



Åtgärdsprioriteter

Sören Holm
Anders Lundström



Skogliga konsekvensanalyser
Skogens möjligheter på 2000-talet

Arbetsrapport 73 2000

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--73 --SE

Förord

Vi vet genom inventeringar och andra källor ganska väl hur Sveriges skogar ser ut, sköts och nyttjas i nuläget. Som underlag för strategiska beslut omfattande miljöfrågor, skogens brukande i framtiden samt industrifrågor, krävs också långsiktiga konsekvensanalyser. Dessa skall ge underlag till att svara på frågor om hur vi uppnår ett hållbart skogsbruk, en hållbar skogsindustri och ett hållbart energisystem. Sedan 1960-talet har landsomfattande skogliga konsekvensanalyser genomförts med 5-10 års intervall. Den senaste analysen, AVB 92, publicerades 1992.

Under åren 1998-1999 genomförs en ny landsomfattande studie, kallad Skogliga KonsekvensAnalyser 1999 (SKA 99). Resultaten från denna studie offentliggjordes i april 2000. Analyserna visar på skogarnas utveckling och potential att leverera nyttigheter på 100 års sikt under antaganden beträffande skötsel och nyttjande. I SKA 99 samverkade Skogsstyrelsen, SLU, Statens energimyndighet, Naturvårdsverket och NUTEK. Tänkt användare av resultaten från analyserna är regering, riksdag, myndigheter, näringsliv, skogsägare och ideella organisationer.

Ansatsen i SKA 99 var bredare än i tidigare konsekvensanalyser. Miljö-, kol- och skogsbränslefrågorna belystes mer ingående. Dessutom var ambitionen att de i beräkningarna ingående förutsättningarna skulle vara mer genomarbetade och bättre beskrivna än tidigare. Arbetet var grovt uppdelat i en förutsättnings-, en beräknings- och en analys/resultatredovisningsfas.

Denna rapport är en del i förutsättningsarbetet. I rapporten beskrivs både det sätt som åtgärder simulerats i Hugin-systemet tidigare och ett nytt tillvägagångssätt som bättre än tidigare efterliknar verklighetens åtgärdsbeteende. Detta görs genom att sannolikheten för given åtgärd i given femårsperiod och på given cirkelyta skattas via funktioner. Underlagsdata till funktionerna är hämtat från riksskogstaxeringen permanenta provytor. Det nya sättet att skatta åtgärdssannolikheter och från detta simulera åtgärder har i SKA 99 använts i de scenarier som är benämnda "90-talets skogsbruk ...".

Sören Holm och Anders Lundström vid SLU i Umeå har utfört arbetet och sammanställt rapporten.

Jönköping i juni 2000

Sven A Svensson

Tomas Thuresson

Chef Analysenheten
Skogsstyrelsen

Projektledare SKA 99
Skogsstyrelsen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sida
1. INLEDNING	5
2. PRIORITERING EFTER ANGELÄGENHETSGRAD	6
3. PRIORITERING BASERAD PÅ FAKTISKT UTFÖRDA ÅTGÄRDER	9
3.1. MATERIAL	9
3.2. METOD	9
4. RESULTAT	11
5. TILLÄMPNING	14
6. DISKUSSION	15
7. REFERENSER	17

1. INLEDNING

I system för långsiktiga konsekvensanalyser behövs regler för hur val av objekt för olika åtgärder ska ske. För åtgärderna röjning, gallring, föryngringsavverkning och gödsling finns därför i Hugin-systemet olika regler för att beräkna "prioritetstal" för en provyta. Ett problem när provytor används som beräkningsenheter är att de kan avvika ganska kraftigt från medelvärdet för den åtgärdsenhet som den befinner sig i. Eftersom beslut tas för åtgärdsenheten och inte för den enskilda provytan, måste särskilda avsteg från provytebaserade prioriteringsregler göras. Dessutom bör avsteg göras för att efterlikna den faktiska skogsskötseln, som inte alltid stämmer överens med de aktuella prioriteringsreglerna.

Inom projektet SKA 99 har en ny variant för val av objekt för åtgärd utvecklats. Syftet har varit att konstruera prioritetstal för användning i långsiktiga avverkningsberäkningar (som Hugin), baserade på hur åtgärder faktiskt har utförts, enligt information inhämtad från Riksskogstaxeringens permanenta provytor. I föreliggande rapport beskrivs dels den tidigare varianten av prioriteringsregler där rangordning sker efter angelägenhetsgrad med avseende på virkesproduktion, dels den nya varianten baserad på hur skogsägarna faktiskt valt objekt för olika åtgärder.

2. PRIORITERING EFTER ANGELÄGENHETSGRAD

I detta avsnitt beskrivs den prioritering där prioriteringstalet anger angelägenhetsgraden för åtgärd ur skötselsynpunkt. Underlag vid utformning av dessa regler är framförallt skogsskötselhandböcker, kompletterade med intervjuer av företrädare för det praktiska skogsbruket. Sådant underlag gav vägledning för hur man tänkt sig sköta skogen. För att utröna hur man faktiskt skött skogen har även material från Riksskogstaxeringens stubbytor utnyttjats. En beskrivning av arbetet med utformningen av skötselregler i Hugin-systemet finns i Eriksson (1981). Nedan görs en sammanfattning av hur prioritetsberäkningen utformades för tillämpning i Hugin före SKA 99.

Före beräkning av prioritetstal görs en indelning i behandlingsklasser, vilket innebär att för varje yta bestäms vilken eller vilka åtgärder som kan vara möjliga. Variabler som används för att göra denna indelning är medelhöjd och relativ ålder, där relativ ålder definieras som provytans ålder i relation till lägsta ålder för förnygringsavverkning. Provytor med en medelhöjd som är mellan 3-7 m är möjliga för åtgärden röjning, och på dessa beräknas en röjningsprioritet. För röjning finns även en alternativ metod, där provytor väljs helt slumpmässigt utifrån andelen av den totala arealen som ska röjas.

Provytor med medelhöjd över 7 m, som alltså lämnat ungskogsfasen, grupperas efter relativ ålder. Är ytan under relativ ålder 1,0 beräknas en gallningsprioritet (och en gödslingsprioritet om ytan uppfyller kraven för gödsling). För ytor med relativ ålder över 1,0 beräknas prioritetstal för förnygringsavverkning (och även för gödsling om ytan uppfyller kraven för gödsling).

Alla åtgärder utförs emellertid inte enligt strikt prioritetsordning, utan på en viss andel av ytorna utförs åtgärderna ovillkorligt. Detta innebär att för en viss andel av den totala arealen som ska åtgärdas på visst sätt, t.ex. gallring, väljs ytor med hjälp av ren lottning (slumptal) utan hänsyn till prioritetstal. Vid utlottningen ges dock olika ytor något större eller mindre chans att bli valda beroende på åldersklass och för gallring även täthet. Hur stor chans respektive klass får bygger på analyser av Riksskogstaxeringens stubbytor från åren 1978-1982, vilka modifierades inför AVB 92 (SOU 1992:76) baserat på ytor från slutet av 1990-talet. På detta sätt kan t.ex. ytor som tillhör den prioriterade gallningsmängden få en ovillkorlig prioritet för förnygringsavverkning, och ytor som tillhör den prioriterade mängden för förnygringsavverkning få ovillkorlig prioritet för gallring. Ytorna för de ovillkorliga åtgärderna väljs först, varefter resterande del av åtgärds mängden utförs i prioritetsordning. Förfarandet har valts för att efterlikna hur åtgärder praktiskt utförs i skogsbruket och för att inte simulera alltför optimala åtgärdsval på provytenivå. Hur stor andel som ska ske ovillkorligt sätts av användaren, normal andel är 20 %.

Vidare sker även en överhoppning av var n :te yta i prioritetsordning för att en viss andel provytor med höga prioritetstal skall lämnas utan åtgärd vid åtgärdstillfället. Normalt sätts n till 3. Detta sker dock utan minne, d.v.s. ytor som hoppas över vid ett visst åtgärdstillfälle, kan bli åtgärdade under nästa femårsperiod i de långsiktiga beräkningarna.

Prioritetsfunktioner före SKA 99

Prioritetsfunktionen för röjning (P_r) utgår från kvoten mellan stamantalet på den oröjda ytan och önskat stamantal efter röjning, ytans medelhöjd, ståndortsindex och lövträdsandel enligt följande:

$$P_r = RN + a \cdot H100 + b \cdot H_{med} + c \cdot L\ddot{o}vandel$$

där

RN = stamantal före röjning/rekommenderat stamantal efter röjning

$H100$ = ståndortsindex för dominerande trädslag

$L\ddot{o}vandel$ = grundyteandel av samtliga lövträdsdrag

a, b, c = koefficienter

Prioritetsfunktionen för gallring (P_g) utnyttjar gallringsmallar för att bestämma prioriteten, kompletterat med övre höjden och ståndortsindex enligt följande:

$$P_g = \frac{G_f - G_r}{G_m - G_r} + a \cdot \ddot{O}H + b \cdot H100$$

där

G_f = grundyta på ytan före gallring

G_r = rekommenderad grundyta efter gallring enligt gallringsmall

G_m = högsta grundyta före gallring enligt mall

$\ddot{O}H$ = övre höjden

$H100$ = ståndortsindex för dominerande trädslag

a, b = koefficienter

De gallringsmallar som utnyttjats i SKA 99 är utformade av skogsstyrelsen (Anon, 1984).

För val av ytor till förnygringsavverkning finns, förutom den prioritering som utvecklats inom SKA 99, sex olika prioriteringsuttryck (P_s) att välja i Hugin. Dessa är:

(1) Prioritering enligt 1973 års skogsutredning (SOU 1978:7)

$$P_s = RALD + a \cdot (N - T) + b \cdot DG$$

där

$RALD$ = relativ ålder (ytans ålder/rek. ålder för förnygringsavverkning)

N = normproduktion

T = aktuell tillväxt

DG = medeldiameter

a, b = koefficienter

(2) Prioritering enligt visarprocent

$$P_z = \frac{V_1 \cdot R_1 - V_0 \cdot R_0}{V_0 \cdot R_0 + W_0 - C}$$

där

V_1 = virkesförråd år 1

R_1 = rånettovärde år 1

V_0 = virkesförråd år 0

R_0 = rånettovärde år 0

W_0 = bruttomarksvärde

C = skogsvårdskostnad

och

$$P_s = \frac{1}{P_z}$$

(3) Prioritering enligt volymtillväxtprocent

$$P_s = \frac{1}{P_v}$$

där

P_v = volymtillväxtprocent

(4) Prioritering enligt tillväxtdifferens

$$P_s = N - T_v$$

där

N = normproduktion

T_v = volymtillväxt

(5) Prioritering enligt tillväxtkvot

$$P_s = \frac{N}{T_v}$$

(6) Prioritering enligt en kombination av (2) och (3)

$$\text{om } P_z \geq 3: P_s = \frac{1}{P_z}$$

$$\text{annars: } P_s = \frac{1}{P_v} + 0,34$$

I SKA 99 har volymtillväxtprocent använts i de scenarier där inte den nya varianten av prioritering utnyttjats, vilka är samtliga scenarier betecknade med "Intensivare skogsskötsel ...", samt "90-talets skogsbruk utan naturhänsyn".

3. PRIORITERING BASERAD PÅ FAKTISKT UTFÖRDA ÅTGÄRDER

Den metod som beskrivs nedan har utvecklats inom ramen för projektet SKA 99. De scenarier där metoden används är samtliga scenarier som benämns "90-talets skogsbruk...", utom "90-talets skogsbruk utan naturhänsyn".

3.1 Material

För att kvantifiera markägares val av åtgärdsobjekt har de åtgärder som de facto utförts på eller kring Riksskogstaxeringens permanenta provytor för åren 1988-93 analyserats. Åtgärder registreras på en yta med 20 meters radie och det noteras om åtgärden utförts i beståndet där ytan ingår. Detta innebär alltså att det inte krävs stubbar på provytan för att åtgärden ska registreras, dock med ett undantag: För att diverseavverkning ska anges krävs att träd fällt på provytan. Ytterligare information om definitioner av åtgärder finns i Instruktionen för fältarbetet vid riksskogstaxeringen (Anon, 1993).

Det material som utnyttjats är permanenta provytor som återinventerats och där inga förändringar mellan inventeringsillfällena skett med avseende på ägoslag eller delning. Det är alltså samma ytor som inventerats två gånger, med ett intervall på 5 eller 6 år, och där de åtgärder som registrerats på ytorna använts. Intervallet är 5 år för provytor som inventerades första gången 1988 i södra Sverige, medan intervallet för övriga ytor är 6 år.

Fyra åtgärder har betraktats: föryngringsavverkning, gallring, diverseavverkning och röjning. Dessutom har provytor där "Ingen åtgärd utförd" använts vid utformningen av metoden.

3.2 Metod

Prioritetstalen som betraktas är i själva verket sannolikheter för åtgärd. För en given yta inträffar (i princip) en och endast av händelserna föryngringsavverkning (S), gallring (G), diverseavverkning (D) eller ingen åtgärd (I) under en femårsperiod. Det är alltså sannolikheterna, betecknade $P(S)$, $P(G)$, $P(D)$ och $P(I)$ som skattats, där alltså summan $P(S)+P(G)+P(D)+P(I) = 1$, varför endast tre av de fyra sannolikheterna behövt skattas.

Betrakta en av dessa sannolikheter, $P(G)$, sannolikhet att gallring utförs för given 5-årsperiod och given provyta. Värdet på $P(G)$ ska då tolkas som sannolikheten att gallring skett på en taxeringsyta med 20 meters radie under de fem studerade åren. Denna sannolikhet antas ha samband med egenskaper som finns registrerade på provytan (10-metersytan), t.ex. ålder, virkesförråd per ha, ståndortsindex, avstånd till närmaste massafabrik, åtgärder utförda fem år tidigare etc. Med andra ord antas sannolikheten $P(G)$ bero på egenskaper som finns registrerade i form av data kopplade till provytan. Prioritetstalen blir därför sannolikheterna $P(S)$, $P(G)$ och $P(D)$, uttryckta som funktioner av de oberoende variablerna ålder, förråd etc. Röjning har studerats separat, medan övriga åtgärder studerats simultant.

För att skatta sannolikheterna (= prioritetstalen) går det inte att klassindela materialet efter värdena på de oberoende variablerna och på ett naturligt sätt skatta sannolikheterna per klass som antalet åtgärdade dividerat med antalet i klassen; därtill blir antalet observationer per klass alltför lågt. Någon metodik som utnyttjar hela datamaterialet simultant är

nödvändig. Därför har s.k. logistisk regression använts. Den metoden medför dessutom att de skattade prioritetstalen förändras kontinuerligt vid förändring av värdena på de oberoende variablerna.

Detta innebär att vi för varje provyta får fyra skattade prioritetstal eller sannolikheter $P(S)$, $P(G)$, $P(D)$ och $P(I)$. Förutsättningen är bara att värdena på de oberoende variabler som ingår i funktionerna finns registrerade för provytan. Rövning har studerats separat, medan övriga åtgärder studerats simultant.

Logistisk regression innebär att en sannolikhet beskrivs som

$$P(x) = \exp(f(x)) / H(x),$$

där

x är en vektor av oberoende variabler

f vanligen en linjär funktion

$H(x)$ en funktion som tillser att summan av de inblandade sannolikheterna blir lika med 1 (Hosmer & Lemeshow, 1989).

I det aktuella fallet krävs tre funktioner f_S , f_G och f_D för förnygringsavverkning, gallring respektive diversehuggning, med normeringen

$$H(x) = 1 + f_S(x) + f_G(x) + f_D(x)$$

Skattning av parametrarna sker enligt Maximum likelihood - metoden.

För de tre åtgärderna (S, G, D) är de förklarande oberoende variablerna x mycket olika. Detta gör att den totala mängden variabler blir mycket stor och den gängse metoden att skatta regressionsfunktionerna ovan numeriskt instabil. Därför har funktionerna skattats i två steg. I det första steget har tre separata funktioner (av typen f)

$v_S(z_S)$, $v_G(z_G)$ och $v_D(z_D)$ skattats, vardera med sina oberoende variabler, här betecknade med z . Det innebär t.ex. att sannolikheten $P(S)$ för förnygringsavverkning skattas med

$$P(S) = \exp(v_S(z_S)) / (1 + \exp(v_S(z_S)))$$

utan hänsyn till de övriga åtgärderna. I det andra steget har sedan de tre funktionerna

f_S , f_G och f_D skattats simultant, med de preliminära funktionerna

$v_S(z_S)$, $v_G(z_G)$ och $v_D(z_D)$ som tre oberoende variabler. Metoden påminner en smula om "regression på principalkomponenter", men de nybildade variablerna v_S , v_G och v_D är skapade på logiskt sätt. Det kan också antas att det andra steget leder till robusta skattningar.

4. RESULTAT

Funktioner har tagits fram uppdelat på norra (Dalarnas län och norrut) och södra Sverige. Resultaten ges nedan i form av en lista på samtliga förekommande variabler, de separata funktionerna och de slutliga simultana funktionerna. Avslutningsvis redovisas de separata funktionerna för röjning.

Variabellista, alla förekommande variabler

akust	= avstånd till kust i km
alov	= andel lövträd av grundytan (0-1)
bald	= total ålder
bald ²	= bald*bald
divhug	= indikator tidigare diversehuggits (1 om diverseavverkats, 0 annars)
divhug3	= indikator diversehuggits för minst 11 år sedan (1 om ja, 0 annars)
dsag	= avstånd till närmaste sågverk (fågelväg, km)
dmass	= avstånd till närmaste massafabrik (fågelväg, km)
finlage	= indikator Läge i landskapet (1 om något läge angivits, 0 annars)
galroj12	= indikator gallrat eller röjt senaste 10 åren (1 om ja, 0 annars)
gper1	= gallring utförd senaste 5 åren före inventering (1 om ja, 0 annars)
gper12	= gallring utförd senaste 10 åren före inventering (1 om ja, 0 annars)
gper23	= gallring utförd, men tidigare än senaste 5 åren (1 om ja, 0 annars)
gr5	= grundyta för träd över 5 cm diameter, m ² /ha
sim	= medel av ståndortsindex för tall och gran, meter
sibald	= sim*bald
mhjd	= medelhöjd, meter
mhjd ²	= mhjd*mhjd
simhjd	= sim*mhjd
gr5sim	= gr5*sim
grygald	= gr5/(bald+1)
grygald ²	=grygald*grygald
hoh	= höjd över havet, m
ifukt	= indikator, fuktigt (1 om fuktig eller blöt mark, annars 0)
itorr	= indikator, torrt (1 om torr mark, annars 0)
ingenatg	= indikator för avverkning (1 om ingen avverkning registrerats, 0 annars)
ior	= indikator örtyyp (1 om höga eller låga örter registrerats, 0 annars)
nkoord	= nordkoordinat (100 m)
priv	= indikator, ”privat” (1 om privat ägare, annars 0)
rojt12	= röjt inom senaste 10 åren (1 om ja, annars 0)
rojtper3	= röjning utförd, men för minst 11 år sedan (1 om ja, annars 0)
rald	= 1/(1/(bald+1))
st0	= stamantal per ha för träd över 0 cm
st5	= stamantal per ha för träd över 5 cm
stkvot	= st5/st0
v5	= virkesförråd per ha för träd över 5 cm
v5 ²	= v5*v5
voggry	= v5/(gr5+0.1)

För definitioner av ingående variabler hänvisas till Riksskogstaxeringens fältinstruktion (Anon, 1993)

Separata funktioner

Södra Sverige

$$\begin{aligned}V_{slu} = v_s = & -42.52 + 0.4541*bald + 0.6572*mhjd + 1.0744*sim - \\ & -0.0013419*bald^2 - 0.008022*sibald - 0.021553*simhjd - \\ & -0.7933*ingenatg - 1.0386*alov - 0.02312*dsag - 0.8037*gper1 - \\ & -0.3749*gper23 + 0.4393*priv\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{gall} = v_G = & -7.1751 + 0.7291*alov + 0.5227*mhjd - 0.015323*mhjd^2 - \\ & -0.0009059*sibald + 0.004367*simhjd - 0.3194*priv + \\ & + 1.8369*grygald - 0.13546*grygald^2 - 0.006273*dmass - \\ & -0.4089*gper12 + 0.8656*rojtper3\end{aligned}$$

om bald högst 20:

$$\begin{aligned}V_{div} = v_D = & -1.3811 - 1.8925*alov - 0.4673*bald - 0.02006*simhjd + \\ & + 0.01930*sibald + 0.022170*v5 - 0.8520*rojt12\end{aligned}$$

om bald > 20 år

$$\begin{aligned}V_{div} = v_D = & 13.707 + 0.09705*mhjd - 2.706*nkoord/10000 + 0.6644*iorrt + \\ & + 0.6174*finlage - 0.9478*alov - 0.003238*v5 + 0.3632*priv + \\ & + 0.3334*divhug\end{aligned}$$

Norra Sverige

$$\begin{aligned}V_{slu} = v_s = & -10.868 + 0.09236*bald + 0.009522*v5 + 0.16059*sim - \\ & -0.0003304*bald^2 - 0.003894*gr5sim - 0.8686*iorrt + 0.015593*dsag - \\ & -0.013387*dmass - 0.6562*divhug + 0.002363*hoh\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{gall} = v_G = & -2.833 - 0.002534*hoh + 0.0003753*st5 + 0.19614*sim - \\ & -0.0020476*sibald - 128.55*rald - 0.6430*ifukt + \\ & + 0.9822*stkvot + 1.0072*itorr + 0.013262*v5 - \\ & -2.295*v5^2/100000 - 0.4424*ingenatg - 1.0900*galroj12\end{aligned}$$

om bald högst 20:

$$V_{div} = v_D = -10.817 + 0.6317*bald + 1.2128*vogry - 0.03660*bald^2$$

om bald > 20 år

$$\begin{aligned}V_{div} = v_D = & -3.5994 - 0.005432*hoh - 0.004862*v5 + 0.004793*simhjd + \\ & + 0.5466*ifukt + 0.006737*akust + 0.6135*finlage + 0.9286*gper12 + \\ & + 1.6892*divhug3\end{aligned}$$

För diversehuggning föreligger två funktionsuttryck. Detta beror på att diversehuggning i yngre skogar (avverkning av fröträd) har andra orsaker än de i äldre.

Slutliga simultana funktioner

Bilda de tre funktionerna Vslu, Vgal och Vdiv enligt uttrycken ovan. De tjänar som oberoende variabler i de slutliga funktionerna, med koefficienter enligt nedanstående tabeller.

Södra Sverige

Funktion	Pgal (= f_G)	Pslu (= f_S)	Pdiv (= f_D)
Konstant	0,2661	1,1624	0,4035
Vslu	0,01159	1,0039	0,01254
Vgal	0,9815	0,1590	0,01752
Vdiv	0,0171	0,2288	1,0360

Norra Sverige

Funktion	Pgal (= f_G)	Pslu (= f_S)	Pdiv (= f_D)
Konstant	0,7722	0,5691	0,7241
Vslu	0,1154	0,9914	0,1045
Vgal	1,0199	0,0865	0,17516
Vdiv	0,0580	0,0472	0,9083

För att beskriva beräkningsgången ges ett exempel för föryngringsavverkning i Norra Sverige:

1. För given yta beräkna Vslu, Vgal och Vdiv enligt de separata funktionerna.
2. Beräkna Pgal, Pslu och Pdiv enligt de simultana, d.v.s
$$Pslu = 0.5691 + 0.9914 \cdot Vslu + 0.0865 \cdot Vgal + 0.0472 \cdot Vdiv$$
och analogt för Pgal och Pdiv
3. Beräkna $P(S) = \exp(Pslu) / (1 + \exp(Pslu) + \exp(Pgal) + \exp(Pdiv))$

Funktioner för röjning

Södra Sverige

$$\text{Proj} = -1.7112 + 0.2062 \cdot \text{bald} - 0.009429 \cdot \text{bald2} + 1.0372 \cdot \text{alov} - 1.8196 \cdot \text{stkvot} + 0.2227 \cdot \text{mhjd} - 17.449 \cdot \text{dg} - 0.8056 \cdot \text{rojtper1}$$

Norra Sverige

$$\text{Proj} = -0.8197 - 0.004678 \cdot \text{hoh} + 0.00008913 \cdot \text{st0} + 0.014797 \cdot \text{akust} - 0.013463 \cdot \text{dmass} - 0.8079 \cdot \text{rojtper1} + 0.1380 \cdot \text{bald} - 0.005569 \cdot \text{bald2} + 0.8899 \cdot \text{alov} - 0.01907 \cdot \text{v5} - 0.4586 \cdot \text{ifukt} - 1.1678 \cdot \text{priv}$$

Funktionerna för röjning beräknas direkt som beräkningssteg 3 ovan, dvs $P(R) = \exp(\text{Proj}) / (1 + \exp(\text{Proj}))$

5. TILLÄMPNING

Varje provyta som nått etablerad skog (> 7m höjd) får vid tillämpningen i SKA 99 en sannolikhet $P(S)$ att bli föryngringsavverkad, en sannolikhet $P(G)$ att bli gallrad och en sannolikhet $P(D)$ att bli diverseavverkad, given av funktionerna. För att sedan besluta om en provyta ska åtgärdas används (rektangelfördelade) slumpstal. Lottning sker med samtliga provytor, eller tills den begärda åtgärds mängden under perioden nåtts. Beslutsgången vid tillämpningen är att först sker beslut om objekt för föryngringsavverkning, sedan om gallring och till sist om diversehuggning. Røjning hanteras separat, där ytor som är under 7 m får en sannolikhet $P(R)$ att bli røjd, och där beslut om røjning tas på samma sätt som för övriga åtgärder med användande av slumpstal.

Om den totala mängden för t.ex. föryngringsavverkning (volym per femårsperiod) är densamma som under den period som funktionerna baseras på, ska sannolikheten vara exakt $P(S)$, i annat fall bör prioritetstalen $P(S)$ modifieras med en faktor (multiplikativt) som motsvarar mängden föryngringsavverkning. Vid tillämpningen i SKA 99 sker dock ingen modifiering, istället görs en ny lottdragning bland icke åtgärdade ytor tills önskad åtgärds mängd uppnås.

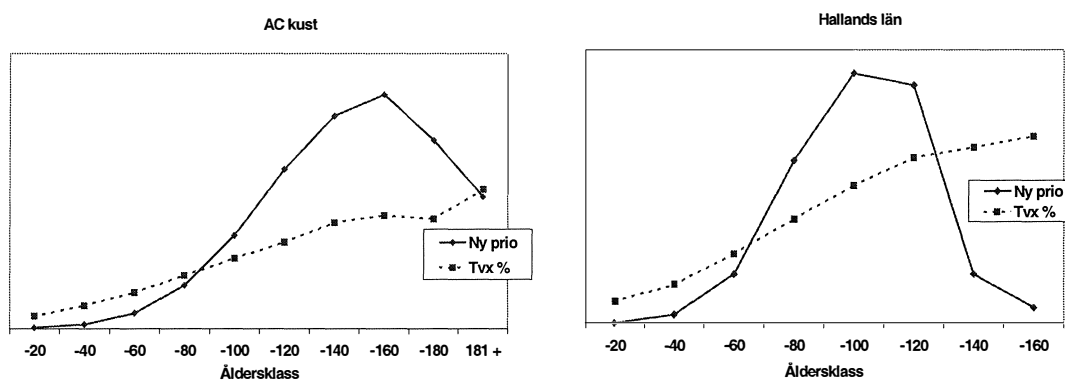
Därefter förfars på samma sätt för övriga åtgärder, men där provytor som redan åtgärdats under perioden inte ingår. Varje provyta kan alltså bara åtgärdas med en åtgärd per femårsperiod.

Vid tillämpning är det även möjligt att funktionerna används enligt regeln: Större sannolikhet för viss åtgärd går före en med lägre sannolikhet. Med andra ord använda funktionerna som traditionella prioritetsfunktioner.

6. DISKUSSION

För att ge en uppfattning av skillnaden mellan de olika metoderna har en jämförelse gjorts för två områden i landet. Det är ett nordligt område (Västerbottens kustland) och ett sydligt (Hallands län) som använts. Jämförelsen består i att för samtliga provytor som ingår i de två områdena har dels de nya sannolikheterna för föryngringsavverkning beräknats, dels har volymtillväxtprocenten för samma ytor beräknats. Därefter har ytorna klassats efter beståndsålder, och medelvärden per åldersklass (20-årig) beräknats.

Eftersom skalorna i de båda metoderna inte är jämförbara, och det inte är det faktiska utfallet för vilka ytor som valts som visas, ger figurerna nedan endast en principiell bild av hur de olika metoderna slår.



Figur 1. Medelvärde av sannolikheter för föryngringsavverkning respektive volymtillväxtprocent i olika åldersklasser.

Av figurerna framgår att den nya åtgärdsprioriteringen ger låga sannolikheter i riktigt gammal skog, framförallt i det sydliga området. En följd av detta är att vid tillämpning av den nya modellen kommer provytor med hög ålder att ha stor chans att sparas, vilket kommer att leda till en ökad andel äldre skog.

De framtagna funktionerna avspeglar de avverkningsvanor som var gällande under undersökningsperioden. Vid stora förändringar av dessa vanor, eller i avverkningsmängder, borde funktionerna modifieras. I flertalet scenarier i SKA 99 har högsta möjliga avverkningsnivåer sökts. Det innebär att man vid tillämpningen har gjort en ny lottning, bland de ytor som i första omgången inte blivit åtgärdade, för att nå upp till önskad avverkningsnivå. Det är dock inte självklart att samma beteendemönster ligger kvar om avverkningsnivåerna totalt sett ökar. Om avverkningsmängden ökar kanske man t.ex. föryngringsavverkar yngre objekt än tidigare. Det är då inte lämpligt att använda samma faktor för alla objekt. Bättre är att använda en med åldern varierande vikt $w(\text{ålder})$. Vikterna måste då väljas så att summan av alla $w(\text{ålder}) \cdot P(S)$ stämmer med önskad mängd föryngringsavverkning. Det här problemet uppträder oavsett hur prioritetstal konstrueras eftersom förändrad uttagspolicy sannolikt innebär förändrade prioriteter.

Vissa geografiska variabler finns med i funktionerna. I ett extremt fall skulle man kunna hävda att det är naturligt att *inte* avverka så mycket i kommande perioder inom ett visst

område om de tidigare avverkningarna där varit stora, vilket skulle innebära att tillämpningen av funktionerna leder fel. Det är dock i praktiken omöjligt att avgöra exakt vilken roll de geografiska variablerna spelar eftersom de samvarierar med andra variabler.

Antalet variabler i de separata funktionerna är förhållandevis stort med tanke på det trots allt begränsade materialet. Många av variablerna har dock mycket liten effekt på funktionsvärdena och i och med det andra skattningssteget, med få variabler, torde risken för stora lokala fel på grund av överanpassning vara liten.

7. REFERENSER

Anon, 1993. Instruktion för fältarbetet vid Risskogstaxeringen. SLU, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Stencil.

Anon, 1984. Gallringsmallar. Norra Sverige resp. Södra Sverige. Skogsstyrelsen. Stencil.

Eriksson, B. 1981. Åtgärdsval vid långsiktiga regionala avverkningsberäkningar. Slutredogörelse för anslag nr S620/P294, SJFR. SLU, institutionen för skogstaxering.

Hosmer D.W & Lemeshow S., 1989. Applied Logistic Regression. John Wiley and Sons, New York. 307 sidor. ISBN 0-471-61553-6.

SOU 1978:7. Skog för framtid. Betänkande av 1973 års skogsutredning. Statens offentliga utredningar, Jordbruksdepartementet. ISBN 91-38-03836-6.

SOU 1992:76. Skogspolitiken inför 2000-talet. Betänkande av 1990 års skogspolitiska kommitté. ISBN 91-38-13133-1.

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.

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.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution.
ISRN SLU-SRG-AR--64--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 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaötiska SPOT-bilder.
ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri.
ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.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 skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--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 datakvaliténs 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. Sortimentsinriktad 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--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management 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 föryngringsytor 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.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. 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 canaopy. 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.

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.