

Slutrapport:

## FLIS av FLIS

– skogsägarens verktyg för beräkning av skogsbränsleuttagets lönsamhet



## **SAMMANFATTNING**

Uttag av större mängder gröndelar och finkvistar (grot, okvistade träddelar) leder till tillväxtförluster. Detta gäller vid uttag i såväl röjning, gallring som efter slutavverkning. Förluster i storleksordningen 5-15% under en 10-20 års period är rimliga att anta för de flesta bestånd i Sverige. Uttag av grot efter slutavverkning har även positiva effekter som underlättar etableringen av ny skog, framförallt i form av en bättre och billigare markberedning och även en något billigare plantering. Dessa positiva effekter måste också vävas in i den ekonomiska kalkylen. Vid uttag av klena träd i samband med röjning och röjningsgallring i konfliktbestånd uppkommer även en del andra effekter, t.ex. tidigt utläggande av stickvägar, som indirekt påverkar beståndets utveckling och totalproduktion.

För att ge stöd till skogsägare som står inför valet att leverera skogsbränsle har ett ekonomiskt kalkylverktyg utvecklats. Ekonomiska konsekvenser av tillväxtnedsättningar kontra förenklad beståndsanläggning orsakade av skogsbränsleuttag hanteras på beståndsnivå. Analyserna visar vilka intäkter som krävs av skogsbränsleuttaget för att balansera framtida tillväxtförluster och vad eventuella kompensationsåtgärder får kosta. Verktøget ger också skattningar av uttagets storlek i form av MWh, m<sup>3</sup>s och ton TS per hektar.

Eftersom frågorna är komplexa och förutsättningarna mycket varierande måste ett verktyg av detta slag bygga på att förutsättningar och antaganden kan varieras av användaren. För att göra verktyget överskådligt och lättanvänt guidas användaren med hjälp av informativa texter och länkade bakgrundsdocument.

Beräkningsverktyget kommer att kunna laddas ner gratis på Skogforsks hemsida och på Kunskap Direkt. Det senare är ett internetbaserat rådgivningsverktyg om skogsbruk som produceras av Skogforsk i nära samarbete med Skogsstyrelsen och LRF Skogsägarna.

## **SUMMARY**

### **Cash from slash - an interactive tool for calculating the profitability of forest fuels.**

The demand for forest fuels is increasing in Sweden. Among groups of forest owners there has been some scepticism to harvest logging residues, mainly due to the risk of reduced tree growth. It is generally assumed that better knowledge of the profitability of the forest fuel concept will increase the interest of this practice. Hence, a decision-support program for analyzing the economics from the forest owner's point of view of harvesting forest fuels was developed.

This dynamic tool is based on a large number of varying assumptions and prerequisites which the individual user is guided through. In- and outgoing figures are presented in the same sheet, enabling quick analyses of different scenarios. The economical effects of harvesting forest fuels will be illustrated in the form of present net values at differing calculative rates of interest. Calculated results are presented as the "point of break-even", i.e. the lowest financial compensation the forest owners must be offered in order to achieve a nil return.

The software deals with a large number of silvicultural and economical aspects. Effects on tree growth, soil compaction, scarification and planting costs, as well as the need for compensatory measures are discussed in accompanying informative texts.

## BAKGRUND

För att ställa om den svenska energiförbrukningen från oljebaserad energi till biobränsle och för att uppnå en tillräcklig minskning av de svenska koldioxidutsläppen måste tillgången på förnybar energi ökas avsevärt. En fördubbling av biobränsleanvändningen anses möjlig, och på kort sikt framstår avverkningsrester och andra trädbränslen som det främsta alternativet. Idag utnyttjas en stor del av potentialen för uttag i slutavverkningar i Götaland, medan det finns ett stort ytterligare utrymme i Svealand och Norrland. Därutöver finns det en potential i röjningar och gallringar. Stor efterfrågan på energived kan också komma att leda till att mer av stamveden går direkt till energisektorn.

Att skörda hela trädet ovan stubben inklusive barr har minst samma försurningspotential som dagens sura nedfall. Bedömningen är därför att skogsmarkens återhämtning efter tidigare svaveldeposition kommer att bromsas vid ökat skogsbränsleuttag. Detta kan på sikt leda till brist på andra näringsämnen än kväve men är i första hand ett vattenkvalitetsproblem då avrinningsvattnets kvalitet speglas av försurningssituationen i marken. Skogsproduktionen påverkas istället på kort sikt av det ökade kväveuttaget vid GROT-uttag liksom av förändringar i kvävetillgängligheten vid askåterföring.

Bland en del skogsägare finns en viss skepsis till att ta ut avverkningsrester (GROT), framförallt p.g.a. risken för tillväxtförluster. Denna skepsis finns även hos en del större skogsägande företag, och då i synnerhet hos de som ej har någon egen skogsindustri. Av denna anledning är det mycket som talar för att det bästa sättet att få ut mer GROT, att öka utbudet av olika skogsbränslesotiment, torde vara att tydliggöra konceptets alla tänkbara följdverkningar, samt att utifrån dessa utföra mer fullständiga ekonomiska kalkyler.

Det finns idag en stor internationell enighet kring att GROT-uttag leder till tillväxtförluster, och att detta gäller vid uttag i såväl röjning, gallring som slutavverkning. I Sverige brukar man ofta prata om förluster i storleksordningen 5-15% under en 10-20 års period. Utanför Norden pratar man ofta om mer dramatiska effekter. Detta är ju inte försumbara siffror, ändå förs det ingen diskussion om vad detta kan komma att kosta skogsägaren på sikt. Borttagandet av GROTen efter slutavverkning leder även till en del positiva effekter som underlättar plantetableringen; framförallt i form av en bättre och billigare markberedning och eventuellt även en något billigare plantering. Dylika effekter måste också vävas in i den ekonomiska kalkylen. Vid uttag av klena träd i samband med röjning och röjningsgallring i konfliktbestånd uppkommer (förutom tillväxtförlusterna ovan) även en del andra indirekta effekter som påverkar beståndets totalproduktion. Dels medför det ett tidigareläggande av stickvägseffekterna, men framförallt medför det att kommande viktiga förstagallring blir betydligt dyrare p.g.a. mindre uttag och högre avverkningskostnader, vilket i sin tur beror på att en stor del av uttaget i dagens 1:a gallringar tas i stickvägen, och detta uttag är billigare jämfört med uttaget mellan stickvägarna.

Potentiella tillväxtförluster efter skogsbränsleuttag bör även lyftas fram av andra skäl. Idag diskuteras hur man ska kunna öka tillväxten på diverse olika sätt. I "öka tillväxten-projekt" nämns ofta åtgärder som dikesrensning, gödsling, särplockning av kott m.m. I det sammanhanget kan det tyckas märkligt att det är helt tyst om åtgärder som sänker tillväxten. Samtidigt är det också viktigt att komma ihåg att det mesta är möjligt att kompensera för; minskad tillväxt går att kompensera med kvävegödsling och skogsägaren kan bli ekonomiskt kompenserad genom att få tillräckligt betalt för sitt skogsbränsle.

## **SYFTE**

Målet med detta projekt har varit att utforma ett, från skogsägarens perspektiv, dynamiskt ekonomiskt kalkylverktyg gällande skogsbränsleuttag. Ekonomiska konsekvenser av tillväxtnedsättningar och förenklad beståndsanläggning orsakade av skogsbränsleuttag hanteras på beståndsnivå. Analyserna belyser vilka intäkter som krävs av skogsbränsleuttaget och vad olika eventuella kompensationsåtgärder får kosta. Bättre kunskaper om skogsbränslekonceptets lönsamhet antas komma att öka intresset för denna hantering från skogsägarhåll.

Projektet berör ett antal komplexa frågeställningar, och ett verktyg av detta slag måste därför av nödvändighet bygga på en mängd olika antaganden och förutsättningar som den enskilde användaren skall guidas igenom, men även ha full kontroll över. För att göra verktyget lättbegripligt och användarvänligt guidas användaren med hjälp av informativa texter och länkade bakgrundsdokument. Därigenom skall slutprodukten även kunna nyttjas som ett pedagogiskt hjälpmedel och användas i utbildningssammanhang.

## **GENOMFÖRANDE**

Med utgångspunkt från av användaren inmatade beståndsdata, och ett stort antal typbestånd spridda över hela landet, samt med hjälp av en nyligen framtagen beståndssimulator, beräknas framtida kostnader, intäkter och tidpunkter för olika skogliga åtgärder (markberedning, plantering, röjning, gallring, slutavverkning) under en omloppstid (se BILAGA). Därefter beräknas hur tillväxtförluster orsakade av skogsbränsleuttag kan förskjuta de framtida åtgärderna i tiden. Vid beräkningarna av uttag i slutavverkning reduceras exv. kostnaderna för denna effekt genom billigare beståndsanläggning när hindrande avverkningsrester tas bort. Vid bränsleuttag i konfliktbestånd uppskattas även tillväxtförlust pga stickväg, % (fram till tidpunkt för ordinarie 1:a gallring.) samt uppskattade kostnader i form av fördyrad 1:a gallring (endast selektivt uttag mellan stickvägar). Vidare skall effekter av ökade skador på kvarstående träd p.g.a. bränsleuttag, både i form av tillväxtnedsättningar och kvalitetsförluster, inkluderas. På detta sätt kan en mängd olika scenarier erhållas, både med och utan skogsbränsleuttag.

Genom att jämföra olika scenarier med hjälp av nuvärdesberäkningar kan de ekonomiska konsekvenserna av skogsbränsleuttag i olika skeden av ett bestånds utveckling belysas. Med hjälp av beståndssimulatorens definieras en skötselmodell för ett bestånds hela omloppstid. Med hjälp av kostnadsfunktioner samt aktuella prislistor erhålls virkesutfall samt in- och utbetalningar för respektive åtgärd. Skillnaden mellan bränsleuttag respektive inget bränsleuttag belyses i form av nuvärdet av de netto-merkostnader som uttaget medför. Betalningarna diskonteras till den tidpunkt då beslut fattas om huruvida skogsbränsle skall tas ut eller ej.

Då en åtgärd leder till en förlängd omloppstid, p.g.a. nedsatt tillväxt, så får detta effekter även på nästkommande trädgeneration, även om åtgärden ej upprepas. För att i kalkylerna i någon mån ta hänsyn till detta så utnyttjas fixa markvärden, vilka vid respektive slutavverkningstidpunkt, diskonteras tillbaks till tidpunkten för aktuellt bränsleuttag.

Kostnaden för tillväxtförlusterna beräknas som den nettointäkt som krävs av skogsbränsleuttaget för att alternativen med, respektive utan uttag, skall ge samma resultat. Kostnaden anges dels i kr/ha, dels i kr/m<sup>3</sup>s och kr/MWh. Med denna metod blir kalkylmodellen i princip oberoende av teknik och metoder för skogsbränsleuttaget.

Det teoretiska biomassauttaget beräknas utifrån befintliga biomassafunktioner (Marklund 1988<sup>1</sup>, Repola, 2008<sup>2</sup>; Repola, 2009<sup>3</sup>). Marklunds (1988) funktioner används i slutavverkningsskog i södra och mellersta Sverige. I övrigt används Repolas (2008, 2009) funktioner, även i ung skog. Andra biomassafunktioner som testats inom projektet har ej bedömts kunna öka precisionen i biomassaskattningarna.

## PRESENTATION

Beräkningsverktyget kommer, efter praktisk testning, att finnas allmänt tillgänglig för gratis nedladdning på Skogforsks hemsida. Det kommer även att läggas upp på Kunskap Direkt, vilket är ett internetbaserat rådgivningsverktyg om skogsskötsel, och som produceras av Skogforsk i nära samarbete med Skogsstyrelsen och LRF Skogsägarna.

Kunskap Direkt innehåller f.n. cirka 1000 webbsidor med fakta om föryngring, röjning, gallring och föryngringsavverkning i barr- och lövskog. Där finns också övningar, kunskapstester och beräkningsverktyg där skogsägaren kan fylla i uppgifter om sin skog och få individuellt anpassade råd.

Information och beskrivning av programmet kommer också att förmedlas i form av ett populärvetenskapligt Skogforsk-Resultat.

En mer utförlig beskrivning av beräkningsgången vid de olika alternativa bränsleuttagen finns beskriven i Bilaga 1.

## TEKNISK PLATTFORM

Programmet är utvecklat i .NET-miljö i programspråket C#. Integration mot beståndssimulatorens sker över ett fil-baserat gränssnitt; programmet skapar en fil med kommandon till beståndssimulatorens som i sin tur levererar beräkningsresultaten i en annan fil som programmet sedan läser in.

## Erkännanden

Projektet har finansierats av Energimyndigheten (50 %), ESS-programmet på Skogforsk (25 %) samt Formas (25 %). Vi vill tacka Kenneth Nyström (SLU-Umeå) för ett fruktbart samarbete vid utvecklingen och anpassningen av beståndssimulatorens, samt Anna Franck och Maria Söderlind (Skogforsk) för tips och idéer kring programmets lay-out. Vi vill även tacka vår referensgrupp för synpunkter under arbetets gång.

Vi som jobbat med detta projekt är:  
Staffan Jacobson och William Larsson, Skogforsk.

---

<sup>1</sup> Marklund, L-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU, Inst. för skogstaxering Rapport 45. Umeå. 73 sid.

<sup>2</sup> Repola, J. 2008. Biomass Equations for Birch in Finland. *Silva Fennica* 42 (4): 605-624.

<sup>3</sup> Repola, J. 2009. Biomass Equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43 (4): 625-647

## BILAGA 1

*Här följer en beskrivning av programmets olika delar och moment, vilka indata som erfordras, vilka funktioner som används samt vilka utdata som genereras.*

### **GENERELL SKÖTSELMODELL VID FRAMSKRIVNING AV TYPBESTÅND**

Beräkning av tillgängliga mängder skogsbränsle, alternativt massaved och/eller timmer, i aktuellt bestånd beräknas med utgångspunkt från av användaren inmatade beståndsdata. Efter denna åtgärd förs beståndet över till lämpligt typbestånd (beroende av ståndortsindex), vilken härnånter antas följa en generell skötselmodell.

- Markberedning antas genomföras samma år som slutavverkning.
- Planteringstidpunkten antas ske med 2-åriga insekticidbehandlade plantor samma år som slutavverkning.
- Røjningstidpunkt: samtliga bestånd röjs en gång per omloppstid när barrstammarna nått en höjd av 2,5 m.
- Gallring utförs 1-3 ggr per omloppstid, beroende på markens bördighet (SI). Vid 1:a gallring uttas 35 % av grundytan, och vid senare gallringar 25 %. Vid beräkning av uttag av aktuellt bestånd, exv. vid ”energigallring” i 1:a gallringen, finns dock möjligheten att styra gallringsstyrkan (upp till max. 50% av grundytan).
- Samtliga gallringar antas utföras underifrån (lågallring).
- Stickvägsbredden antas vara 4 m och med ett avstånd av 22 m mellan vägarna (mätt från stickvägsnitt).
- Slutavverkning utförs när bestånden uppnått LSÅ (lägsta slutavverkningsålder enl. SVL) + 15 år.

### **Steg 1. Val av beståndstyp.**

Uttag av skogsbränsle i:

- slutavverkning
  - a) grot
  - b) långa toppar
- gallring
- konfliktbestånd (røjning-gallring)
- røjning

# Slutavverkning - GROT

## STEG 2

### Inmatning av aktuella beståndsdata

Både för beräkning av tillgänglig mängd grot, via Marklund eller andra funktioner, samt för framtagande och framskrivning av lämpligt typbestånd i nästa generation.

#### Enkel analys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Bördighetsklass; Låg, Medel, Hög.
- Dominerande trädslag (tall, gran).

#### Beståndsanalys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Ståndortsindex, m  
Anges i 2 meters intervaller för tall resp. granbonitet (rullgardin); T16-T30, G16-G40.
- Ålder, total (år)
- Stamantal, n/ha, uppdelat per trädslag, ”startvärde” 700 st/ha
- Grundyta, uppdelat per trädslag. ”Startvärde” 35 m<sup>2</sup>/ha.  
För beräkning av diameter (dg) m.h.a. stamantal. diameterfördelning via lämplig funktion (Weibull). Diameter (dbh) på det enskilda trädet via fördelningsfunktioner (Weibull). Tilldelning av höjder på de enskilda träden via höjdfunktioner. Höjder och diametrar på de enskilda träden är ingångsvariabler i biomassafunktionerna (Marklund, 1988<sup>1</sup>; Repola 2008<sup>2</sup>, 2009<sup>3</sup>). Även för beräkning av volymer (m<sup>3</sup>fub).

## STEG 3

### Grundinställningar

Följande generella beräkningsförutsättningar anges under denna flik, ej beståndsspecifika.

- Skogsvårdskostnader; markberedning, plantor, plantering, röjning.
- Avverkningskostnader; underlag till produktionsnormer (Brunberg, T., opublicerade, se Bilaga 2)
- Prislista för massaved.
- Toppdiameter för timmer och massaved. Behövs för apteringen (utbytesberäkningar) samt för att beräkna andelen av stammen (=toppen) som skall adderas till GROTen.
- Apteringsalternativ för massaved; 3 meter, fallande.
- Min. diameter (brh) för att ett träd skall avverkas maskinellt och därmed vara ett gagnvirkesträd. Denna diameter kan ställas in för (i) konventionell gallring med massavedsuttag och (ii) bränsleuttag vid gallring och röjning-gallring.
- Rotnetton; intäktsberäkning av framtida avverkningar, i såväl bränsleskördade som icke bränsleskördade bestånd. Uppdelat på 1:a gallring, senare gallring och slutavverkning.
- Stickvägsbredd (m) och stickvägsavstånd (m, mätt från stickvägsnitt).

- Omräkningstal mellan olika bränslesorter (ton TS, MWh, m<sup>3</sup>s), olika omräkningstal för GROT och träddelar.

## **STEG 4**

### **Inställning beståndsspecifika förutsättningar = rattar.**

"Vinst och förlust"

- Kalkylränta, 0-5 %. Default: 2 %.
- Tillvaratagandegrad av GROT (%), default: 75%.  
Uppdelat på (1) gren+topp resp. (2) barr.
- Näringsuttag - Bedömd tillväxtförlust. (0-30%) och dess varaktighet (0-100 år).  
Default: 10% under 15 år.  
Värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratten.  
*Teori: % x år, %-ella effekten gör att det släpar efter hela omloppstiden.*  
*Ex. 10% tillväxtförlust under 15 år -> 1,5 års tillväxttapp och därmed tillväxtförlängning. Denna försening ligger kvar hela omloppstiden; d.v.s. alla gallringar liksom slutavverkning utförs 1,5 år senare, vilket påverkar nuvärdet.*
- Billigare markberedning: 0-30%, default: 15% (Saksa et al. 2002<sup>4</sup>).
- Billigare plantering: 0-30%, default: 5% (gäller arbetskostnader, Saksa et al., 2002<sup>4</sup>).

#### Körskador:

- Körskador 1 – Sammanvägd bedömd effekt av kompaktering och stam/rotskador.  
Bedömd tillväxtförlust; 0-30% och dess varaktighet; 0-40 år. Default: 0% under 15 år.
- Körskador 2 – djupa fåror; kostnader för återställande i terrängen.; 0-1000 kr/ha.  
Default är 0 kr/ha.
- Kostnad askåterföring, kr/ha. Totala kostnader (askbehandling, planering, transport och spridning). Min-max 0-3000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.

Samtliga värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratt.

## **Beräkna!**

Vid slutavverkning simuleras skogsbränsleuttagets effekter i nästkommande skogsgeneration, med hjälp av ett stort antal typbestånd. Typbestånden är konstruerade med hjälp av en noggrant testad beståndssimulator, uppdelat på SI (2 m intervall), och trädslag (tall och gran) och väljs utifrån redan inmatade beståndsdata.

- Beräkna mängd skördad GROT i aktuellt slutavverkningsbestånd (ton Ts, MWh, m<sup>3</sup>s).
- Beräkna nuvärdet av nästkommande generation, med resp. utan GROT-uttag i aktuellt slutavverkningsbestånd. Utfallet är beroende av inkomster och utgifter från typbestånd, samt icke-fixa parametrar under Grundinställningar (ovan) och effekter av

<sup>4</sup> Saksa, T., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. Effects of slash removal on forest regeneration. Julkaisussa: Alakangas, E. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. Puuenergian teknologiaohjelman vuosiseminaari, Joensuu, 18.-19.9.2002. VTT Symposium 221: 243-261. (In Finnish with English abstract).



beståndsspecifika inställningar, ”rattarna” (ovan).

I typbestånden framgår tidpunkt för alla åtgärder samt vilka uttag ( $\text{m}^3\text{fub/ha}$ ) för beräkning av nuvärdet av framtida virkesintäkter och skogsvårds- och avverkningskostnader.

## Resultat

- Mängd skördad biomassa i form av grot (ton Ts/ha, MWh/ha,  $\text{m}^3\text{s/ha}$ ); även uppdelat i andel gren+topp respektive barr i figur.
- Utifrån summerade nuvärden anges ”break-even”-punkt, d.v.s. vilken minsta nettointäkt på uttagen mängd grot (i kr/MWh,  $\text{kr/m}^3\text{s}$  eller kr/ha) som krävs för att grotuttaget ska ge ett ”noll-resultat”.
- Uttaget av växtnäring i det totala skogsbränsleuttaget.

## **Slutavverkning – Långa toppar**

### **STEG 2-4** enligt Slutavverkning-GROT

- Min.diam i topp (timmer); default 14 cm; i grundinställningar
- Antagande: vid alternativet ”Långa toppar” så tar man alltid även ut GROT.
- Antagande: att även all övrig grot (som inte sitter i långa toppen) följer med i samma utsträckning som vid enbart grot-uttag.
- Antagande: all massaved går till bränsleflis.
- Antagande: samma avverkningskostnader (skördardelen) som vid konventionell avverkning (timmer + massaved). (Långa toppar har något mindre kvistning, men istället tar det längre tid att lägga topparna i särskild hög.)
- Beräkning av skotningskostnaden för andelen massaved – genererar ett nettovärde på massaveden.
- I övrigt som Slutavverkning-GROT ovan

### **STEG 4**

- Extra ratt; % vrakavdrag massaved (0- 5 %). Default: 0 %.
- Ratt ökad/minskad avverkningskostnad (skördaren); 0-30 kr m<sup>3</sup>fub. Default: 0 kr.

### **Resultat!**

Det som jämförs är att ; (1) göra massaved mot alternativet att (2) göra bränsleflis av massavedsvolymer; ger följande jämförelse:

- ”Långa Toppar” (inkl övrig GROT) jämfört med konventionell slutavverkning utan Grot-uttag.

Jämförelse mot alternativet konventionell slutavverkning med Grot-uttag göres enklast genom att jämföra ”break-even” resultaten från 2 olika körningar.

I övrigt som Slutavverkning-GROT ovan.

## **Gallring (uttag av helstam i 1:a gallring)**

**Jämförelse:** Bränslegallring, d.v.s. uttag av hela träd och där allt (stam+gren+barr) går till bränsle – vs – konventionellt uttag av massaved (d.v.s. inget uttag av klentimmer i 1:a gallring)

### **STEG 2**

#### **Inmatning av aktuella beståndsdata**

Både för beräkning av tillgänglig mängd grot, via Marklund eller andra funktioner, samt för framtagande och framskrivning av lämpligt typbestånd i resterande del av omloppstiden.

Enkel analys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Bördighetsklass; Låg, Medel, Hög.
- Dominerande trädslag (tall, gran).

Beståndsanalys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Ståndortsindex, m  
Anges i 2 meters intervaller för tall resp. granbonitet (rullgardin); T16-T30, G16-G40.
- Ålder, total (år)
- Stamantal, n/ha, uppdelat per trädslag, ”startvärde” 2000 st/ha
- Grundyta; uppdelat per trädslag. ”Startvärde” 26 m<sup>2</sup>/ha  
För beräkning av diameter (dg) m.h.a. stamantal. diameterfördelning via lämplig funktion (Weibull). Diameter (dbh) på det enskilda trädet via fördelningsfunktioner (Weibull). Tilldelning av höjder på de enskilda träden via höjdfunktioner. Höjder och diametrar på de enskilda träden är ingångsvariabler i biomassafunktionerna (Marklund, 1988<sup>1</sup>; Repola 2008<sup>2</sup>, 2009<sup>3</sup>). Även för beräkning av volymer (m<sup>3</sup>fub).
- Gallringsstyrka, % av grundyta (default 35%, max. 50%).
- Gallringsform; låggallring, likformig gallring, höggallring.

### **STEG 3**

#### **Grundinställningar**

Följande generella beräkningsförutsättningar anges under denna flik, ej beståndsspecifika.

- Skogsvårdskostnader; markberedning, plantor, plantering, röjning.
- Avverkningskostnader; underlag till produktionsnormer (Brunberg, T., opublicerade, se Bilaga 2)
- Prislista för massaved.
- Toppdiameter för timmer och massaved. Behövs för apteringen (utbytesberäkningar) samt för att beräkna andelen av stammen (=toppen) som skall adderas till GROTen.
- Apteringsalternativ för massaved; 3 meter, fallande.

- Min. diameter (brh) för att ett träd skall avverkas maskinellt och därmed vara ett gagnvirkesträd. Denna diameter kan ställas in för (i) konventionell gallring med massavedsuttag och (ii) bränsleuttag vid gallring och röjning-gallring.
- Rotnetton; intäktsberäkning av framtida avverkningar, i såväl bränsleskördade som icke bränsleskördade bestånd. Uppdelat på 1:a gallring, senare gallring och slutavverkning.
- Stickvägsbredd (m) och stickvägsavstånd (m, mätt från stickvägsnitt).
- Omräkningstal mellan olika bränslesorter (ton TS, MWh, m<sup>3</sup>s), olika omräkningstal för GROT och träddelar.

## **STEG 4**

### **Inställning beståndsspecifika förutsättningar = rattar.**

"Vinst och förlust"

- Kalkylränta, 0-5 %. Default: 2 %.
- Tillvaratagandegrad av biomassa (% av uttaget i gallring, d.v.s. andel av angiven gallringsstyrka, andel av det som är avverkat); (75% default).  
Uppdelat på (1) stam, (2) gren samt (3) barr/löv.
- Näringsuttag - Bedömd tillväxtförlust. (0-30%) och dess varaktighet (0-100 år).  
Default: 10% under 15 år.  
Värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratten.  
*Teori: % x år, %-ella effekten gör att det släpar efter hela omloppstiden.*  
*Ex. 10% tillväxtförlust under 15 år -> 1,5 års tillväxttapp och därmed tillväxtförlängning. Denna försening ligger kvar hela omloppstiden; d.v.s. alla gallringar liksom slutavverkning utförs 1,5 år senare, vilket påverkar nuvärdet.*
- Vrakavdrag massaved (%). Default 2 %; alt. 0, 1, 2, 3, 4, 5 %.

#### Körskador;

- Körskador 1 – Sammanvägd bedömd effekt av kompaktering och stam/rotskador.  
Bedömd tillväxtförlust; 0-30% och dess varaktighet; 0-40 år. Default: 0% under 15 år.
- Körskador 2 – djupa fåror; kostnader för återställande i terrängen.; 0-1000 kr/ha.  
Default är 0 kr/ha.
- Kostnad askåterföring, kr/ha. Totala kostnader (askbehandling, planering, transport och spridning). Min-max 0-3000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.

Samtliga värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratt.

### **Beräkna!**

Vid bränsleuttag i 1:a gallring simuleras skogsbränsleuttagets effekter under resten av beståndets omloppstid med hjälp av ett stort antal typbestånd. Typbestånden är konstruerade med hjälp av en noggrant testad beståndssimulator, uppdelat på SI (2 m intervall), och trädslag (tall och gran) och väljs utifrån redan inmatade beståndsdata.

- Beräkna mängd skördad biomassa (helstam) i aktuellt gallringsbestånd (ton Ts, MWh, m<sup>3</sup>s).

- Beräkna mängd uttagbar massaved ( $\text{m}^3\text{fub/ha}$ ).
- Beräkna nuvärdet, med respektive utan bränsleuttag, i aktuellt gallringsbestånd fram till slutavverkning. Utfallet är beroende av inkomster och utgifter från typbestånd, samt icke-fixa parametrar under Grundinställningar (ovan) och effekter av ”rattarna” (ovan).  
I typbestånden framgår tidpunkt för alla åtgärder samt rotnetton för beräkning av nuvärdet av framtida virkesintäkter och skogsvårds- och avverkningskostnader.

## Resultat

- Mängd skördad biomassa (ton Ts/ha, MWh/ha,  $\text{m}^3\text{s/ha}$ ).
- Mängd uttagbar massaved ( $\text{m}^3\text{fub/ha}$ ) vid konventionell gallring.
- Utifrån summerade nuvärden anges ”break-even”-punkt, d.v.s. vilken minsta nettointäkt på uttagen mängd biomassa (i kr/MWh,  $\text{kr/m}^3\text{s}$  eller kr/ha) som krävs för att bränsleuttaget ska ge ett ”noll-resultat”, d.v.s. för att energigallring (uttag av hela träd) skall vara ekonomiskt likvärdigt konventionell gallring med uttag av massaved.
- Uttaget av växtnäring i det totala skogsbränsleuttaget.

# Röjning-gallring (Konfliktbestånd)

Grundförutsättning: Någon skoglig åtgärd måste här utföras; antingen maskinell gallring-röjning med stickvägar samt uttag av biobränsle (hela träd), eller en sen och i de flesta fall mycket dyr röjning, d.v.s. att alla fällda stammar lämnas kvar i beståndet.

## **STEG 2**

### **Inmatning av aktuella beståndsdata**

Både för beräkning av tillgänglig mängd grot, via Marklund eller andra funktioner, samt för framtagande och framskrivning av lämpligt typbestånd i resterande del av omloppstiden.

Enkel analys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Bördighetsklass; Låg, Medel, Hög.
- Dominerande trädslag (tall, gran).

Genererar en höjd; 8 m.

Stamantal och trädslagsblandning beroende av vald bördighet.

Beståndsanalys:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Ståndortsindex, m  
Anges i 2 meters intervaller för tall resp. granbonitet (rullgardin); T16-T30, G16-G40.
- Ålder, total (år)
- Stamantal, n/ha, ”startvärde” 5000 st/ha,  
i rullgardin i stamantalsklasser (4000, 6000, ..., 14000).
- Grundyta; ”startvärde” 22 m<sup>2</sup>/ha,  
För beräkning av diameter (dg) m.h.a. stamantal. diameterfördelning via lämplig funktion (Weibull). Diameter (dbh) på det enskilda trädet via fördelningsfunktioner (Weibull). Tilldelning av höjder på de enskilda träden via höjdfunktioner. Höjder och diametrar på de enskilda träden är ingångsvariabler i biomassafunktionerna (Marklund, 1988<sup>1</sup>; Repola 2008<sup>2</sup>, 2009<sup>3</sup>).
- Diameter,  $d_a$  (cm) – kan anges istället för grundyta (som ett alternativ) i stamtäta konfliktbestånd.
- Trädslagsblandning; i 10%-klasser. Rullgardin à la INGVAR eller Gödslingskalkyl.
- Gallring/röjningsstyrka, anges i form av önskat antal kvarstående stammar. Default är att antalet kvarstående stam är 2000 per ha.  
(Styrkan i grundyta antas vara 20% mindre än uttagsprocenten i stamantal.)  
Ex. Inmatat ingående stamantal före åtgärd är 8000 stam/ha. Önskat antal kvarstående stammar är 2000 st/ha. Uttagna stammar är  $6000/8000 = 75\%$  av stamantalet vilket då skulle ge en gallringsstyrka på 55% av grundytan.
- Gallringsform: Likformig, Låg, Hög.

## STEG 3

### Grundinställningar

Följande generella beräkningsförutsättningar anges under denna flik, ej beståndsspecifika.

- Skogsvårdskostnader; markberedning, plantor, plantering, röjning.
- Avverkningskostnader; underlag till produktionsnormer (Brunberg, T., opublicerade, se Bilaga 2)
- Prislista för massaved.
- Toppdiameter för timmer och massaved. Behövs för apteringen (utbytesberäkningar) samt för att beräkna andelen av stammen (=toppen) som skall adderas till GROTen.
- Apteringsalternativ för massaved; 3 meter, fallande.
- Min. diameter (brh) för att ett träd skall avverkas maskinellt och därmed vara ett gagnvirkesträd. Denna diameter kan ställas in för (i) konventionell gallring med massavedsuttag och (ii) bränsleuttag vid gallring och röjning-gallring.
- Rotnetton; intäktsberäkning av framtida avverkningar, i såväl bränsleskördade som icke bränsleskördade bestånd. Uppdelat på 1:a gallring, senare gallring och slutavverkning.
- Stickvägsbredd (m) och stickvägsavstånd (m, mätt från stickvägsnitt).
- Omräkningstal mellan olika bränslesorter (ton TS, MWh, m<sup>3</sup>s), olika omräkningstal för GROT och träddelar.

## STEG 4

### Inställning beståndsspecifika förutsättningar = rattar.

"Vinst och förlust"

- Kalkylränta, 0-5 %. Default: 2 %.
- Tillvaratagandegrad av biomassa (% av uttaget i gallring/röjning, d.v.s. andel av angiven gallring/röjningsstyrka, andel av det som är avverkat/röjt); (75% default). Uppdelat på (1) stam, (2) gren samt (3) barr/löv.
- Näringsuttag - Bedömd tillväxtförlust. (0-30%) och dess varaktighet (0-100 år). Default: 10% under 15 år.  
Värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratten.  
*Teori: % x år, %-ella effekten gör att det släpar efter hela omloppstiden.*  
*Ex. 10% tillväxtförlust under 15 år -> 1,5 års tillväxttapp och därmed tillväxtförlängning. Denna försening ligger kvar hela omloppstiden; d.v.s. alla gallringar liksom slutavverkning utförs 1,5 år senare, vilket påverkar nuvärdet.*
- Fördyrade avverkningskostnader vid 1:a gallring (12 m höjd), default = 30 kr/m<sup>3</sup>fub. Till följd av redan upptagna stickvägar måste allt uttag göras mellan stickvägarna.
- Minskat uttag i 1:a gallring (% av totalt uttag i 1:a gallring), default = 40 %. Till följd av redan upptagna stickvägar.
- Kostnad motormanuell röjning (kr/ha). Startvärde 5000 kr/ha (3000-8000 kr/ha).

### Körskador:

- Körskador 1 – Sammanvägd bedömd effekt av kompaktering och stam/rotskador. Bedömd tillväxtförlust; 0-30% och dess varaktighet; 0-40 år. Default: 0% under 15 år.
- Körskador 2 – djupa fåror; kostnader för återställande i terrängen.; 0-1000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.
- Kostnad askåterföring, kr/ha. Totala kostnader (askbehandling, planering, transport och spridning). Min-max 0-3000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.

Samtliga värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratt.

### **Beräkna!**

Vid bränsleuttag i röjning-gallringsbestånd simuleras skogsbränsleuttagets effekter under resten av beståndets omloppstid med hjälp av ett stort antal typbestånd. Typbestånden är konstruerade med hjälp av en noggrant testad beståndssimulator, uppdelat på SI (2 m intervall), och trädslag (tall och gran) och väljs utifrån redan inmatade beståndsdata.

- Beräkna mängd skördad biomassa (helstam) i aktuellt gallringsbestånd (ton Ts, MWh, m<sup>3</sup>s).
- Beräkna nuvärdet, med respektive utan bränsleuttag, i aktuellt röjning-gallringsbestånd fram till slutavverkning. Utfallet är beroende av inkomster och utgifter från typbestånd, samt icke-fixa parametrar under Grundinställningar (ovan) och effekter av ”rattarna” (ovan).

I typbestånden framgår tidpunkt för alla åtgärder samt rotnetton för beräkning av nuvärdet av framtida virkesintäkter och skogsvårds- och avverkningskostnader.

### **Resultat**

- Mängd skördad biomassa (ton Ts/ha, MWh/ha, m<sup>3</sup>s/ha).
- Utifrån summerade nuvärden anges ”break-even”-punkt, d.v.s. vilken minsta nettointäkt på uttagen mängd biomassa (i kr/MWh, kr/m<sup>3</sup>s eller kr/ha) som krävs för att bränsleuttaget ska ge ett ”noll-resultat”, d.v.s. vad som krävs för att bränsleuttag i konfliktbestånd ska vara ekonomiskt likvärdigt en motor-manuell röjning (med de kostnader som angivits ovan) i samma bestånd. Ett negativt värde här indikerar hur mycket alternativet med bränsleuttag får gå med förlust.
- Uttaget av växtnäring i det totala skogsbränsleuttaget.



## Röjning (upp till 2,5 m höjd)

Förutsättning: smala maskiner som ej leder till upptagning av stickvägar.

### STEG 2

#### Inmatning av beståndsdata

Typbestånd används direkt från start. För val av typbestånd med färdiga dataset skall användaren mata in:

- Läge i landet; norra, mellersta eller södra Sverige.
- Bördighetsklass; Låg, Medel, Hög.
- Dominerande trädslag (tall, gran).

Genererar en höjd; 2,5 m.

Stamantal och trädslagsblandning beroende av valt läge i landet, bördighet och trädslag.

Uttag av tillgänglig total stående biomassa; antas att antalet stam reduceras till 2000 per ha i alla typbestånd.

### STEG 3

#### Grundinställningar

Följande generella beräkningsförutsättningar anges under denna flik, ej beståndsspecifika.

- Skogsvårdskostnader; markberedning, plantor, plantering, röjning.
- Rotnetton; intäktsberäkning av framtida avverkningar, i såväl bränsleskördade som icke bränsleskördade bestånd. Uppdelat på 1:a gallring, senare gallring och slutavverkning.
- Omräkningstal mellan olika bränslesorter (ton TS, MWh, m<sup>3</sup>s), olika omräkningstal för GROT och träddelar.

### STEG 4

#### Inställning beståndsspecifika förutsättningar = rattar.

"Vinst och förlust"

- Kalkylränta, 0-5 %. Default: 2 %.
- Tillvaratagandegrad av biomassa (% av uttaget i röjning, d.v.s. andel av angiven röjningsstyrka, andel av det som är röjt); (75% default).  
Uppdelat på (1) stam, (2) gren samt (3) barr/löv.
- Näringsuttag - Bedömd tillväxtförlust. (0-30%) och dess varaktighet (0-100 år).  
Default: 10% under 15 år.

Värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratten.

*Teori: % x år, %-ella effekten gör att det släpar efter hela omloppstiden.*

*Ex. 10% tillväxtförlust under 15 år -> 1,5 års tillväxttapp och därmed tillväxtförlängning. Denna försening ligger kvar hela omloppstiden; d.v.s. alla gallringar liksom slutavverkning utförs 1,5 år senare, vilket påverkar nuvärdet.*

### Körskador:

- Körskador 1 – Sammanvägd bedömd effekt av kompaktering och stam/rotskador. Bedömd tillväxtförlust; 0-30% och dess varaktighet; 0-40 år. Default: 0% under 15 år.
- Körskador 2 – djupa fåror; kostnader för återställande i terrängen.; 0-1000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.
- Kostnad askåterföring, kr/ha. Totala kostnader (askbehandling, planering, transport och spridning). Min-max 0-3000 kr/ha. Default är 0 kr/ha.

Samtliga värden kan matas in manuellt, alternativt skruvas in med hjälp av ratt.

### **Beräkna!**

Vid bränsleuttag i röjningsbestånd simuleras skogsbränsleuttagets effekter under resten av beståndets omloppstid med hjälp av ett stort antal typbestånd. Typbestånden är konstruerade med hjälp av en noggrant testad beståndssimulator, uppdelat på SI (2 m intervall), och trädslag (tall och gran) och väljs utifrån redan inmatade beståndsdata.

- Beräkna mängd skördad biomassa (helstam) i aktuellt röjningsbestånd (ton Ts, MWh, m<sup>3</sup>s).
- Beräkna nuvärdet, med respektive utan bränsleuttag, i aktuellt röjningsbestånd fram till slutavverkning. Utfallet är beroende av inkomster och utgifter från typbestånd, samt icke-fixa parametrar under Grundinställningar (ovan) och effekter av ”rattarna” (ovan).

I typbestånden framgår tidpunkt för alla åtgärder samt rotnetton för beräkning av nuvärdet av framtida virkesintäkter och skogsvårds- och avverkningskostnader.

### **Resultat**

- Mängd skördad biomassa (ton Ts/ha, MWh/ha, m<sup>3</sup>s/ha).
- Utifrån summerade nuvärden anges ”break-even”-punkt, d.v.s. vilken minsta nettointäkt på uttagen mängd biomassa (i kr/MWh, kr/m<sup>3</sup>s eller kr/ha) som krävs för att bränsleuttaget ska ge ett ”noll-resultat”, d.v.s. för att bränsleuttag i röjningsbeståndet skall vara ekonomiskt likvärdigt konventionell röjning med kvarlämnande av alla stammar i beståndet.
- Uttaget av växtnäring i det totala skogsbränsleuttaget.