



Utveckling av ett mått på produktionslutenhet för Riksskogstaxeringen

Development of a measure of production density for the Swedish National Forest Inventory

Sture Sundquist

Arbetsrapport 95 2002

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--95 --SE



Utveckling av ett mått på produktionslutenhet för Riksskogstaxeringen

Development of a measure of production density for the Swedish National Forest Inventory

Sture Sundquist

Arbetsrapport 95 2002

Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skoglig resursanalys

Handledare: Göran Ståhl, SLU

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--95 --SE

Förord

Denna arbetsrapport är resultatet av ett examensarbete som har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet omfattar 20 högskolepoängs studier och syftar till att på ett självständigt sätt tillämpa de kunskaper som förvärvats under utbildningstiden.

Trots att det bara är en författare till denna arbetsrapport så finns det flera personer bakom tillkomsten av resultaten i rapporten. Ett stort tack till Bo Eriksson, Björn Elfving, Henrik Feychting, Jonas Fridman, Torgny Lind, Kenneth Nyström, Anna Ringvall och Ulf Söderberg. Ni har alla på många sätt bidragit till att jag har nått målet.

Ett extra stort tack till Anders Lundström som har delat med sig av tid och kunskap för att hjälpa mig med datorsimuleringarna, korrekturläsning samt varit ett värdefullt bollplank.

Avslutningsvis vill jag tacka min handledare professor Göran Ståhl för insatsen under arbetets gång. Din positiva inställning, ditt kunnande och din styrning har varit mycket värdefull. Jag vet inte om det var detta vi tänkte oss då vi startade arbetet med Attebrings avhandling, men så här blev resultatet.

Umeå i mars 2002

Sture Sundquist

Abstract

The Swedish National Forest Inventory (the Swedish NFI) has produced most of the forest statistics in Sweden since 1923. The main objective is to provide information about the state and changes of Swedish forests. Traditionally, the focus has been on the yield of timber but now biodiversity is of equal dignity. Several production functions have been developed and evaluated during the years. The present estimator of production, “the production level”, was introduced in the Swedish NFI in 1983. The production level is expressed as an index based on how good the timber production capacity of the site is utilised compared to the natural highest possible production ability.

The Swedish NFI will be revised until 2003 when the 8th version begins. The development and improvement is performed as an ongoing project, RT-2000. The present study is sub-project to RT-2000 with the main objective to develop and validate a new growth measure. This new measure, “the production-density”, (Ps), [%] is defined as

$$Ps = \frac{\text{current growth}}{\text{reference growth}} \times 100$$

Where the current growth is the growth of today and the reference growth is a predetermined reference growth. The “optimal” reference growth for coniferous (mainly *Pinus sylvestris* or *Picea abies*) and mixed coniferous forests (mainly *Pinus sylvestris* and *Picea abies*) was developed by a simulation model. The result of this simulation was 144 yield tables for the counties of Jönköping and Kronoberg. The data used was obtained from “the young stands of HUGIN” (Elfving, 1982) and from permanent plots (years 1996-2000) in the Swedish NFI.

The production density, Ps, was applied on 610 permanent plots. The Ps [%] was relatively high in the counties and the mean Ps of years 1996-2000 was estimated to 75.7%. The results from this study were compared three other Swedish growth measures and to “the better half growth measure” (Bladh and Janz, 1974), a former growth measure of the Swedish NFI. The results from this comparison showed a low reference growth for spruce. Another result was that it was difficult to apply the reference growth on mixed coniferous forests. This might have had an influence on the calculations of the Ps.

The study shows that the production density can be a useful tool for the Swedish NFI. The main conclusion is that more research is needed before the measure can be fully applied in practice.

Sammanfattning

Produktionsfrågorna har ända från starten 1923 haft stor betydelse i de inventeringar som Riksskogstaxeringen, Sveriges officiella källa för skoglig statistik utför. Dess främsta syfte är att beskriva tillstånd och förändringar samt hur väl produktionsförmågan i skogarna utnyttjas. Olika produktionsmått har under de senaste hundra åren utvecklats och prövats, varav en del har kommit till användning inom Riksskogstaxeringens arbete.

Vid den stora förändringen av Riksskogstaxeringen som infördes 1983 tillkom nuvarande mått på produktionsnivån. Detta produktionsindex skall uttrycka hur väl ståndorten utnyttjas utifrån värdeproduktionen. I samband med förberedelserna inför det åttonde omdrevet som skall starta 2003 pågår olika utvecklingsprojekt. Denna studie ingår som en del av projektet RT-2000.

Syftet med denna pilotstudie är att utveckla och pröva ett nytt mått för produktionsförmågan. Det mått som används är produktionsslutenhet (Ps) %.

$$\text{Produktionsslutenhet (Ps) \%} = \frac{\text{Aktuell tillväxt}}{\text{Referenstillväxt}} * 100$$

En viktig förutsättning för att beräkna produktionsslutenheten är att det finns ett tillförlitligt och bra referensmått för tillväxten. I denna studie prövas en metod att genom datorsimulering erhålla en "optimal" referenstillväxt för barr- och barrblandskog inom Jönköpings- och Kronobergs län. Data till simuleringen har hämtats från HUGINs ungskogsinventering och Riksskogstaxeringens permanenta provytor inom de undersökta länen. Totalt resulterade datorsimuleringen i 144 produktionstabeller.

En tillämpning av Produktionsslutenhetsmättet (Ps) har gjorts på 610 permanenta provytor (av totalt 816 st.) inom Jönköpings- och Kronobergs län. Resultatet från beräkningen av Ps % tyder på ett förhållandevis hög produktionsnivå inom de undersökta länen. Medeltalet för produktionsslutenheten för åren 1996-2000 skattades till 75,7 %.

Resultatet från datorsimuleringens produktionstabeller har jämförts mot andra produktionsstudier och data från Riksskogstaxeringens "bättre hälften" skog. Jämförelsen tyder på en låg referenstillväxt för granskog och svårigheter vid tillämpningen av referenstillväxten för barrblandskogen. Detta kan ha påverkat vissa av resultaten vid beräkning av Produktionsslutenheten (Ps %). Vidare studier behövs rörande referenstillväxten innan det nya måttet kan användas.

Produktionsslutenhetsmättet behöver också kompletteras med andra slutenhets- och kvalitetsmått innan det kan ersätta det produktionsindex som i dag används inom Riksskogstaxeringen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract.....	1
Sammanfattning.....	2
1. Inledning.....	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Olika produktionsmått	6
1.3 Nuvarande index.....	8
1.4 Tidigare studier.....	9
1.5 Syfte.....	10
1.6 Problemformulering.....	10
1.7 Begränsningar.....	10
2. Material och metod.....	11
2.1 Ett nytt produktionsmått	11
2.2. Datasimulering för att erhålla referenstillväxt.....	12
2.3.1 Ingångsmatriser	14
2.3.2 Skötselkriterier.....	15
2.3.3 Sorteringsmatriser.....	15
3. Resultat	17
3.1 Tillväxt enligt ståndortsindex	17
3.2 Tillväxt enligt ståndortsfaktorer	19
4. Jämförelser och tillämpning	19
4.1 Jämförelse med andra produktionsstudier.....	19
4.2 Tillämpbarhet.....	22
5. Diskussion	24
5.1 Slutsats.....	25
5.2 Alternativa angreppssätt	26
Litteraturförteckning.....	27

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Hur väl skogen växer och hur mycket den producerar har under långa tider varit ett debatterat ämne. Riksskogstaxeringen, Sveriges officiella källa för skoglig statistik, har sedan starten 1923 prövat olika metoder för att kunna redovisa tillväxten i de svenska skogarna. Dess främsta syfte är att beskriva tillstånd och förändringar i våra skogar på rikstäckande och regional nivå, däribland att redovisa statistik om totalvolym samt hur väl produktionsförmågan i skogarna utnyttjas.

Redan 1735 fick dåtidens landshövdingar i uppdrag att redogöra för skogstillståndet i landet (Segebaden, 1998). Sedan tillkomsten av Riksskogstaxeringen 1923 sker denna kartläggning mer systematiskt och organiserat. Arbetet med att kartlägga skogarna har skett genom sex fullständiga omdrev 1923-29, 1938-1952, 1953-1962, 1963-1972, 1973-1982 och 1983-1992. Det sjunde omdrevet startade 1993. Planeringsarbetet inför det kommande 8:e omdrevet pågår för fullt inom projektet RT-2000 (Fridman m.fl. 1999).

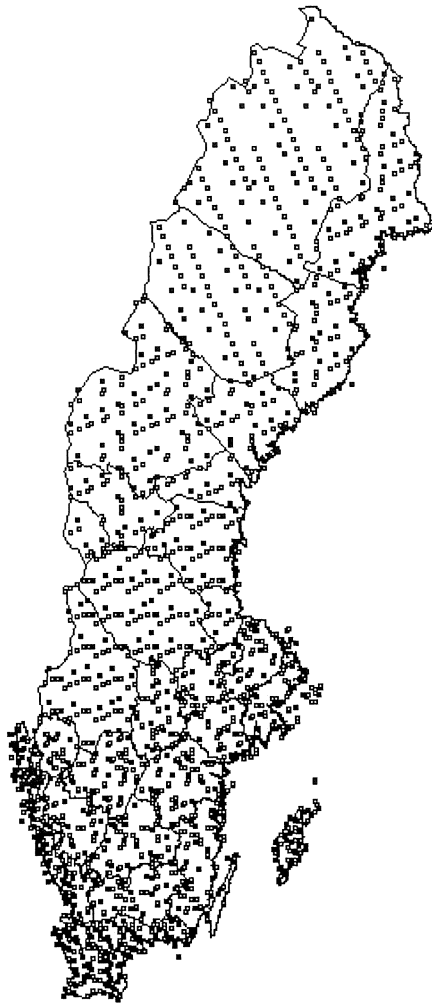
Från början utfördes inventeringarna länsvis och var utformade som bältesinventeringar. Med tiden har metoderna förfinats och fortlöpande förbättras. Sedan 1953 taxeras hela landet årligen vilket bl.a. gör att årlig avverkningsstatistik kan presenteras. 1983 infördes även permanenta provytor, vilket gör det lättare att följa olika förändringar t.ex. miljöförändringar. Under årens gång har även olika ”temaundersökningar” skett förutom inventeringen av de traditionella skogliga variabelerna. På 70-talet inventerades t.ex. mark för energiskogsodling och under 90-talet skador hos björk. Dessutom har det förekommit extra studier på skogshöns, olika bärarter, svampar, gallringsskador, kronutglesning, ”gråtande granar” etc.

Dagens Riksskogstaxering är utformad som en inventering med systematiska stickprov. Mätningarna görs på cirkelprovytor som ligger placerade längs sidorna på kvadratiska skogstaxeringstrakter. Trakterna är systematiskt utplacerade över hela landet. Tätheten mellan trakterna varierar över landet, i söder ligger de tätare placerade (3,2 km) och i norr är avståndet större (10 km). Trakterna är uppdelade i tillfälliga och permanenta trakter. På de permanenta trakterna återinventeras provytor vart 5-10:e år i ett roterande schema.

Trakterna med provytor är utformade som arbetsenheter med avsikt att hinna inventeras på en dag. I södra delarna av landet finns även halvdagarstrakter. Årligen inventeras ca 12 000 provytor, figur 1.

Huvudmomenten i Riksskogstaxeringens inventeringsarbete är:

- Ståndortsinventering
- Arealinventering
- Förrådsinventering
- Återväxtinventering
- Stubbinventering
- Skogsskadeinventering
- Ståndortskartering (Inst. för skoglig marklära vetenskapligt ansvarig)



Figur 1. Karta som visar omfattningen av trakter som inventeras under ett år, 1999.
Fylld markering = trakt med permanenta provytor, icke fylld = trakt med tillfällig provytor.

Resultatet av de mätningar som Riksskogstaxeringen utför varje år presenteras bl.a. som statistik i publikationen Skogsdata. Utöver uppdraget att vara del av den officiella statistiken för Sverige utför även Riksskogstaxeringen statistiska bearbetningar på uppdragsbasis åt olika företag och myndigheter.

Data från Riksskogstaxeringen används och presenteras på många andra sätt, allt ifrån data för forskning till institutionsrapporter och rena uppdragsbeställningar för olika företag.

Riksskogstaxeringens data används också som beräkningsunderlag i olika nationella skogliga konsekvensberäkningar t.ex. AVB 92 och SKA 99. Dessa har redovisat långsiktiga prognoser för riket som helhet, inom virkesbalansområden och länsvis.

1.2 Olika produktionsmått

Produktionsfrågorna har ända från starten 1923 haft stor betydelse i de inventeringar som Riksskogstaxeringen utför. Olika produktionsmått har under de senaste hundra åren utvecklats och prövats, varav en del har kommit till användning inom Riksskogstaxeringens arbete.

Ett vanligt sätt för att beskriva hur väl det växer i skogen, i beståndet eller på provytor är att använda sig av någon form av slutenhetsmått. En definition på vad slutenhet är går att finna i Skogsencyklopedin (2000), ”slutenhet är ett mått på hur tätt träd står och hur väl de utnyttjar markens produktionsförmåga”. De vanligaste skogliga produktionsmåtten relaterar till arealenhet är t.ex. stamantal/ha, grundyta/ha, förband eller volym/ha. Andra varianter är att relatera till beståndets medelhöjd eller medeldiameter på träden. Ofta vill man beskriva slutenheten i relativa tal och då i form av jämförelse mellan beståndets värde gentemot någon känd referens.

Vid beskrivning och definiering av slutenhet och vad det bygger på uppstår i Sverige ett problem. När vi pratar om slutenhet är det egentligen två helt olika angreppssätt som vi har bakat samman till ett begrepp. De båda sätten att beskriva slutenhet är att utgå ifrån hur stor andel av en arealenhet som utnyttjas för skogsproduktion (t.ex. stammar/ha, förband, kronslutenhet) eller hur stor del av produktionspotentialen som utnyttjas (t.ex. volym/ha, grundyta, massaslutenhet). Inom det engelska språket finns upprinnelsen till dessa olika synsätt. Orden som används är ”stocking” och ”stand density”. I en fri översättning skulle de kunna översättas till bestockning (stocking) och beståndsdensitet (stand density). Det finns ingen klar skillnad mellan begreppen utan de används ofta som synonymer.

En större litteraturgenomgång av olika slutenhetsmått finns beskriven av bl.a. av Gingrich (1964) och Osborn (1968). I Osborns sammanställning finns en ingående beskrivning av en mängd olika slutenhetsmått som har använts över tiden, allt ifrån enkla som stamantal per hektar till mera komplexa varianter.

När man studerar hur bra det växer i en skog finns det en mängd olika mått som kan vara av intresse t.ex. stamantal, grundyta, medelhöjd etc. Är intresset fokuserat på produktionsförmågan är det ofta frågan om ett mått som beskriver hur ”bra” produktionen är i den ålderskategori som skogen tillhör vid en viss tidpunkt. Ofta önskar man jämföra produktionen i relativa termer mot en etablerad referens [1].

$$\text{Relativ produktion (Rp)} = \frac{\text{Aktuell produktion}}{\text{Referens produktion}} \quad [1]$$

Det första mer använda svenska slutenhetsmålet är det massaslutenhetsmått som Jonson (1914) utvecklade i början av 1900-talet. Jonsons mått bygger på en jämförelse mellan beståndets volym (förrådet) vid viss medelhöjd och en referensvolym (fullslutet) för samma bestånd. För ytterligare beskrivning av Jonsons mått se; *Massaslutenhet* senare i detta kapitel.

Att använda sig av massaslutenheten som mått är användbart i många planerings- och skötselsituationer. Måttet ger ett direkt svar på hur väl ståndortens produktionspotential har nyttjats sett i ett historiskt perspektiv.

För att få en uppfattning hur stor andel av produktionspotentialen som nyttjas, krävs det en annan typ av mått och referenssystem. Den årliga löpande tillväxten är en bättre måttenhet för ett sådant produktionsmått.

Konceptet att använda sig av tillväxten som slutenhetsmått introducerades av Stage (1969). Han föreslog att man skulle mäta slutenheten som ett mått på aktuell tillväxt i relation till den potentiella tillväxten i ett fullslutet bestånd på samma typ av ståndort och i samma utvecklingsfas. Senare rapporterade Stage (1985) att orsaken till att hans koncept inte hade slagit igenom berodde på svårigheten att skatta ståndortens potentiella periodiska tillväxt.

Att använda sig av den löpande tillväxten som produktionsmått är inte någon ny företeelse. Kallstenius och Smith (1951) presenterade ett liknande mått som de benämnde produktionsslutenhet. Enligt deras definition för produktionsslutenhet så betecknar detta mått ”beståndets nuvarande massaproduktion i förhållande till motsvarande marks ideala virkesproducerande förmåga för samma träslag och ålder”. De skriver vidare att ”produktionsslutenheten är mycket svårbedömd men å andra sidan värdefull för förvaltning”.

De i Sverige vanligaste använda måtten på relativ slutenhet är arealslutenhet, intensitet, kronslutenhet och massaslutenhet (Skogsencyklopedin, 2000). Areal slutenhet används för bestånd med lägre medelhöjd än 5 meter och avser förhållandet mellan antalet utvecklingsdugliga plantor/stammar och det antal som anses erforderligt för att utnyttja markens produktionsförmåga fullt ut.

Ett likartat slutenhetsmått som arealslutenhet är h-slutenhet, detta mått anger hur väl antalet huvudstammar kommer att utnyttja markens produktionsförmåga då de når 7 meters medelhöjd.

Nedan följer en kort beskrivning av några av dessa mått (Skogsencyklopedin, 2000).

Areal slutenhet ”arealandel som utnyttjas av träden i ett bestånd i förhållande till beståndets totala areal”. För plantbestånd räknas med den areal som på sikt kommer att användas”.

Intensitet ”kvoten mellan ett bestånds volym och grundtyevägda medelhöjd”.

Kronslutenhet ”uttryck för ett skogsbestånds täthet, vilket vanligen anges som kvot mellan den yta som träd kronornas horisontalprojektion utgör och beståndets totala areal mätt i tiondelar”.

Massaslutenhet ”kvot mellan ett bestånds volym och volymen i motsvarande fullslutet bestånd enligt någon erfarenhetstabell”.

I Sverige används oftast Tor Jonsons arbete (1914) som referens på massaslutenhet. Detta mått bygger i sitt ursprung på att kvoten av beståndets intensitet jämförts med intensiteten för ett fullt slutet bestånd. Som referens för intensiteten för ett fullslutet bestånd utvecklade Jonson ”för hand” formler för både gran [2] och tall [3]. Dessa formler använder sig av beståndets medelhöjd som oberoende variabel.

Granbestånd:	$\text{intensitet} = 4,2 * \sqrt{h}$	[2]
--------------	--------------------------------------	-----

Tallbestånd:	$\text{intensitet} = 6,0 * \sqrt[3]{h}$	[3]
--------------	---	-----

Hela tankegången bakom massaslutenhetsmättet bygger på de tankegångar som utvecklades av Eichhorn (1904). Eichhorn utvecklade ett koncept som kallas "Eichhorns lag" och som bygger på teorin "att vid en given medelhöjd i ett fullslutet bestånd ger det en bestämd volym oberoende av ståndortsfaktorer" (fri översättning).

Vill man förenkla Jonsons beräkningsekvation kan man säga att den beräknar kvoten mellan beståndets volym och volymen för det fullslutna beståndet. För att förenkla beräkningen av måttet i fält har det konstruerats fältmanualer som använder sig av grundyta och medelhöjd som variabler för att kunna utläsa slutenheten i tiondelar direkt (1,0, 0,9, 0,8 osv.).

Det är för övrigt dessa tabeller som än idag används vid Riksskogstaxeringens inventeringar. Den enda förändring som har skett är att en viss skevhet i Jonsons mått har kompenenserats. Denna skevhet visar sig på så sätt att goda boniteter i södra Sverige har lättare för att nå full slutenhet medan svaga boniteter i norr inte kan nå upp till full slutenhet. Detta har medfört att Riksskogstaxeringen infört en justeringsmatris som tar hänsyn till snedfördelningen (Anon, 1999).

Utvecklingsarbete med Riksskogstaxeringen är en kontinuerlig process. En större översyn brukar ske i samband med ett nytt omdrev. Denna översyn är nödvändig för att kunna uppdatera mätningarna med nya variabler som har blivit aktuella sedan den senaste översynen. Översynen ger också möjlighet att förbättra och utveckla tidigare rutiner samt att införa ny teknik.

1.3 Nuvarande index

Vid den stora förändringen av Riksskogstaxeringen som infördes 1983 tillkom nuvarande mått på produktionsnivån. Detta produktionsindex arbetades fram inom projektet NYTAX (Hägglund, 1979, 1985). Mättet skall uttrycka hur väl ståndorten utnyttjas utifrån värdeproduktionsnivå och avser det huggningsklassbestämmande skiktet. Bedömningen utförs på provyta med 20 meters radie. De faktorer som bedöms och poängsätts är:

- **Trädslag.** *Dess lämplighet för ståndorten bedöms.*
- **Virkeskvalitet.** *Bedöms utifrån bästa möjliga kvalitet som kan uppnås med befintligt/-a trädslag i beståndet.*
- **Slutenhet.** *Massaslutenhet om medelhöjd ≥ 7 meter, annars h-slutenhet.*
- **Luckighet.** *Bedömning av antalet luckor (markandel utan huvudstammar) på provytan.*
- **Aktuell tillväxt.** *Bedöms med utgångspunkt från högsta möjliga tillväxt som kan uppnås med befintligt/-a trädslag samt aktuell slutenhet, luckighet och aktuellt utvecklingsstadium. Även skador och tidigare skötselsätt beaktas.*

Vid den slutgiltiga bedömningen ska dessa fem faktorer vägas samman enligt ett poängsystem (Anon, 1999). Störst vikt ska läggas vid faktorerna trädslag och slutenhet, minst vikt ska läggas på luckigheten. Den enskilda provytans totalpoäng summeras och översätts till en produktionsnivå. Indexet går från 1 (*Ståndortens utnyttjas mycket väl*) till 5 (*Ståndorten utnyttjas mycket dåligt*). I den första versionen var betygssystemet graderat från 1-4.

1.4 Tidigare studier

Sedan tidigare finns en studie av Attebring (1987) som presenterade ett nytt mått på produktionsnyttjande. Attebring prövade i sin studie att använda sig av Stages (1969, 1985) koncept för produktionsmått.

Målet med Attebrings studie var att utveckla ett nytt mått på produktionsslutenhet för användning i Riksskogstaxeringen. Han utvecklade ett mått som skulle beskriva beståndets grad av markutnyttjande med avseende på tillväxten. Studien utfördes dock endast på granskog i södra Sverige med en maximal lövinblandning av 50 % och med lägsta medelhöjd på 5 meter.

Attebring använde i sin studie den löpande tillväxten som måttenhet för produktionen. Med en känd tillväxt på provytan och möjligheten att skatta tillväxten för en "optimal" skog på samma yta gick det att beräkna den relativa produktionen på den enskilda provytan. Data för referenstillväxten hämtades från Riksskogstaxeringens inventering åren 1972-1983. Ur det datamaterialet valdes de ytor som visade högst tillväxt, den så kallade 95:e percentilen. Dessa ytor fick utgöra referens för en bra och välproducerande skog. Utifrån referensmaterialet konstruerade han funktioner som gjorde det möjligt att med enkla ingångsvariabler skatta den löpande tillväxten på en enskild provyta. Han utvecklade också funktioner för att skatta den relativa produktionen för provytan.

Riksskogstaxeringen började aldrig använda sig av detta slutenhetsmått, beroende på att måttet aldrig blev färdigutvecklat för fler skogstyper och att det inte heller fick rikstäckning. Attebrings funktioner för den relativa tillväxten innehöll också variabler som då inte ingick i Riksskogstaxeringen.

Av avhandlingen framgår inte om Attebring hade tänkt sig en rörlig referens eller om den skulle vara låst till den tidsperiod som han hämtade ursprungsdata från. En rörlig referens innebär problem med att följa hur produktionen förändras över tiden.

En stor nackdel med att använda sig av tillväxtdata från riksskogstaxeringen är att man aldrig kan vara säker på att skogen har haft en utifrån tillväxten optimal skötsel. Dessutom kan det uppstå en skevhet i tillväxten över åldersklasserna p.g.a. att skötselmetoderna och förnygringssätten har varierat över tiden. Att hämta data från dagens bäst växande skogar (95:e percentilen) innebär inte automatiskt att den speglar tillväxten i framtidens bäst producerande skogar.

1.5 Syfte

I samband med förberedelserna inför det åttonde omdrevet som skall starta 2003 har ett nytt utvecklingsprojekt startat, RT-2000. Denna studie ingår som en del av det utvecklingsarbete som bedrivs i projektet.

Syftet med denna studie är att utveckla ett nytt mått för produktionslutenhet som ska kunna användas av Riksskogstaxeringen.

1.6 Problemformulering

Vid utvecklandet av ett nytt mått på produktionsutnyttjande är det önskvärt att detta mått på bästa möjliga sätt *speglar det aktuella tillståndet* på provytan.

Det nya måttet bör ha *minimalt inslag av subjektiva bedömningar* vid datainsamlandet. *Beräkningar* av måttet *bör kunna utföras i efterhand* med hjälp av de data som samlas in i samband med Riksskogstaxeringen.

Övriga krav är att produktionsmåttet ska *fungera under alla faser av omloppstiden*. Vidare bör det kunna framskrivas för att kunna användas i samband med konsekvensberäkningar (Fridman m.fl. 1999).

1.7 Begränsningar

Studien har begränsats till Jönköpings och Kronobergs län i södra Sverige. Resultatet av datasimuleringen kan därför bara anses vara giltigt för ovan nämnda region.

Det nya produktionsmåttet är i denna pilotstudie utformat för Riksskogstaxeringens permanenta provytor. Metodiken är dock tillämpbar även för Riksskogstaxeringens tillfälliga provytor.

2. Material och metod

2.1 Ett nytt produktionsmått

Ett nytt produktionsmått bör på ett bra sätt spegla hur väl provytans produktionsförmåga utnyttjas. Måttet ska uttrycka hur väl ståndortens växtpotential nyttjas för stunden. Denna studie använder sig av produktionsslutenhet (Ps) [4] som mått för produktionsförmågan.

$$\text{Produktionsslutenhet (Ps) \%} = \frac{\text{Aktuell tillväxt}}{\text{Referenstillväxt}} \cdot 100 \quad [4]$$

Denna måttenhet har tidigare presenterats och prövats av flera forskare (Attebring, 1987; Kallstenius och Smith, 1951; Stage 1969, 1985). Som ingångsvariabler vid beräkning av produktionsslutenhet ingår aktuell tillväxt och en referenstillväxt.

I Riksskogstaxeringens datamaterial ingår den löpande tillväxten/år under de 5 senaste åren som en variabel. På permanenta provytor beräknas tillväxten genom differensen mellan två inventeringstillfällen. Den avsatta tillväxten redovisas som en årlig löpande tillväxt baserad på medeltillväxten under de senaste fem åren. Korrigeringar utförs också för att justera mätningarna från väder relaterade svängningar. Justeringarna görs med hjälp av principer för beräkning av årsringsindex framtagna av Jonsson (1969).

Den beräknade årligt löpande tillväxten/hektar får representera den aktuella tillväxten för provytan.

För referenstillväxten finns flera olika möjligheter. En viktig förutsättning för att beräkna produktionsslutenheten är dock att det finns ett tillförlitligt och bra referensmått för produktionen (tillväxten).

Olika referensmått på vad som är en "optimal" skog har under åren använts i olika sammanhang. Attebring använde i sin avhandling den 95:e percentilen på det material som han nyttjade (Attebring, 1987). Ett annat ofta använt referensmått är "den bättre hälften" (Nilsson, 1961; Bladh och Janz, 1974).

Det är också möjligt att använda empiriska data från någon produktionsstudie/modell (t.ex. Agestam, 1985; Eriksson, 1976; Ekö, 1985; Persson, 1992.).

Problemet med att använda någon av dessa studier som referensmodell är att resultaten ofta bygger på data från extremt välskötta skogar. De modeller som bygger på data från Riksskogstaxeringens inventeringar kan anses vara representativa för hur skogen ser ut i verkligheten, men saknar till viss del uppgift om tidigare skötselhistorik. Detta medför i sin tur att man inte kan vara säker på att dessa data kommer från en "optimalt skött" skog.

En väg att komma runt dessa problem är att bygga en produktionstabell på data från en simulering av utvecklingsförloppet. I denna studie prövas att använda datorsimulering för att få fram ett referensmått för en "bra" produktion. Denna referenstillväxt ska senare användas för att kunna beräkna den relativa produktionen för olika beståndstyper.

2.2. Datasimulering för att erhålla referenstillväxt

Studiens angreppssätt för att få fram tillförlitliga tillväxtdata är att genom databeräkningar producera produktionstabeller. Simuleringen består av tre skilda moment:

1. Program för utplock av provytor från Riksskogstaxeringen. Ytterligare beskrivning av urvalsförfarandet och kriterier följer senare i texten.
2. Program som utför simuleringen utifrån uppsatta direktiv (prognos). Till denna del har lagts en rutin som plockar ut ungsogsdata från databasen NYSKOG (Elfving, 1982).
3. Program för sammanställning, redigering samt utskrift av resultaten.

I denna pilotstudie prövas en metod där tillväxten på den enskilda provytan simuleras utifrån ståndortens naturgivna förutsättningar. Ett flödesschema över datorsimuleringen uppbyggnad ses i figur 2.

Ur Riksskogstaxeringens databas plockas alla variabler fram som behövs för att kunna utföra en tillväxtberäkning, dock exkluderas rena träddata som finns för ytan. (**Fas 1**).

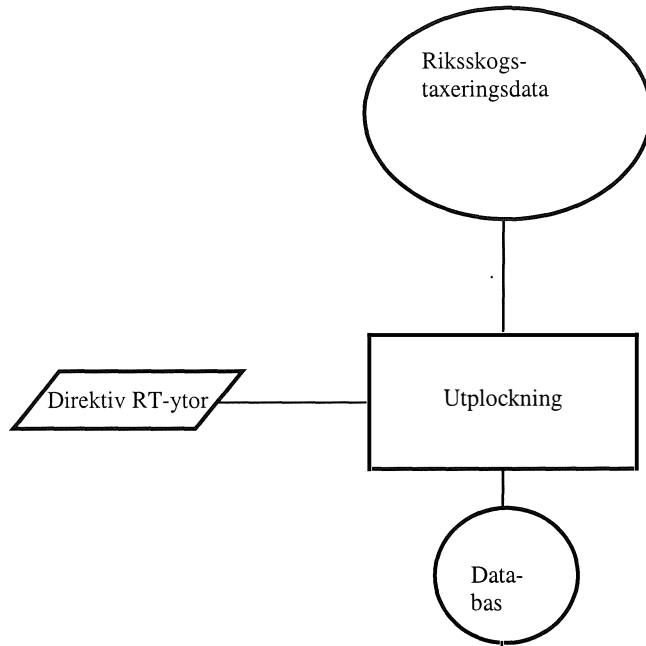
Istället för existerande data, ersätts provytans träddata med uppgifter från ett ungsogsbestånd. Data från Hugins ungskogstaxering som finns lagrat i databasen NYSKOG får representera ungsogsbeståndet. Tanken är att med styrt urval av bra och välbestockade ungsogsytor låta dessa växa i simuleringen under 40 femårs perioder. Provytorna sköts efter ett generellt och standardbetonat skötsel sätt (**Fas 2**). Ytterligare beskrivning av skötselkriterierna finns beskrivet under punkten 2.3.2.

I sista fasen (**Fas 3**) sker en sammanställning av resultaten från simuleringen. I studien sorteras och medelvärdesberäknas resultaten enligt två olika sorteringsätt. De valda sätten är att sortera efter ståndorsfaktorer samt en mer traditionell modell med sortering efter ståndorsindex. För ytterligare beskrivning av utförandet se punkten 2.3.3.

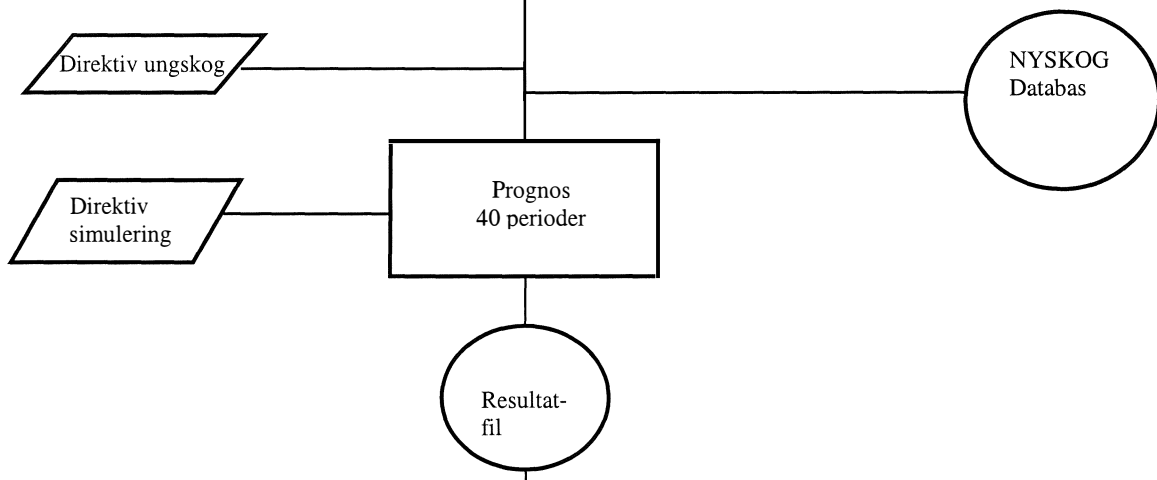
I studien har simuleringen utförts med hjälp av en något förenklad och modifierad variant av det svenska simuleringssystemet HUGIN.

HUGIN är ett system av simuleringssystemer utan någon optimeringsdel. Systemet utvecklades under 1980-talet och har använts bl.a. för att utföra skogliga konsekvensberäkningar. En utförligare beskrivning av Huginssystemet och dess ursprungliga utformning och användningsområden finns beskrivet av Bengtsson m.fl. (1989) och Hägglund (1981). Systemet har kontinuerligt uppdateras och förbättras. Den sista större uppdateringen skedde i samband med utredningen Skogliga Konsekvensanalyser 1999, SKA 99 (2000). Vid detta tillfälle tillkom bl.a. nya höjdtillväxtfunktioner för ungskog (Nyström, 2000).

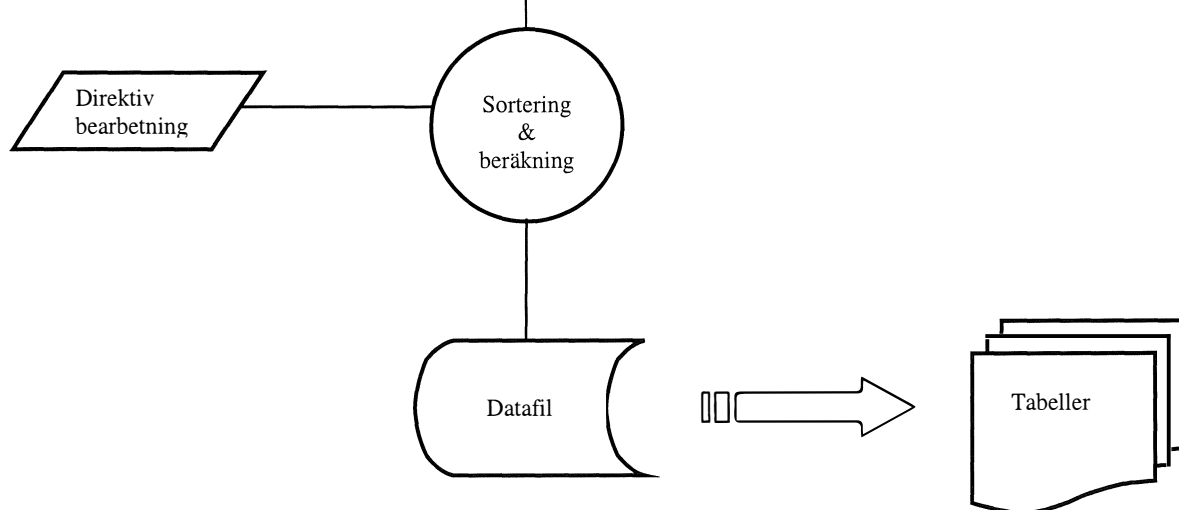
Fas 1



Fas 2



Fas 3

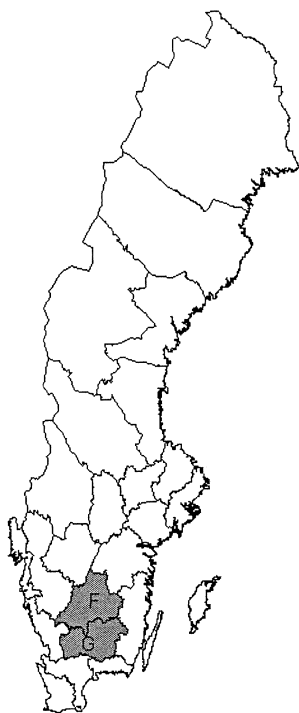


Figur 2. Beskrivning av Simuleringssystemets uppbyggnad.

2.3 Material

Ingångsdata för simulering hämtas från två olika källor.

- Beståndsdata hämtas från Riksskogstaxeringens permanenta provytor, belägna i Jönköpings och Kronobergs län (F och G län), se figur 3. Provytorna är inventerade under tidsperioden 1996-2000. Det totala antalet ytor var 812, efter bortsortering av delade provytor kvarstod slutligen 549 ytor. På de valda provytorna behålls beståndsvariablerna, träddata rensas bort och ersätts med ungskogsdata.
- Ungskogsdata hämtas från databasen NYSKOG. Urval gjordes efter uppställda ingångskrav. Se punkten 2.3.1, tabell 1 och 2.
Vid val av ungskogsytor har enbart data från planterade ytor använts i simuleringen.



Figur 3. Beståndsdata till datasimuleringen har hämtas från Riksskogstaxeringens permanenta provytor (1996-2000) inom Jönköpings och Kronobergs län.

2.3.1 Ingångsmatriser

Vid datasimuleringen provades tre olika trädslagsblandningar i utgångsläget. Varje variant av trädslagsblandning fick i simuleringen växa på provytan under 40 femårs perioder.

Tabell 1. Beskrivning av de olika trädslagsblandningar som användes i simuleringen.

Klasser med trädslagsblandningar	
Sim. 1.	Tall, 100 %
Sim. 2.	Gran, 100%
Sim. 3.	Gran, med max 50 % tall *

* Minst 90% av grundytan ska utgöras av barrträd

Vid val av utgångslägen för ungskogsytor från NYSKOG-databasen fastställdes ett rekommenderat antal stammar vid tidpunkten efter sista röjning. Som underlag för ingångskraven har använts de rekommendationer som finns i den nyligt utgivna röjningshandboken (Bäcke och Liedholm, 2000) samt i riktlinjerna från den äldre versionen av skogsvårdslagen (Anon.1987).

Tabell 2. Rekommenderat antal stammar efter röjning, SVS rekommendationer i Bäcke och Liedholm (2000)

Landsdel	Marktyp	Tall, stam/ha	Gran, stam/ha
Södra Sv.	Svag	2200-2500	1800-2300
	Medelgod	2600-3000	2100-2500
	God	2900-3400	2400-2900

För att få ”rätt” plantantal i starten av simuleringen utformades funktioner som ger rekommenderat stamantal efter röjning, tabell 3. Ingångsvariabel i funktionerna är ståndortsindex enligt H100. För simulering 3 med barrblandskog sattes stamantalet till samma som för ståndorter med gran.

Tabell 3. Funktioner för att erhålla rekommenderat stamantal efter röjning

Stamantal efter röjning	
Rek. stamantal	Funktion
Tall	$(SI_{tall}-10)*50+2150$
Gran	$(SI_{gran}-10)*50+1750$
Blandskog, barr	<i>Samma som gran</i>

2.3.2 Skötselkriterier

Vid datorsimulering är det möjligt att laborera med en mängd olika skötselalternativ. Då pilotstudiens tyngdpunkt ligger på att studera om det är möjligt att använda sig av datorsimulering för att få fram ett bra resultat på referenstillväxten, har en mer generell skogsskötsel använts.

Alla skötselåtgärder utfördes med de funktioner som finns inbyggda i simuleringssystemet. Den skötselåtgärd som utförts under de 40 perioderna är gallringar som fick pågå tills det att provytans ”bestånd” hade nått en total ålder av 80 år. Efter denna ålder fick ytan ha en fri utveckling till period 40 uppnåtts och simuleringen avslutades. Beslutet om gallring ska utföras eller ej bestäms av den enskilda provytans grundyta. Provytans grundyta jämförs mot en gallringsfunktion (Eriksson, 1981) som bygger på skogsvårdsstyrelsens gallringsmallar. Om provytans grundyta är högre än gallringsmallens gräns så utförs åtgärden. För att undvika alltför låga uttag infördes restriktionen att det måste gå 10 år mellan gallringstillfällena. Två olika gallringsstyrkor, 25 % och 40 % (av grundyta) prövades. Den 40 procentiga gallringsstyrkan föll senare bort då den medförde allt för stort bortfall i produktion, detta på grund av för lågt stamantal.

För principbeskrivning av utformningen av skötselkriterierna, se Eriksson (1978, 1981).

2.3.3 Sorteringsmatriser

Efter utförd simulering på varje provyta under 40 femårs perioder utfördes en sortering av ytorna samt en resultatberäkning för varje sorteringsklass. Ett medelvärde på tillväxten beräknades för varje sorteringsgrupp och period.

De två angreppssätt som användes för sortering var att dela upp enligt ståndortsindex eller enligt ståndortsfaktorer.

Vid sortering enligt ståndortsindex användes SI för tall på simulering 1. För de andra simuleringarna användes klassning enligt SI för gran. Fördelning inom respektive klass är uppdelad så att SI; $->11,9$ tillhör klass **11**, $12 - 13,9$ klass **13**, $14 - 15,9$ klass **15** osv, tabell 4.

Tabell 4. Tabellen visar fördelningen av provytor på de använda SI-klasserna för tall respektive gran. Observera att varje provyta har både en tall och en gran klassning.

Ytantal fördelat på ståndortsindex														
H_{100}	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
Tall	*	1	16	22	19	13	94	154	210	16	4	*	*	*
Gran	*	*	*	*	7	21	13	30	66	130	175	84	20	3

* = Provyta saknas i denna ståndortsklass H_{100} .

Valet att använda ståndortsfaktorer som sorteringsnorm beror på osäkerheter i det nuvarande systemets skattning av produktionsförmåga. Bland annat finns det stora brister i bedömningen av den unga skogens potential (Elfving & Nyström, 1996; Elfving & Tegnhammar 1996, Tegnhammar, 1992.).

Valet av ståndortsegenskaper som har används i sorteringsmatriserna har fallit på vegetationstyp, markfuktighet samt temperatursumma.

Beslutet att inte helt gå enligt boniteringssystemets klassindelning (Hägglund och Lundmark, 1977, 1982, 1987, 1994) har motiverats av behovet att minska omfånget av olika klasser. Detta främst för att erhålla en större mängd ytor inom respektive klass samt för att få en bättre överskådlighet av det slutliga resultatet.

Vegetationstyp och markfuktighet samlas in i fält vid inventeringen av provytorna. Temperatursumman beräknas enligt framtagna funktioner [5] av Pertuu och Moren (1994) och använder sig av latitud och höjd över havet som oberoende variabler.

$$\text{Temperatursumma, } TS_5 = 4922 - 60,4 * \text{lat} - 0,837 * \text{alt} \quad [5]$$

Temperatursumman (TS_5) inom den valda regionen visade sig variera mellan 1100 och 1500 daggrader. Vid den fortsatta sorteringen användes två grova sorteringsklasser för temperatursumman. Temperatursummor (TS_5) mellan 1100 och 1299 tillhör klassen **1200** och mellan 1300 och 1500 sorterades till klassen **1400**, tabell 5.

Tabell 5. Beskrivning av de olika använda sorteringsklasserna enligt ståndortsegenskaper. Siffrorna inom tabellen visar fördelning av totala antalet provytor på respektive kombination. I vegetationstyp Gräs finns även mark utan fältskikt insorterat samt i klassen Lav finns alla ytor av fräkentyp.

Fuktighetsklass	Vegetationstyper							
	Örttyp		Grästyp		Ristyp		Lavtyp	
	TS_5	TS_5	TS_5	TS_5	TS_5	TS_5	TS_5	TS_5
	1200	1400	1200	1400	1200	1400	1200	1400
Torr	*	*	11	5	8	1	1	1
Frisk	28	22	76	97	24	35	*	*
Fr-fuktig	14	23	7	59	44	59	5	13
Fuktig	1	2	1	2	3	3	3	1

* = Provyta saknas i denna klass.

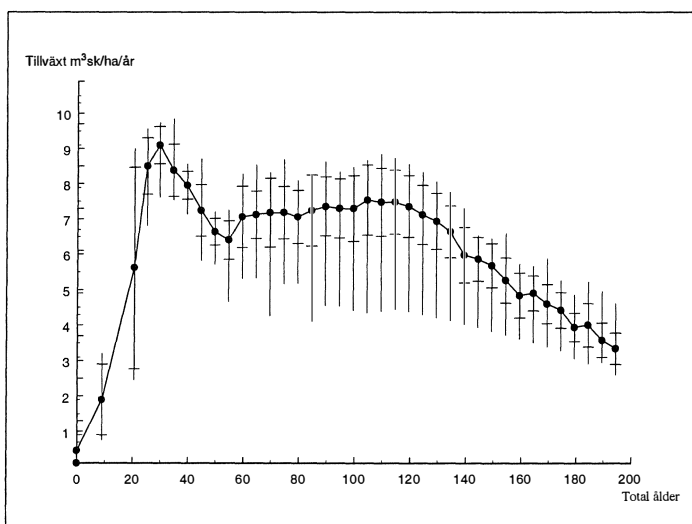
3. Resultat

En av de mer centrala delarna om man vill använda sig av produktionslutenhetsmättet är att ha en bra referens för produktionspotentialen på ståndorten.

Totalt har datorsimuleringarna resulterat i 144 stycken produktionstabeller fördelade på tre trädslagskombinationer. Resultaten i tabellerna bygger på medelvärde för samtliga ytor inom respektive klass

Antalet ytor i respektive klass varierar från 1 styck till 210 stycken. Detta påverkar naturligtvis tabellernas tillförlitlighet.

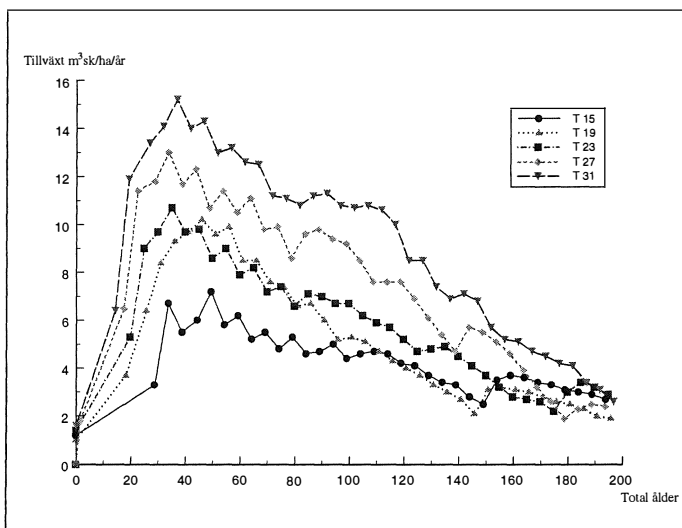
För att få en uppfattning om vilken variation som finns inom en klass gjordes ett utplock av data från alla ytor inom SI-klassen G35. Tillväxtkurvan med medelvärdet för de 20 enskilda ytorna samt spridningsmåttan std., max och min finns redovisade i figur 4.



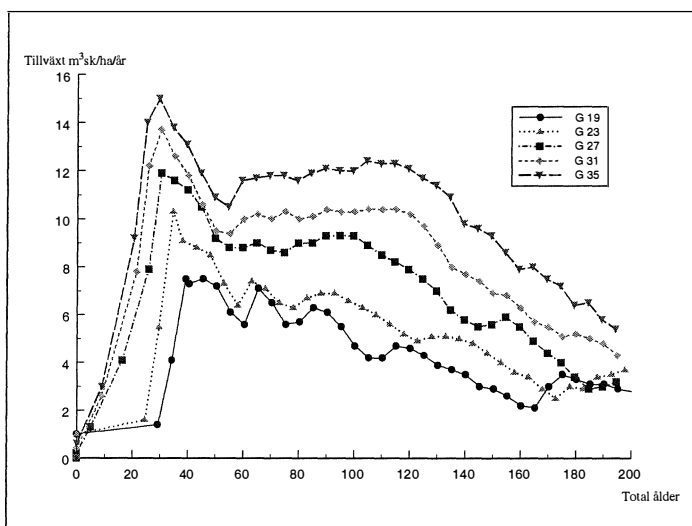
Figur 4. Grafen visar tillväxtkurvan för en granskog med ståndortsindex G 35. Kurvan är medelvärdet av simulering på 20 stycken provytor. Tvärsapeln på var och en av de 40 perioderna visar standardavvikelsen och ändarna på stapeln visar högsta och lägsta värdet.

3.1 Tillväxt enligt ståndortsindex

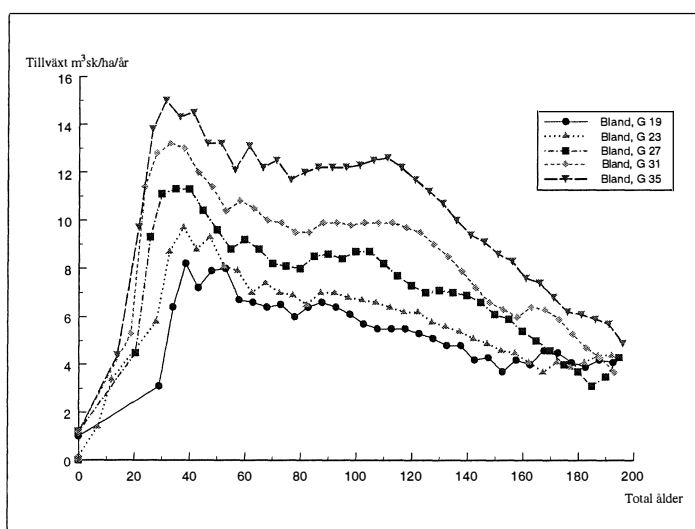
Sorteringen av resultaten enligt ståndortsindex resulterade i 60 stycken produktionstabeller fördelade på tre trädslagkombinationer. Resultaten från produktionstabellerna presenteras här för ett urval av olika ståndortsklasser för respektive trädslagsblandning. Redovisningen sker i grafisk form och redovisas som medelvärden för respektive klass/period i sorteringsmatrisen, se figur 5, 6 och 7.



Figur 5. Grafisk redovisning av tillväxtresultat för ett urval av de olika SI- klasserna för Simulering 1, tallskog.



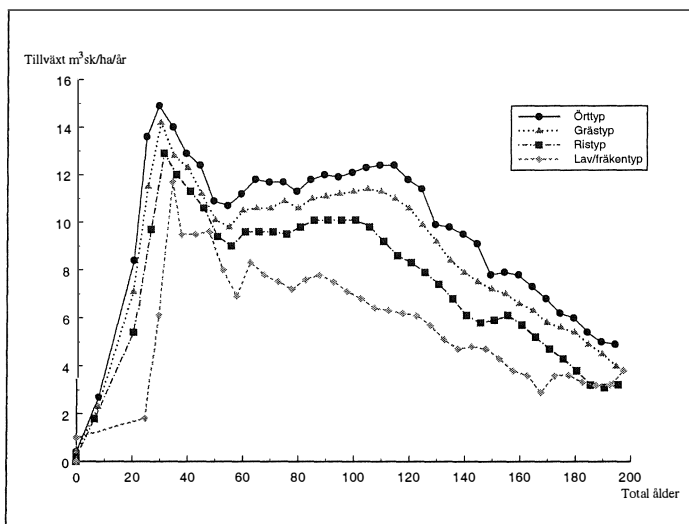
Figur 6. Grafisk redovisning av tillväxtresultat för ett urval av de olika SI- klasserna inom simulering 2, granskog.



Figur 7. Grafisk redovisning av tillväxtresultat för ett urval av de olika SI- klasserna för simulering 3, Barrblandskog. Ståndortsklassning enligt gran SI.

3.2 Tillväxt enligt ståndortsfaktorer

Sorteringen av resultaten enligt ståndortsfaktorer resulterade i 84 stycken produktionstabeller fördelade på tre trädslagkombinationer. Resultatet från simulering via ståndortsfaktorer presenteras här för granmark och till ytantalet största gruppen; frisk-fuktig mark, TS₅-klass 1400. Redovisningen sker i grafisk form och redovisas som medelvärden för respektive klass/period i sorteringsmatrisen, figur 8.



Figur 8. Exempel på tillväxtkurvor enligt ståndortsfaktorer. Figuren visar den provymässigt största gruppen; granskog på frisk-fuktig mark, TS₅-klass 1400.

4. Jämförelser och tillämpning

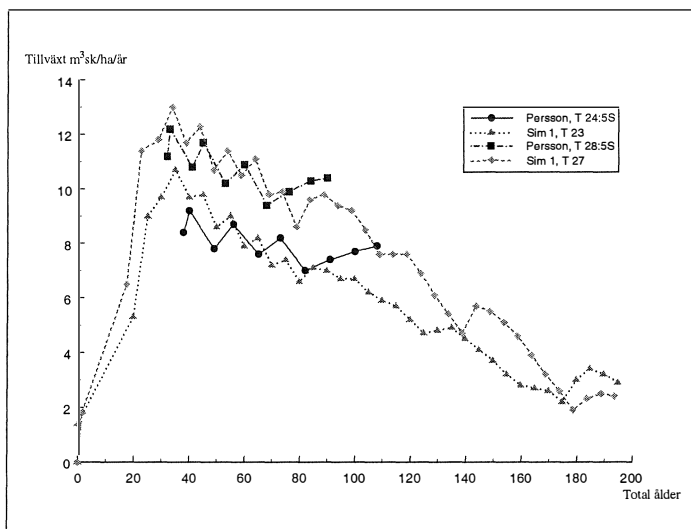
4.1 Jämförelse med andra produktionsstudier.

För att värdera av hur väl resultatet från datorsimuleringarna stämmer med andra produktionsstudier har en jämförelse gjorts. Gemensamt för alla är att jämförelsedata har sin grund i det material som kommer från det som benämns som den Stora produktionsundersökningen. Detta var en större insamling av material för produktionsforskning som utfördes över hela landet under åren 1941 till 1965. Bakgrunden till arbetet samt synpunkter på detta finns beskrivet av bl.a. Eriksson (1976) Jonsson (1962) och Näslund (1971). En bra sammanställning över den Stora produktionsundersökningen ges av Agestam (1985).

Som referensmaterial för resultaten i denna studie används Perssons (1992) produktionsmodeller för tall, figur 9. För granskogen har valts den rapport där Eriksson (1976) redovisar granens produktion i Sverige, figur 10. Referensmaterial för barrblandskogen, simulering 3 hämtas från Agestams (1985) produktionsmodell för blandbestånd, figur 11.

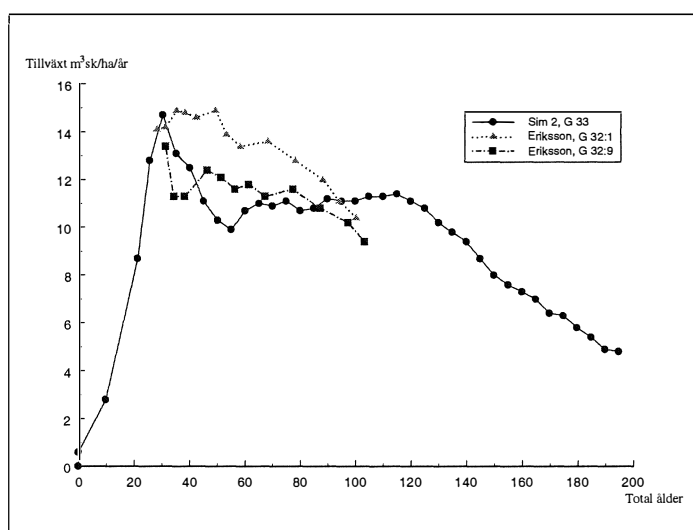
Slutligen görs en jämförelse med resultatet från Attebrings (1987) funktioner för referenstillväxt (Iv), figur 12. I simulering 2, granskog har det för simuleringsdata i varje period beräknats en referenstillväxt enligt funktion 3.2.

Jämförelsen av simulering 1, tallskog mot Perssons material visar en väldigt god samstämmighet. Sammantaget ligger simuleringens nivå inom de jämförda områdena på samma nivå som resultatet från Perssons produktionsundersökning.



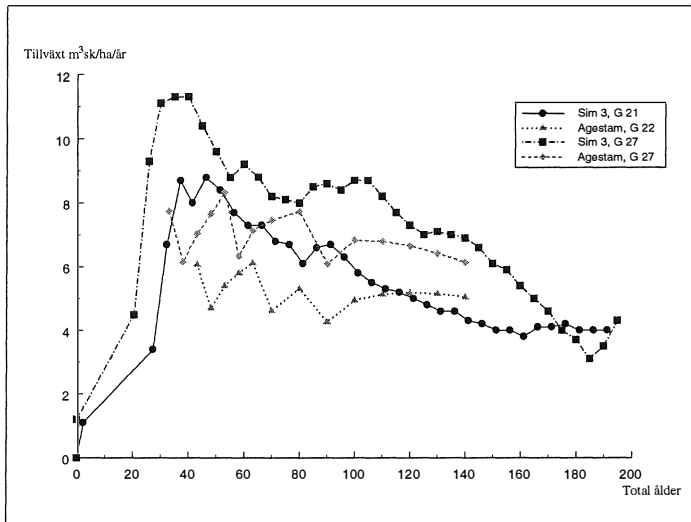
Figur 9. Jämförelse mellan resultaten från simulering 1 och tillväxtdata från Perssons (1992) produktionstabeller; T 24:5S och T 28:5S.

För simulering 2, granskog har en jämförelse gjorts mot den studie som Eriksson (1976) har utfört. Eriksson har i sina produktionstabeller en mängd utgångslägen. I jämförelsen har valts data för gran ståndsindex G 32. Valda referenser är tabell G32:1 och G32:9. Den första av dessa har för stamantal ett högre utgångsläge samt bygger på data från välskötta försöksytor. Detta kan vara orsaken till att simulering 2 inte kan nå samma nivå. Den andra tabellen G32:9 bygger på Erikssons tillväxtfunktioner men utgångslägena har hämtats från välslutna bestånd i Rikskogstaxeringen (Elfving och Hägglund, 1975). Dessa utgångslägen stämmer bättre mot simuleringens utgångslägen. Förklaringen till att nivån för G32:9 inte kommer fullt ut till samma nivå som simulering 2 kan bero på att den i utgångsläget har ett lägre stamantal.



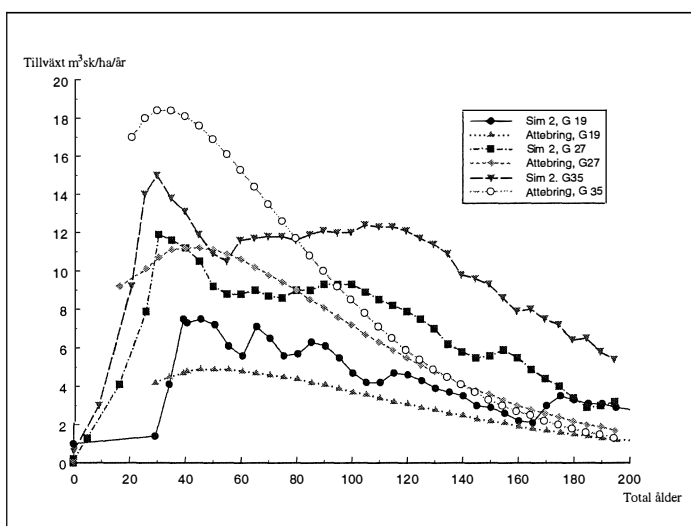
Figur 10. Jämförelse mellan resultaten från simulering 2 och tillväxtdata från Eriksson (1976) produktionstabeller; G 32:1 och G32:9.

Simulering 3, barrblandskog, har jämförts med data från Agestams (1985) produktionsmodeller. Jämförelsen tyder på att simuleringen ligger på en avsevärt högre nivå än Agestams resultat (figur 11). Orsaken till denna skillnad är lite förbryllande med tanke på att Agestams ursprungsdata är hämtat från Stora produktionsundersökningen. Grafen visar att Agestam i sin modell gör större och kraftigare gallringsuttag. Detta kan möjligen förklara den lägre nivån.



Figur 11. Jämförelse mellan resultaten från simulering 3 och tillväxtdata från Agestams (1985) produktionstabeller; tabell 14, T20/G22 och tabell 19, T24/G27.

I inledningen av denna rapport presenterades den studie som Attebring (1987) har gjort inom området. Vid jämförelse av simulering 2 och en beräknad tillväxtkurva enligt Attebring's funktion 3.2, visar resultaten på viss överrensstämmelse för gran på medelbonitet. Däremot är det så att kurvorna skiljer sig höga och låga boniteter jämfört mot resultatet av denna studies datorsimulering.



Figur 12. Jämförelse mellan resultaten från simulering 2 och beräknade tillväxtdata gjorda med hjälp av Attebring's (1987) funktion 3.2 för referenstillväxt (Iv). Beräkningarna är utförda på de ingångsdata som har använts i simuleringen

4.2 Tillämpbarhet

Ett mått som produktionsslutenhet har många användningsområden, då det ger värdefull information om ett bestånds produktionsförmåga.

I samband med den nya skogsvårdslagen från 1993 (Anon, 1994) ökade kraven på större naturhänsyn i samband med skogsskötseln. Samtidigt har många skogsägare certifierat sin skog genom någon av de i Sverige verksamma organisationerna FSC och PEFC. Dessa system för certifiering medför långtgående åtaganden om hänsyn, lämnade träd, evighetsträd etc. I denna typ av skogsbruk skulle produktionsslutenhetsmättet kunna bli ett värdefullt verktyg för analys av hur produktionen är fördelad. Stage (1969) visade i sin artikel hur det skulle gå att använda ett mått som P_s som ett analytiskt verktyg i skogsplanering och skötsel för att beskriva hur bra den aktuella produktionspotentialen tas tillvara.

För att utvärdera tillämpbarheten för produktionsslutenhetsmättet (P_s) samt för att pröva hur väl den simulerade referenstillväxten fungerar på ett verkligt material har beräkningar av $PS\%$ utförts. Data över den aktuella tillväxten hämtades från de 812 riksskogstaxeringsytorna som har använts i datorsimuleringen. Då inte alla ytor hade trädslagsblandningar som passade de framtagna referensproduktionstabellerna samt att det i vissa fall fanns svårighet att bestämma den aktuella tillväxten p.g.a. negativ tillväxt på ytan eller för låg ålder skedde en bortsortering av dessa ytor.

Kvar efter bortgallringen återstod 610 provytor, fördelningen finns beskriven i tabell 6. Till alla valda ytor fastställdes en referenstillväxt från produktionstabellerna enligt ståndortsindex (SI). En indelning av provytorna gjordes enligt den princip som används av Bladh och Janz (1974), där alla ytor som skulle vara med i skattningen var tvungna att ha en sammanlagd barrträdsandel på 0,7 eller högre. De ytor som hade en tallandel på 0,7 eller mer räknades som tallskog och hämtade referens från simulering 1. På motsvarande sätt gjordes om gran-andelen var 0,7 eller högre, där referensdata i så fall hämtades från simulering 2. Återstoden av barrskogsytor hämtade referenstillväxt från resultatet av simulering 3.

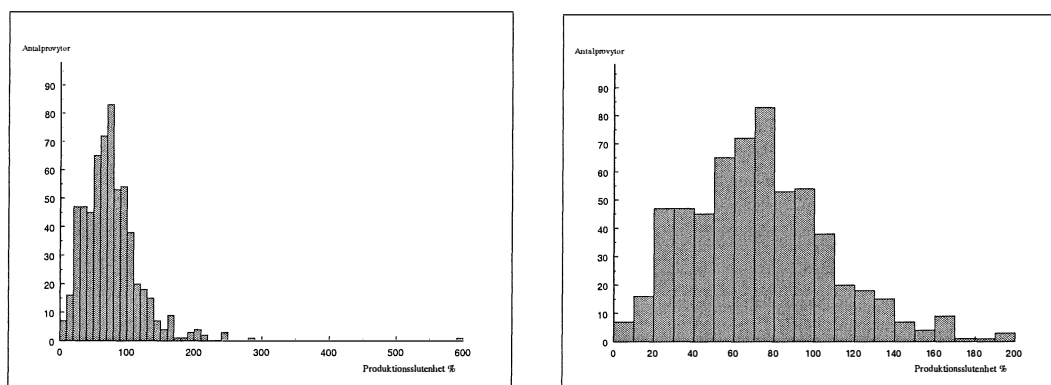
Tabell 6.

Fördelning av provytor för beräkning av Produktionsslutenhet (P_s) %		
Skogstyp	Provytor	antal
Tall skog	Alla ytor	143
	Alla ytor, justerad*	119
	Enbart hela**	103
	Justerade* och hela**	79
Granskog	Alla ytor	269
	Alla ytor, justerad*	239
	Enbart hela**	183
	Justerade* och hela**	153
Barrblandskog	Alla ytor	198
	Alla ytor, justerad*	167
	Enbart hela**	168
	Justerade* och hela**	137
Totalt antal P_s -ytor		610

* Justerad = Alla provytor yngre än 30 år exkluderade
** Hela = Alla delade provytor har exkluderats

Resultatet från beräkningen av Ps % för barrskog inom Jönköpings och Kronobergs län tyder på en förhållandevis hög produktionsnivå, tabell 7. Totalt för all barrskog låg produktionsslutenheten på 75,7 %.

En orsak som kan ha bidragit till resultatnivån kan vara att det finns några skattningar som bäst kan beskrivas som extermvärden, så kallade outliers, figur 13. Vid borttagande av den mest extrema skattningen, en 22-årig tallyta med Ps på över 500 % blev resultatet en marginell sänkning av totalvärdet. Tallskogens skattade medelvärde, beräknat på alla ytor, sjönk dock ca 4 % om denna enstaka yta plockades bort.



Figur 13. Histogram som visar fördelningen av antalet provytor över den skattade Produktionsslutenhet (Ps). Grafen till vänster visar hela fördelningen. Den högra grafen visar fördelningen inom intervallet där majoriteten av ytor fanns

Tabell 7. Sammanställning av resultaten för beräknad Produktionsslutenhet (Ps) i Jönköpings- och Kronobergslän perioden 1996-2000.

Produktionsslutenhet (Ps) % för Jönköping- och Kronobergslän			
Medelvärden för de olika skogstyperna			
All barrskog	Tallskog	Granskog	Barrblandskog
75,7 %	75,1 %	81,6 %	67,7 %
Skogstyp	Provyta/åldersgrupp	Ps %	
Tallskog	Alla ytor	75,1	
	Alla ytor, justerad*	73,8	
	Enbart hela**	72,5	
	Justerade* och hela**	70,2	
Granskog	Alla ytor	81,6	
	Alla ytor, justerad*	84,8	
	Enbart hela**	77,9	
	Justerade* och hela**	80,8	
Barrblandskog	Alla ytor	67,7	
	Alla ytor, justerad*	75,7	
	Enbart hela**	64,3	
	Justerade* och hela**	73,3	
* Justerad = Alla provytor yngre än 30 år exkluderade			
** Hela = Alla delade provytor har exkluderats			

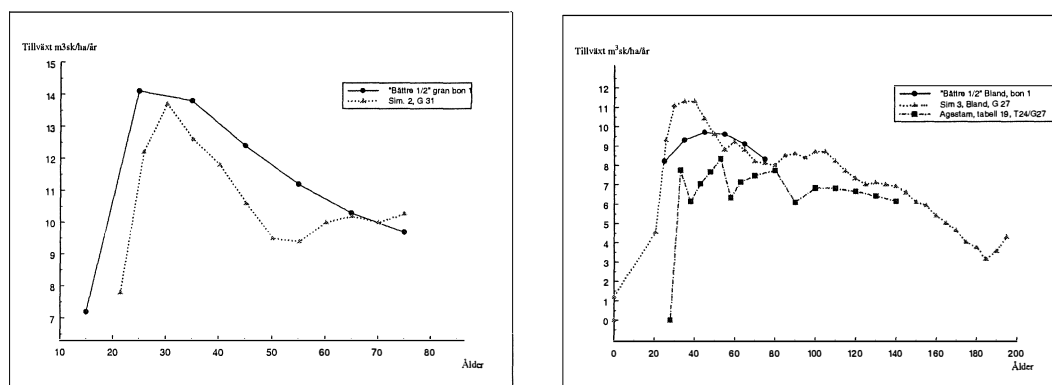
5. Diskussion

Resultatet från beräkningen av produktionsslutenheten tyder på att växtförmågan inom de undersökta länen nyttjas väl. Produktionen i granskog är betydligt bättre än medeltalet medan den för barrblandskogen är sämre än snittet. Orsaken till resultatet skulle kunna tolkas som att man i dessa län är bättre på att sköta granskog medan barrblandskogen inte får samma förutsättningar. Orsaken till det erhållna resultatet går nog snarare att finna i att tillväxtdata från simuleringen i granskogen verkar vara för låga. Vid jämförelserna mot Erikssons (1976) produktionstabeller visar graferna (figur 9) att resultaten från simuleringarna ligger på en lägre nivå. Även om de data som Eriksson presenterar brukar anses extremt höga borde ändå simuleringen ha nått en högre nivå. Vid simulering i barrblandskogen (figur 10) verkar det vara det omvända förhållandet.

För att verifiera om resultaten från simuleringarna 2 och 3 har en jämförelse gjorts mot produktionsdata från Riksskogstaxeringens ”bättre hälften” (Bladh och Janz, 1974). Resultatet visar att referenstillväxten för granskogen ligger under resultaten för den ”bättre hälften” medan referenstillväxten för barrblandskogen ligger ungefär lika, figur 14. Detta ger förklaringen varför resultatet vid beräkning av produktionsslutenhet blev så bra för gran; med en låg referenstillväxt är det lättare att nå hög Ps %. Mer studier behövs för att utvärdera de avvikelser som finns.

Jämförelsen för barrblandskogen visar att Agestams data ligger på en låg nivå, medan simuleringarna och ”Bättre hälften” når likartade tillväxtkurvor. Den låga produktionsslutenheten 67,7 % kan i denna skogstyp bero på att marken i många fall indikerar en högre tillväxtpotential än vad som växer där för stunden. För simuleringarna i barrblandskogen krävs ytterligare studier av hur hög tillväxtnivå denna skogstyp kan nå, samt hur man ska hantera den då den står på en mark som indikerar högre tillväxtpotential. Någon form av urkopplingsregel kan behöva utvecklas

En liknande jämförelse för simulering i tallskog visar att tillväxtkurvorna hamnar på en nivå över ”bättre hälften”. Den tidigare jämförelsen mot Perssons produktionsdata visade att resultaten ligger på en nivå som kan motsvara en välskött skog.



Figur 14. Graferna visar tillväxtutvecklingen för simulering 2 och 3 vid jämförelse mot resultat från ”bättre hälften” enligt riksskogstaxeringen 1968-1972 (Bladh och Janz, 1974). Den vänstra grafen visar granskog och grafen till höger visar Barrblandskog. För den högra grafen finns även resultat från Agestam (1985) inlagda.

5.1 Slutsats

Att använda produktionsslutenhet som ett mått för den aktuella produktionen är fullt möjligt. De uppställda kraven (Fridman m.fl. 1999) klaras med det angreppssätt som har provats.

- Produktionsslutenheten har ett minimalt subjektivt inslag vid datainsamlandet. Vissa problem fanns dock med volymkattningarna från de permanenta provytorna (se avsnitt 4.2).
- Måttet går att beräkna i efterhand med hjälp av insamlad data från Riksskogstaxeringens inventeringar.
- Måttet fungera under nästan alla faser av omloppstiden, undantaget är ungskogens produktion som inte täcks på ett bra sätt i den prövade modellen.
- Produktionsslutenheten går att använda och framskriva i de datasimuleringar som används i samband med konsekvensberäkningar.

Det stora arbetet i denna studie har varit att utveckla ett bra mått på referenstillväxten. Resultatet från datorsimuleringen visar att ytterligare arbete behövs innan detta mått kan användas fullt ut. Fortsatta studier bör undersöka orsakerna till de skillnader som finns vid jämförelser av resultatet från simuleringar av granskog och barrblandskog. Fortsatta studier bör också utreda hur man ska hantera delade provytor och till vilken grad dessa kan användas då produktionsslutenheten ska beräknas. För att få fram ett rikstäckande och tillförlitligt mått på en ”optimal” produktionsförmåga krävs en stor arbetsinsats. Vid ett sådant arbete kommer troligen andra ”problematiska” skogar att dyka upp.

I studien börjar simuleringen efter röjning. Den gallring som utförs får anses vara ganska svag och schablonartad jämfört mot de rekommendationer som finns i gallringsmallar etc. Om detta nya produktionsmått ska kunna användas på ett bra sätt bör ytterligare tid läggas på att ta fram referensdata för fler skötselalternativ och trädslagsblandningar. Det bör även utvecklas funktioner eller dataprogram som gör det lättare och snabbare att beräkna produktionsslutenheten. Måttet behöver också utvecklas så att går att använda på Riksskogstaxeringens tillfälliga provytor.

Att fortsätta att använda sig av Riksskogstaxeringens nuvarande produktionsindex (produktionsnivå), är nog det enda alternativet för stunden. En fortsatt användning förefaller dock inte som någon långsiktigt bra lösning. Det stora subjektiva inslaget är alltså en stor nackdel, även om det går att minska med hjälp av utbildning och kalibrering. Det grundläggande problemet med att ha ett så stort subjektivt inslag i detta mått är att referensen för en bra producerande skog kan komma att skifta med tiden och med det ”skogsskötselparadigm” som gäller för stunden.

Det bästa alternativet är nog trots allt att skapa helt nya rutiner. Om man vid ett sådant ”nyskapande” använder sig av det befintliga måttet massaslutenhet och kompletterar detta med produktionsslutenhet får man en bra överblick av produktionsförmågan på kort och lång sikt. För att få en uppfattning av vad som produceras på ståndorten bör måttet kompletteras med någon typ av kvalitetsmått som beskriver trädens egenskaper för framtida produkter. Inom detta område finns ett flertal studier gjorda t.ex. (Björklund, 1999; Petersson, 1998).

5.2 Alternativa angreppssätt

En av de mer centrala delarna vid tillämpning av produktionslutenhetsmålet är referenstillväxten. I denna studie har datorsimulerade tillväxtdata använts som referens. Som nämns i inledningen av rapporten finns det en mängd olika produktionsundersökningar som skulle kunna användas, men som har valts bort p.g.a. att de inte är representativa. Detta på grund av att bestånden skötts på ett icke representativt sätt, de utgår från för litet datamaterial eller att de bara kommer att spegla dagens "bästa" tillväxt och inte den "optimala" tillväxten.

En alternativ väg skulle kunna vara att använda den produktionsmall som utvecklats av Nilsson (1978). Den bygger i grunden på Eichhorns synsätt och är utvecklad enligt hypotesen att "totalproduktionens utveckling över tiden har samma förlopp i olika skogar" och det är tidsaspekten och bärkraften (boniteten) som bestämmer den slutliga nivån.

Fridh och Nilssons (1980) har tagit fram en funktion och metodik för att skatta den totala produktionen utifrån ålder och bonitet. En omvandling av funktionen så att den kommer att beräkna den löpande tillväxten borde göra det möjligt att använda metodiken som referensmätt för en "optimal" tillväxt. Risken med att använda den föreslagna modellen är att den kan bli för schablonartad och därigenom för oprecis. Det finns dessutom rapporter som redovisar en ökad bonitet över tiden (Elfving & Tenghammar 1995), vilket försvårar användandet av produktionsmallen.

En annan utgångspunkt för att hitta en bra referens skulle kunna vara att använda den metod som Attebring (1987) använde i sin studie, d.v.s. använda de bästa av dagens skogar som referens för en bra produktion. Nackdelen med detta mått är att det kommer att förändras med tiden. Detta skulle eventuellt kunna elimineras genom att låta referensen utgöras av medelvärdet för en tidsperiod samt att låsa detta referensindex. Denna typ av referens kommer dock att påverkas av den förändring som har skett inom skogsskötselnsätten under de sista 30-40 åren. Detta kan leda till en referens som är skev i sin konstruktion, där den unga skogen har en "normal" referens och den gamla skogen på sikt kommer att få för låg referens.

Slutligen kan man fråga sig om ett produktionsmått överhuvudtaget är nödvändigt. Med dagens skog som har jämställda mål för både miljön och produktionen (enligt dagens skogsvårdslag), kanske det är helt förlegat med denna typ av mått?

Litteraturförteckning

Anon. 1987. Skogsvårdslagen, Handbok. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Anon. 1994. Skogsvårdslagen, Handbok. Skogsstyrelsen, Jönköping

Anon. 1999. Instruktion för fältarbetet vid riksskogstaxeringen år 1999. SLU, inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå.

Anon. 2000. Skogliga Konsekvens analyser 1999, SKA99, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Agestam, E. 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige. Rapport nr 15, Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, inst. för skogsproduktion, Garpenberg. ISBN 91-576-2528-x.

Attebring, J. 1987. Relativ volymtillväxt som mått på slutenhet i skogsbestånd. Rapport 41, Institutionen för skogstaxering, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. ISBN 91-576-3024-0.

Bengtsson, G, Eriksson, B. Lundström., A. Sallnäs, O. 1989. En utvärdering av HUGIN-systemet för regionala avverkningsberäkningar samt analys av några skogsskötselstrategier i Västerbottenslän. Arbetsrapport nr 5, Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för skogstaxering, Umeå.

Bladh, L-O & Janz, K, 1974. Preliminära produktionsöversikter för "bättre hälften" enligt riksskogstaxeringen 1968-1972. Institutionen för skogstaxering, Skogshögskolan, Stockholm.

Björklund, L. 1999. Modelling the inter-tree variation of knot properties for *Pinus sylvestris* in Sweden. *Studia forestalia Suecica*, 207. Swedish Univ. of Agricultural Science, Uppsala.

Bäcke, J-O & Liedholm, H. 2000. Røjning. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Eichhorn, F. 1904. Beziehungen zwischen Bestandshöhe und Bestandsmasse. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 80:45-49.

Ekö, P.M. 1985. En produktionsmodell för skog i Sverige, baserad på bestånd från riksskogstaxeringens provytor. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, inst. för skogsskötsel, Umeå. ISBN 91-576-2386-4.

Elfving, B. 1982. HUGIN's ungskogstaxering 1976-1979. Rapport nr 27, Projekt HUGIN, SLU, Skogsvetenskapliga fakulteten, Umeå.

Elfving, B & Hägglund, B. 1975. Utgångslägen för produktionsprognoser. Tall och gran i Sverige. Rapporter och uppsatser, 38. Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan, Stockholm.

Elfving, B & Nytröm, K. 1996. Yield Capacity of Planted *Picea abies* in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11:38-49.

Elfving, B & Tegnhamar, L. 1995. Varför ökar tillväxten? Faktaskog nr 18, SLU info/skog Alnarp.

Elfving, B & Tegnhammar, L. 1996. Trend of growth in Swedish forests 1953-1992. An analysis based on sample trees from the National Forest Inventory. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11:26-37.

Eriksson, B. 1978. En studie av några skogsskötselinstruktioner. Rapport nr 9, Projekt HUGIN, SLU, Skogsvetenskapliga fakulteten, Umeå.

Eriksson, B. 1981. Åtgärdsval vid långsiktiga regionala avverkningsberäkningar. Slutredogörelse för projektanslag till Statens råd för skogs- och jordbruksforskning. Inst. för skogstaxering, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Rapport nr 41. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Stockholm.

Fridh, M & Nilsson, N-E. 1980. Enkla avverkningsberäkningar baserade på en generell produktionsmall. Skogsstyrelsen.

Fridman, J & Ståhl, G. 1999. Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. – Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.

Gingrich, S.F. 1964. Criteria for measuring stocking in forest stands. *Soc. Amer. For. Proc.*:198-201.

Hägglund, B. 1979. Mål för en ny riksskogstaxering, Projekt NYTAX 83 – Rapport 1. Skogsvetenskapliga fakulteten, inst. för skogstaxering, Sveriges lantbruksuniversitet.

Hägglund, B. 1981. Forecasting growth and yield in established forests. An outline and analysis of a subprogram within the HUGIN projekt. Rapport 31. Institutionen för skogstaxering, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Hägglund, B. 1985. En ny svensk riksskogstaxering. Rapport 37, Institutionen för skogstaxering, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. ISBN 91-576-2216-7.

Hägglund, B & Lundmark, J-E. 1977. Skattning av höjdboniteten med ståndortsfaktorer. Tall och gran i Sverige. Institutionen för växtekologi och marklära, avdelningen för skogsekologi och skoglig marklära. Rapporter och Uppsatser nr 28. Skogshögskolan, Stockholm.

Hägglund, B & Lundmark, J-E. 1982.Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem, del 1 definitioner och anvisningar. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISBN: 91-85748-64-1.

Hägglund, B & Lundmark, J-E. 1982.Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem, del 2 diagram och tabeller. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISBN: 91-85748-13-7.

Hägglund, B. Lundmark, J-E. 1982.Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem, del 3 markvegetationstyper–skogsmarksflora. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISBN: 91-85748-14-5.

Jonson, T. 1914. Om bonitering av skogsmark, Särtryck ur Skogsvårdsförenings tidskrift, 1914, H. 5. s 369-392.

Jonsson, B. 1969. Studier över den av väderleken orsakade variationen i årsringsbredderna hos tall och gran i Sverige. Rapporter och uppsatser nr 16. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Stockholm.

Jonsson, B 1962. Om Blandbarrskogens volymproduktion: tallens och granens höjd- och diametertillväxt i orörda bestånd med olika grader av trädslagsblandning i Norrland, Kopparbergs och Värmlandslän. Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut, 50:8. Esselte Stockholm.

Kallstenius, L & Smith, N. 1951. Handbok i tillämpad skogsindelning. Schmidts boktryckeri aktiebolag, Hälsingborg.

Nilsson, N-E, 1961. Riksskogstaxeringens produktionsöversikt. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut, band 50, nr 1.

Nilsson, N-E, 1978. Produktionsmall för tidsfördelning av framtida slutavverkningar och gallringar, för medelförrådsberäkningar m m. Bilaga 4 till SOU 1978:7.

Nyström, K. 2000. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. Arbetsrapport 68, Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå.

Näslund, M. 1971. Nytt material för skoglig produktionsforskning. Tall, gran och björk. Studia Forestalia Suecica 89. Stockholm.

Osborn, J.E, 1968. Classification, concepts and uses of variables describing Stocking and Stand Density. Faculty of Forestry, The University of British Columbia.

Persson, O. A. 1992. En produktionsmodell för tallskog i Sverige. Rapport nr 31, Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten, inst. för skogsproduktion, Garpenberg. ISRN SLU-SKOPRO-R--31--SE.

Perttu, K & Morén, A-S. 1995. Regionala klimatindex – verktyg vid bestämning av skogsproduktionen. Fakta skog nr 13. SLU Info/Skog, Umeå.

Petersson, H. 1998. Functions for predicting the quality of standing timber in Scots pine. Doctor's dissertation. ISBN 91-576-5343-7.

Segebaden von, Gustaf. 1998. Riksskogstaxeringen 75 år, utvecklingen 1923 – 1998, Rapport 8, inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå. ISSN 1401-0070.

Skogsencyklopedin, 2000. Sveriges Skogsvårdsförbunds Service AB, Stockholm.

Stage, A.R, 1969. Growth Definition for Stocking: Units, Sampling, and Interpretation. Forest science, Volume 15, Number 1- March's 255-265. Washington D.C.

Stage, A.R, 1985. Editors Hägglund, B & Peterson G. Broadleaves in Boreal Silviculture – an obstacle or an asset? Rapporter nr 14, Institutionen för skogsskötsel, SLU, Umeå.

Tegnhammar, L. 1992. Om skattning av ståndortsindex för gran. Rapport 53. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skogstaxering. Umeå.

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

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SRG-AR--75--SE.
- 2001 86 Kolinnehåll i skog och mark i Sverige -Baserat på Riksskogstaxeringens data. ISRN SLU-SRG-AR--86--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.

- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.
- 76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog. ISRN SLU-SRG-AR--76--SE.
- 2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research. ISRN-SRG-AR--82--SE.
- 2002 91 Wilhelmsson, E. Forest use and its economic value for inhabitants of Skrävö and Hakkas in Norrbotten. ISRN SLU-SRG-AR--91--SE.
- 94 Eriksson, O. m fl. Wood Supply From Swedish Forests Managed According to the FSC-standard. ISRN SLU-SRG-AR--94--SE.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG-AR--64--SE
- 2001 88 Ekström, M. Nonparametric Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--88--SE.
- 89 Ekström, M. Belyaev, Y. On the Estimation of the Distribution of Sample Means Based on Non-Stationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--89--SE.
- 90 Ekström, M. & Sjöstedt-de Luna, S. Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data with Varying Expected Values. ISRN SLU-SRG-AR--90--SE.

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

- 2000 66 Lofstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelof, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaotiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.
- 79 Reese, H & Nilsson, M. Wood volume estimation for Älvsbyn Kommun using spot satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jagm.studenter kurs 92/96. En analys av skogsstillstandet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jagm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillstandet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jagm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillstandet samt några alternativa avverkningsberäkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.
- 2001 87 Eriksson, O (Ed.) Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2000, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--87--SE.
- 2002 93 Lind, T (Ed.). Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2001, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--93--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvalitets betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.

- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler- en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forestmanagement planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla förnygringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.

- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examensarbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. Examensarbete på jägmästarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE.
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE.
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE.
- 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--84--SE.

- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE.
- 2002 92 Bodenheim, J. Tillämpning av olika fjärranalysmetoder för urvalsförfarandet av ungskogsbestånd inom den enkla älgbetesinventeringen (ÄBIN). Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 95 Sundquist, S. Utveckling av ett mått på produktionsslutenhet för Riksskogstaxeringen. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skoglig resursanalys. ISRN SLU-SRG-AR--95--SE.

Internationellt:

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