

# Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler



Peter Söderberg

© Skogsstyrelsen oktober 2002

**Författare**

*Peter Söderberg, Skogsvårdsstyrelsen Norrbotten*

**Projektledare**

*Karl Gustafsson, Skogsstyrelsen*

**Layout**

*Barbro Fransson*

**Papper**

*brilliant copy*

**Tryck**

*JV, Jönköping*

**Upplaga**

*365 ex*

ISSN 1100-0295

BEST NR 1718

Skogsstyrelsens förlag  
551 83 Jönköping

# Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler

# Innehållsförteckning

<b>1. SAMMANFATTNING .....</b>	<b>1</b>
1.1. SKATTNING AV SKOGLIGT GRUNDDATA .....	1
1.2. SKATTNING AV SKOGLIGA FÖRÄNDRINGAR.....	1
<b>2. SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
2.1. ASSESSING MAJOR FOREST VARIABLES.....	3
2.2. ASSESSING FOREST CHANGES .....	4
<b>3. INLEDNING OCH SYFTE.....</b>	<b>5</b>
<b>4. MATERIAL &amp; METODER.....</b>	<b>7</b>
4.1. kNN-METODEN .....	7
4.1.1. Skogliga variabler som skattas .....	8
4.1.2. Dataunderlaget.....	9
4.2. SKATTNING AV SKOGLIGA FÖRÄNDRINGAR.....	9
4.2.1. ENFORMA.....	10
4.2.2. Metod 1. Visuellt tolkning .....	10
4.2.3. Metod 2. Förändringsanalys m h a ENFORMA .....	10
4.2.4. Etikettering av avverkningarna.....	13
4.3. DEMONSTRATIONSOMRÅDE SKRÖVEN .....	13
4.4. MARKÄGARFÖRDELNINGEN UTANFÖR RESERVATET. ....	14
4.4.1. Allmänningarna .....	14
<b>5. RESULTAT .....</b>	<b>15</b>
5.1. SKATTNINGAR AV SKOGLIGA GRUNDDATA MED kNN-METODEN .....	15
5.1.1. Skogsmarkareal.....	15
5.1.2. Virkesvolym.....	16
5.1.3. Ålder.....	18
5.1.4. Jämförelse mellan indelningsmaterial och kNN .....	19
5.1.5. Kombination volym och ålder som medeltal.....	20
5.1.6. Trädslagsfördelning.....	20
5.2. SKATTNING AV SKOGLIGA FÖRÄNDRINGAR.....	21
5.2.1. Metod 1. Visuellt tolkning .....	21
5.2.2. Metod 2. Förändringsanalys med ENFORMA.....	22
5.2.3. Exempel på karta över skogliga förändringar .....	22
5.2.4. Stickprovskontroll av avverkningsform och markberedning.....	23
<b>6. DISKUSSION .....</b>	<b>24</b>
6.1. kNN RESULTATET.....	24
6.2. kNN ALLMÄNT .....	24
6.3. kNN FÖR STRATEGISK PLANERING .....	25
6.4. kNN VEM KAN GÖRA DET .....	25
6.5. ENFORMA ETT VERKTYG FÖR ATT FÖLJA FÖRÄNDRINGARNA I SKOGLANDSKAPET!.....	25
6.6. TILLGÅNGEN PÅ BILDDATA .....	26
<b>7. REFERENSER.....</b>	<b>27</b>

# 1. Sammanfattning

I det EU/LIFE delfinansierade projektet "Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry" har 7 organisationer från 5 Europeiska länder samarbetat om att visa metoder för uppföljning av hållbart skogsbruk. Arbetet har i stora delar skett i något av de 12 demonstrationsområden som valts för att spegla den stora variationen av Europeiska skogar.

I Sverige har Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket samarbetat om projektets styrning och respektive myndighet har samordnat arbetet i ett av de två svenska demonstrationsområdena. Naturvårdsverket har ansvarat för arbetet i ett område runt sjön Vällan i Uppland medan Skogsstyrelsen ansvarat för Skrövenområdet i Norrbotten.

Denna rapport beskriver delar av arbetet och resultaten från metoddemonstrationerna i Skrövenområdet i Norrbotten. Skogsvårdsstyrelsen i Norrbotten har varit operativt ansvarig för arbetet och utfört detta i samverkan med länsstyrelsen, samebyar och andra lokala skogliga aktörer.

## 1.1. Skattning av skogligt grunddata

För skattning av skogligt grunddata användes  $k$ NN-metoden. Det är en teknik som kombinerar satellitbilder och Riksskogstaxeringens provytedata för att ta fram heltäckande skattningar av virkesförråd, trädslagsblandning och ålder. Metoden kan beskrivas som en interpoleringsmetod där värdet i en bildpunkt (pixel) skattas som ett vägt medelvärde av de spektralt närmaste pixlarna som innehåller provytedata. Skattningen för pixeln har därefter gjorts genom att beräkna ett vägt medeltal av de 20 ( $k$ ) spektralt närmaste pixlarna med kända data. Antalet 20 är en konstant ( $k$ ) som vanligen varierar mellan 5 och 20. Resultatet blir ett värde på varje pixel för den skattande variabeln, t ex volymen tall. Alla variabler som finns mätta på provytorna kan skattas med  $k$ NN-metoden. Resultatet blir säkrare ju starka sambandet är med skogens biomassa.

Resultatet av  $k$ NN-skattningen (159 700 hektar skogsmark) är 2 300 hektar lägre än den totala skogsmarksarealen (162 000) enligt blå kartan. De främsta orsakerna till detta är moln och molnskugga i satellitbilderna samt att det saknas satellitbild i det södra hörnet av försöksområdet. För hela området skattades det genomsnittliga virkesförrådet till 62,9 m<sup>3</sup>sk/ha av vilket volymandelen tall var 61 %. Volymandelen gran skattades till 21 % medan andelen björk blev 17 %.

Resultaten från  $k$ NN kan med fördel användas för t ex identifiering och övervakning av olika kärnområden. Även vid upprättande av skogliga länsprogram är  $k$ NN skattningar ett bra hjälpmedel för att skatta virkesförråd och åldersfördelningar.

## 1.2. Skattning av skogliga förändringar

Skogliga förändringar kan skattas med flera olika metoder. I denna studie har två olika metoder baserade på tolkning av satellitbilder används. Den första metoden

innebär visuell tolkning av de digitala satellitbilderna direkt på bildskärmen tillsammans med tilläggsinformation från t ex KOTTEN. Som bildbakgrund för den visuella tolkningen användes satellitscener (SPOT-3) från sommaren 1996. Vilken typ av avverkningsform (plantering eller fröträd) och markberedning (Ja/Nej) sattes på alla områden som avverkats. En uppskattning av hyggenas ålder gjordes samtidigt. Alla hyggen med avverkningsår mellan 1990-1996 skattades med denna metod.

Den andra metoden (ENFORMA) är en digital metod som använder fjärranalysteknik för att skapa s k skillnadsbilder. Metoden använde satellitbilder från 1996 och 1999. Samma skogliga förändringar skattes som i metoden med visuell tolkning, avverkningsformen, markberedning (Ja/Nej) samt avverkningsår.

Under perioden 1990-1999 avverkades 5 410 hektar inom Skrövenområdet. Någon typ av markberedning har utförts på 2 482 hektar (46 % av den avverkade arealen). På ca 80 % av de hyggen där plantering valts som förnygringsmetod har markberedning utförts. Av de 20 % som inte hade markbereds finns dessutom flera områden med hyggesbränning.

Efter hyggesklassificeringen enligt de två olika metoderna gjordes fältbesök på 20 slumpvis valda avverkningar där avverkningsformen inte säkert kunnat fastställas. Avverkningsform och markberedning (Ja/Nej) kontrollerades. Resultatet visar att de 20 hyggena i klassen osäker har en jämn fördelning av avverkningsform mellan plantering och lämnande av fröträd. De objekt som hade planterats var samtliga markberedda.

Metoden har med stor framgång använts vid flera skogsvårdsstyrelser i landet. Avverkade områden som ej anmälts till Skogsvårdsstyrelsen hittas m h a skillnadsbilderna i ENFORMA. Med återkommande analyser varje år blir hyggesklassificeringen mycket säkrare och mindre förändringar upptäckts.

## 2. Summary

Within the EU/LIFE co-funded project "Demonstration of methods to monitor sustainable forestry, 7 organisations in 5 European countries have co-operated in an effort to show possibilities within the field of forest/forestry monitoring.

The Swedish National Board of Forestry (NBF) has been the lead agency of the project. The Swedish part of the project had been carried out in a joint effort with the Swedish Environmental Protection Agency (SEPA) in two selected demonstration areas. In all, the project had 12 demonstration areas spread throughout the participating countries from southern France to northern Finland.

An initial Gap-analysis, targeting gaps between the supply and (current and anticipated) demand of forest monitoring data, was carried out in each country. Ideas from the project plan and results from the Gap-analysis were used to decide upon methodology to be demonstrated.

This report deals with remote sensing techniques demonstrated in the Skröven demonstration area in Norrbotten. The methods are designed to assess major forestry variables and major changes in the forest in a cost efficient way.

### 2.1. Assessing major forest variables

The kNN-method is a technique combining satellite data and inventory data from the National Forest Inventory (NFI) to produce estimates of forest parameters such as total wood volume, volume by tree species and stand age. Individual raster cells, or "pixels", in the satellite image are geographically matched and associated with NFI sample plots. A relationship between the reflectance in the satellite image pixel and the parameters in the NFI plots can then be established. The goal is to estimate the same parameters for every pixel in the image. For every pixel, The kNN-algorithm takes the k most similar pixels (meaning pixels with most similar satellite reflectance data and with reference data from NFI-plots) and assigns values for the parameters of interest. The variable k are set to decide how many reference pixels are to be used (usually 5-20).

The calculation results in parameter estimates for every pixel in the image, which can then be summarised for any geographical area in the image. The accuracy of the estimates on pixel-level is generally poor. Previous studies has shown however that, if the estimates are done for areas of 2-300 hectares or larger, the standard error for estimates of e.g. wood volume can be as low as 10-15 %. The method is limited to estimating parameters that are fairly well represented on the NFI sample plots.

In Skröven, the average wood volume was estimated at 63 m<sup>3</sup>sk/ha of which 61 % are Scots pine. The share of volume of Norway Spruce was estimated at 21 % while the remaining 17 % were deciduous trees.

Results from kNN-estimations are well suited for e.g. forest type mapping and planning applications. It can also be used in wildlife studies to determine the

forest type of habitats etc. For nature conservation purposes, the method can be used in locating areas of old or dense forests of particular interest.

## **2.2. Assessing forest changes**

Two different methods have been tested to locate and label regeneration areas within the Skröven demonstration area. The first method is manual and visual interpretation of satellite images. The interpretation was carried out on screen using digital SPOT-3 images from 1996. The labelling of areas was limited to regeneration method (planting, seed tress) and soil scarification (YES/NO).

Changes was also assessed with the ENFORMA tool. With this technique, satellite images from different years are digitally compared and major changes can be detected and visualised. Images from 1996 and 1999 were compared and new regeneration areas were delineated. The regeneration areas were labelled into the same classes as mentioned above.

The labelling were strengthened in both cases using administrative data that were already available. Field-checks were made to verify the methods. In approx. 20 % of the cases, regeneration methods could not be assessed without a field visit. The remaining 80 % that had been classified were all correctly classified. Regarding soil scarification, about 20 % of the areas classified as scarified were actually not.

The methods proved uncomplicated and efficient in identifying and delineating the regeneration areas. Regular district staff at the Regional Board of Forest carried out the analysis. The labelling of areas need verification to be reliable. If the ENFORMA difference analysis is carried out on images from successive years, the labelling becomes more accurate.



### 3. Inledning och syfte

I det EU/LIFE delfinansierade projektet "Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry" har 7 organisationer från 5 Europeiska länder samarbetat om att visa metoder för uppföljning av hållbart skogsbruk. Arbetet har i stora delar skett i något av de 12 demonstrationsområden som valts för att spegla den stora variationen av Europeiska skogar.

I Sverige har Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket samarbetat om projektets styrning och respektive myndighet har samordnat arbetet i ett av de två svenska demonstrationsområdena. Naturvårdsverket har ansvarat för arbetet i ett område runt sjön Vällen i Uppland medan Skogsstyrelsen ansvarat för Skrövenområdet i Norrbotten.

Denna rapport beskriver delar av arbetet och resultaten från metoddemonstrationerna i Skrövenområdet i Norrbotten. Skogsvårdsstyrelsen i Norrbotten har varit operativt ansvarig för arbetet och utfört detta i samverkan med länsstyrelsen, samebyar och andra lokala skogliga aktörer.

Arbetet har varit fokuserat på att skatta några vanliga skogliga variabler med fjärranalysmetoder (i vissa fall) i kombination med tillgängliga data från fältinventeringar. Två olika metoder har använts i projektet, dels kNN-metoden vilken är användbar för att skatta tillståndvariabler och dels ENFORMA-metoden för att hitta större förändringar.

Den bästa tillgängliga informationen om skogstillståndet i Sverige kommer från Riksskogstaxeringens inventeringar. Riksskogstaxeringens resultat bygger på ett glest stickprov varför resultatens precision är starkt beroende av hur stort område som väljs. Normalt betraktas länen som den minsta enhet för vilken Riksskogstaxeringens inventeringar kan ge resultat med godtagbar precision. Riksskogstaxeringen resulterar i uppgifter om genomsnitt och totaler för landet eller länen utan att geografiskt peka ut olika företeelser.

Syftet med kNN-skattningarna är att genom att kombinera data från Riksskogstaxeringen med satellitdata göra skattningar över mindre områden än vad som kan göras med enbart data från Riksskogstaxeringen. Uppföljningen av hållbart skogsbruk kan därigenom göras mer finmaskig. Skogen ålder, virkesförråd och trädslagssammansättning, som varit huvudvariabler vid skattningarna, är särskilt viktiga ur resurshushållningssynpunkt.

Enforma-analysen ger i första hand uppgifter om utförda avverkningar men även andra större förändringar i skogen kan detekteras. Riksskogstaxeringens design gör att ingen rumslig information om avverkningar kan presenteras vilket gör Enforma intressant för såväl stora som små områden.

I den pågående internationella politiska processen *ministerkonferensen för skydd av Europas skogar* har man beslutat om en uppsättning Kriterier & Indikatorer för hållbart skogsbruk. Indikatorerna för hållbart skogsbruk från denna process har varit utgångspunkten inom detta projekt vid val av metoder att demonstrera.

Inom projektet har data som producerats i kNN och Enforma-analyserna använts vidare i utveckling av en metod att följa skogsbrukets påverkan på renbetespotentialen i Skrövenområdet. Metoden och resultaten från denna studie redovisas i rapporten ”Skogliga åtgärders påverkan på förutsättningarna för renbete” (Söderberg 2002).

## 4. Material & Metoder

### 4.1. kNN-metoden

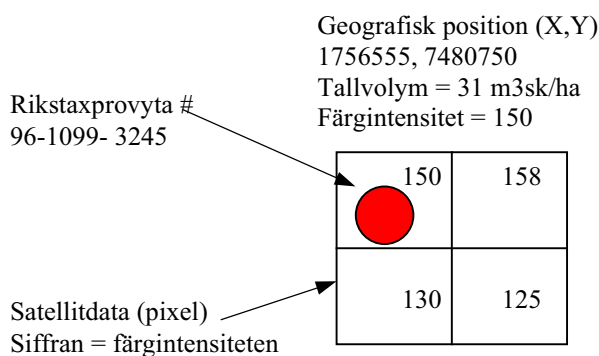
I projektet har satellitbilder och Riksskogstaxeringens provytedata kombinerats för att ta fram heltäckande skattningar av virkesförråd, trädslagsblandning och ålder inom Skrövenområdet. Ett speciellt försök gjordes att skatta andelen Pinus Contora i området.

Genom att det geografiska läget för Rikstaxens provytor är känt kan de kopplas till individuella pixlar i de satellitbilder (SPOT-4) som använts (Figur 4.1-1). Detta betyder att både fältmätta variabler och satellitbildernas spektralvärden (satellitbildens registreringar av reflekterat ljus i olika våglängdsområden) är kända för provytorna. I och med detta kan provytorna användas som referens på marken för att skatta de önskade variablerna för alla pixlar i satellitbilderna.

Riksskogstaxeringen inte är dimensionerad för att ge tillförlitliga resultat för mindre områden än län eller delar av stora län. Om endast Riksskogstaxeringens provytedata hade använts hade resultaten (medelvärdena av de aktuella variablerna) inte varit tillförlitliga inom Skrövenområdet.

Riksskogstaxeringens fältdata från 1990-1999 har använts. Motivet att använda provytedata från flera års inventeringar är främst att öka antalet provytor inom varje scen och därigenom få bättre skattningar. Innan skattningarna genomförts har data för varje provyta skrivits fram till det år som satellitbilderna registrerats (1999). Provytor som avverkats under perioden mellan fältinventeringen och bildens registreringstidpunkt har tagits bort. Totalt tas ca 20 % av alla provytor bort. Dessa s k "utelligare" har ett värde på pixeln som avviker kraftigt från det normala. Provytor som ligger geometriskt fel (på fel pixel) och provytor som har avverkats eller gallrats under tiden mellan inventering och satellitbildens registrering är exempel på orsaker till sådana fel.

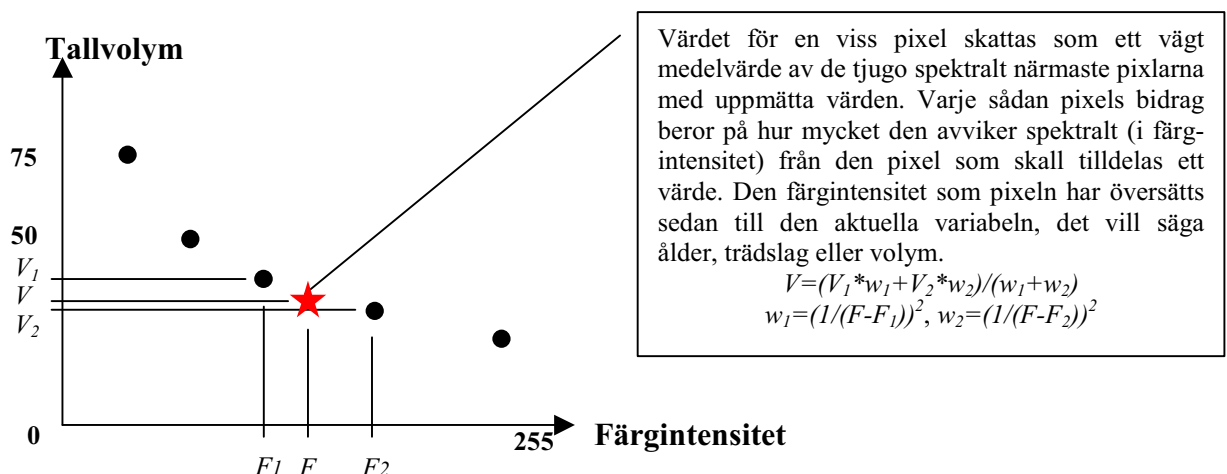
Enskilda rasterceller, eller "pixlar" som bygger upp satellitbilden har geografiskt kopplats ihop med riksskogstaxeringens provytor. En relation har skapats mellan färgintensiteten (reflektansen) i satellitbilden och de parametrar som har mätts på provytan. Detta är illustrerat i (Figur 4.1-1).



Figur 4.1-1. Matchning mellan rikstaxprovymtans tallvolym och satellitdatas färgintensitet..

Den så kallade  $k$ NN-metoden ( $k$  Nearest Neighbour) har använts för att ta fram pixelvisa skattningar av de aktuella variablerna. Metoden kan beskrivas som en interpoleringsmetod där värdet i en bildpunkt (pixel) skattas som ett vägt medelvärde av de spektralt närmaste pixlarna som innehåller provytedata (Figur 4.1-2). Detta görs genom att först beräkna den spektrala skillnaden mellan pixeln i fråga och samtliga pixlar som innehåller provytor med uppmätta data. Därefter definieras de närmsta pixlarna som de pixlar som spektralt avviker minst från den pixel som skall tilldelas ett värde. Skattningen för pixeln har därefter gjorts genom att beräkna ett vägt medeltal av de (i detta fall) 20 spektralt närmaste pixlarna med kända data, där varje känd pixels bidrag beror på hur mycket den avviker spektralt från den aktuella pixeln. Antalet 20 är en konstant ( $k$ ) som kan varieras mellan olika skattningar.  $k$  varierar vanligen mellan 5 och 20. Vid skattningarna har SPOTs fyra multispektrala våglängdsband använt det reflekterade ljuset från skogsmarken. Våglängdsbanden i SPOT-4 är synligt grönt och rött samt de icke synliga våglängdsbanden infraröd och mellaninfraröd.

Varje pixel i satellitbilden tilldelas ett värde för aktuell variabel med hjälp av rikskogstaxeringens provytor.



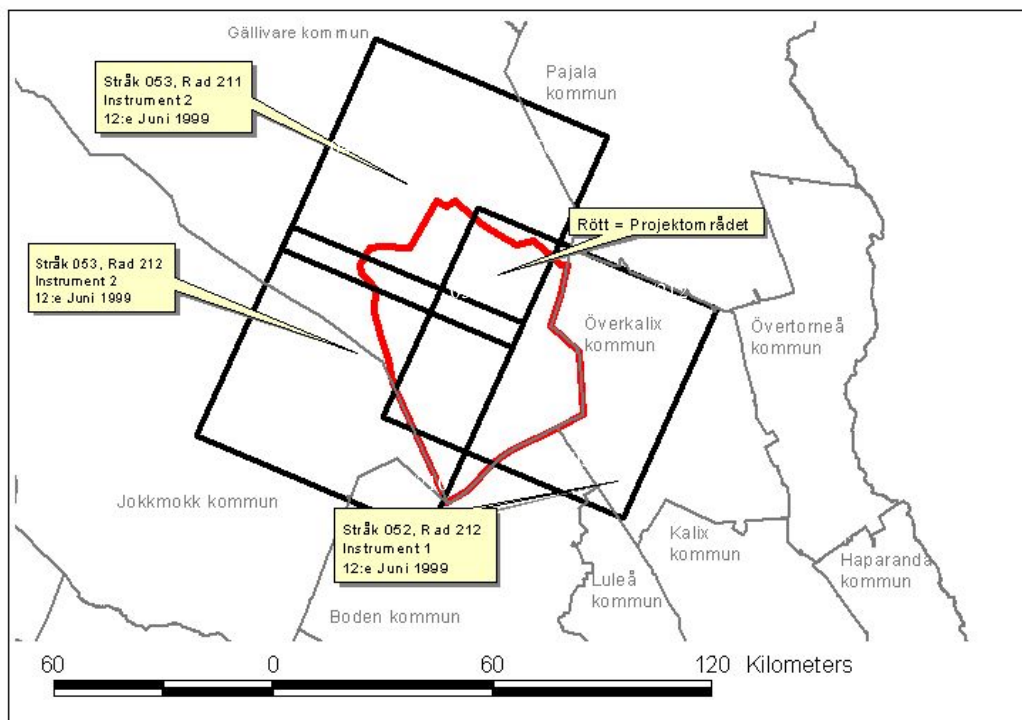
Figur 4.1-2. Schematisk förklaring till hur värdet för varje enskild pixel bestäms enligt  $k$ NN-metoden.

#### 4.1.1. Skogliga variabler som skattas

Satellitbildens reflektans har störst korrelation till biomassan. Något förenklat gäller att ju mörkare bilden är på skogsmark desto större är biomassan. Det finns ett starkare samband mellan biomassa och volym än t ex biomassa och ålder. Därför är skattningar av volym bättre än skattningarna av ålder. Alla variabler som finns mätta på provytorna kan skattas med  $k$ NN metoden. Resultatet blir säkrare ju starka sambandet är med skogens biomassa. I detta projekt har volym, ålder och trädslagsbladning (volymandelen) skattats. På försök har även volymandelen för *Pinus Contora* skattats, förutom trädslagen tall, gran, björk. Resultatet presenteras som en bild i Arc/Info GRID format. Digitalnivån (DN) i bilden motsvarar värdet för skattningen. En GRID för totalvolym, en GRID för volymen tall, en GRID med ålder e.t.c.

#### 4.1.2. Dataunderlaget

Skattningen använde totalt 3 scener av SPOT-4 (Figur 4.1.2-1). Varje scen är 60 x 60 km, med en pixelstorlek som täcker 20 x 20 meter på marken. Scenerna registrerades den 12:e Juni 1999. SPOT-4 har två instrument som samtidigt kan registrera data över olika områden. I detta fall har de scener som används registrerats av både instrument 1 och 2. Varje scen skattas mot provytedata individuellt. När ett område täcks av flera scener d v s har två olika skattningar användes den skattning som hade minst medelfel, m a o den bästa skattningen användes till slutresultatet.



Figur 4.1.2-1. Scenöversikt av de scener som skattningen använde. Notera att det saknas satellitbildtäckning i den sydöstra delen

En uppenbar fördel med kNN-metoden är att den kan användas på vilket område som helst givet att satellit och provytedata finns tillgängliga. Man kan därför enkelt göra urval som skiljer sig från normala administrativa gränser eller omfattar vissa utvalda ägarkategorier så länge det finns kartunderlag eller kopplade data från vilket ett urval kan definieras.

För att begränsa analyserna till skogsmark har ägoslaget *skog* enligt blå kartan använts som skogsmark. Den digitala markägarkartan har använts för att separera de olika ägarkategorierna.

#### 4.2. Skattning av skogliga förändringar

I projektet har två metoder för att identifiera stora förändringar i skogen testats. Målsättningen med försöken har varit att skapa en hyggesdatabas för Skróvenområdet över en 10-årsperiod från andra halvåret 1990 till första halvåret 2000. Målsättningen har också varit att kunna registrera avverkningsår, avverkningsform och markberedning (Ja/Nej) för vart och ett av de identifierade hyggena.

Två olika fjärranalysmetoder användes, den ena innebär helt manuell, visuell tolkning av en satellitscen medan den andra är en datoriserad, halvautomatisk metod (ENFORMA) som jämför två satellitscener från olika år för att identifiera och datera de skogliga förändringarna. Arbetet utfördes av ordinarie personal på Gällivare distrikt.

#### **4.2.1. ENFORMA**

ENFORMA-projektet var ett samarbetsprojekt mellan SVO och Metria (tidigare Satellus). Projektet hade även representanter från Finland och Österrike. Syftet var att hitta praktiska och effektivametoder för att använda satellitbilder och fjärranalysmetodik i skogsbruket. Projektet pågick under en 3-års period (1998–2000). Resultatet var bl.a. en prototyp för hantering av satellitdata.

I detta projekt har vi praktiskt testat modulen ”Hitta hyggen” i ENFORMA.

#### **4.2.2. Metod 1. Visuell tolkning**

För avverkningar utförda före andra halvåret 1996 skapades ett GIS-skikt genom manuell visuell tolkning och digitalisering direkt på bildskärmen i GIS programvaran ArcView. Som bildbakgrund användes satellitscener (SPOT-3) från sommaren 1996. Även lokalkännedom och administrativa hjälpmedel såsom avverkningsanmälningar som fanns i KOTTEN, (Skogsvårdsstyrelsen GIS-system) användes för att få en så korrekta uppgifter som möjligt utan att besöka alla objekt i fält. KOTTEN-systemet innehåller information om avverkningsår, avverkningsform och i förekommande fall även markberedning. Där uppgifterna var osäkra eller saknades, togs hjälp av de större markägarna, t ex Gällivare allmänningskog.

#### **4.2.3. Metod 2. Förändringsanalys m h a ENFORMA**

Funktionen ”Hitta Hyggen” i ENFORMA-programmet användes för att hitta avverkningar gjorda mellan andra halvåret 1996 och första halvåret 1999. Metoden använder förändringsanalys. Ett våglängdsband från de två satellitscenerna från olika tidpunkter jämförs med varandra för att skapa en ny s k skillnadsbild (Figur 4.2.3-1). Den spektrala skalan går från 0 till 255 där 0 är svart och 255 är vitt. Den absoluta förändringen för varje pixel (ny bild minus gammal bild) relateras därefter till normalnivån 128 (grå färg) Resultterande pixelvärden blir högre (ljusare) om pixeln i den nya bilden varit ljusare, och omvänt (Bank, H. Persson, A 1998).

I metoden finns en automatisk kalibrering av satellitscenerna både spektralt (färgintensiteten) och geometriskt (bilderna visar samma område).

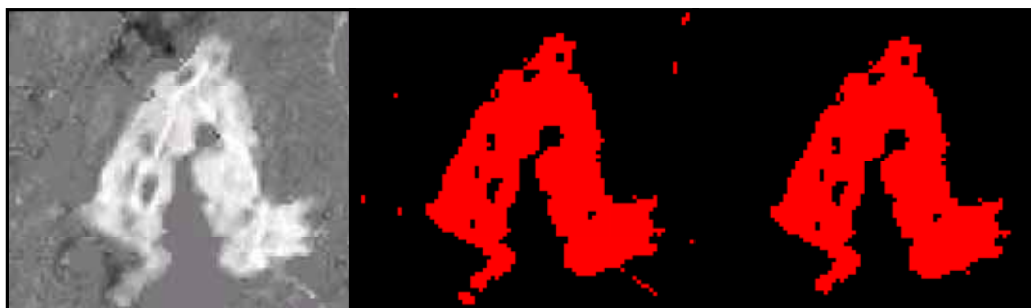
**Förändringsanalys är enkel matematik med pixelvärden**

$$\begin{array}{c}
 \text{Ny bild} \quad \text{Gammal bild} \\
 \left( \begin{array}{|c|} \hline 140 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline 70 \\ \hline \end{array} \right) + 128 = \begin{array}{|c|} \hline 198 \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

Figur 4.2.3-1. Figuren visar exempel hur en pixels spektrala värde kan skilja sig åt i satellitbilder från olika år där skog har avverkats.

Som indata för förändringsanalysen användes en SPOT-3 satellitscen från 1996 (1996-08-23, gammal bild) samt en SPOT-4 satellitscen från 1999 (1999-06-12, ny bild). En skogsmask med blå kartans ägoslag skog användes för att begränsa analyserna till förändringar i skogen. I resultatet av förändringsanalysen ses skog som avverkats ljusare och skog som växer mörkare. Oförändrad skog och andra ägoslag än skog blir grå, färgintensitet är då 128. Resultatet blir en svart/vit bild som konverteras till ArcView shapeformat.

I bildserien i Figur 4.2.3-2 visas först ett exempel på den svartvita skillnadsbilden över ett nyupptaget hygge inom Skrövenområdet. Bilden i mitten visar samma område men där bara skillnadsvärden över ett gränsvärde registreras som skillnad. I den sista bilden har förändringar mindre än 0.4 ha tagits bort. Resultatet blir ett digitalt förändringsskikt som kan vidareförädlas till ett hyggeskikt genom att verifiera områdena som hygge (se kap. 4.2.4).

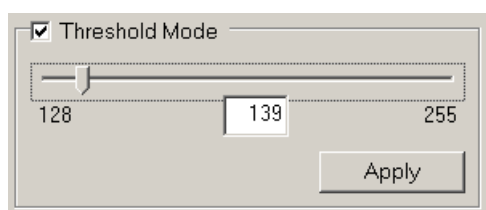


Svartvit skillnadsbild.	Hyggeskiktet efter att ett gränsvärde för förändring tillämpats	Alla förändringar av mindre områden (0.4 ha) har tagits bort
-------------------------	---	--

Figur 4.2.3-2. Förädling av skillnadsbild till ett hyggeskikt.

I processen att förädla den svartvita skillnadsbilden till ett hyggeskikt krävs att operatören manuellt bestämmer ett gränsvärde för hur stor skillnad mellan bilderna som skall betraktas som en verklig förändring. Nivån på gränsvärdet kan i programvaran varieras av operatören m h a e n s k ”Slidebar”. (Figur 4.2.3-3)

Bilden nedan visar "Slidebaren" som operatören använder för att bestämma gränsvärdet.

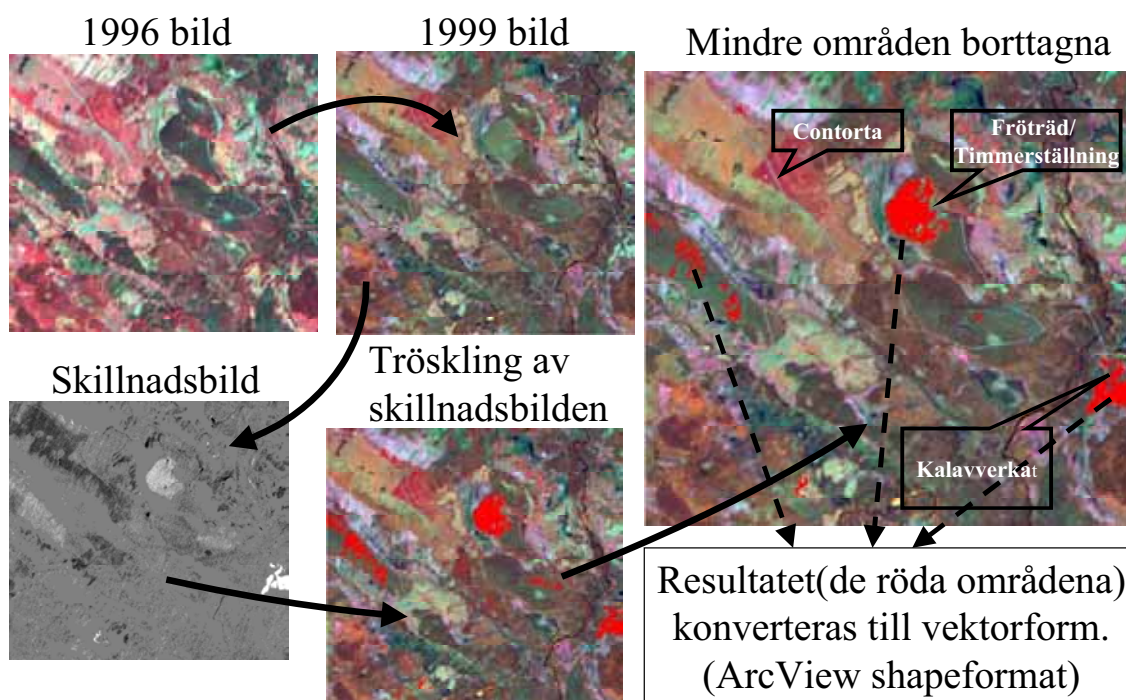


Figur 4.2.3-3. Genom att ansätta ett gränsvärde vid analys av skillnadsbilden bestämmer operatören vid vilket minsta värde (färgintensitet) förändringen skall gälla. I detta fall kommer alla pixlar i skillnadsbilden med ett spektralt värde över 138 med i resultatet.

Det innebär att de skillnader som kommer med är enbart de pixlar i skillnadsbilden som är ljusare än 138 d v s där biomassa har försvunnit. Värdet 138 kommer från den nya bildens pixelvärde minus den gamla bildens pixelvärde plus 128 se (Figur 4.2.3-1) på föregående sida.

I Figur 4.2.3-4 visas en schematisk bild över hela förändringsanalysen från 2 satellitbilder till det färdiga hyggesskiktet. I exemplet identifieras alla hyggen som tagits upp mellan sommaren 1996 och sommaren 1999. Genom att göra analysen på bilder från två på varandra följande år kan man öka noggrannheten i dateringen av hyggena.

Bildserien nedan visar ett område i Skräven med satellitbild från 1996, 1999 och skillnadsbilden. Vid "träsklingen" (bestämning av gränsvärdet), användes den nyaste bilden (1999) som bakgrund.



Figur 4.2.3-4. Schematisk bild över hela förändringsanalysen. Operatören bestämmer gränsvärdet och skickar resultatet till en vektorfil i ArcView format.

Resultatet i form av ArcView shapefilen flyttades därefter in i GIS programvaran ArcView för manuell justering och etikettering av avverkningarna.



#### 4.2.4. Etikettering av avverkningarna

I både metod 1 (manuell) och metod 2 (förändringsanalys) gjordes en manuell etikettering av varje avverkning i GIS programvaran ArcView. För varje avverkningsområde tilldelade operatören avverkningsår, avverkningsform och markberedning utförd (Ja/Nej) (Tabell 4.2.4-1).

För detta arbete krävs främst god lokalkännedom men också goda kontakter med entreprenörer och markägare. KOTTEN-systemet användes som stöd vid etiketteringen. Informationsinnehållet i KOTTEN är dock starkt begränsat för tiden före år 1998. På skogsbolagens marker kunde digital information användas till hjälp för bestämmande av avverkningsår. Detta ökade noggrannheten i dateringen av avverkningarna.

Distriktspersonalens lokalkännedom är bättre på de privata markerna än på skogsbolagens marker. Den främsta orsaken till detta är att de arbetar mer intensivt med rådgivning och uppföljning av åtgärderna hos privata markägare än hos de större skogsbolagen.

Källan till etiketteringen av varje avverkning är mycket olika. Det kan också finnas också fel i resultatet p.g.a. att inte alla avverkningar besökts i fält samt att åtgärderna som planerades på avverkningsobjektet kan ha ändrats i ett sent skede. Även händelser efter avverkningstillfället, t.ex., att fröträäd blåst omkull, kan ha inneburit att tillgänglig information blivit inaktuell.

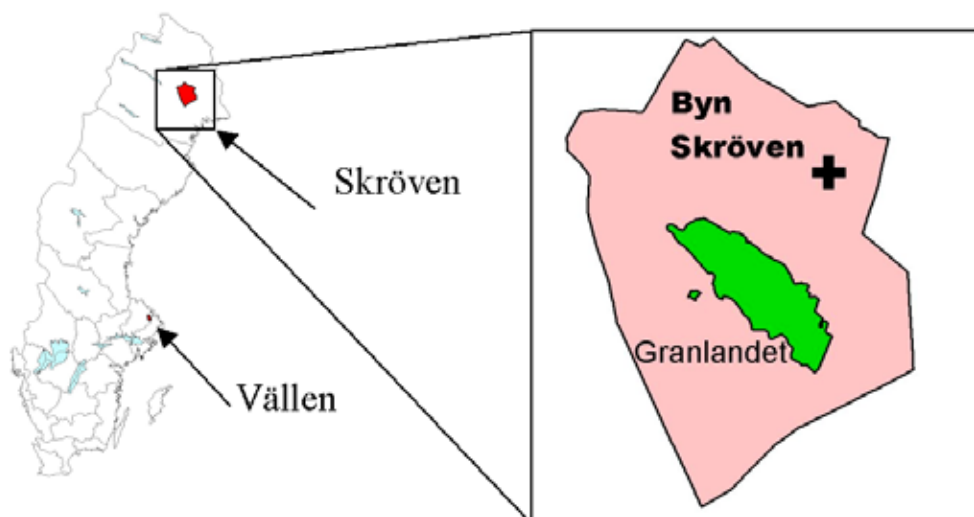
För att få en uppfattning om kvalitén på etiketteringen gjordes fältbesök på ca 20 slumpvis valda avverkningar. Avverkningsform och markberedning (Ja/Nej) kontrollerades.

Tabell 4.2.4-1. Exempel på resultatet av de tilldelade värdena.

Område	Avverkningsår	Avverkningsform	Markberedning	Hektar
1	1998	Plantering	Ja	12.7
2	1998	Plantering	Nej	9.2
3	1998	Plantering	Ja	1.0
4	1998	Timmerställning	Nej	4.0
5	1998	Timmerställning	Nej	4.0
6	1998	Plantering	Ja	7.2
7	1998	Plantering	Ja	1.1
8	1998	Plantering	Ja	3.0
9	1998	Plantering	Ja	0.6
10	1998	Timmerställning	Nej	15.3
11	1995	Fröträäd	Ja	4.9
12	1995	Fröträäd	Ja	5.2

### 4.3. Demonstrationsområde Skröven

Demonstrationsområdet Skröven ligger ca 15 mil norr om Luleå i Norrbottens län (Figur 4.3-1). Hela området omfattar ca 280 000 hektar av vilka ca 162 000 ha är skogsmark utanför befintliga reservat, enligt blå kartan. Området innesluter två reservat, Granlandet och Pellokielas som tillsammans utgör ca 27 000 hektar varav knappt hälften är produktiv skog.



Figur 4.3-1. Sverigekarta med försöksområdet Skröven i norr och det andra försöksområdet Vällen i söder.

#### 4.4. Markägarefördelningen utanför reservatet.

Enligt markägarkartan förs 41 % av marken inom Skrövenområdet (exkl. reservaten) till ägarkategorin *privata* medan *övriga* (skogsbolag) äger resterande 59 %. Tillsammans omfattar dessa marker 252 500 ha varav 64 % är skogsmark. Siffrorna som avser skogsmarkens andel av total areal är beräknade efter ägodelsindelningen i blå kartan.

I kategorin *övriga* ingår det privatägda skogsbolaget SCA med 30 000 hektar (72 % skogsmark) och det statligt ägda skogsbolaget SVEASKOG med 120 000 hektar (61 % skogsmark). I SVEASKOG ingår idag även ASSIDOMÄNs skogar. I kategorin *privata* ingår Gällivare allmänningsskog med 43 000 hektar (72 % skogsmark) samt privata skogsfastigheter med 60 000 hektar (61 % skogsmark).

##### 4.4.1. Allmänningsarna

Allmänningsarna i Norrbotten tillkom för drygt 100 år sedan i samband med avvittningen som skulle gynna uppodlingen och kolonisationen i inlandet.

”Avvittringen” – ett sorts laga skifte där skogsmarken uppdelades mellan staten och enskilda. Man bestämde först hur stort skogsanslaget till böndernas hemman skulle bli, och på landshövding H A Widmarks inrådan beslöt bönderna att, genom att avstå 25 % av det tilldelade skogsanslaget, bilda Sockenallmänningar.

Gällivare allmänningsskog bildades 1883. Allmänningsskogen ägs av ca 3 000 delägare fördelade på ca 1 500 jordbruksfastigheter i Gällivare kommun.

Allmänningsens skog i Skröven är talldominerad med stora inslag av gran och björk. Genomsnittlig bonitet på de produktiva markerna är 3,1 m<sup>3</sup>sk/ha och år. Traditionen att sköta skogen är stark i området och skogsskötseln tillsammans med områdets gynnsamma läge, främst i den nord-östra delen kring Skrövån, bidrar till en relativt hög produktion för regionen. Allmänningsens skogar i väster, främst kring reservatet Granlandet har dock lägre produktion. I detta område finns glesa skogar på hedmark med ett kallt lokalklimat.

## 5. RESULTAT

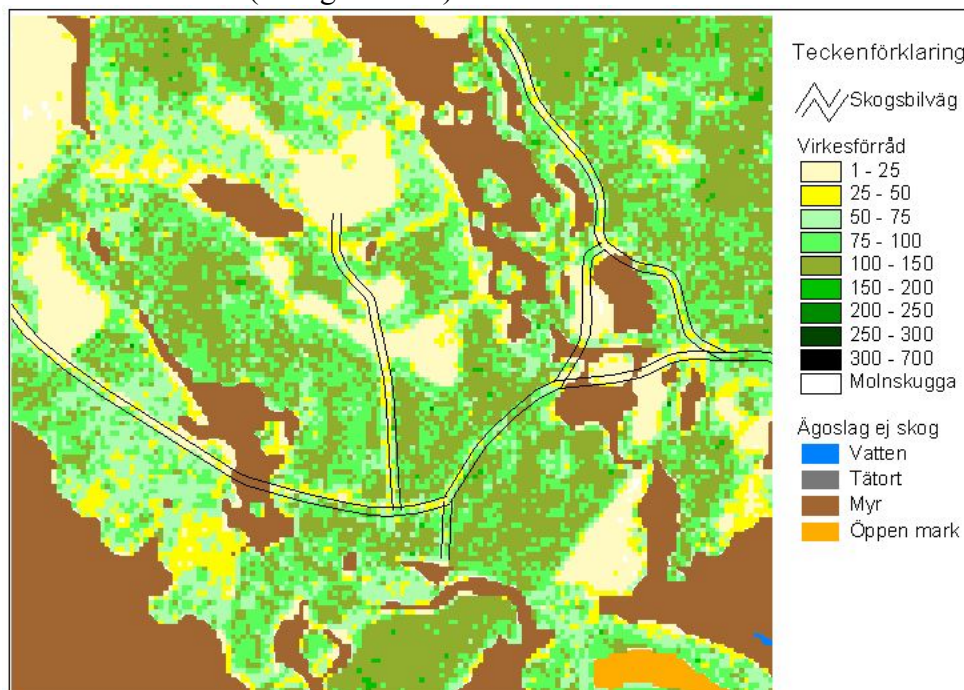
### 5.1. Skattningar av skogliga grunddata med *k*NN-metoden

#### 5.1.1. Skogsmarkareal

Arealen skogsmark inom Skrövenområdet (exkl. reservat) är 162 000 hektar enligt blå kartan. I Skattningarna med *k*NN innebär problem med moln och molnskugga i satellitbilderna att viss underskattning av skogsmarksarealen kan uppstå.

Användningen av blå kartans skogsmask innebär å andra sidan en viss överskattning av den totala skogsmarkarealen. Anledningen är att blå kartan inte innehåller något ägoslag för vägar utan alla vägar inom ett skogsmarkområde räknas till skogsmarken (se figur 5.1.1-1). Om vi antar en genomsnittlig bredd på väggatorna till 10 m innebär detta totalt ca 1 400 hektar inom Skrövenområdet. Det digitala vägnätet är inte helt enkelt att räkna bort eftersom vägens centrum i satellitbilden och i kartgeometrin inte alltid stämmer överens. Skuggor i satellitbilden från intilliggande skog komplicerar beräkningarna ytterligare. I beräkningarna för Skröven har de pixlar som faller inom blåkartans vägnät blivit tilldelade värden på volym, ålder etc. i sådan utsträckning att snittvolymen på vägarna skattats till 33 m<sup>3</sup>sk/ha.

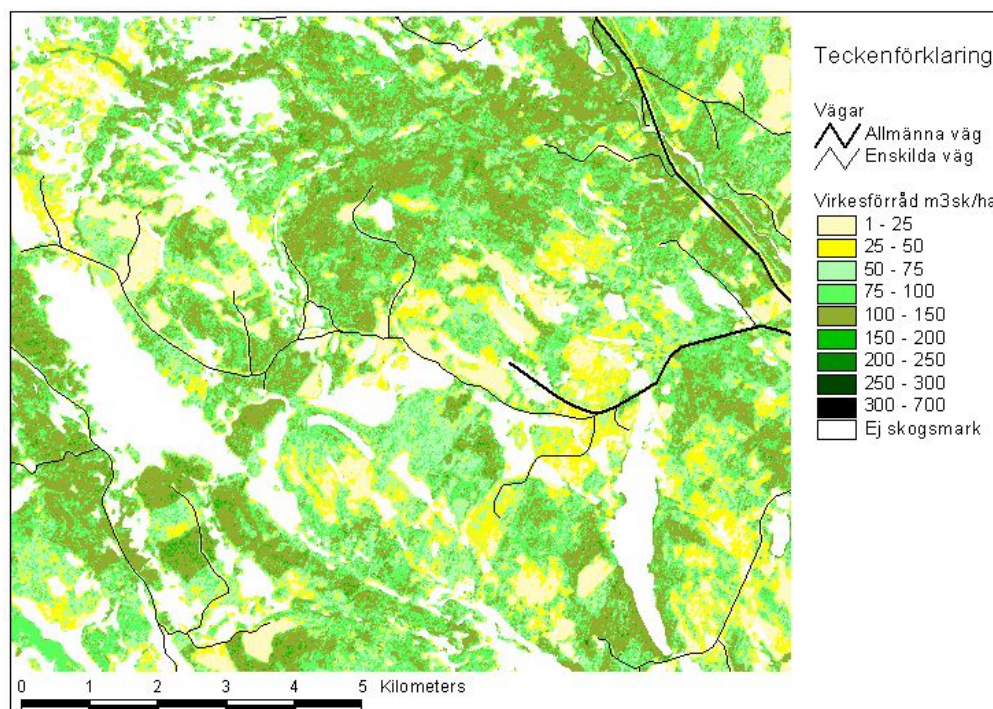
Resultatet av *k*NN-skattningen (159 700 hektar) är 2 300 hektar lägre än den totala skogsmarksarealen enligt blå kartan. De främsta orsakerna till detta är moln och molnskugga i satellitbilderna samt att det saknas satellitbild i det södra hörnet av försöksområdet (se Fig. 4.1.2-1)



Figur 5.1-1. Exempel på överskattning av skogsmarksarealen p.g.a. skogsbilvägnätet.

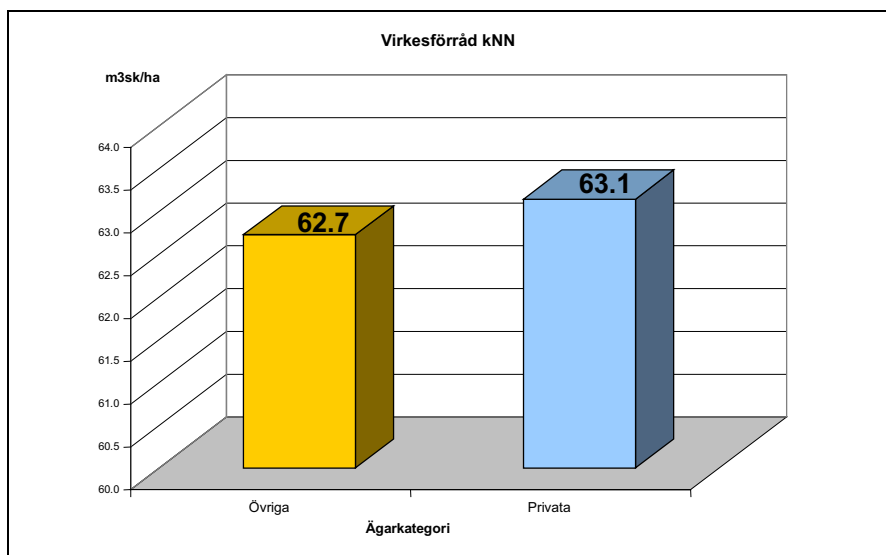
### 5.1.2. Virkesvolym

Virkesvolymen per trädslag skattas för varje enskild pixel i satellitbilden. Den digitala informationen i kartorna gör det sedan möjligt att fritt välja hur resultaten skall presenteras. I Figur 5.1.2-1 visas ett exempel på en temakarta över virkesvolymen i 9 klasser för en mindre del av Skrövenområdet. Klassningen kan underlätta den visuella tolkningen.



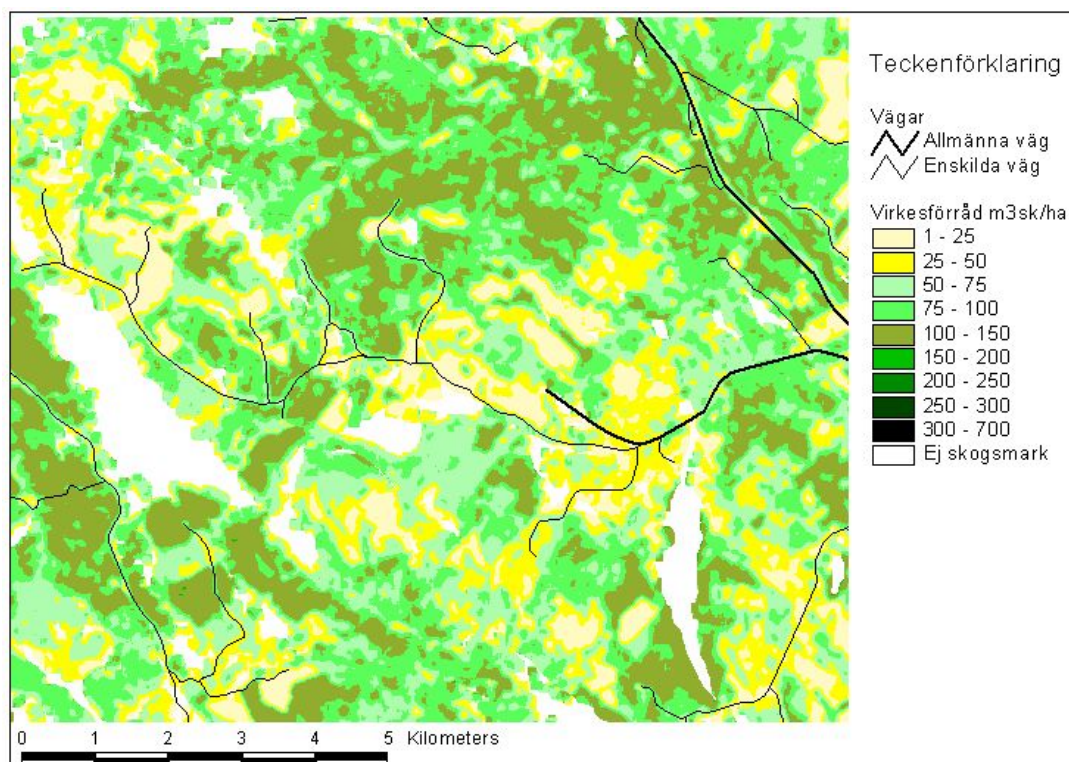
Figur 5.1.2-1. Temakarta med virkesförrådet i 9 olika klasser. Varje pixel är 20 meter. Vit färg är ej skogsmark.

Summeringar av den pixelvisa informationen kan göras efter vilken indelning som helst så länge indelningen kan definieras i den digitala kartan eller i den till varje pixel kopplade informationen. I Figur 5.1.2-2 visas som exempel genomsnittligt virkesförråd per ägarkategori inom hela Skrövenområdet. För hela området skattades det genomsnittliga förrådet till 62,9 m<sup>3</sup>sk/ha. Förrådet är något större på den privata skogsmarken än på den bolagsägda (övriga).



Figur. 5.1.2-2 Virkesförrådet per ägarkategori inom Skräven utanför de två reservaten.

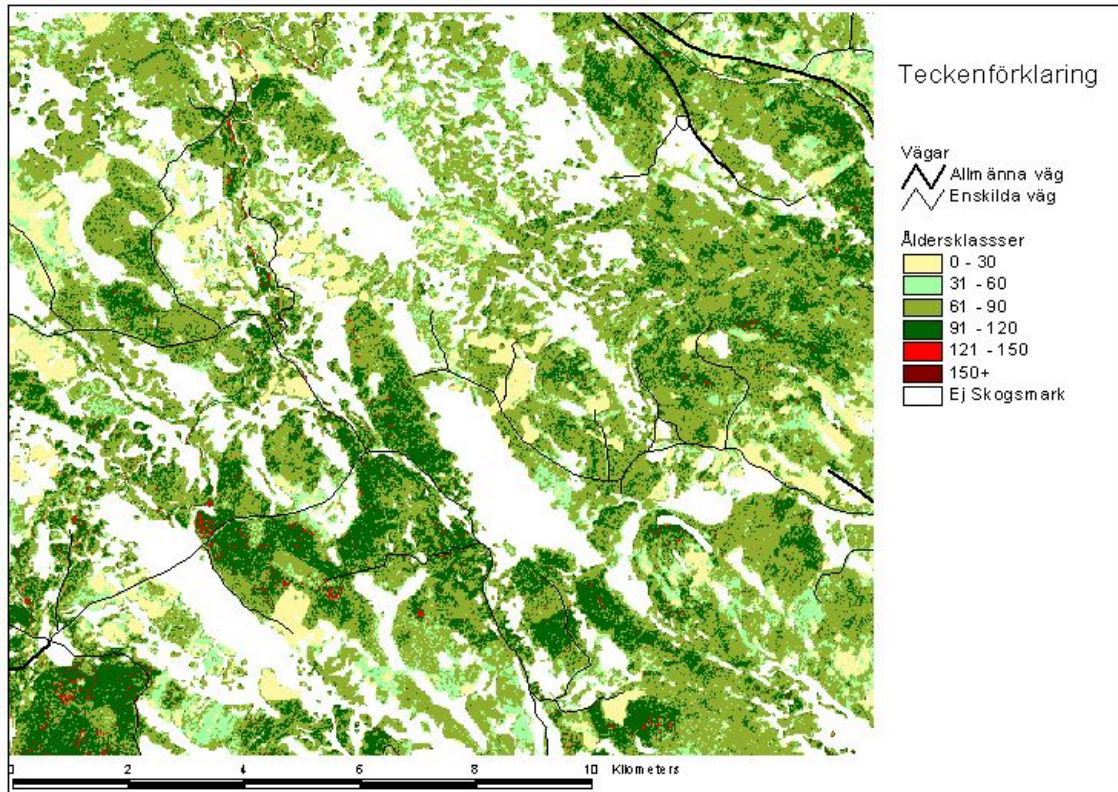
För att förenkla den visuella tolkning kan ytterligare bearbetningar av informationen göras. I Figur 5.1.2-3 har medelvärdet för de 5x5 närmaste pixlarna använts för att skapa en homogener bild. Bilden blir lättare att tolka över större områden (mindre skalor). I brukad skog blir bestånd enklare att urskilja, dock med förbehållet att gränser kan ha förskjutits något.



Figur 5.1.2-3. Exempel på en klassad temakarta där medelvärdet för de 5x5 närmaste pixlarna har använts. Vit färg är ej skogsmark.

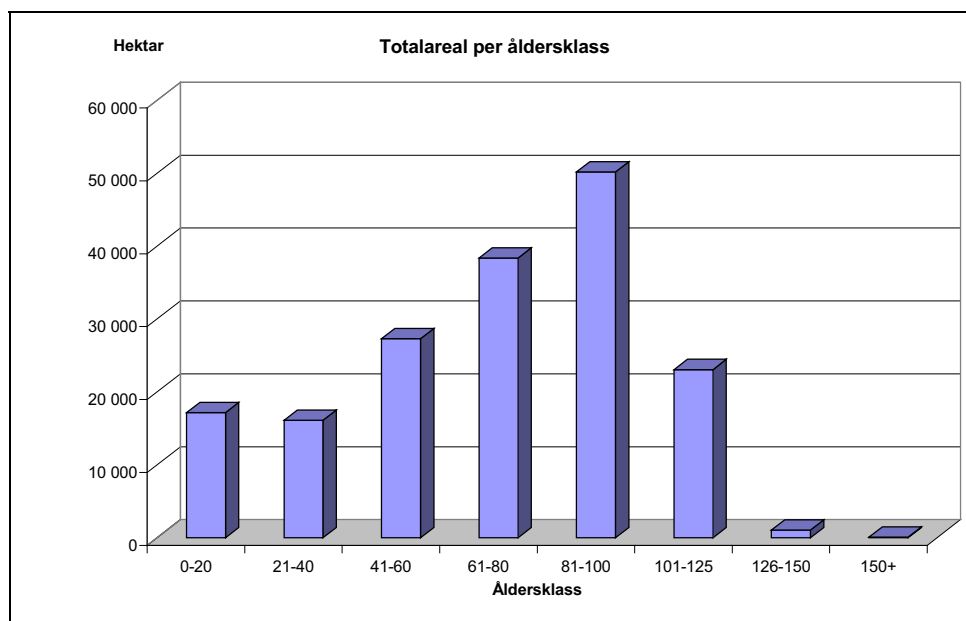
### 5.1.3. Ålder

Den pixelvisa tilldelningen av ålder på skogsmarken presenteras som en temakartan i (Figur 5.1.3-1) för en mindre del av Skrävenområdet. Åldern är indelad i 6 klasser. Liksom för informationen om virkesvolym kan data presenteras och summeras flexibelt efter användarens önskemål. Medelåldern för hela området är enligt  $k$ NN-skattningen 58 år.



Figur 5.1.3-1. Exempel på temakarta med 6 olika åldersklasser.

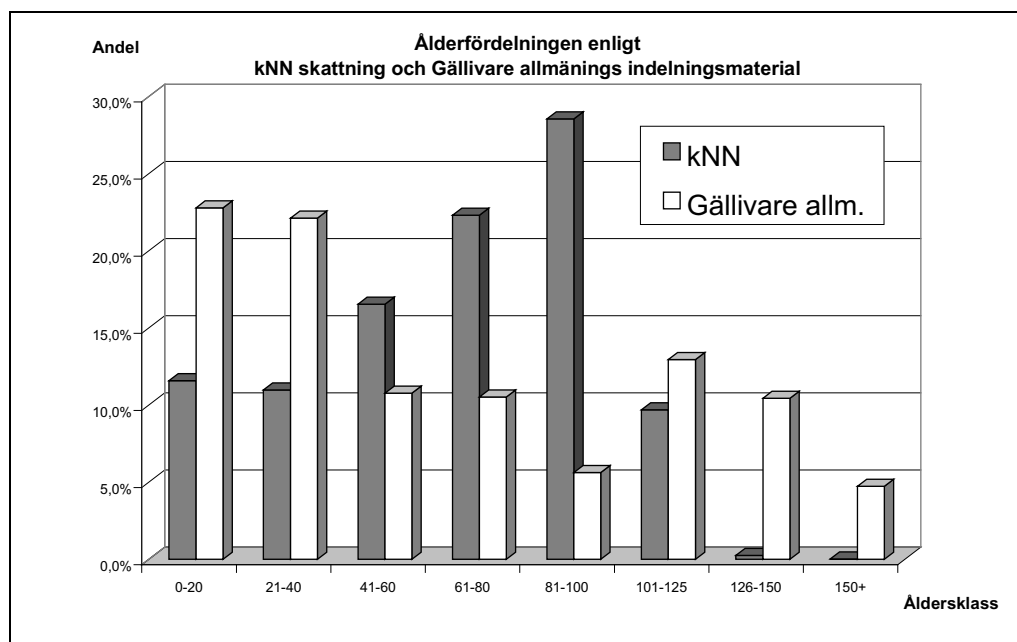
**Figur 5.1.3-3 visar skogsmarksareal fördelat per åldersklass. Fördelningen visar på stora arealer gallringskog.**



Figur 5.1.3-3. Skogsmarksareal (hektar) per åldersklass(år).

#### 5.1.4. Jämförelse mellan indelningsmaterial och kNN

Den arealvägda medelåldern på Gällivare allmänningsskog är 67 år enligt deras indelningsregister. kNN skattningen har för samma område givit resultatet 65 år. Arealerna i åldersklasserna mellan ungefär 40–100 år överskattade medan de lägsta och högsta åldrarna är underskattade. Jämförelsen visualiseras i Figur 5.1.4-1. För övriga markägare saknas motsvarande referensmaterial.

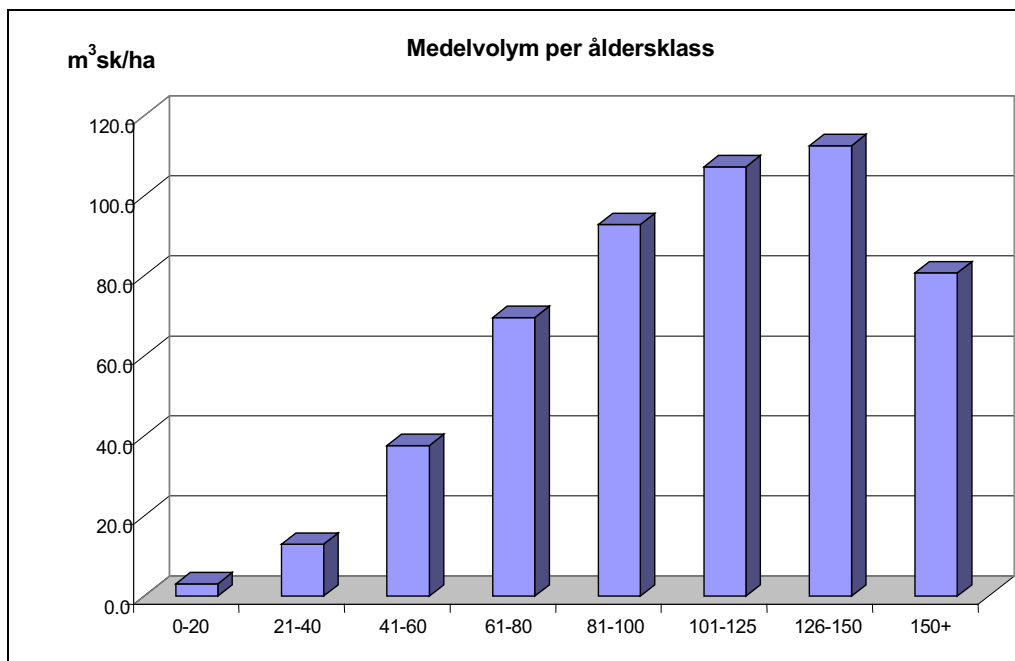


Figur 5.1.4-1. Jämförelse mellan kNN skattning och indelningsmaterial för Gällivare allmänningsskog. Arealandel (%) per åldersklass (år).

### 5.1.5. Kombination volym och ålder som medeltal

Genom att kombinera skattningarna för ålder respektive volym kan medelvolymer per åldersklass bestämmas (Figur 5.1.5-1).

I Skrövenområdet är volymerna högst i den mogna skogen (100-150 år)

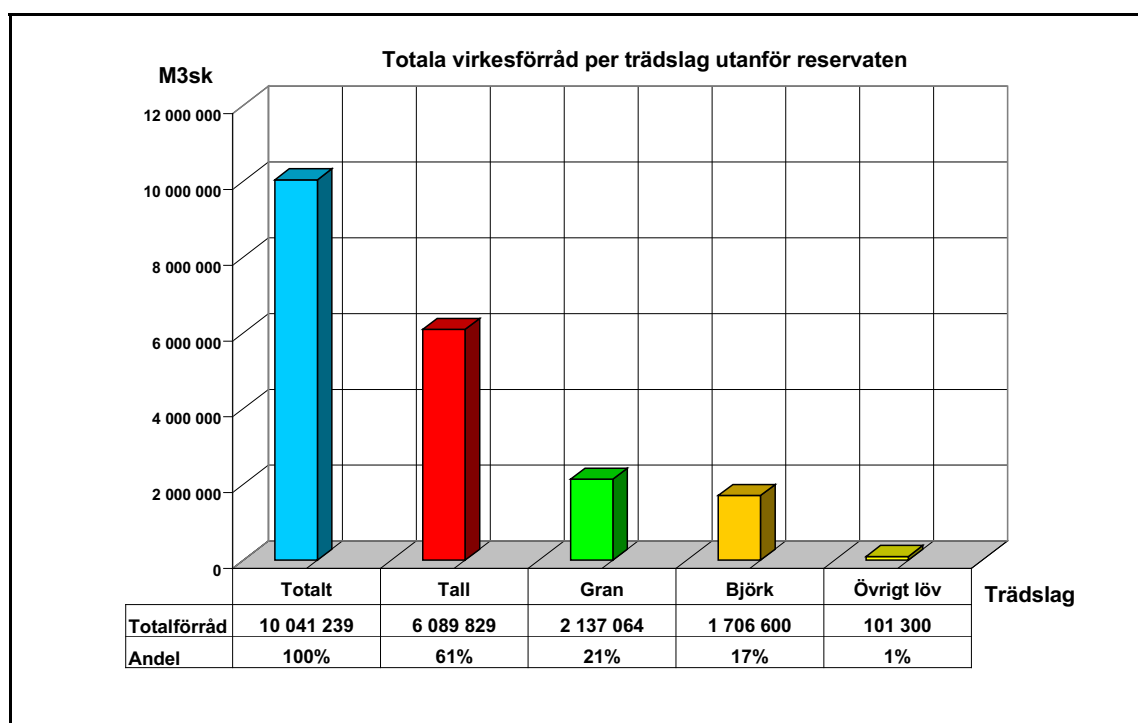


Figur 5.1.5-1. Medelvolymer (m³sk/ha) per åldersklass(år).

### 5.1.6. Trädslagsfördelning

Virkesförrådet per trädslag skattas var för sig och summeras till totalt virkesförråd. I Skröven är tall det klart dominerande trädslaget (61 % av volymen). Försöket att skatta volymen Pinus Contorta misslyckades, sannolikt p.g.a. för få provytor med Pinus Contorta.





Figur 5.1.6-1. Virkesförrådet per trädslag. I Övrigt löv ingår även *Pinus Contorta*.

## 5.2. Skattning av skogliga förändringar

Skogliga förändringar kan skattas med flera olika metoder. I denna studie har två olika metoder baserade på tolkning av satellitbilder används. Den första metoden innebär visuell tolkning av de digitala satellitbilderna direkt på bildskärmen tillsammans med tilläggsinformation från t ex KOTTEN. Den andra metoden (ENFORMA) är en digital metod som använder fjärranalysteknik för att skapa sk skillnadsbilder (Bank, H. Persson, A 1998). Valet av metod styrdes av tillgången till bra satellitscener. Inga satellitscener fanns att tillgå före 1996.

Under perioden 1990-1999 avverkades 5 410 hektar inom Skrövenområdet. Någon typ av markberedning har utförts på 2 482 hektar (46 % av den avverkade arealen). På ca 80 % av de hyggen där plantering valts som föryngringsmetod har markberedning utförts. Av de 20 % som inte hade markbereds finns dessutom flera områden med hyggesbränning.

Under de senaste åren (1997-1999) har timmerställningar oftare börjat användas som alternativ föryngringsmetod. Ingen markberedning har utförts på dessa marker. Totalt mellan 1996-1999 användes timmerställningar på 482 hektar (24 % av den avverkade arealen).

### 5.2.1. Metod 1. Visuell tolkning

Som bildbakgrund för den visuella tolkningen användes satellitscener (SPOT-3) från sommaren 1996. För dessa äldre hygge (1990-1996), var andelen med osäker avverkningsform 25 %

(Tabell 5.2.1-1). Hyggen med klassen *osäker avverkningsform* indikerar att beslutsunderlaget har varit bristfälligt för dessa objekt.

Andelen markberedning för klassen *osäker* blev 0 % då ingen information om eventuell markberedning fanns för dessa objekt.

**Tabell 5.2.1-1. Perioden 1990-1996. Arealer per avverkningsform och andelen markberedning.**

Avverkningsår	Avverkningsform	Antal	Areal	Andel av areal	Andel markberedning
1990 -1996	Osäker	59	856	25%	0%
1990 -1996	Plantering	84	1 667	49%	92%
1990 -1996	Fröträd	56	850	25%	34%
<b>Totalt 1990 -1996</b>		<b>199</b>	<b>3 374</b>	<b>100%</b>	<b>56%</b>

### 5.2.2. Metod 2. Förändringsanalys med ENFORMA

I förändringsanalysen med ENFORMA användes en SPOT-3 satellitscen från 1996 (1996-08-23) samt en SPOT-4 satellitscen från 1999 (1999-06-12). ENFORMA detekterar skillnader mellan bilderna och kan således registrera t ex hyggen som tagits upp mellan 1996 och 1999. För dessa yngre hyggen var andelen med osäker avverkningsform 18 %. (Tabell 5.2.1-2).

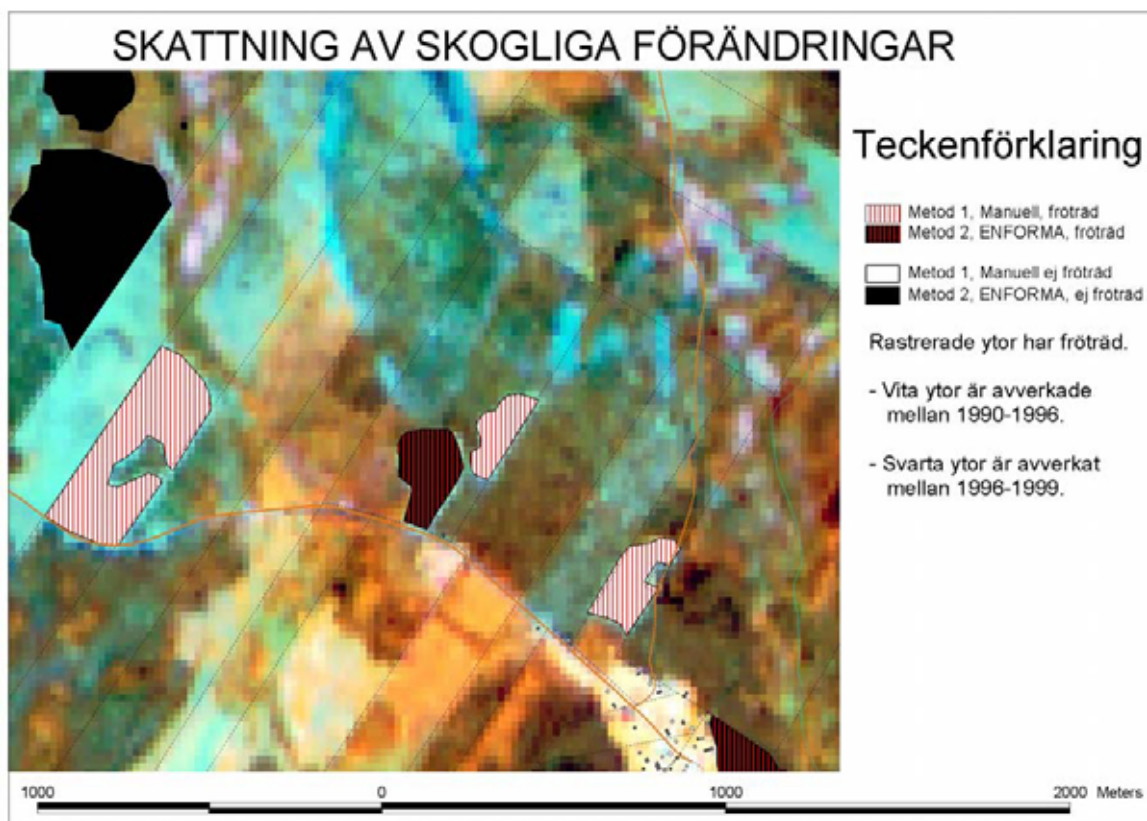
Andelen markberedning i klassen plantering var endast 57 % Motsvarande siffra för de äldre hyggena var 92 %. En anledning till det låga andelen markberedning är att den ännu inte har utförts på hyggena. Det är också mycket svårt att urskilja markberedning (Ja/Nej) i en skillnadsbild med 3 års mellanrum. För att kunna se markberedning (Ja/Nej) behövs det skillnadsbilder från varje år.

**Tabell 5.2.1-2. Perioden 1996-1999. Arealer per avverkningsform och andelen markberedning.**

Avverkningsår	Avverkningsform	Antal	Areal	Andel av areal	Andel markberedning
1996 -1999	Osäker	33	360.8	18%	0%
1996 -1999	Plantering	74	900.2	44%	57%
1996 -1999	Fröträd	64	775.5	38%	10%
1996 -1999	Timmerställning	22	482.6	24%	0%
<b>Totalt 1996 - 1999</b>		<b>171</b>	<b>2 036</b>	<b>100%</b>	<b>29%</b>

### 5.2.3. Exempel på karta över skogliga förändringar

Resultatet från metod 1 och 2 sammanställdes i en ArcView shapefil och visas som en temakarta över ett mindre område (Figur 5.2.3-1). Kartan är en kombination av avverkningsform, fröträd (Ja/Nej) samt vilken metod som används för att skatta den skogliga förändringen.



Figur 5.2.3-1. Temakarta med avverkningsformen fröträd som röd raster och utan raster är kalavverkning.

När hygget visas med vit botten har metod 1 använts för etiketteringen och när hygget visas med svart botten har metod 2 använts.

#### 5.2.4. Stickprovskontroll av avverkningsform och markberedning

Efter hyggesklassificeringen gjordes fältbesök på 20 slumpvis valda avverkningar där avverkningsformen inte säkert kunnat fastställas. Avverkningsform och markberedning (Ja/Nej) kontrollerades. Resultatet visar att de 20 hyggerna i klassen osäker har en jämn fördelning av avverkningsform mellan plantering och lämnande av fröträd. De objekt som hade planterats var samtliga markberedda.

Fältbesök gjordes också på objekt som klassificerats i klasserna plantering, fröträd samt markberedning (Ja/Nej). Alla objekt som tolkats som planterade eller lämnande av fröträd var rätt klassade. Däremot var 20 % av objekten som klassats som markberedda i verkligheten inte markberedda. Totalt besöktes 14 objekt i klasserna plantering och fröträd. Både markberedning och avverkningsform kontrollerades på samtliga objekt.

## 6. Diskussion

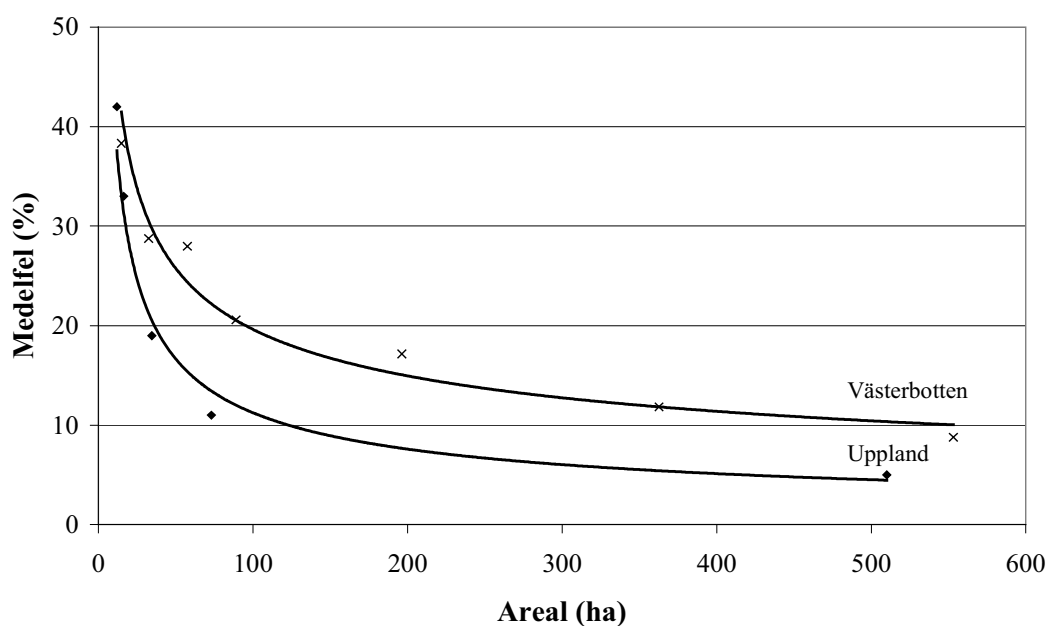
### 6.1. *k*NN resultatet

I de resultat som *k*NN-metoden ger blir arealerna i åldersklasserna mellan ungefär 40–100 år överskattade, medan arealerna i de lägsta och högsta åldersklasserna blir underskattade

(Figur 5.1.4-1). I detta projekt användes indelningsmaterialet från Gällivare allmänningskog som referens. Tidigare resultat från andra projekt visar samma tendens. Detta beror på att *k*NN-metoden liksom andra skattningsmetoder tenderar att dra mot medelvärdet av den aktuella variabeln. Satellitbildens informationsinnehåll är dessutom begränsat vilket är särskilt tydligt i äldre sluten skog och därmed ytterligare förstärker underskattningen av t ex volymer i äldre skog. Extremvärdena, som t ex höga åldrar eller ovanligare träslag blir därför vanligen underskattade. Skattningar av volymer med *k*NN-metoden är bättre än skattningar av ålder på grund av att åldersskattningarna har en starkare dragning mot mitten (Ståhl 1992).

### 6.2. *K*NN allmänt

Noggrannheten för satellitbildsskattningar är relativt låg på pixelnivå. Genom att beräkna medeltal för större områden utifrån de pixelvisa skattningarna erhålls betydligt bättre resultat. Tidigare studier (Fazakas et al., 1999; Nilsson och Sandström, 1999) där satellitdata kombinerats med riksskogstaxeringens provytor visar att medelfelet för virkesförrådet blir så lågt som 10-15 % när beräkningarna görs för 100-200 ha stora områden (Figur 6.2-1).



Figur 6.2-1 . Medelfel för virkesförråd per hektar för olika stora områden beräknade utifrån pixelvisa *k*NN-skattningar. Referensområden i Västerbotten och Uppland.

Skattningen av totalvolym och ålder har ett lägre medelfel på pixelnivå än andra variabler. Volymen per trädslag har större fel än totalvolymen, speciellt för de trädslag som har små volymer, t ex Pinus Contorta, björk och övrigt löv. Allt som inte finns väl representerat på riksskogstaxeringens provytor är svårt att skatta med *k*NN-metoden.

Grundtanken med *k*NN-metoden var att göra summeringar av trädvolymerna över större områden. Summering av skattningen fungerar bra för totalvolym ner till arealer runt 15 hektar, med ett fel i skattningen i relation till kurvan i (Figur 6.2-1).

Andelen gammal skog är generellt lägre i resultaten från *k*NN-metoden jämfört med traditionella fältmätningar. Detta beror framförallt på att satellitbildernas informationsinnehåll är begränsat. På grund av Riksskogstaxeringens låga stickprovstäthet, speciellt i Norrlands inland är det även svårt att beskriva skogstyper eller biotoper som är sällsynta. Det är till och med troligt att sällsynta objekt inte finns representerade i provytematerialet och därför inte heller är möjliga att behandla i *k*NN-skattningar.

Att summera volymerna för åldersklasserna förstärker dragningen mot mitten. Diagram som redovisar totalvärden i olika åldersklasser enligt *k*NN-metoden kan ge en osäker bild av tillståndet och bör därför undvikas.

### 6.3. *k*NN för strategisk planering

Resultaten från *k*NN kan med fördel användas för t ex identifiering och övervakning av olika kärnområden. Även vid upprättande av skogliga länsprogram är *k*NN skattningar ett bra hjälpmedel för att skatta virkesförråd och åldersfördelningar. Idag används *k*NN inte i det dagliga arbetet. En orsak till detta är att inga enkla funktioner och arbetsätt finns utvecklade för operativ användning av skattningarna i KOTTEN, samt att det inte finns heltäckande över landet. Detta arbete påbörjas inom SVO under hösten 2002.

### 6.4. *k*NN vem kan göra det

I skrivande stund levererar Riksskogstaxeringen vid SLU i Umeå *k*NN skattningar till hela SVO.

Rikstaxen är den part i Sverige som har rikstäckande provytematerial som kan användas för *k*NN-skattningar. De är också mycket restriktiva att lämna ut provytedata till annan part, speciellt om var deras provytor finns, (X,Y-koordinaterna). De vill inte att det blir känt vart provytorna finns i landet. Om de permanenta provytorna blir kända kan de manipuleras avsiktligt och Rikstaxens provytedata blir värdelöst.

### 6.5. ENFORMA ett verktyg för att följa förändringarna i skogslandskapet!

ENFORMA är operativt idag. Den har med stor framgång använd vid flera Skogsvårdsstyrelser i landet. Avverkade områden som ej anmälts till Skogsvårdsstyrelsen hittas m h a skillnadsbilderna i ENFORMA. Den största nyttan med

ENFORMA är att vi inom SVO får mycket bra uppgifter på hur mycket skog som "FAKTISKT AVVERKAS" inom regionen/distrikten. Med bra satellitbilder, t ex SPOT-5, varje år kan även utförda markberedningar identifieras. Generellt kan man säga att stora förändringar hittas på ett enkelt och kostnadseffektivt vis. Även mindre förändringar upptäckts men det är då svårare att bestämma vad det är för typ av förändring (Bank, H. Persson, A 1998).

## **6.6. Tillgången på bilddata**

Det största begränsningen för ökad användning av  $k$ NN-skattningar och ENFORMA är tillgången till molnfria satellitbilder, helst varje år. Kring Sveriges kuster är detta inget större problem. Sannolikheten att få molnfria bilder varje år minskar med avståndet från kusten. Speciellt svårt är det att få molnfria bilder kring Östersund.

## 7. Referenser

- Fazakas, Z., Nilsson, M. and Olsson, H. 1999. *Regional forest biomass and wood volume estimation using satellite data and ancillary data*. Accepted for publication in Agricultural and Forest Meteorology.
- Ståhl, G. 1992. En Studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Avdelningen för skoguppskattning och skogsindelning, SLU, Umeå.  
Rapport 24.
- Holmström, H., Nilsson, M., and Ståhl, G., 1999. Simultaneous estimations of forest parameters using aerial photo interpreted data and the  $k$ NN method. Submitted.
- Bank, H. Persson, A 1998. Användningen av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov. Rapport 4 1998, Skogsstyrelsen.

## Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1985 Utvärdering av ÖSI-effekter mm
- 1985:1 Samordnad publicering vid skogsstyrelsen
- 1985:2 Beskrivning i tallfröplantager
- 1986:1 Bilvägslagrat virke 1984
- 1987:1 Skogs- och naturvårdsservice inom skogsvårdsorganisationen
- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1988:2 Grusanalys i fält
- 1988:3 Björken i blickpunkten
- 1989:1 Dokumentation – Storkonferensen 1989
- 1989:2 Bok, ek och ask inom svenskt skogsbruk och skogsindustri
- 1990:1 Teknik vid skogsmarkskalkning
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1991:2 ÖSI; utvärdering av effekter mm
- 1991:3 Utboträffar; utvärdering
- 1991:4 Skogsskador i Sverige 1990
- 1991:5 Contortarapporten
- 1991:6 Participation in the design of a system to assess Environmental Consideration in forestry a Case study of the GREENERY project
- 1992:1 Allmän Skogs- och Miljöinventering, ÖSI och NISP
- 1992:2 Skogsskador i Sverige 1991
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1992:4 Utvärdering av studiekampanjen Rikare Skog
- 1993:1 Skoglig geologi
- 1993:2 Organisationens Dolda Resurs
- 1993:3 Skogsskador i Sverige 1992
- 1993:4 Av böcker om skog får man aldrig nog, eller?
- 1993:5 Nyckelbiotoper i skogarna vid våra sydligaste fjäll
- 1993:6 Skogsmarkskalkning – *Resultat från en fyraårig försöksperiod samt förslag till åtgärdsprogram*
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – *från naturvårdssynpunkt*
- 1993:8 Seminarier om Naturhänsyn i gallring i januari 1993
- 1993:9 Förbättrad sysselsättningsstatistik i skogsbruket – *arbetsgruppens slutrapport*
- 1994:1 EG/EU och EES-avtalet ur skoglig synvinkel
- 1994:2 Hur upplever "grönt utbildade kvinnor" sin arbetssituation inom skogsvårdsorganisationen?
- 1994:3 Renewable Forests - Myth or Reality?
- 1994:4 Bjursåsprojektet - *underlag för landskapsekologisk planering i samband med skogsinventering*
- 1994:5 Historiska kartor - *underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen*
- 1994:6 Skogsskador i Sverige 1993
- 1994:7 Skogsskador i Sverige – *nuläge och förslag till åtgärder*
- 1994:8 Häckfågelinventering i en åkerholme åren 1989-1993
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1995:3 Skogsbruk vid vatten
- 1995:4 Skogsskador i Sverige 1994
- 1995:5 Långsam alkalisering av skogsmark
- 1995:6 Vad kan vi lära av KMV-kampanjen?
- 1995:7 GROT-uttaget. Pilotundersökning angående uttaget av trädrester på skogsmark
- 1995:8 The Capercaillie and Forestry. Reports No. 1-2 from the Swedish Field Study 1982-1988
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1996:3 Landmollusker i jämtländska nyckelbiotoper
- 1996:4 Förslag till metod för bestämning av prestationstal m.m. vid självksamhet i småskaligt skogsbruk.
- 1996:5 Skogsvårdsorganisationens framtidsscenarioer
- 1997:1 Sjövatten som indikator på markförsurning
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:3 IR-95 – Flygbildsbaserad inventering av skogsskador i sydvästra Sverige 1995
- 1997:4 Den skogliga genbanken (Del 1 och Del 2)
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – *en litteraturstudie*
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (*with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals*)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – *En pilotstudie i Jönköpings län*



- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:2 Studier över skogsbruksåtgärdernas inverkan på snäckfaunans diversitet (*with English summary: Studies on the impact by forestry on the mollusc fauna in commercially used forests in Central Sweden*)
- 1998:3 Dalaskog - Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark - tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. *With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.*
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1998:8 Omgivande skog och skogsbrukets betydelse för fiskfaunan i små skogsbäckar
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 1999:3 Mållklassificering i "Gröna skogsbruksplaner" - betydelsen för produktion och ekonomi
- 1999:4 Scenarier och Analyser i SKA 99 - Förutsättningar
- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten - Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:2 Skogliga Konsekvens-Analyser 1999 - Skogens möjligheter på 2000-talet
- 2000:3 Ministerkonferens om skydd av Europas skogar - Resolutioner och deklarationer
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
- 2001:3 The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) - in the Swedish context
- 2001:4 Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
- 2001:5 Effekter av kalkning i utströmningsområden *med kalkkross 0 - 3 mm*
- 2001:6 Biobränslen i Söderhamn
- 2001:7 Entreprenörer i skogsbruket 1993-1998
- 2001:8A Skogspolitisk historia
- 2001:8B Skogspolitiken idag - en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
- 2001:8C Gröna planer
- 2001:8D Föryngring av skog
- 2001:8E Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
- 2001:8F Ännu ej klar
- 2001:8G Framtidens skog
- 2001:8H De skogliga aktörerna och skogspolitiken
- 2001:8I Skogsbilvägar
- 2001:8J Skogen sociala värden
- 2001:8K Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
- 2001:8L Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
- 2001:8M Skogsbruk och rennäring
- 2001:8N Ännu ej klar
- 2001:8O Skador på skog
- 2001:9 Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
- 2001:10 Blir ingen rapport
- 2001:11A Strategier för åtgärder mot markförsurning
- 2001:11B Markförsurningsprocesser
- 2001:11C Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11D Urvalskriterier för bedömning av markförsurning
- 2001:11E Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11F Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11G Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11H Ännu ej klar
- 2001:11I Ännu ej klar
- 2001:12 Forest Condition of Beech and Oak in southern Sweden 1999
- 2002:1 Ekskador i Europa
- 2002:2 Gröna Huset, slutrapport
- 2002:3 Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
- 2002:4 Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
- 2002:5 Miljöriktig vedeldning - Ett informationsprojekt i Söderhamn
- 2002:6 White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
- 2002:7 ÄBIN Satellit

2002:8 Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden  
2002:9 Inventering av frötäktssbestånd av stjärkek, bergkek och rödek under 2001 - Ekdöd, skötsel och naturvård  
2002:10 A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states  
2002:111 Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler

## Av skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

- 1985:1 Fem år med en ny skogspolitik  
1985:2 Eldning med helved och flis i privatskogsbruket/virkesbalanser 1985  
1986:1 Förbrukningen av trädbränsle i s.k. mellanskaliga anläggningar/virkesbalanser 1985  
1986:3 Skogsvårdsenkäten 1984/virkesbalanser 1985  
1986:4 Huvudrapporten/virkesbalanser 1985  
1986:5 Återväxttaxeringen 1984 och 1985  
1987:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1986  
1987:2 Återväxttaxeringen 1984 – 1986  
1987:3 Utvärdering av samråden 1984 och 1985/skogsbruk – rennärning  
1988:1 Forskningsseminarium/skogsbruk – rennärning  
1989:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1988  
1989:2 Gallringsundersökningen 1987  
1991:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1990  
1991:2 Vägplan -90  
1991:3 Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet  
– Efterfrågade tjänster på en öppen marknad  
1991:4 Naturvårdshänsyn – Tagen hänsyn vid slutavverkning 1989–1991  
1991:5 Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag  
1992:1 Svanahuvudsvägen  
1992:2 Transportformer i väglöst land  
1992:3 Utvärdering av samråden 1989-1990 /skogsbruk – rennärning  
1993:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1992  
1993:2 Virkesbalanser 1992  
1993:3 Uppföljning av 1991 års lövträdsplantering på åker  
1993:4 Återväxttaxeringarna 1990-1992  
1994:1 Plantinventering 89  
1995:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1994  
1995:2 Gallringsundersökning 92  
1995:3 Kontrolltaxering av nyckelbiotoper  
1996:1 Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning  
1997:1 Naturskydd och naturhänsyn i skogen  
1997:2 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996  
1998:1 Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken  
1998:2 Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken  
1998:3 Föryngringsavverkning och skogsbilvägar  
1998:4 Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning - Delresultat från Polytax  
1998:5 Beståndsanläggning  
1998:6 Naturskydd och miljöarbete  
1998:7 Rönjningsundersökning 1997  
1998:8 Gallringsundersökning 1997  
1998:9 Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden  
1998:10 Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken  
1998:11 SMILE - Uppföljning av sumpskogsskötsel  
1998:12 Sköter vi ädellövskogen? - Ett projekt inom SMILE  
1998:13 Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet  
1998:14 Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)  
1998:15 Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)  
1998:16 De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter  
1998:17 Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakningen  
1998:18 Auswertung der schwedischen Forstpolitik 1997  
1998:19 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998  
1999:1 Nyckelbiotopsinventeringen 1993-1998. Slutrapport  
1999:2 Nyckelbiotopsinventering inom större skogsbolag. En jämförelse mellan SVOs och bolagens inventeringsmetodik  
1999:3 Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990-1998  
2001:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000  
2001:2 Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling  
2001:3 Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000  
2001:4 Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken  
2001:5 Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper  
2001:6 Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk - rennärning  
2002:1 Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitikens effekter - SUS 2001  
2002:2 Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning  
2002:3 Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilising  
2002:4 Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland

2002:05 Ännu ej klar  
2002:06 Skogsmarksgödning - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön

### **Beställning av Rapporter och Meddelanden**

Skogsvårdsstyrelsen i ditt län  
eller  
Skogsstyrelsen,  
Förlaget  
551 83 JÖNKÖPING  
Telefon: 036 – 15 55 92  
vx 036 – 15 56 00  
fax 036 – 19 06 22  
e-post: [sksforlag.order@svo.se](mailto:sksforlag.order@svo.se)  
[www.svo.se/forlag](http://www.svo.se/forlag)

I Skogsstyrelsens författningssamling (SKSFS) publiceras myndighetens föreskrifter och allmänna råd. Föreskrifterna är av tvingande natur. De allmänna råden är generella rekommendationer som anger hur någon kan eller bör handla i visst hänseende.

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar m.m. av officiell karaktär. Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar m.m. för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker m.m. inom skilda skogliga ämnesområden.

Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

I det EU/LIFE delfinansierade projektet ”Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry” har 7 organisationer från 5 Europeiska länder samarbetat om att visa metoder för uppföljning av hållbart skogsbruk. Arbetet har i stora delar skett i något av de 12 demonstrationsområden som valts för att spegla den stora variationen av Europeiska skogar.

I Sverige har Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket samarbetat om projektets styrning och respektive myndighet har samordnat arbetet i ett av de två svenska demonstrationsområdena. Naturvårdsverket har ansvarat för arbetet i ett område runt sjön Vällen i Uppland medan Skogsstyrelsen ansvarat för Skrövenområdet i Norrbotten.

Denna rapport beskriver delar av arbetet och resultaten från metoddemonstrationerna i Skrövenområdet i Norrbotten. Skogsvårdsstyrelsen i Norrbotten har varit operativt ansvarig för arbetet och utfört detta i samverkan med länsstyrelsen, samebyar och andra lokala skogliga aktörer.