort sett kalavverkad.
2	Slutavverkning utförd. Träd eller grupper av träd och buskar har lämnats. (Ojämnt fördelade)
3	Slutavverkning utförd. Fröträd eller skärmställning har lämnats. (Jämt fördelade).
4	Avverkning av överståndare, fröträd eller skärmställning.
5	Gallring utförd.
6	Röjning alternativt röjningsgallring utförd.
7	Annat

Noteringar:





BILAGA 2

Fältblankett för provytetaxering av vegindexytor/lövbestånd

ID-uppgifter (Dokument: rapport4-98.doc)

Objekt-ID	Delyta	Län	Inventeringsdatum	Inventerare

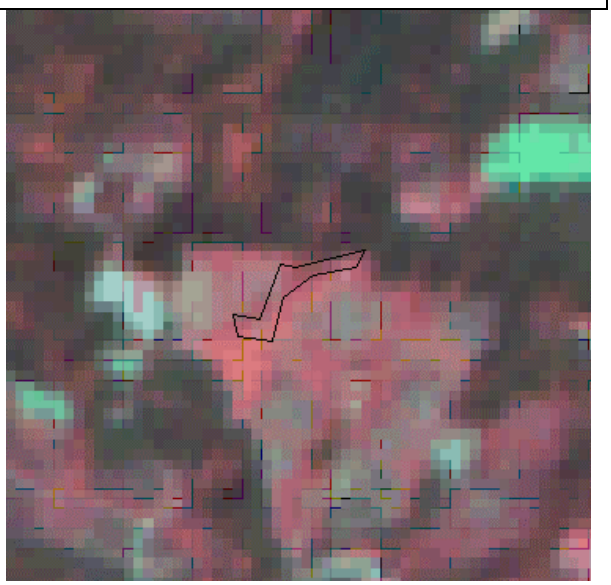
Objektdata

Objekt-ID	Delyta	Ägo-slag	Utslags-faktor	Åtgärd	Angelägen-hetsgrad	Hkl	Ålder (år)	Trädslags-förd.(TGL)	Medel-höjd (dm)	Stamantal (1000-tal)

Utslagsfaktor: kod 1 = löv
kod 2 = gräs
kod 3 = örtvegetation
kod 4 = en blandning av gräs och örter
kod 5 = gröda
kod 6 = annat, precisera vad det är under ”Noteringar”
kod 7 = en blandning av löv, gräs och örter
kod 8 = en blandning av löv och gräs

Noteringar: (Skriv på baksidan om detta utrymme inte räcker)

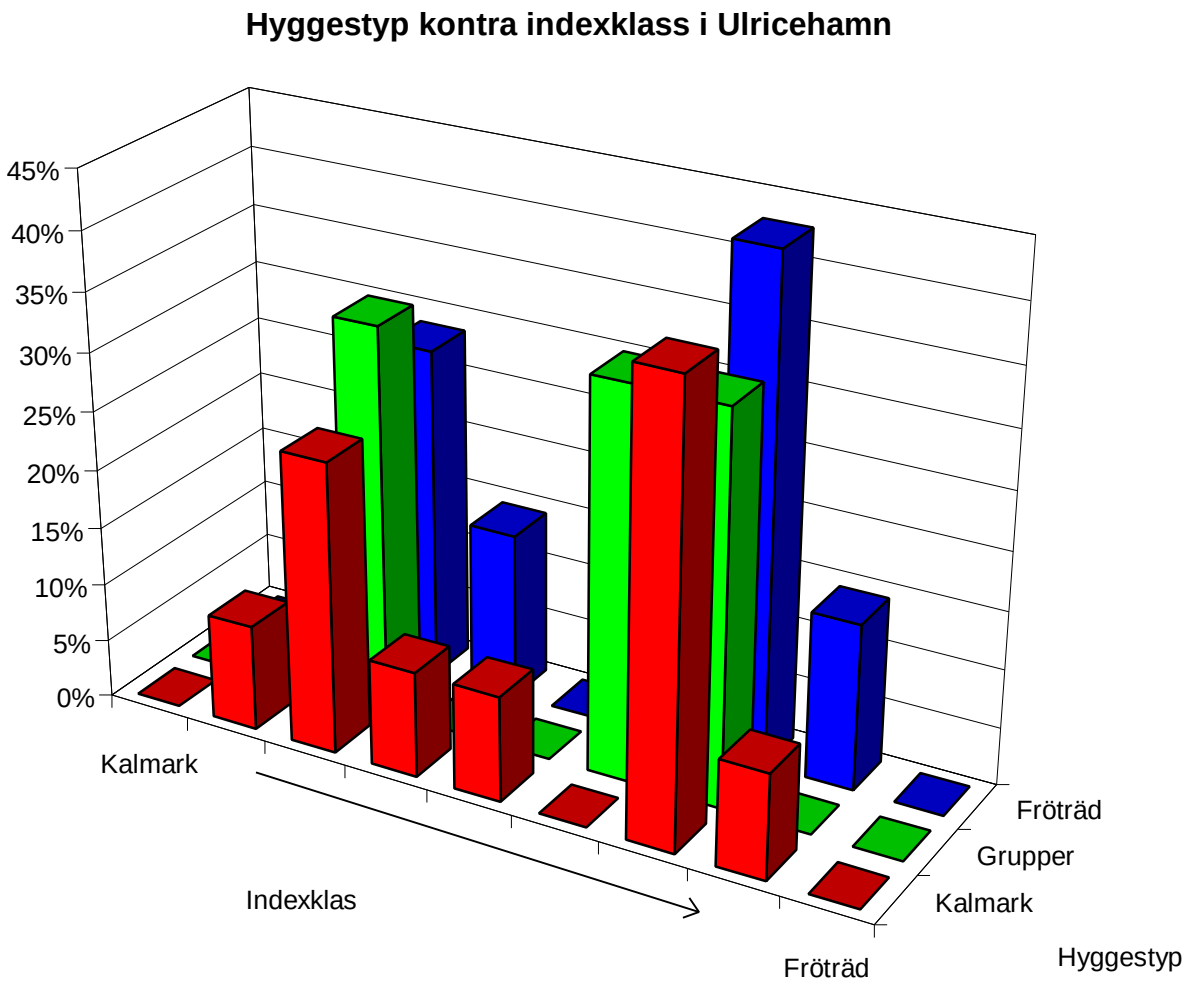




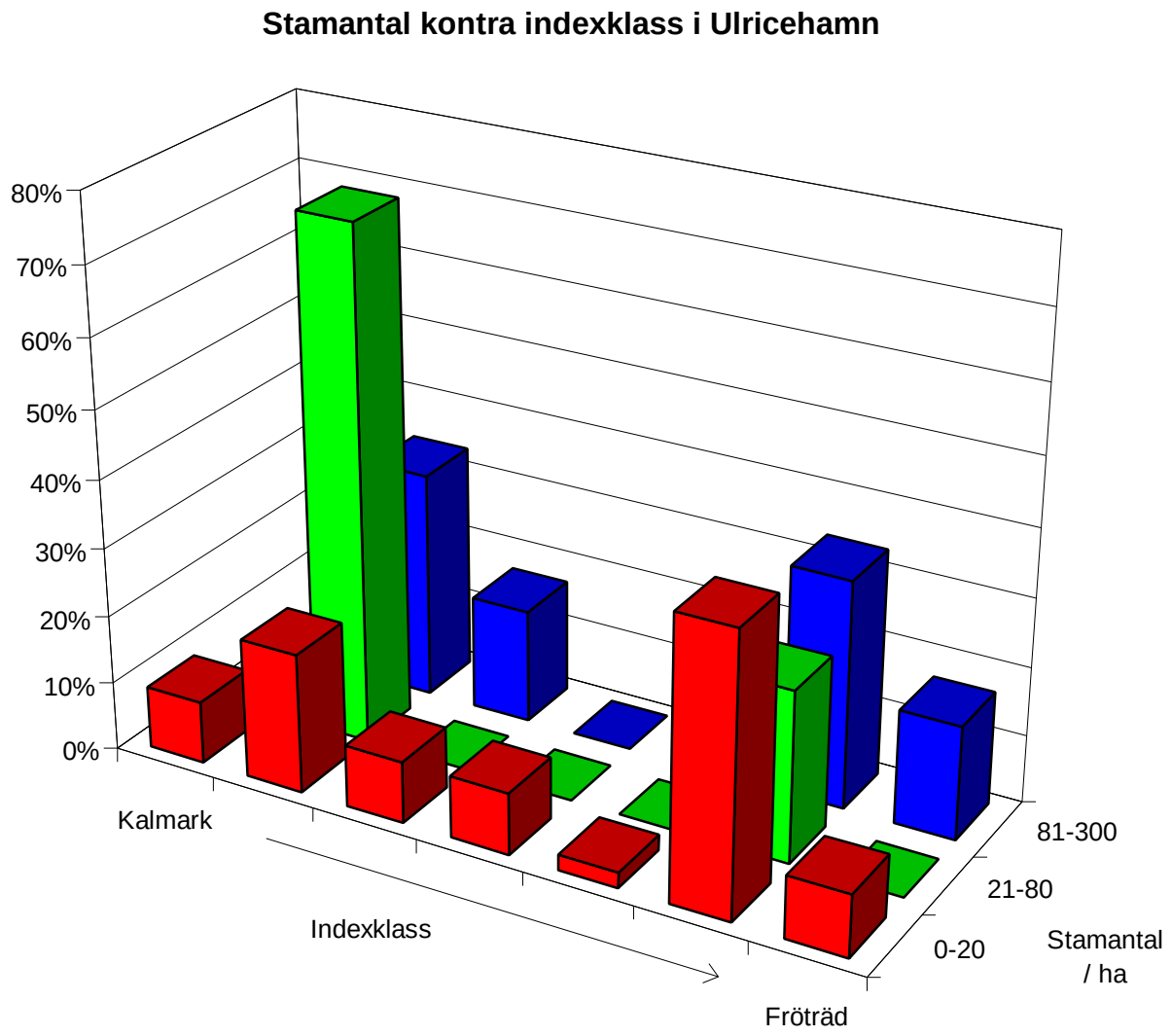
BILAGA 3

I denna bilaga återfinns de diagram som hör till kapitlet *Resultat av förändringsanalys*. På så sätt har diagrammen kunnat göras något större och mer lättlästa.

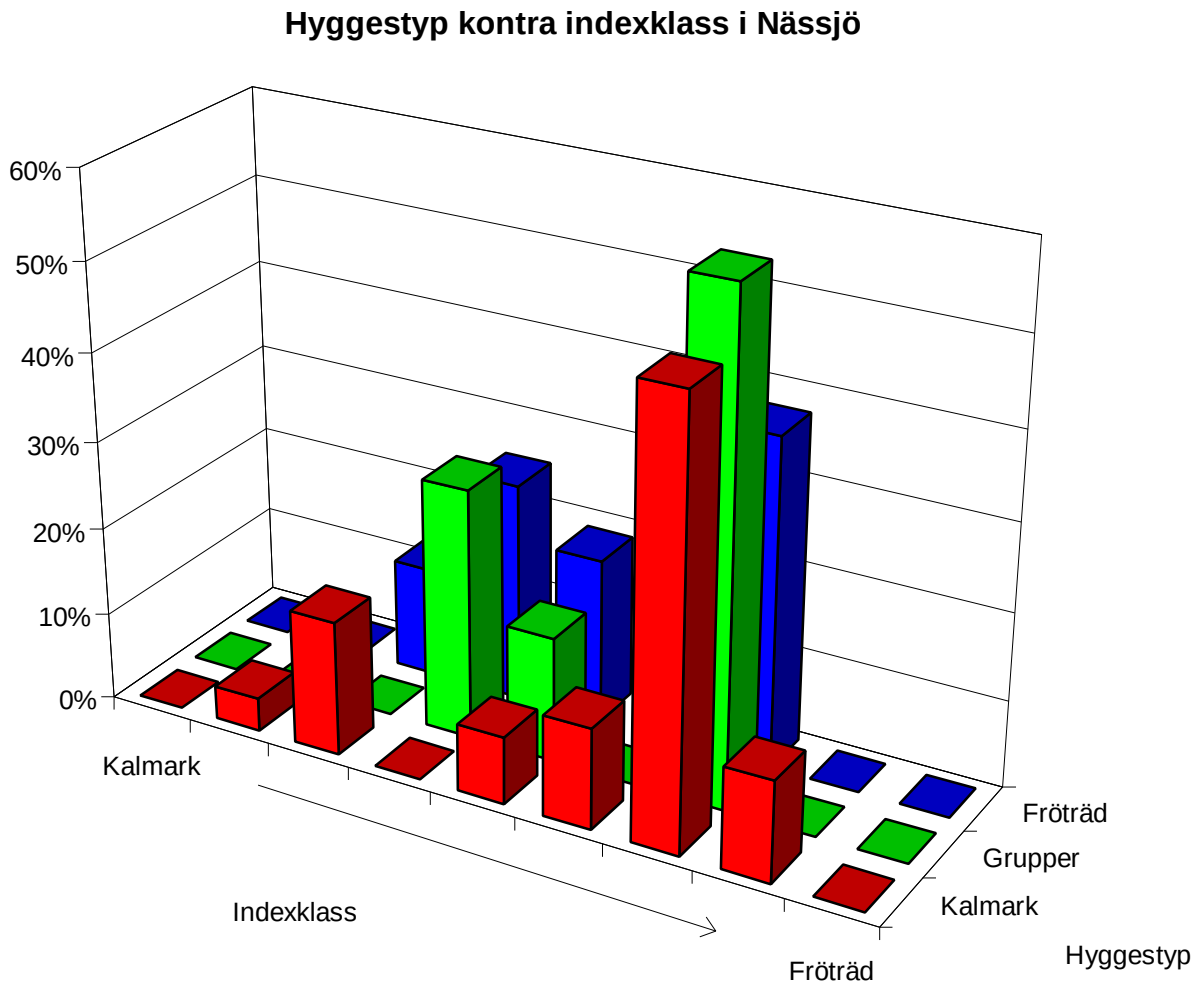
Diagrammen ska läsas på så sätt att för varje *hyggestyp* eller *stamantal / ha* avläses vilket resultat indexklassningen har givit.



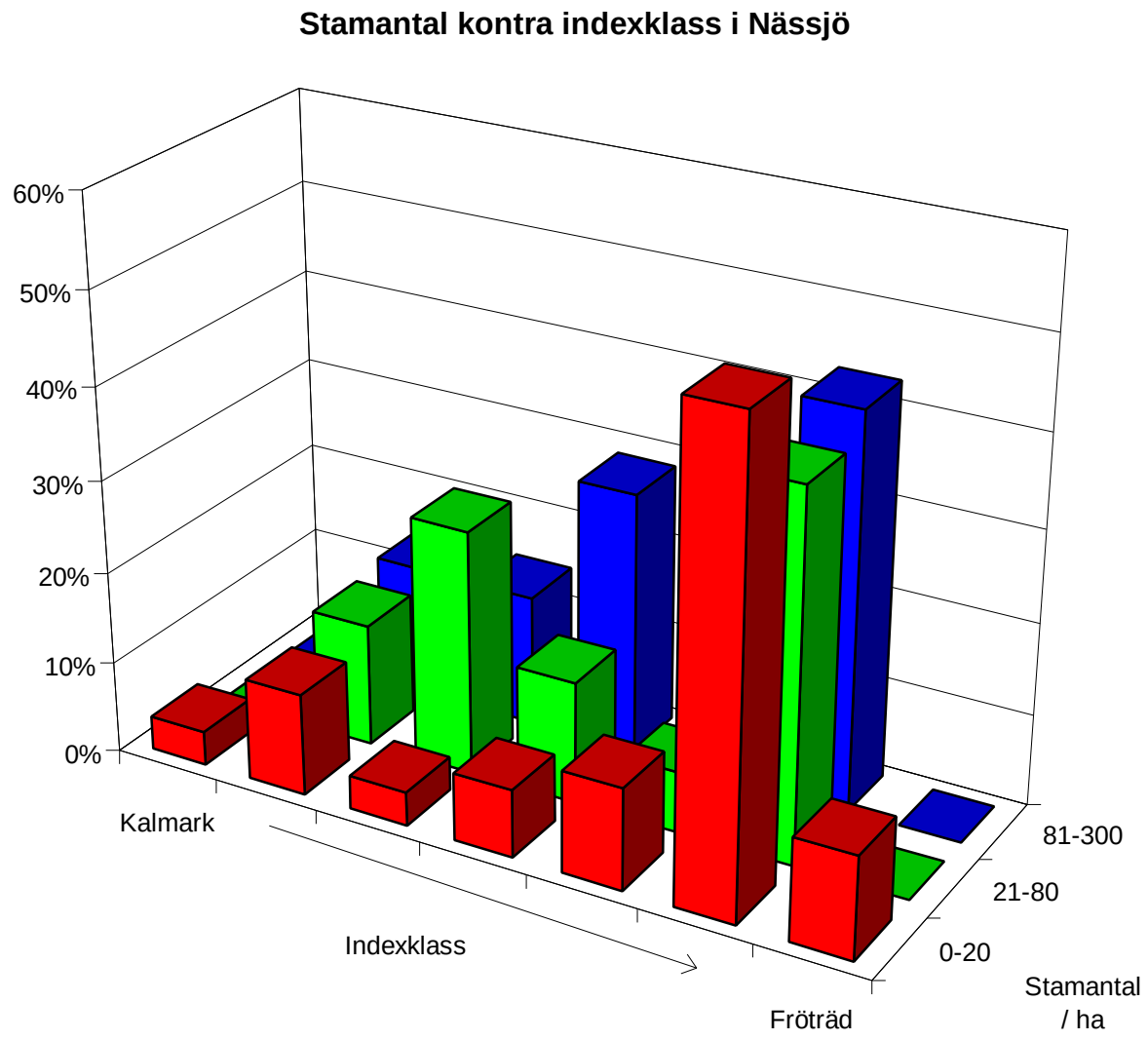
Figur 10.1 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.



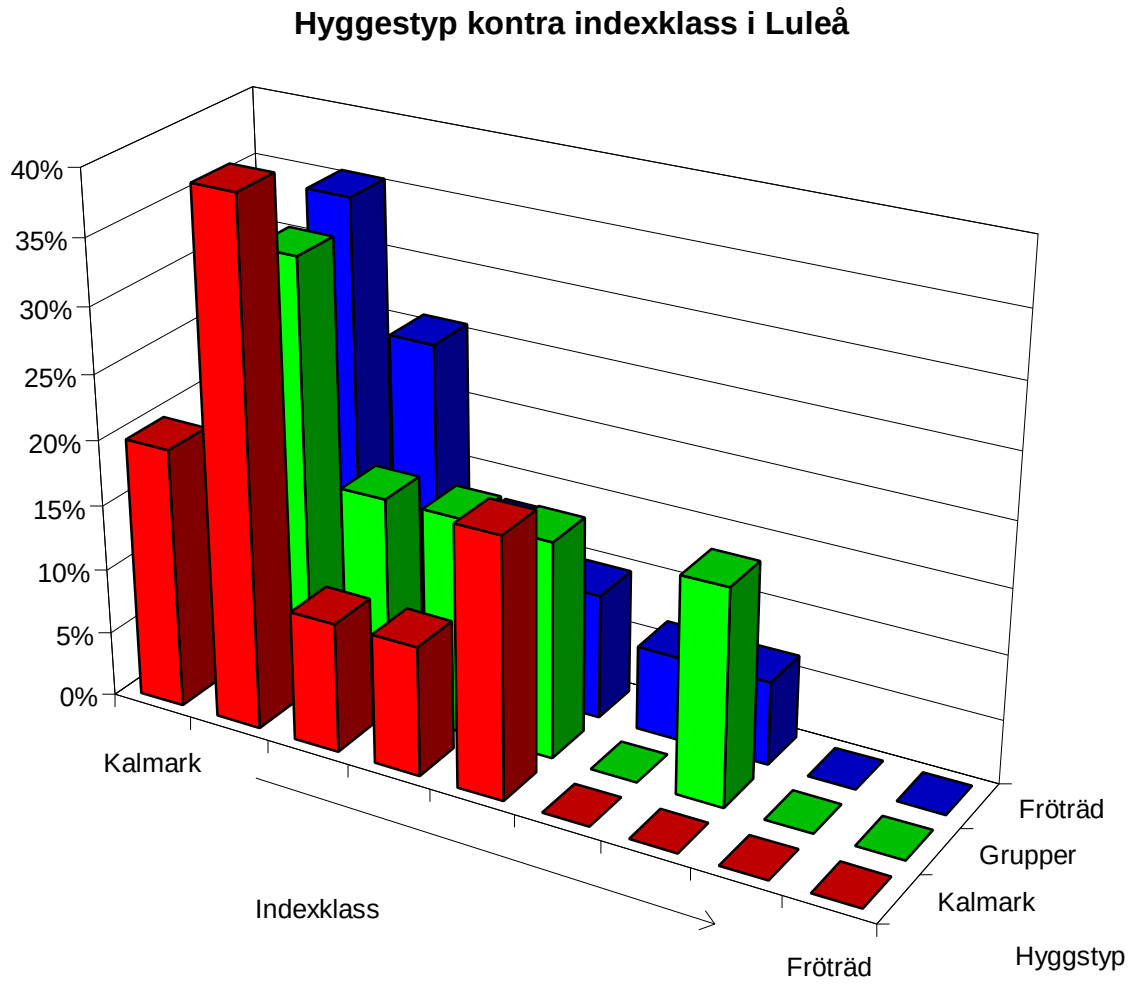
Figur 10.2 Diagrammet visar hur indexklasserna fördelar sig på stamantalet (uppdelat på tre grupper) I diagrammet ingår endast ytor med hyggestypen 1 - 3. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan stamantal / ha är en bestämning utförd i fält.



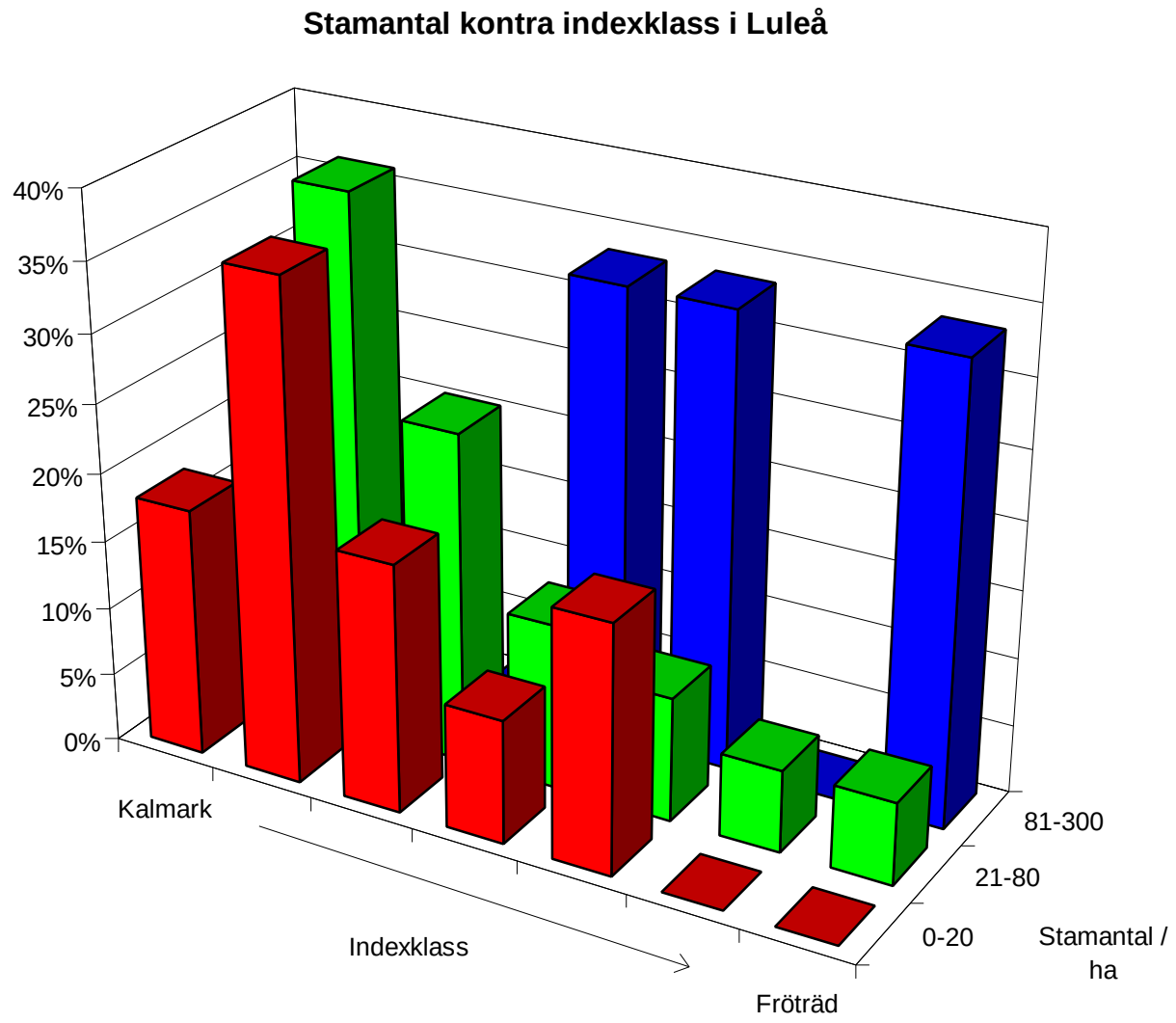
Figur 10.3 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.



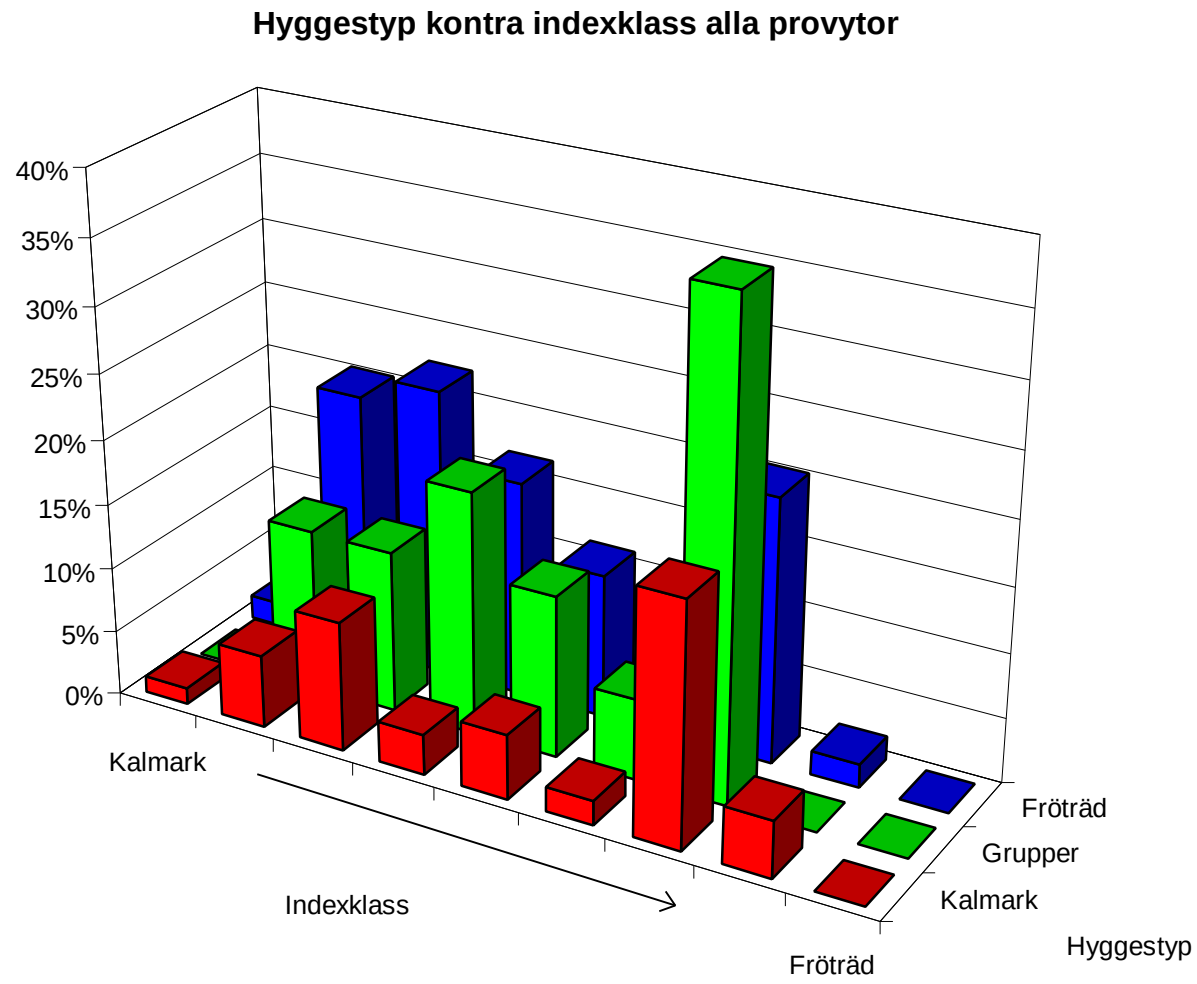
Figur 10.4 Diagrammet visar hur indexklasserna fördelar sig på stamantalet (uppdelat på tre grupper) I diagrammet ingår endast ytor med hyggestypen 1 - 3. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan stamantal / ha är en bestämning utförd i fält.



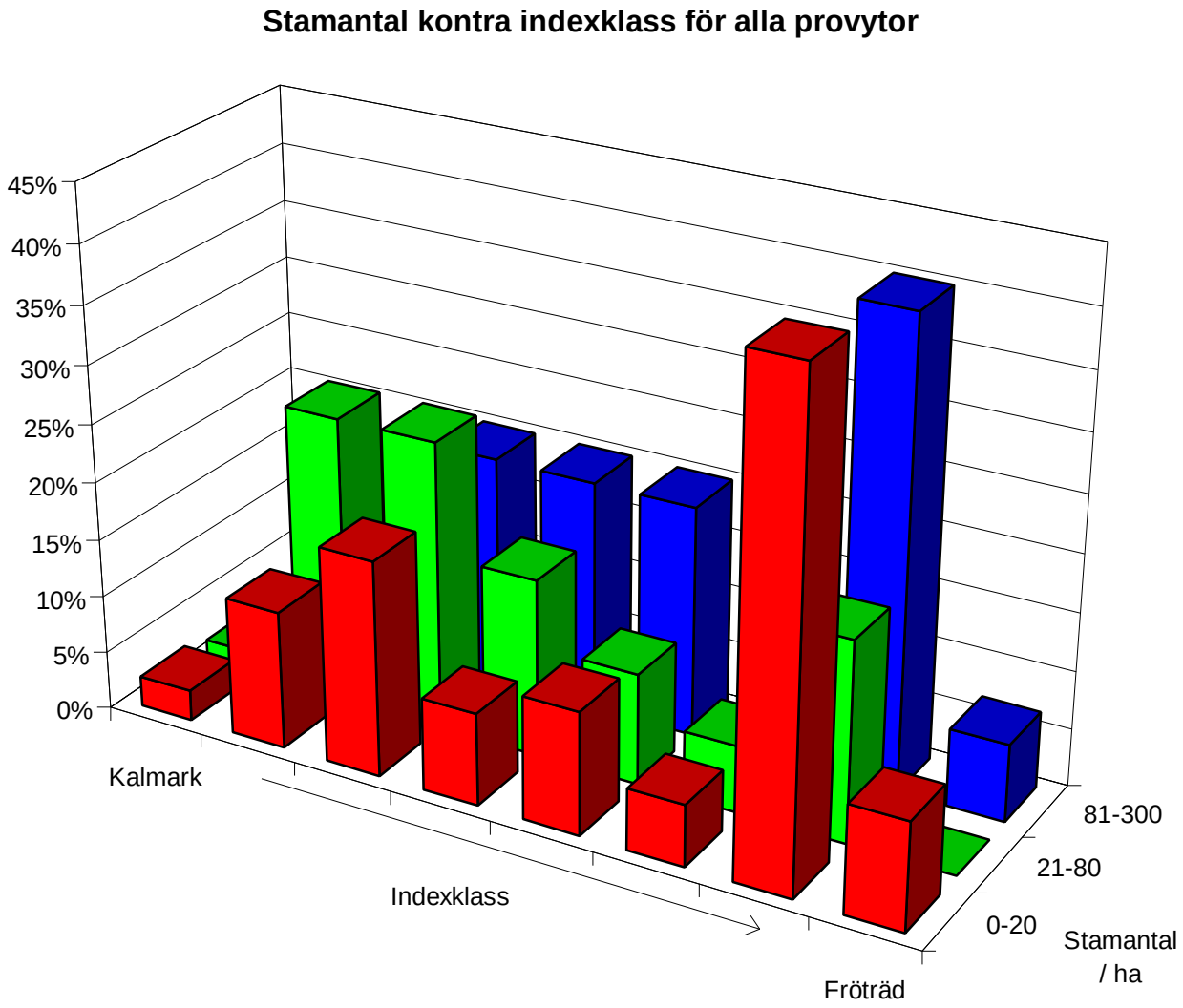
Figur 10.5 Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.



Figur 10.6 Diagrammet visar hur indexklasserna fördelar sig på stamantalet (uppdelat på tre grupper) I diagrammet ingår endast ytor med hyggestypen 1 - 3. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan stamantal / ha är en bestämning utförd i fält. De höga staplarna i gruppen 81 - 300 stammar/ha grundar sig på endast en observation för varje stapel och är därför ytterst osäkra - de finns med för jämförelsens skull med de andra två projektområdena.



Figur 10.7 Diagrammet visar resultatet av fältbesöken. De tre första hyggestyperna *Kalmar*, *Grupper av träd* och *Fröträd* innehåller så pass många observationer att det går att uttala sig om dem medan de följande fr o m *Avverkningar av fröträd* endast har enstaka observationer och därför inte bör beaktas. Diagrammet redovisar hur indexklasserna fördelar sig inom respektive hyggestyp. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan hyggestyp är en bestämning utförd i fält.



Figur 10.8 Diagrammet visar hur indexklasserna fördelar sig på stamantalet (uppdelat på tre grupper) I diagrammet ingår endast ytor med hyggestypen 1 - 3. Indexklass är baserade på en analys av satellitbildens vegetationsindex medan stamantal / ha är en bestämning utförd i fält.

KÄLLHÄNVISNINGAR

[1]Wastenson L, Arnberg W. Boresjö L, Ihse M, 1981: Computer Analysis of Multi date Landsat data for Mapping Land Use, Forst Clearings and Mires. - Geografiska Annaler, 63A, s 325-337.

[2]Olsson H, 1994: Monitoring of Local Reflectance Changes in Boreal Forests using Satellite Data - ph D dissertation, Swedish Univerity of Agricultural Sciences, Umeå.

[3]Rouse J.W., Hass R.H., Schell J.A., Deering D.W., 1973: Monitoring vegetation systems in the greater plains with ERTS, Third ERTS symposium, NASA SP-351, vol 1, s 309-317.

[4]Kriegler F.J., Malila W.A., Nalepka R.F, Richardson W, 1969: Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition, Proceedings of the sith International Symposium on Remote Sensing of Environment, Univerity of Michigan, Ann Arbor, s 97-131.

[5]Crippen R.E., 1990: Calculating the Vegetation Index Faster, Remote Sensing of Environment, vol 34, s 71-73.

[6]Olsson H, Sohlberg S, 1988: Interaktiv hyggeskartreing med digitala Spot data, Resultat från ett försök i Småland 1988 - Opublicerad rapport, Statens delegationen för rymdverksamhet, Rymdbolagets utvecklingsprojekt FUF 216 samt Skogsstyrelsen.

Inom Skogsvårdsorganisationen sker just nu en omfattande satsning på verksamhetsutveckling med IT-stöd som bland annat inkluderar kompetensuppbyggnad, bildförsörjning och utveckling av GIS-system för de drygt 100 distriktskontoren. Samtliga distrikt beräknas under 1998 ha fått tillgång till ett första GIS-stöd. I en krympande organisation ses satsningen som ett nödvändigt sätt att effektivisera och förnya verksamheten. Satellitbaserad fjärranalys är i detta sammanhang en av flera komponenter.

I samarbete med Rymdbolaget har projektet Användning av satellitdata genomförts under 1997. Det har haft som syfte att närmare undersöka möjligheterna att med hjälp av satellitdata hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov.

Det finnas inom fjärranalysområdet ett flertal metoder för att både skatta lövandelar och att hitta skogsavverkningar. Dessa båda områdena inom satellitfjärranalysen tillhör de områden som förmodligen snabbast kan komma i operativt bruk. Idag finns det inte inom Skogsvårdsorganisationen någon sådan operativ tillämpning som enkelt kan användas av distriktspersonal. Det är bakgrunden till och motivet för det genomförda projektet.

Skogsstyrelsen