

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 862–2015

Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning

Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning

Johan J. Möller, Nazmul Bhuiyan och Björn Hannrup

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 862–2015

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning.

Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning.

Bildtext:

Kartlager från gränssnitt i skördare som visar prognos på grundyta per hektar för ett objekt. Objektet är indelat i beräkningsytor på 1–2 hektar baserat på skogens övre höjd.

Ämnesord:

Gallring, StanForD 2010, skördardata, beståndsvariabler.

Thinning, StanForD 2010, harvester data, stand variables.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Johan J. Möller, jägmästare 1993. Anställd på Skogforsk sedan 1996. Arbetar med frågor kring aptering, simulering av virkesutfall, virkesvärde, kvalitetssäkring av skördarens mätning och användning av skördardata. Johan är även ordförande i StanForD-gruppen.



Nazmul Bhuiyan, civ.ing. teknisk fysik. Anställdes 2010 vid Skogforsk och arbetar främst med utveckling av mjukvaror och algoritmer kopplade till StanForD och skogsmaskiner.



Björn Hannrup, SkogD. Arbetar på Skogforsk med frågor kring teknikutveckling och tillvaratagande av virkesvärden.

Abstract

The aim of the study was to develop and test a decision-support tool for use in thinning harvesters. The tool gives continuous information about the thinning harvest, as well as estimates of stand variables that describe the remaining stand after thinning.

The decision-support tool comprises a prototype program adapted for use in thinning harvester computers. The input data for the program comprises the harvesters' standardised production data in the form of hpr files (harvested production) generated according to the forest machine standard for data communication, StanForD 2010. The files contain information at tree level about the felled trees, including species, log dimensions, qualities, and position of base machine when the tree was felled.

Variables calculated in the decision-support tool are harvested area, quantities removed, thinning intensity, and stand variables for the remaining stand after thinning. For area calculation, a new method has been developed where a grid is placed over the thinning site. The positions of the felled trees are recorded on the grid on the basis of information in the hpr file. When calculating thinning harvest, information from the grids about felled trees is aggregated. When calculating thinning intensity and stand variables after thinning, a previously developed method was used (Möller, et al., 2011). The interface for the harvester operator shows area data, thinning intensity and key figures relating to the thinning harvest and the remaining stand, such as basal area, volume, stem number and species distribution.

Trials involving twelve thinning harvesters showed that the decision-support tool worked well technically and gave the harvester operator rapid and relevant feedback. The tool therefore represents an important step towards automated

Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare”. Projektet har finansierats av Skogsägarna Norrskogs Forskningsstiftelse, Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning, Stiftelsen Skogssällskapet samt av en intressentgrupp bestående av Bergvik Skog AB, Holmen Skog AB, SCA Skog AB, Stora Enso Skog AB, Sveaskog Förvaltning AB samt Skogforsk.

Avrapportering från projektet sker via ett antal delrapporter. Syftet med den föreliggande delstudien var att utveckla, testa och dokumentera uppbyggnaden av ett beslutsstöd för gallringsskördare som ger löpande information om uttagen och kvarlämnad grundyta, volym, stamantal och gallringsstyrka.

Projektet har varit organiserat med styr- och projektgrupp. I styrgruppen har följande personer ingått: Lars Sängstuvall (Bergvik Skog AB), Jonas Eriksson (Holmen Skog AB), Björn Skogh (Norrskog), Per Österberg (SCA Skog AB), Staffan Mattsson (Skogssällskapet Förvaltning AB), Veegard Haanaes (Stora Enso Skog AB), Urban Nordmark/Jonas Gustafsson (Sveaskog Förvaltning AB) och Magnus Lindén (Södra Skogsägarna ek. för.). Projektgruppen har haft en sammansättning enligt nedanstående tabell.

Företag	Namn
BillerudKorsnäs AB	Lars Ohlin
Holmen Skog AB	Robert Johansson
Norrskog	Patrik Svensson och Pedro Arvidsson
SCA Skog AB	Christer Olofsson
Skogssällskapet Förvaltning AB	Andreas Melin
Stora Enso Skog AB	Fredrik Ekelund
Sveaskog Förvaltning AB	Ulf Jonsson och Tobias Norrbom
Södra Skogsägarna ek. för.	Patrik Andersson och Tobias Nilsson

Företagen John Deere, Komatsu forest, Log Max och Dasa har inom ramen för delstudien bistått med simuleringstester av programvaran, installation av programmet och inställning för automatisk lagring av hpr-filer i maskinerna för uppdatering av Skogforss gallringsprogram. Kontaktpersoner från företagen har varit:

John Deere	Erik Kindlund och Jonas Gustafsson
Komatsu Forest	Halvard Olderlund
Log Max	Mikael Eliasson
Dasa	Jörgen Eriksson

Kontakter med maskintillverkande företag, maskinförare och analys av data har skett av Nazmul Bhuiyan och Johan J. Möller, båda Skogforsk. Nazmul Bhuiyan har utfört programmeringen av beslutsstödet.

Ett stort Tack till samtliga som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2015

Johan J. Möller (Projektledare)

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Syfte och projektmål.....	5
Metod och genomförande	5
Allmänna krav	5
Arbetsgång.....	7
1. Bearbetning och inläsning av data.....	8
2. Arealberäkning och indelning i beräkningsytor.....	8
3. Beräkning av uttag	12
4. Prognos på kvarvarande skog	15
Maskiner i test	17
Resultat och Diskussion	18
Hantering av data i maskinen.....	19
Indelning i mindre områden och arealberäkning.....	20
Nyckeltal	21
Önskemål om fortsatt utveckling av programmet.....	22
Slutsatser	23
Referenser.....	24
Bilaga 1 Uppstart av programmet och bevakning av objekt.....	25
Bilaga 2 Hantering av områden.....	33
Bilaga 3 Summering av uttag	39
Bilaga 4 Prognos på kvarvarande skog.....	41

Sammanfattning

Bestandsvis gallringsuppföljning syftar till att följa upp och förbättra kvaliteten i gallringsarbetet samt generera data för uppdatering av bestandsregister. För att förbättra de system för uppföljning som används i dag bör insatser inriktas mot åtgärder som ger snabbare återkoppling till skördarlagen och genererar mer precisa skattningar av beståndsuppgifter för kvarvarande bestånd.

Syftet med den här avrapporterade studien var att utveckla och testa ett beslutsstöd för gallringsskördare som löpande ger information om gallringsuttaget men också skattningar av bestandsvariabler som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Studien ingick i projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare”. I projektet ingår även en rikstäckande utvärdering av den metodik som används i beslutsstödet för beräkning av bestandsvariabler efter gallring.

Beslutsstödet utgörs av ett prototypprogram (hprGallring) anpassat för användning i gallringsskördarens dator. Indata till programmet utgörs av skördarnas standardiserade produktionsdata i form av så kallade hpr-filer (*harvested production*) genererade enligt den skogliga standarden för datakommunikation, StanForD 2010. Filerna innehåller trädvis information om de avverkade träden t.ex. trädslag, stockdimensioner, kvaliteter samt basmaskinens position vid fällning av trädet. Att enbart standardiserade data används som indata till beslutsstödet innebär att det har förutsättningar att omgående fungera på samtliga nyare skördare, oberoende av fabrikat.

De beräkningar som utförs i beslutsstödet är beräkning av behandlad areal, gallringsuttag samt beräkning av gallringsstyrka och bestandsvariabler för det kvarvarande beståndet efter gallring. För arealberäkningen har ny metodik utvecklats där ett rutnät läggs ut över gallringsobjektet och i rutnätet läggs positionerna in för de avverkade träden utifrån informationen i hpr-filen. Vid beräkning av gallringsuttag sker en summering av information från rutorna med avverkade träd. För beräkning av gallringsstyrka och bestandsvariabler efter gallring utnyttjas tidigare utvecklad metodik. I ett gränssnitt mot skördarföraren presenteras arealuppgifter, gallringsstyrka samt nyckeltal för gallringsuttaget och det kvarvarande beståndet t.ex. grundyta, volym, stamantal och trädslagsfördelning.

Vid praktisk gallring kan produktionsfiler från ett gallringsobjekt innehålla information från flera olika avdelningar med varierande ålder och bonitet. För att en gallringsuppföljning ska vara meningsfull bör den göras inom avdelning eller del av avdelning och vid utvecklingen av beslutsstödet har omfattande ansträngningar gjorts för att ta fram funktionalitet som möjliggör detta. Den lösning som utvecklats bygger på en automatisk indelning av större gallringsobjekt i så kallade beräkningsytor. Beräkningsytorna är områden med homogen skog med en areal om 0,5 till 2 hektar. Indelningen av dessa sker utifrån en rumslig kartläggning av övre höjden inom gallringsobjektet.

Tester av beslutsstödet har genomförts i skördarsimulatorer av de maskintillverkande företagen samt under en kortare tidsperiod på totalt 12 gallringsskördare med fyra olika styrsystem. Resultaten från testerna visade att programmet

fungerade väl tekniskt och inte gav någon negativ påverkan på övrig funktionalitet i skördardatorn. Vidare visade intervjuer med skördarförare som använt programmet att förarna ansåg att beslutsstödet tillförde värdefull information om gallringsarbetet, speciellt när det gäller informationen om det kvarvarande beståndet. Förarna gav också uttryck för en förhoppning om att framöver kunna spara tid genom att ersätta sin manuella gallringsuppföljning med den uppföljning som görs i beslutsstödet.

Sammanfattningsvis har studien visat att det framtagna beslutsstödet fungerar tekniskt väl och att det ger skördarförarna snabb och relevant återkoppling, vilket sammantaget är ett viktigt steg mot en automatiserad gallringsuppföljning. Fortsatt utvecklingsarbete bör inriktas mot en systematisering av erfarenheter från en bredare användning av beslutsstödet i syfte att identifiera de förbättringar som behöver göras. Vidare bör praktiskt arbete initieras med att återföra uppgifter om det kvarvarande beståndet till bestandsregister baserat på användning av beslutsstödet. Inledningsvis bör nyckelfaktorer identifieras, och i ett efterföljande utvecklingssteg bör återföringen av information om kvarvarande bestånd till bestandsregister kunna automatiseras.

Bakgrund

De utvärderingar som gjorts av företagsvisa gallringsuppföljningar (Bylund 2008; Lindström & Olbers, 2009) belyser förekomsten av två typer av problem. För det första är återkopplingen av resultaten av skördarlagens egenuppföljningar otillräcklig. Konsekvensen av detta är en urholkning av möjligheten att styra gallringsarbetet mot företagsvisa mål t.ex. när det gäller kvarlämnad grundyta efter gallring. För det andra är egenuppföljningen baserad på en begränsad mängd mätdata vilket leder till en betydande osäkerhet i återrapporterade uppgifter som beskriver det kvarvarande beståndet efter gallring. Följaktligen har utvecklingsinsatser som möjliggör en snabb återkoppling potential att förbättra effekten av uppföljningsinsatserna och idealt bör sådan återkoppling ske kontinuerligt i gallringsskördarna under arbetets gång, t.ex. i form av beslutsstöd. På samma sätt finns förbättringspotential när det gäller precisionen i återrapporterade beståndsuppgifter för de kvarvarande bestånden efter gallring. Sådana förbättringsinsatser bör inriktas mot lösningar som utnyttjar större datamängder och därigenom fångar en större del av beståndsvariationen.

Tidigare har produktionsdata från skördarna varit begränsade till att vara aggregerade på objekts- och sortimentsnivå. Med den nya datastandarden för skogsmaskiner, StanForD 2010 (Arlinger m.fl., 2013), lagras en mängd nya data på stock- och trädnivå. Exempel på data som genereras i skördarna eller kan beräknas från skördardata är: geografisk position, trädslag, DBH, trädhöjd, sortiment på stockarna och stockdimensioner. Detta erbjuder nya tillämpningsmöjligheter, t.ex. ett beslutsstöd i skördare för gallringsuppföljning. Arbetet som beskrivs i denna rapport är en del i det större projektet ”Automatiserad gallringsuppföljning och beslutsstöd vid gallring baserat på nya produktionsdata från skördare”. Ett av delprojekten är avgränsat till att utveckla ett beslutsstöd som löpande visar aktuellt uttag samt medeluttag och även ger en prognos för vad som står kvar efter gallring för pågående objekt.

Utvecklingen av beslutsstödet bygger på ett system för gallringsuppföljning baserat på skördardata som togs fram i ett tidigare projekt (Möller m.fl., 2011). Modellen från 2011 kräver indata från skördarna för enskilda träd där koordinaterna för skördarens uppställningsplatser ska vara inkluderade för att möjliggöra en beräkning av avverkad areal. Med den aktuella modellen och indata från skördarna kan en precis prognos göras för det kvarstående beståndet efter gallring (Hannrup m.fl., 2011; 2015). En central del av modellen är beräkning av gallringsstyrka och gallringskvot, två variabler som beskriver gallringsarbetet.

Syfte och projektmål

Det övergripande syftet med delprojektet var att utveckla och testa ett beslutsstöd för gallringsskördare som löpande ger information om uttagen och kvarlämnad grundyta, volym, stamantal och gallringsstyrka.

Delprojektet hade följande delmål:

- Att utveckla ett realtids-beslutsstöd som skulle kunna användas i skördare vid gallring.
- Att testa beslutstödet i maskiner av minst två fabrikat.
- Att dokumentera hur system och beräkningar i programmet fungerar.

Metod och genomförande

ALLMÄNNA KRAV

Innan utvecklingen av beslutsstödet för gallring påbörjades, upprättade projektgruppen en lista över den funktionalitet som borde vara inbyggd i verktyget. Under projektets gång har nya behov uppmärksamrats och listan har utökats. Nedan följer de funktioner som har implementerats i beslutsstödet utifrån den kravlista som upprättades initialt och de krav som vuxit fram under projektets gång. Ytterligare önskemål som förare och övriga projektdeltagare har kommit med under projektets gång men som ännu inte implementerats redovisas under diskussionsavsnittet.

1) Nyckeltal gallring:

- a. Programmet ska automatiskt kunna beskriva gallringsuttaget baserat på skördarens produktionsdata genom att kontinuerligt beräkna löpande uttag och medel-/totaluttag för objektet.
- b. Följande data om uttaget ska kunna presenteras för föraren: avverkad areal, uttagen grundyta per ha och totalt, uttagen volym per ha och totalt, antal uttagna stammar per ha och totalt, grundytavägd brösthöjdsdiameter och höjd för uttaget, övre höjd (ÖH) och trädslagsfördelning för uttaget.

- c. Programmet ska automatiskt kunna ge en prognos som beskriver den kvarvarande skog enligt befintlig gallringsmodell (Möller m.fl., 2011). Prognos ska kunna göras för det kvarvarande beståndet för de bestandsvariabler som redovisas under punkt b. Dessutom ska prognostiserad gallringsstyrka presenteras i form av uttagen grundyta i procent av grundyta före gallring.
- d. Det ska vara möjligt att ställa in grundytan före gallring i programmet. Sedan ska programmet automatiskt beräkna kvarvarande grundyta efter gallring utifrån avverkad grundyta och i programmet inställd grundyta per hektar före gallring.

2) Areal och behandlingsenheter:

- a. Programmet ska automatiskt beräkna av skördaren behandlad areal.
- b. Arealen ska kunna baseras på skördarens eller aggregatets/stammens position (koordinater).
- c. Programmet ska automatiskt dela upp stora objekt i mindre delar efter objektets övre höjd för att beskriva uttag och prognos på kvarvarande skog.
- d. Summering/medelvärdesberäkning ska kunna göras för hela avverkningen eller på separata delytor.
- e. Minst 0,5 hektar och 100 stammar måste avverkas innan någon prognos på kvarvarande skog kan göras. Minsta arealen ska vara ställbar mellan 0,5 – 1,0 hektar.
- f. Objektsdelar som ligger skilda från ett sammanhängande större område ska ej behandlas om de understiger 0,5 hektar.

3) Datahantering:

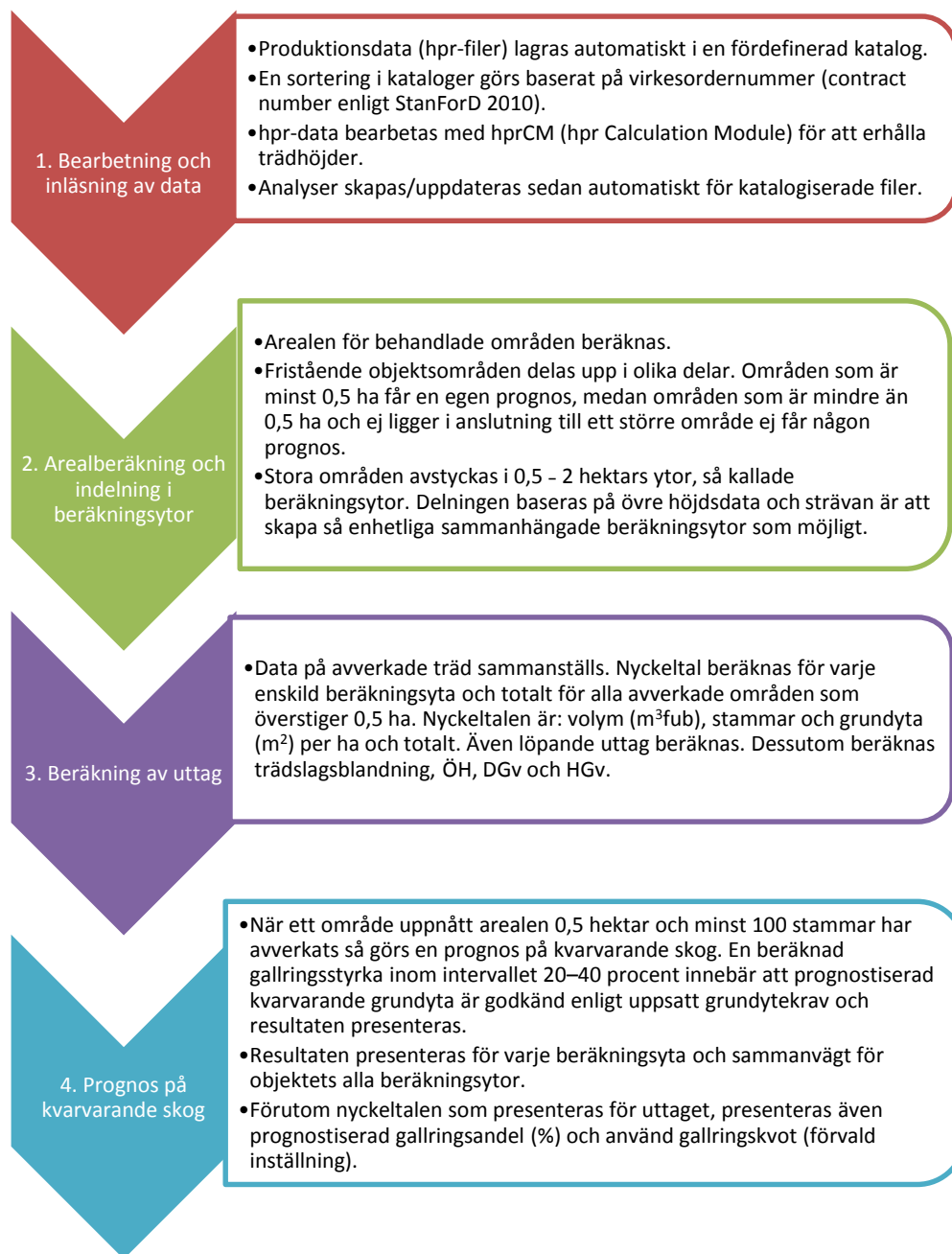
- a. Programmet ska baseras på standardiserade produktionsdata (hpr-filer) enligt StanForD 2010 version 2.0 eller senare.
- b. Programmet ska automatiskt läsa in data som skördaren lagrar ner i en specifik katalog och uppdatera resultaten.
- c. Det ska gå att välja ett specifikt objekt (virkesordernummer) att följa. Programmet ska också automatiskt kunna byta objekt och presentera resultatet från det objekt som har de senast registrerade produktionsdata.

4) Övrigt:

- a. Det ska gå att ladda in en kartbild i programmet enligt RT 90 eller SWEREF 99 TM och även att ladda in objektets gränser som en shape-fil.

ARBETSGÅNG

Programmets arbetsgång från bearbetning och inläsning av data till att en prognos på kvarvarande skog är gjord illustreras i Figur 1.



Figur 1.
Översiktlig beskrivning av de beräkningssteg som bygger upp beslutsstödet.

1. Bearbetning och inläsning av data

Programmet är framtaget för att hantera och analysera produktionsdata i hpr-format från skördare (hpr-filer) genererat enligt StanForD 2010. Programmet läser hpr-filer som skördaren kontinuerligt sparar i en definierad katalog. Allt eftersom filer lagras, bearbetas filerna med hprCM och trädens toppar m.m. beräknas. Därefter sorteras de i kataloger efter virkesordernummer i underkataloger till den bevakade katalogen.

Efter utförd sortering i kataloger skapar eller uppdaterar programmet analyser för de virkesordernummer som påträffas i nyinkomna filer. Eftersom programmet automatiskt sparar alla filer från olika objekt i separat katalog för respektive objekt så kommer uppföljningen på aktuellt objekt att ske automatiskt utan att förarna behöver göra några inställningar. Stängs programmet ned kan man vid en ny uppstart åter följa det virkesordernummer som avverkningen sker på.

De data som används av programmet presenteras i Tabell 1 nedan. Endast standarddata enligt StanForD 2010 (Arlinger m.fl., 2013) och data beräknade med hprCM (Larsson m.fl., 2014) används.

Tabell 1.
Huvudsakliga data som används i programmet och var de hämtas ifrån.

Data	Källa	Mätmetod	Bearbetning
Trädslag.	hpr	Förraregistrering.	
DBH.	hpr	Skördarens diametermätning.	
Stamvolym (m ³ fub).	hpr	Skördarkubering.	Summering av stockvolym ub.
Stamvolym (m ³ sk).	hpr	Skördarkubering.	Summering av stock- och toppvolym pb.
Trädhöjd.	hprCM	Längdmätning skördare och topplängdsfunktion.	Summering av stocklängd och topplängd.
Stam-/maskinkoordinater.	hpr	GPS	
Virkesordernummer.	hpr	Registrering vid start av objekt.	

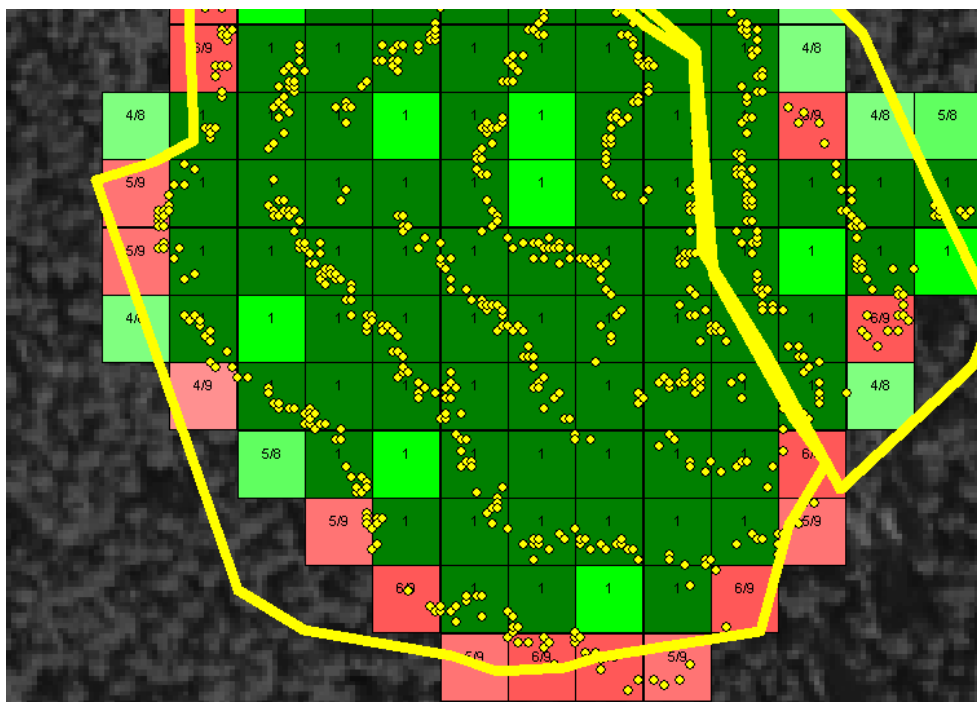
2. Arealberäkning och indelning i beräkningsytor

Arealberäkning

Då flera av nyckeltalen är arealbaserade, är första steget efter inläsning av data att beräkna behandlingsareal. Detta görs genom att ett rutnät, med ställbar rutstorlek (grundinställning 13 m), läggs ut över aktuellt objekt och basmaskinens positioner vid avverkning av stammar läggs in i rutnätet, se Figur 2. Om kranvinkeldata finns tillgängliga är det även möjligt att använda sig av beräknade koordinater för de enskilda träden i stället för basmaskinens koordinater. Rutnätet växer och arealen uppdateras allteftersom nya produktionsfiler upptas av programmet (Bilaga 2).

Alla rutor där träd har avverkats tilldelas areal. Även vissa tomma rutor mellan eller i anslutning till områden där träd har avverkats tilldelas areal. Alla rutor tilldelas dock inte hela den areal rutan upptar utan tilldelas ibland en reducerad andel av sin yta för att kompensera för osäkerhet kring gränser/kanter och glesa partier. Se vidare Bhuiyan m.fl. (2015) för fullständig redovisning av logiken som används i arealberäkningen.

I Figur 2 illustreras principen för arealberäkning. Mörkgröna rutor är områden där maskinen har varit i samband med avverkning av minst en stam. De ljusgröna rutorna med siffran ett är områden som inte skördaren stått i vid avverkning men som har minst 6 grannrutor där avverkning har skett. Röda, respektive ljusgröna rutor med en siffra som avviker från 1 är delade, d.v.s. de bidrar med en reducerad andel av den egna arealen till totalarealen. Dessa rutor har 5 grannar eller färre med avverkade stammar i (räknat i ett 3×3 rutmönster runt rutan inklusive den egna rutan). I de röda rutorna har skördaren stått då den avverkat träd medan den inte stått i någon av de ljusgröna rutorna vid upparbetning. Siffrorna i rutorna anger arealbidraget, d.v.s. hur stor andel av rutans areal som ska tas med vid summeringen av total areal.



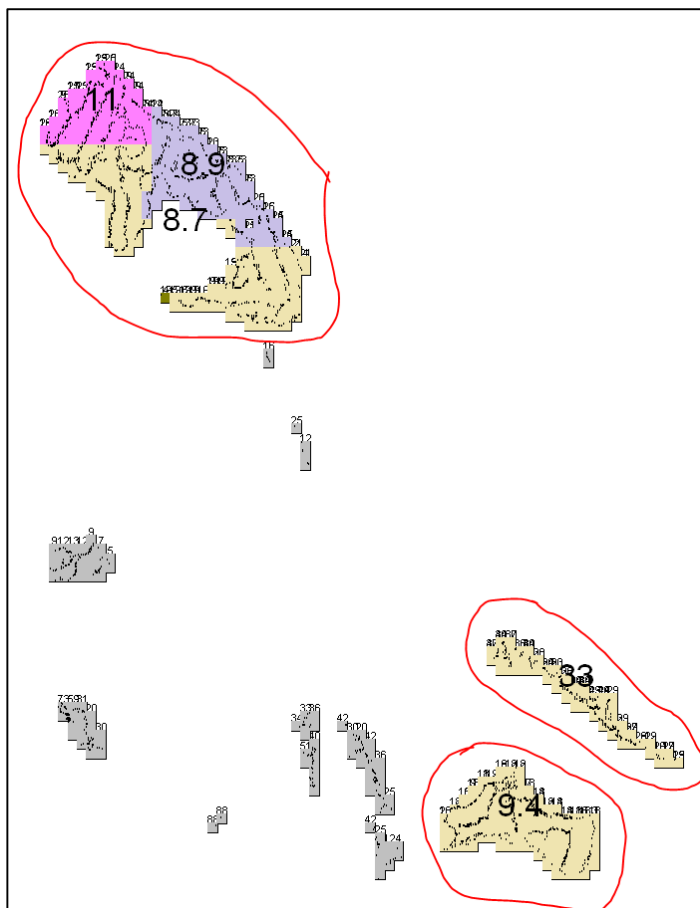
Figur 2.

Illustration av rutnätet som används vid arealberäkningen. Siffrorna i rutorna anger respektive rutas bidrag till den totala arealen. Se texten för en förklaring av färgkoderna.

Uppdelning av objekt i delområden

Utseendet kan variera betydligt mellan olika gallringsobjekt. Medan vissa objekt kan bestå av större sammanhängande områden kan andra ha ett mer fragmenterat utseende bestående av osammanhängande/utspridda delområden. Modellen identifierar därför objektets olika delområden och markerar vissa för vidare analys medan andra delområden som inte bygger upp tillräckligt stor areal och stamantal utelämnas från analyserna.

I Figur 3 visas produktionsdata från en virkesorder innehållande 10 bestånd. För aktuell virkesorder kommer modellen automatiskt att dela upp objektets olika områden beroende hur de sitter ihop med närliggande områden. De delar av objektet som ringats in med rött har blivit tre olika delområden med en storlek på minst 0,5 hektar, medan de övriga grå områden ligger för långt ifrån (mer än en ruta bort, i exemplet nedan >26 m) något av de tre större områdena för att tillhöra dem, se vidare Bilaga 2. De grå områdena är också för små för att bli egna delområden då det krävs minst 0,5 hektar och 100 stammar för att det ska uppnås enligt uppsatta villkor. Vid summering av totalt uttag för objektet så kommer dock de mindre områdena att inkluderas.



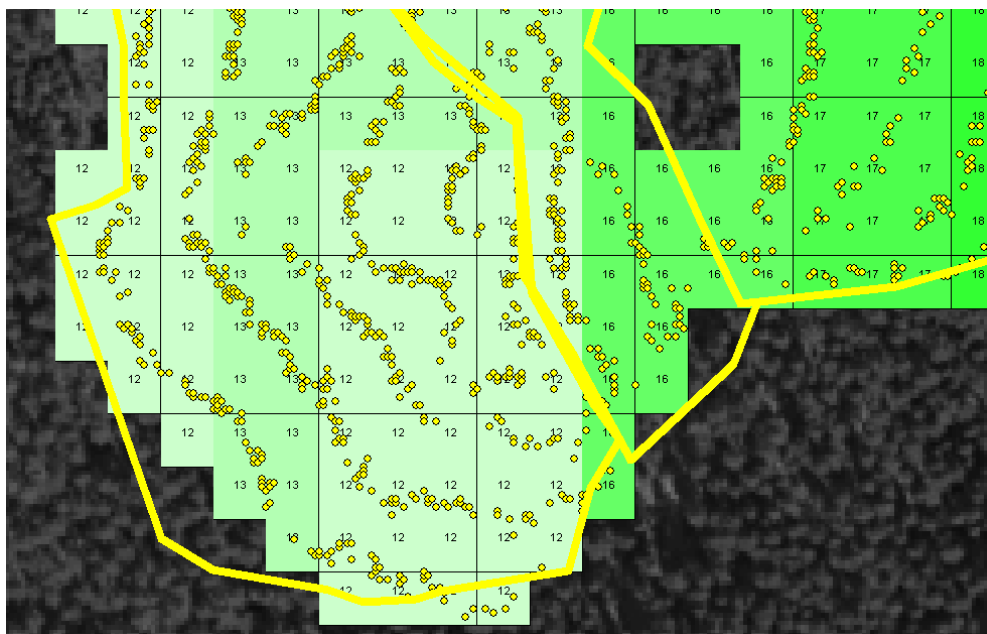
Figur 3.

Data från ett virkesordernummer där tre sammanhängande delområden om minst 0,5 hektar har skapats. Dessutom sju mindre områden (grå) som inte kommer att göras någon prognos för då de är mindre än 0,5 hektar och ligger för långt ifrån ett sammanhängande delområde. Vid summering av totalt uttag för objektet så kommer dock de mindre områdena inkluderas.

Uppdelning av delområden i beräkningsytor utifrån övre höjd

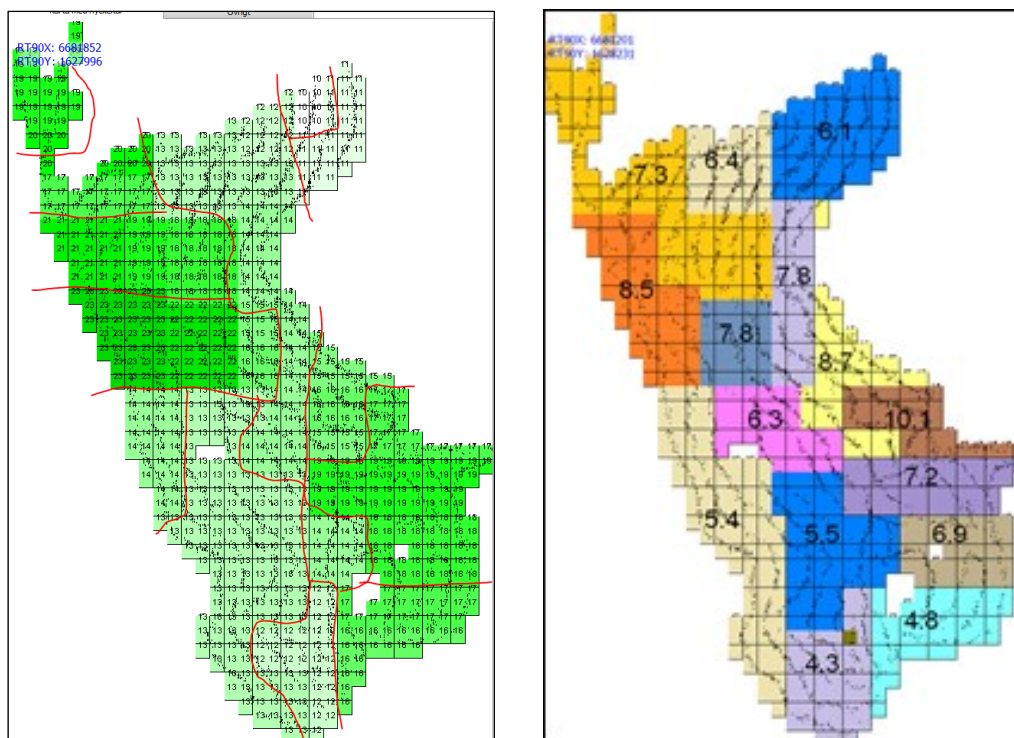
De avgränsade delområden som bygger upp ett gallringsobjekt innehåller vanligen flera olika avdelningar med varierande ålder och bonitet. De är därmed inte direkt lämpliga som enhet för gallringsuppföljning och i beslutsstödet görs därför gallringsuppföljning på mindre områden med liknande skog, så kallade beräkningsytor. Uppdelning av delområden i beräkningsytor baseras på skogens övre höjd och görs i följande två steg:

1. Delområdena delas i övrehöjdsytor innehållande minst 100 stammar (Figur 5). På dessa ytor sker en beräkning av övre höjd enligt tidigare utvecklad metodik utifrån information om de avverkade stammarna (Möller m.fl., 2011).
2. Beräkningsytor skapas genom att närliggande övrehöjdsytor med liknande övre höjd slås samman. De beräkningsytor som bildas har en minsta areal om 0,5 ha och består av minst 100 stammar (Figur 5).



Figur 4.

Exempel på data från ett virkesordernummer som enligt fastighetens objektsregister består av 10 bestånd. I figuren är registrets objektsgränser utritade (gula linjer) och de olika områdenas övre höjd baserat på avverkade stammar.



Figur 5.

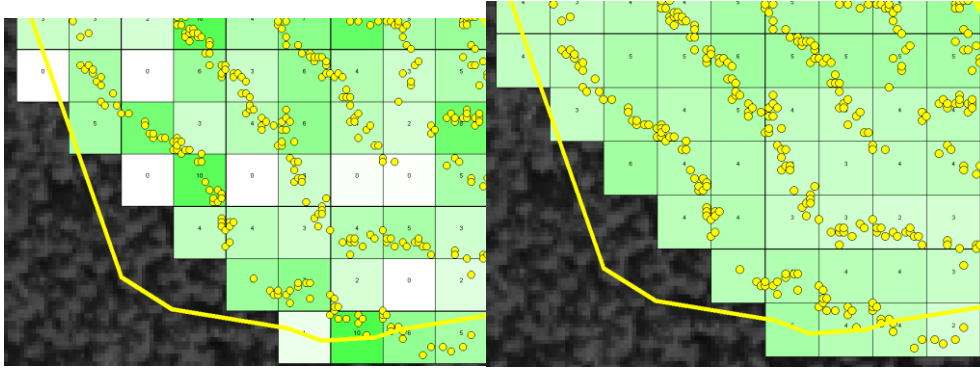
Illustration av hur indelningen av beräkningsytor sker. I ett första steg beräknas övre höjd för ytor om minst 100 stammar utifrån data för de avverkade stammarna (vänstra bilden). Därefter slås närliggande övrehöjdsytor samman till beräkningsytor med en areal om minst 0,5 ha (högra bilden). Siffrorna på beräkningsytorna anger uttagen grundyta per hektar. De röda linjerna i den vänstra bilden avgränsar områden med liknande övre höjd

Minsta areal för beräkningsytorna går att ställa mellan 0,5 – 1,0 hektar. Vid inställning av minimum-areal på ett hektar så innebär det, att när objektet är större än två hektar kommer programmet att försöka dela det området i två en-hektarsbitar. Om inte tillräcklig areal kan byggas upp av ytor med liknande övre höjder, kan ofullständiga beräkningsytor slås ihop med varandra för att klara arealkravet. Se vidare i Bilaga 2 för en fullständig beskrivning av hur beräkningsytorna skapas.

3. Beräkning av uttag

Uttag för rutor och totalt

I samband med att arealrutnätet uppdateras, sparas det summerade uttaget för varje ruta i rutnätet. Följande data sparas: grundyta totalt och per/ha, stammar totalt och per/ha, volym (m³fub och m³sk) totalt och per/ha. Programmet kan presentera faktiskt uttag för varje ruta, ett medelvärdesbildat uttag utifrån uttaget på intilliggande ytor samt uttaget summerat per beräkningsyta eller för hela objektet. Vid summering av det totala uttaget tas hela avverkningsytan med, d.v.s. även uttag för små områden som inte tillhör någon beräkningsyta. I Figur 6 illustreras skillnaden mellan det faktiska uttaget och det medelvärdesbildade-/utjämnade uttaget.

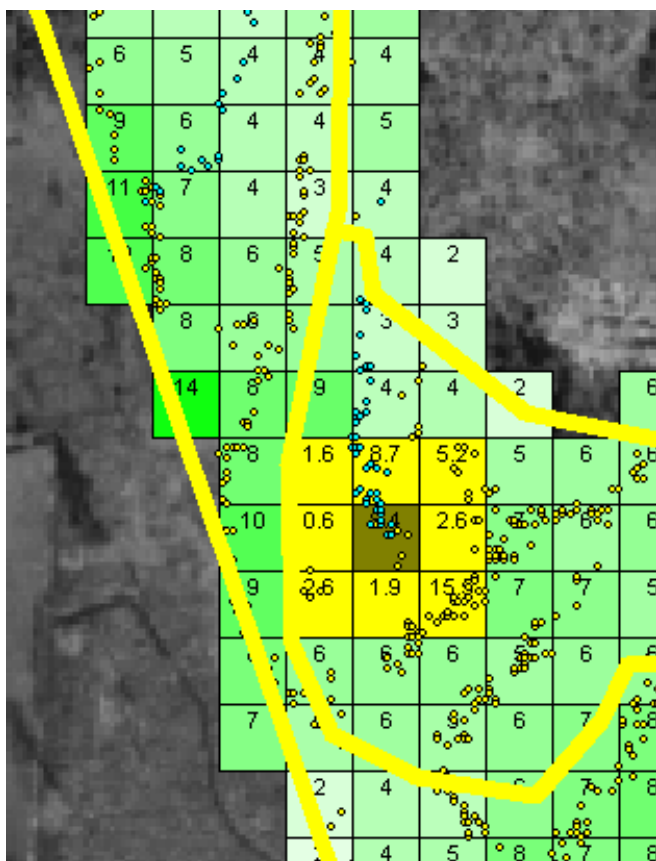


Figur 6.
Illustration av den visuella skillnaden mellan det faktiska uttaget och det medelvärdesbildade/utjämnade uttaget.

Det medelvärdesbildade/utjämnade uttaget gör det lättare för föraren att få en uppfattning om uttaget, som inte blir så känsligt för hur maskinens position har registrerats längs stickvägarna.

Löpande uttag

Programmet håller hela tiden reda på skördarens aktuella position för att kunna redovisa ett löpande uttag i området närmast skördaren. Ett sätt att ta fram den siffran kan vara att hela tiden summera produktionen en viss sträcka bakom skördaren. Men då skördaren kan återgå till ett område som den har varit i tidigare kan det vid en sådan återkomst vara svårt att få återkoppling på uttaget runt skördaren med den ansatsen. Den lösning som valdes för det löpande uttaget baseras på produktionen som hela tiden lagras i rutor i arealrutnätet och innebär att produktionen summeras radiellt runt skördaren med den aktuella rutan som mittpunkt. Den aktuella rutan kan ses som en olivgrön ruta bland annat i Figur 7 där det även framgår vilka kringliggande rutor som tas med i beräkningsunderlaget för det löpande uttaget.



Figur 7.

Den ruta som innehåller skördarens senaste position är markerad med olivgrön färg och de rutor som också bidrar till summeringen för det löpande uttaget är markerade med gul färg, d.v.s. totalt 9 rutor.

Uttag för beräkningsytor

Uttaget summeras även för varje beräkningsyta som skapas i samband med indelningen i beräkningsytor. I Tabell 2 redovisas vilka nyckeltal som beräknas för att beskriva uttaget totalt för alla ytor och för varje beräkningsyta separat.

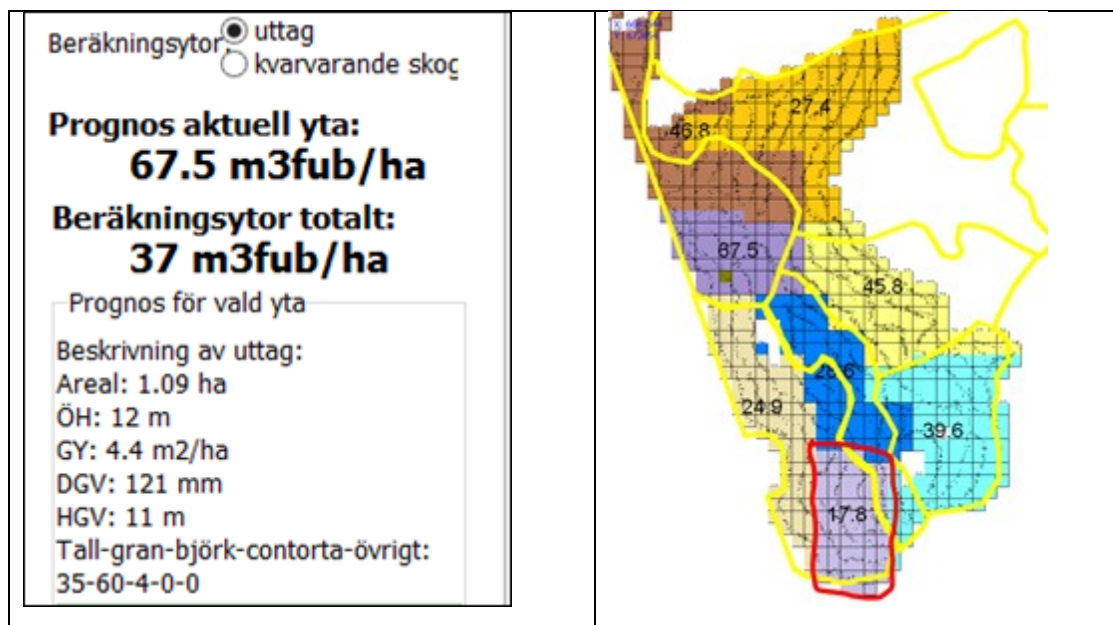
Tabell 2.

Data om uttaget i samband med avverkning som presenteras för föraren i beslutsstöd gallring.

Variabel	Enhet	Kommentar
Beräkningsytans areal.	Hektar.	Ställbar minareal 0,5 – 1,0 ha.
Grundyta.	m ² och m ² /ha.	
Stammar.	st och st/ha.	
Volym.	m ³ fub och m ³ fub/ha. m ³ sk och m ³ sk/ha.	
Övre höjd (ÖH).	m.	Totalt och yta för övre höjd (yta innehållande minst 100 stammar).
Grundtevägd diameter (Dgv).	mm.	
Grundtevägd höjd (Hgv).	mm.	
Trädslagsblandning.	Andel Tall-Gran-Björk-Contorta-Övrigt %.	

Eftersom det löpande uttaget också kan redovisas per hektar, kan programmet variera radien på området för att erhålla tillräckligt stor areal i de fall formationen får en mindre kvadratisk form. Sådana formationer kan till exempel uppkomma när långsmala stråk eller glesa partier avverkas.

Figur 8 visar hur data presenteras i maskinen. I exemplet visas att för den aktuella beräkningsytan (violetta ytan till höger i Figur 8) är uttaget 17,8 m³fub/ha medan hela objektets medeluttag ligger på 37,0 m³fub/ha. I utskriften vid sidan av kartan visas också data för den violetta ytan som beskriver uttaget med avseende på areal, övre höjd, grundyta efter gallring, grundtyevägd medeldiameter, grundtyevägd höjd och trädslagsfördelning. Dessutom presenteras totala uttaget för objektets alla beräkningsytor.



Figur 8.

Illustration av, av programmet beräknat, uttagen grundyta per beräkningsyta. I exemplet till vänster presenteras data för den violetta beräkningsytan. Data från ett avverkningsobjekt i Uppland.

4. Prognos på kvarvarande skog

Efter att en beskrivning av uttaget gjorts görs också en prognos på kvarvarande skog, både för varje enskild beräkningsyta och totalt för alla beräkningsytor. Prognosen görs enligt den algoritm som finns beskriven av Möller m.fl. (2011). För att få fram resultat totalt för alla beräkningsytor vägs varje delytas resultat samman.

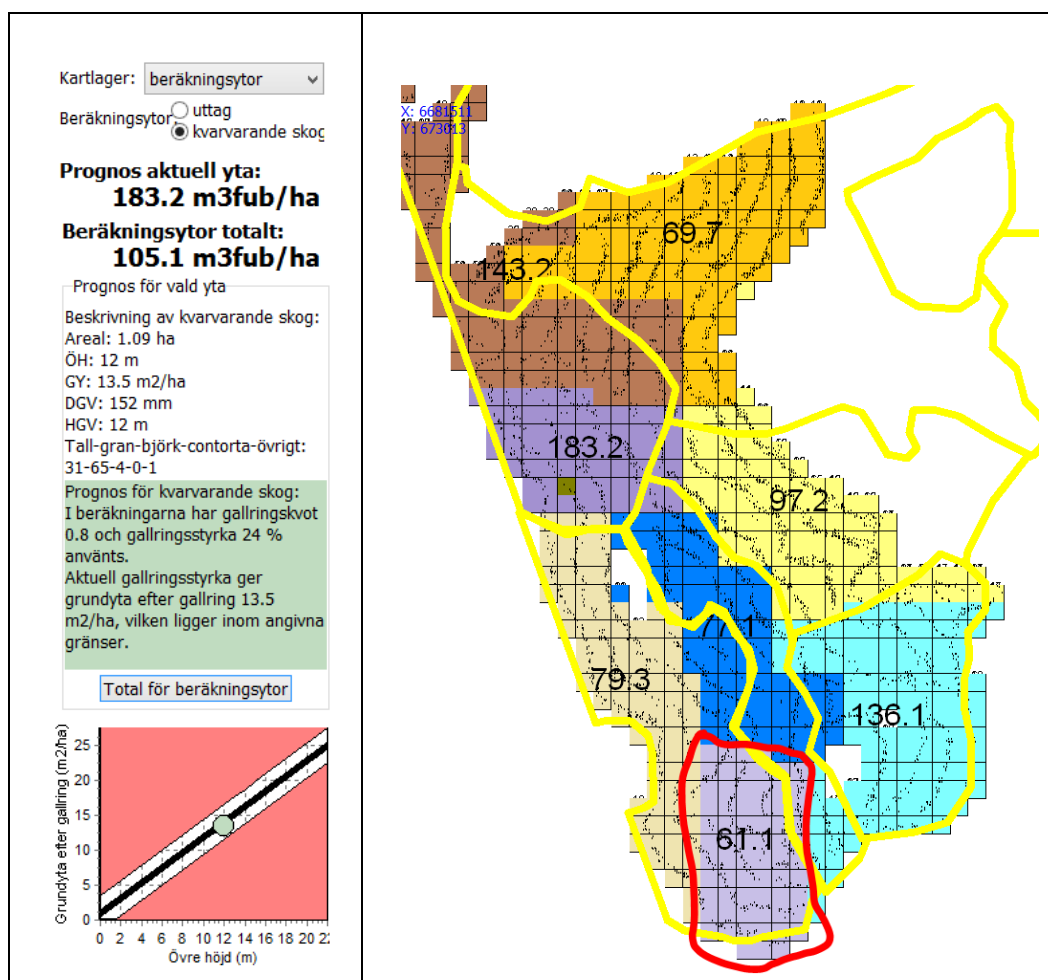
I princip presenteras samma data som för uttaget, se Tabell 3. Det som tillkommer är prognostiserad gallringsstyrka och använd gallringskvot. Gallringsstyrkan är uttryckt som andel uttagen grundyta av grundytan före gallring medan gallringskvoten uttrycks som kvoten mellan grundtyevägd diameter i uttaget och grundtyevägd medeldiameter efter gallring.

Tabell 3.

Data om prognos på kvarvarande skog som beräknas och presenteras för föraren i beslutsstöd gallring.

Variabel	Enhet	Kommentar
Beräkningsytans areal.	Hektar.	Ställbar minareal 0,5 – 1,0 ha.
Grundyta.	m ² och m ² /ha.	
Stammar.	st och st/ha.	
Volym.	m ³ fub och m ³ fub/ha. m ³ sk och m ³ sk/ha.	
Grundtyevägd diameter (Dgv).	mm.	
Grundtyevägd höjd (Hgv).	m.	
Trädslagsblandning.	Andel Tall-Gran-Björk-Contorta-Övrigt %.	
Prognostiserad gallringsstyrka.	%.	Illustreras med olika färger på kartan.
Använd gallringskvot.	Kvot.	Förvalt värde.

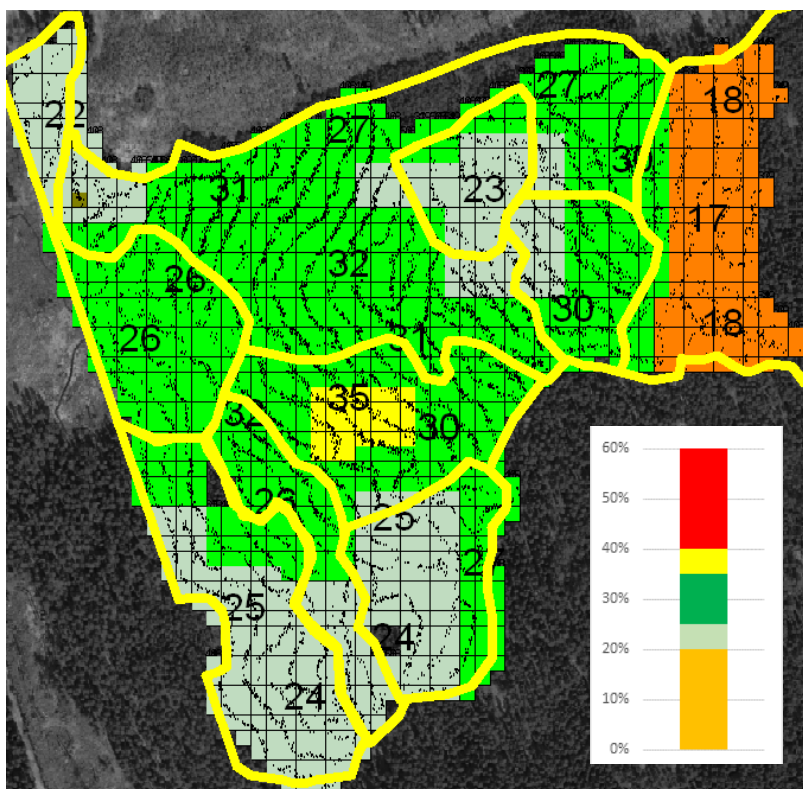
Figur 9 visar hur prognosdata för kvarvarande skog presenteras i maskinen. I exemplet visas att för den aktuella beräkningsytan (violett till höger i Figur 9) är prognosen att volymen efter avverkning är 61,1 m³fub/ha medan hela objektets volym efter avverkning är prognostiserad till 105,1 m³fub/ha. I utskriften vid sidan av kartan visas också specifik prognosdata för den violetta ytan på samma sätt som för uttaget. I exemplet var totala arealen 12,1 ha och prognosen för hela objektet ger: ÖH 15 m, grundyta 16,8 m²/ha och Dgv 188 mm.



Figur 9.
Illustration av hur programmet presenterar kvarvarande grundyta per beräkningsyta. I exemplet till vänster ovan presenteras data för den violetta beräkningsytan. Diagrammet i underkant visar godkänd grundyta efter gallring baserat på ÖH. Den gröna pricken visar aktuell beräkningsytas prognosvärde, i detta fall 15 m²/ha.

Gallringsstyrkan presenteras även som ett färgat kartlager där föraren kan se utfallet för varje beräkningsyta, se Figur 10.

En gallringsstyrka under 20 % markeras med orange färg, mellan 20 och 25 % med ljusgrön färg, mellan 25 % och 35 % med grön färg, mellan 35 % och 40 % med gul färg och över 40 % med röd färg.



Figur 10.
Exempel på utskrift av gallringsstyrka för olika beräkningsytor på karta. Olika färger för olika gallringsstyrka.

MASKINER I TEST

Efter utveckling av programmet och egna test på tidigare insamlade data gjordes fälttester av programmet tillsammans med olika maskintillverkare. Första steget var att maskintillverkarna gjorde simuleringstester av programmet i sina skördarsimulatorer. Efter att dessa tester gjorts, gjordes en del ändringar i datahanteringen. Ändringarna gällde främst hur beslutsstödet hämtar hpr-filer från maskinsystemen. Efter detta steg testades programmet i maskiner i fält, se Tabell 4 för en förteckning över involverade maskinsystem. I de första testerna testades att programmet fungerade tekniskt, d.v.s. att kommunikationen med styrsystemen fungerade och att programmet inte kraschade under löpande drift utan automatiskt kunde uppdatera och presentera resultat. I det tredje steget har ett antal maskinlag använt programmet och lämnat sina synpunkter på programmet som underlag för uppdateringar och vidareutveckling.

Tabell 4.
Förteckning över de maskinsystem som har testats tillsammans med maskintillverkare och företag.

Maskinsystem	Test i skördarsimulator	Praktisk test
Komatsu MaxiExplorer 3.1+	1405-1408	Holmen, Västerbotten 1408 Sveaskog, Västerbotten 1408- BillerudKorsnäs, Uppland 1408- Sveaskog, Hälsingland 1410- SCA Ångermanland 1411- Södra Skåne 1502- Södra Halland 1502-
Eco Log LogMate 500	1408-1409	Sveaskog-Östergötland 1409-
John Deere Timbermatic 1,19+	1409-1410	Sveaskog-Hälsingland 1411- Skogssällskapet Småland 1501-
Rottne Dasa Forester	1411	Sveaskog-Småland 1411
Rottne Dasa 5*		Sveaskog Småland 1411

* Dasa 5 har inte automatisk lagring utan programmet måste köras manuellt.

Resultat och Diskussion

Erfarenheterna av programmet i maskintesterna så här långt är att programmet fungerar bra tekniskt. I princip inga tekniska problem har upplevts med programmet förutom då data motsvarande 200 hektars avverkning lagrades ner och skulle analyseras vid ett tillfälle.

Tabell 5.
Resultat från intervjuer av förare.

	Maskin 1 Komatsu Billerud-Korsnäs	Maskin 2 Eco Log Sveaskog	Maskin 3 John Deere Sveaskog	Maskin 4 Komatsu SCA
Fungerar programmet allmänt (starta upp, uppdatering, ev. problem etc.).	Ja, mycket bra.	Ja, Man får inte ha för bråttom vid uppstart utan låta programmet jobba färdigt.	Ja, problem endast en gång då vi laddade in 140 000 stammar, 100 ha i dubbla uppsättningar.	Ja, mycket bra. Kan vara problem för internt program när vi lagrat för mycket filer.
Har du nytta av uppgifterna "uttag".	Intressant, inte direkt.	Nej, får tillräcklig information från apteringsprogrammet.	Bra vägledning.	Ja, mycket lärorikt för kunskapsupbyggnad och feedback.
Har du någon nytta av prognos "kvarvarande skog".	Ja, speciellt när vi byter från 1a till 2a gallring.	Ja, efteråt räcker för oss (har kört i 24 år), nybörjare kan få återkoppling under avverkning.	Ja det är det vi tittar mest på.	Ja det är viktigast och de uppgifter företaget vill ha in.
Hur ofta uppdaterar ni data.	Varje timme.		Var 5e timme.	3 gånger om dagen.
Vilken enhet använder ni (styck/ha, m ³ ub/ha, m ² /ha).	Styck/ha, (m ² /ha och m ³ fub/ha).	m ³ ub/ha	m ² /ha	m ² /ha
Hur fungerar beräkningsytorna.	Mycket bra.	Lite plottrigt när de blir många; samla de med samma ståndorter.	Vi har haft ganska stora avdelningar och då skulle de kunna vara större.	Konfunderade över dem i början men nu när vi förstår hur det fungerar (ändrar sig efter ÖH och områdestorlek) så tycker vi det är bra.
Hur fungerar areaberäkningen.	Vet ej, bra.	Bra, Överskattning om man kör vägkanter?	Verkar så vitt vi kan bedöma fungera bra.	Verkar fungera ok, har ej kontrollerat.
Gör ni gallringsuppföljning och kommer ni använda programmets data för det i stället.	Ja framförallt för gallringsuppföljning. Då kan vi bara skicka in hpr!	Ja. Nej vi avvaktar, med programmet, kommer bli bra i framtiden om ajourhållningen fungerar.	Ja, med programmet så hoppas vi kunna slippa dessa uppföljningar.	Ja vi har gjort egna uppföljningar. Nu har vi slutat och det känns väldigt bra. Det sparar oss mycket tid och vi tror det blir bättre.
Har ni gjort någon egen uppföljning? Vad gav den i så fall jämfört med programmet?	Nej	Ja, bra resultat jämfört med manuell kontroll på 2 objekt.	Ja, det verkar stämma bra, det är också våra intryck. Företaget har följt upp resultatet med bra resultat.	Ja företaget har gjort uppföljning med bra resultat på ett objekt.
Har ni testat kartor, behövs det.	Vi vill ha kartor, ja.	Nej, Inte dumt, bättre överblick.	Nej, det har vi inte testat.	Nej, det skulle vara intressant.
Något önskemål, saknas, inte fungerar.	1. Vi vill ha en karta som funkar enkelt 2. Allmänt inte för mycket siffror.	Grov tall och klen gran syntes inte på m ³ fub/ha, men kunde identifieras med ÖH-lagret. Kunde identifiera 2:a gallring med kartan Uttaget känns högt, men borde stämma eftersom arealen stämmer och skördaren mäter bra Rimliga siffror för den kvarvarande skogen.	Vi önskar nyckeltal för prognosen per trädslag. Inte till feedback i maskinen men för registeruppdatering.	Vi vill ha vägvstånd. Och stickvägsbredd automatiskt beräknat i programmet. Vad gäller stickvägsavstånd så kör laget slingerstråk som ej räknas som stickväg. Det registreras i egen GIS-programvara.

De viktigaste slutsatserna från förarintervjuerna är att förtroendet för resultatet växer ju längre de använder programmet. Flera lag har från början varit skeptiska men sedan blivit mer positiva efter att de har testat programmet.

De största nyttan är att gallringsuppföljningen som företagen kräver, nu till stora delar görs av programmet. Fortfarande behövs skador och eventuella stickvägar mätas upp manuellt men huvuddelen av den manuella uppföljningen kan rationaliseras bort. Den andra stora nyttan är återkopplingen som förarna får från den prognos som görs. Dels prognosen på vad som står kvar efter gallring och på hur stor gallringsstyrka de ligger på. Flera lag tycker också att de lär sig mer om olika nyckeltal genom att också få siffror på uttaget.

Vad gäller uppdatering av data så går det att ställa de flesta nya maskiner på 1 ggr per timme. I normalfallet så behövs inte feedbacken så ofta utan 1–2 gånger per skift räcker långt.

HANTERING AV DATA I MASKINEN

Vid utveckling av programmet har anpassning till praktiska situationer vid en normal avverkning tagit en stor del av utvecklingstiden. Jämfört med att göra tester på en avgränsad avdelning på 1 hektar, krävs betydligt mer av ett program som ska fungera i praktiska situationer.

Några exempel som ska hanteras är att:

- Man kör i olika avdelningar samtidigt, antingen in och ut i en avdelning eller att två olika förare kör i olika avdelningar.
- En avdelning kan bestå av några hektar blandskog och några hektar med endast ett trädslag. I vissa kuperade områden kan också höjd och täthet i skogen variera mycket.
- Vissa avverkningar består av en del förstagallring och en del andra- eller tredjegallring.

Maskinen presenterar resultat från den senaste inlästa hpr-filen. Detta innebär att förarna endast behöver starta programmet i maskinen. Så fort data sparas så görs en automatisk uppdatering. I testerna har maskiner som automatiskt kan lagra hpr-filer används. I de olika maskinerna har olika inställningar använts med lagring en gång varje timme till en gång var fjärde timme. Förarnas generella slutsats är att datahanteringen fungerar i de olika maskinerna.

Enligt förarna har datahanteringen fungerat alldeles utmärkt i de flesta situationer. De enda problemen har varit när man rapporterat samma data vid flera tillfällen i maskinen. I dag sker ingen dubblett-kontroll då det kan påverka minnesåtgången och därigenom apteringsdatorns prestanda, vilket har försökt att undvikas.

INDELNING I MINDRE OMRÅDEN OCH AREALBERÄKNING

För att hantera problem då olika delar ofta betyder olika typer av gallring och gallringsmodellen är beroende av att känna till objektets ÖH och diameterfördelning på uttaget, så utvecklades indelningen av beräkningsytorna. I stort verkar denna modell med uppdelning i delområden och i beräkningsytor med en maxytstorlek på 1–2 ha fungera genom att programmet kommer att göra delningar baserat på ÖH. Genom att inte göra större ytor än 1–2 hektar kommer även olika trädslagsfördelningar och olika DBH i olika delar kunna hanteras separat. Om man slog ihop olika delar till större enheter skulle det vara risk att programmet gallrar bort de minsta träden i högre utsträckning.

Vad gäller arealen upplevs det ibland att den inte stämmer överens med beståndsdata. Orsaken kan ofta vara att inte hela arealen har avverkats, se Figur 11, i många fall på grund av småimpediment som från början ingått i beståndsarealen. Det kan också vara en bit som inte gallrats på grund av att skogen är gles. Detta är givetvis ett problem då arealen är grund för de flesta beståndsregister och t.ex. grundyta eller volym per hektar.

En viktig iakttagelse är att uttag och prognos kan beskrivas på avverkad/ behandlad areal men inte på obehandlad areal. Gallringsuppföljningen gäller alltså bara de avverkade delarna!



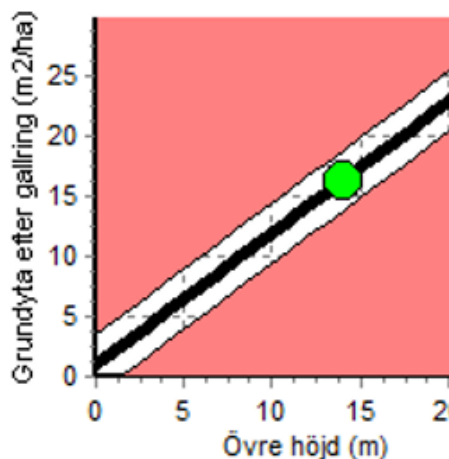
Figur 11.
Exempel på ett objekt med områden inne i objektet som ej gallrats.
Ofta impediment eller glesa områden som ej behöver gallras.

Angående beräkningsytor så anser förarna att maskinen nästan alltid skapar gränser som harmoniserar med faktiska beståndsgränser. Vissa förare tycker dock att det ibland blir för många små beräkningsytor i stället för färre större. Vissa önskar också att de bör harmonisera med avdelningsgränser enligt registret. Flera har också, när de vet hur beräkningsytor fungerar, uttryckt att beräkningsytorna fungerar bra.

Arealen stämmer inte alltid med planunderlaget; ofta är maskinens areal mindre. Orsak är att man ofta inte gallrar hela objektet. Generellt så är uppfattningen att arealen stämmer bra.

NYCKELTAL

Olika företag arbetar med olika enheter (styck, m^2/ha eller $\text{m}^3\text{fub}/\text{ha}$) i gallringen. Maskinlagen är främst intresserade av prognosen på den skog som står kvar efter gallring. En figur liknande den som visar prognostiserad grunddyta efter gallring är av intresse för att visa om man ligger inom tillåtet intervall. För bästa resultat bör kanske figuren konstrueras så att företagen själva ska kunna sätta vilken grunddyta efter gallring som önskas utifrån ÖH och ålder.



Figur 12.
Exempel på figur med prognos på grunddyta efter gallring.

Vilka nyckeltal som är lämpliga för skördarförarna att ta stöd i vid gallring får vidare tester utvisa. Om prognostiserad grunddyta/volym efter gallring eller uttagsandel är lämpliga och pålitliga styrparametrar eller om några andra nyckeltal är de viktigaste.

Generellt så tycker förarna att grunddyta/ styck/volym efter gallring är de intressantaste styrparametern. Den vanligaste enheten m^2/ha . Även gallringsstyrkan tycker många är intressant att följa. De flesta ser, liksom vi, programmet som ett beslutsstöd som talar om hur mycket man plockat ut och gör en prognos på vad som står kvar. Alla dessa data skapar kunskaper.

ÖNSKEMÅL OM FORTSATT UTVECKLING AV PROGRAMMET

Vid intervjuer med förare och de som jobbar med återföring av data till register så har ett antal önskemål kommit fram som specificeras nedan.

1) Nyckeltal gallring

- a. Automatisk beräkning av gallringskvot (kräver kranvinkelregistrering).
- b. Automatisk beräkning av stickvägsandel (kräver kranvinkelregistrering).
- c. Automatisk beräkning av stickvägsavstånd.
- d. Prognos nyckeltal uppdelade på trädslag.

2) Gallringsfunktioner

- a. Möjlighet att importera shape-skikt med t.ex. laserdata för att beskriva objektet före gallring (grundyta i t.ex. 15 × 15 meters ytor).
- b. Möjlighet att beskriva kvarvarande skog baserat på uttag och laserdata/inventeringsdata.
- c. Möjlighet att sätta SI eller ålder för att få fram ståndortsindex och i maskinen kunna beräkna enligt gallringsmallarna önskad grundyta efter gallring som riktlinje vid gallring. Kanske det i en framtid ska kunna vara möjligt att skicka ett åldersskikt i form av en shapefil och även ha en tabell med vilka grundyteintervall som ska gälla vid olika SI och Övre höjd.

3) Datahantering

- a. Kunna välja att göra en uppföljning per delobject (avdelning). Areal och behandlingsenhet.
- b. Kontroll för att analysera data med avseende på dubletter eller saknade stammar.

4) Övrigt

- a. Automatzoomning av karta till plats för senaste lagrade data
- b. Kunna exportera resultatet i ett standardiserat format för vidare export till planer och register (Forestand) och som shape-skikt.
- c. Utveckla kvalitetssäkringsrutin kopplat till skördardata. Hur kan man kontrollera att metoden fungerar? Metod med t.ex. slumpade mätningar av stickvägsbredd, skador mm 1 gång per skift. Signal ges i datorn och då ska föraren mäta stickvägsbredden 10 meter bakom maskinen enligt en definierad modell och skador +/- × meter. Koordinaten ska dokumenteras i systemet.

SLUTSATSER

Generellt fungerar programmet bra och att använda standardiserad data enligt StanForD 2010 direkt i maskinen skapar många möjligheter. Följande slutsatser kan dras:

1. Metoden att använda standardiserad data för automatisk gallringsuppföljning direkt i maskinen fungerar bra.
2. Tekniskt fungerar programmet i nya styrsystem från John Deere, Komatsu, Dasa och Log Max som hanterar StanForD 2010-filer.
3. Beslutsstödet ger värdefull information, vägledning till förarna genom att öka deras kunskaper om gallringsuttaget och kvarvarande skog. Direkt feedback till skördarförarna upplevs som positivt.
4. Beslutsstödet innebär att förarnas uppföljningsarbete kan rationaliseras genom att skördardata till stor del kan användas i stället för manuellt insamlade data. Metoden spar både tid och ökar, enligt de flesta förare, kvaliteten på uppföljningen.
5. Förarna ser gärna att företagen bygger in analysverktyget i det mottagande systemet så att de bara behöver sända in standardiserade skördardata. Datainsändningen görs till stora delar redan i dag.
6. Programmet kan implementeras som det fungerar i dag. Vår uppfattning är att man använder befintligt program, hprGallring, från Skogforsk under ca 1–2 år. Efter denna period så uppdateras prototyp-programmet och man fattar beslut om hur man vill gå vidare. Ska programmet leva vidare, ska det integreras i företagens egna GIS-system eller övertas av en eller flera kommersiella aktörer.

Ett viktigt påpekande är också att om data från maskinerna ska användas för automatisk gallringsuppföljningen så bör mätningen av längd- och diameter vara kvalitetssäkrad.

Referenser

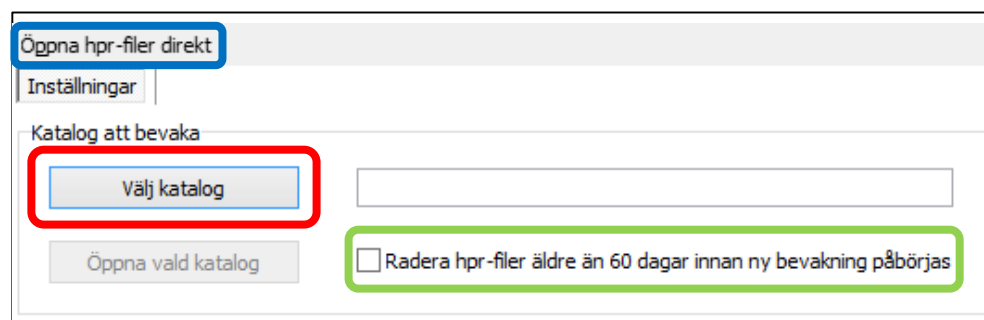
- Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogsmaskiner. – StanForD 2010. – Modern communication with forest machines. Arbetsrapport 784, Skogforsk. 16 s.
- Bhuiyan, N., Möller, J.J. & Hannrup, B. 2015. Automatisk gallringsuppföljning –arealberäkning och identifiering av stickvägsträd utifrån registrering av skördarens kranvinkel. Opublicerad Arbetsrapport XXX, Skogforsk. 39 s.
- Bylund, A. 2008. En analys av SCA Skog AB:s metod för egenuppföljning av gallring. Examensarbete vid Inst. för skogens ekologi och skötsel. SLU Umeå. 58 s.
- Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk. 39 s.
- Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 857, Skogforsk. 48 s.
- Möller, J.J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 756, Skogforsk. 56 s.
- Larsson, W., Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Arlinger, J., 2014. Modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata hprCM version 1.0 – Harvested Production Calculation Module baserad på StanForD 2010 version 2.0. Opublicerat dokument Skogforsk.
- Lindström, F. & Olbers, A. 2009. Analys av linjetaxering i samband med gallringsinventering med avseende på kvalitet. Examensarbete vid Skogsmästarprogrammet. SLU Skinnskatteberg. 41 s.

Uppstart av programmet och bevakning av objekt

Katalog att bevakas

Huvudprincipen för programmet är att en katalog bevakas kontinuerligt för nya hpr-filer som därefter kan tas med i analyserna. Första gången programmet startas får man ange sökvägen till den katalog som ska bevakas. För varje gång programmet startas kommer det upp en fråga om man vill fortsätta bevakas tidigare vald katalog (som programmet kommer ihåg). Anledningen till den frågan är att programmet även kan användas så att hpr-filer tas in via en dialogruta, och då belastas inte datorn med det merarbete som bevakningen ger genom att neka bevakning.

Programmets delar är åtskilda med flikar. Då programmet startas finns endast fliken inställningar som visas i Figur 1. En knapp för att börja välja katalog att bevakas är inringat i rött och en knapp för att öppna hpr-filer direkt via dialogruta är inringat i blått. För att inte mängden filer in till analyserna ska bli så stora kan programmet automatiskt radera gamla filer (kryssruta inringat i grönt). Motivet till att den inställningen finns är att belastningen på CPU och hårddisk minskar med minskat antal filer att analysera samtidigt som bedömningen är att det sällan bör vara intressant att studera delar av objekt som ligger så pass långt tillbaka i tiden.



Figur 1.
Illustration av de första kontrollerna under fliken "Inställningar" som föraren möter efter uppstart av programmet.

När en bevakning startas, ändras programmets ikon från grått till grönt för att markera att bevakning sker. Vid programstart behöver föraren endast bekräfta att den senast bevakade katalogen ska fortsätta bevakas och därefter är det inte nödvändigt att föraren gör något mer. Det finns dock ett antal valfria kontroller, se Figur 2.

Sortering i kataloger

När en katalog är vald letar programmet efter hpr-filer, bearbetar påträffade filer med hprCM, flyttar dem till kataloger som skapas utifrån virkesordernummer och uppdaterar analyser automatiskt om det är aktuellt. Hur ofta den aktuella katalogen genomsöks är ställbart. I Figur 2 visas de kontroller som styr hur ofta sortering i kataloger sker och hur ofta analyser uppdateras.

Figur 2.
Kontroller som styr hur ofta sortering i kataloger och uppdatering av analyser sker.

Sortering i kataloger kan antingen ske kontinuerligt, enligt ett visst tidsintervall eller manuellt via en knapptryckning. Uppdatering av analyser kan antingen ske efter att sortering i kataloger är utförd, enligt ett visst tidsintervall eller manuellt med en knapptryckning. Förvalda inställningar är att sortering i kataloger och uppdatering av analyser sker kontinuerligt, d.v.s. apteringsdatorns rapportintervall för hpr-generering avgör hur ofta dessa rutiner ger resultat.

När en bevakning startas, aktiveras även en timer som var tionde sekund anropar en rutin som gör följande:

- Om "automatiskt" är valt för sortering i kataloger eller om tiden sedan senaste sortering i kataloger överskrider valt sorteringsintervall anropas rutinen för sortering i kataloger.
- Om analys i intervaller är vald och tiden sedan senaste uppdatering av analyser överskrider valt analysintervall anropas rutinen för uppdatering av analyser.

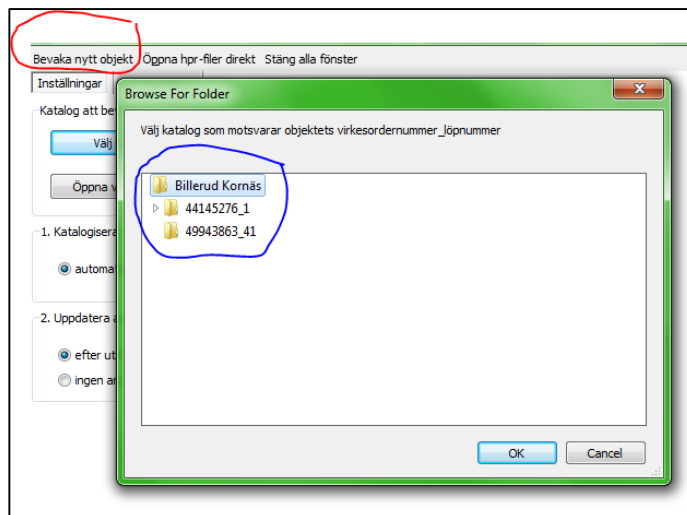
Rutinen för sortering i kataloger arbetar enligt följande steg:

- Hitta första hpr-filen i katalogen.
- Om minst en stam finns i filen: läs av objektsnummer (ObjectKey enligt StanForD 2010) som alltid finns i filen och även virkesordernummer (ContractNumber enligt StanForD 2010) om det finns ifyllt.
- Fortsätt med nedanstående steg om objektsidentiteter har lästs in från filen. Annars hoppas denna fil över.
- Finns en underkatalog med namnet "ObjectKey" (för objekt som inte har virkesordernummer ifyllt vid start) eller virkesordernummer ObjectKey"?
 - Om inte, skapa en ny underkatalog märkt med objektsidentiteterna.
- Flytta filen till underkatalogen i föregående steg.
- Bearbeta filen med hprCM och lägg till "_hprCM" sist i filnamnet.
- Jämför filens objektnummer med en lista över aktiva objekt som bevakas. Finns objektnumret med läggs filen till i det matchande objektets lista över hpr-filer att läsa in. Om aktuell ObjectKey inte påträffas startas en ny analys för aktuell ObjectKey märkt med virkesordernummer (så att föraren kan identifiera det).
- Börja från första punkten för nästa hpr-fil.

Ovanstående sats upprepas så länge programmet hittar nya hpr-filer i huvudkatalogen. När sorteringen i kataloger är slutförd uppdateras tidsstämpeln för senast utförda sortering i kataloger. Om inställningen för analys är ställd på "automatiskt" anropas rutinen för uppdatering av analyser.

Bevakning av objekt

Principen är att en ny analys påbörjas efter att hpr-filerna har bearbetats och sorterats i underkataloger efter virkesordernummer. Även om föraren aktivt inte behöver göra något mer när en bevakning är aktiv eftersom analyser då startas så fort nya produktionsfiler lagras, finns det en knapp för att manuellt starta en analys för virkesordernummer som det sedan tidigare finns produktionsfiler från. Figur 3 visar den dialogruta som visas för val av virkesordernummer att bevakas efter klick på denna knapp.



Figur 3.

Efter start av programmet och val av vilken katalog som ska bevakas, kan en analys påbörjas manuellt med knappen *Bevaka nytt objekt*. Om inget objekt väljs kommer programmet automatiskt att skapa en ny analys i samband med att en hpr-fil innehållande stamdata sparas.

När en bevakning av ett nytt objekt påbörjas, skapas en ny flik i programmet för varje ny bevakning. Varje flik är märkt med "virkesordernummer ObjectKey" alternativt "ObjectKey" ifall virkesordernummer saknas. Dessutom förs ObjectKey in i listan över aktiva objekt som bevakas.

Rutinen för start av ny analys arbetar enligt följande steg:

- Hitta första hpr-filen i den underkatalog som matchar ObjectKey.
- Om inte kryssrutan för att radera gamla filer är ikryssad läggs filen till i listan över filer som ska läsas in för det aktuella objektet.
 - Annars undersöks hur gammal filen är.
 - Är den äldre än 60 dagar raderas filen
 - Är den nyare än så läggs den till i listan över filer som ska läsas in.
- Börja från första punkten för nästa hpr-fil så länge det finns en nästa fil. Annars följer punkten nedan.
- Rutin för att läsa in filer anropas.

Rutinen för uppdatering av analyser arbetar enligt följande steg:

- För varje objekt som bevakas: finns det några nya hpr-filer att läsa in?
 - Om ja, anropa rutin för att läsa in filer.
- Uppdatera tidsstämpeln för senast utförda analys.

Rutinen för inläsning av filer arbetar enligt följande steg:

- För varje hpr-fil i listan över filer som ska läsas in:
 - Om antalet trädslag för objektet är mindre än antalet trädslag i hpr-filen:
 - Läs in/ersätt objektets trädslagslista från filen.
 - Identifiera tall och gran.
 - Förbered inläsning av data från hprCM.
 - Om stammar finns: anropa rutin för inläsning av stamdata.
- Om minst en hpr-fil finns i listan över filer att läsas in: anropa rutin för presentation av nya data i analysen.

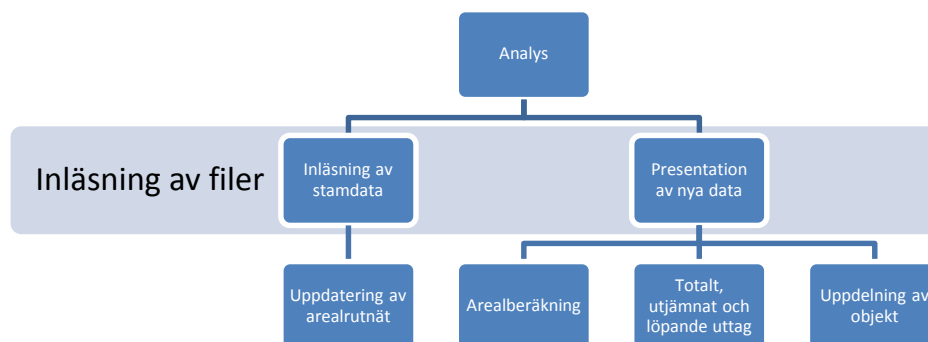
Rutinen för inläsning av stamdata arbetar enligt följande steg:

- Läs in stamdata inklusive data från hprCM för upparbetade stammar.
- Beräkna koordinater för stammarnas position utifrån basmaskinens koordinater och färdväg enligt Bhuiyan m.fl. 2015.
- Anropa rutin för uppdatering av arealrutnätet (beskrivs i Bilaga 2).

Rutinen för presentation av nya data i analysen arbetar enligt följande steg:

- Om minst en stam finns inläst:
 - Nollställ listan över filer att läsas in.
 - Anropa rutin för arealberäkning enligt Bhuiyan m.fl. 2015.
 - Anropa rutin för summering av total och beräkning av utjämnat och löpande uttag (beskrivs i Bilaga 3).
 - Om trädhöjder har beräknats av hprCM: anropa rutin för uppdelning av objekt (beskrivs i Bilaga 2).

I Figur 4 illustreras en skiss över de rutiner som anropas vid uppstart eller uppdatering av en analys.



Figur 4.
Skiss av de rutiner som anropas i samband med start/uppdatering av analys.

Koordinatsystem, kartbild och objektsgränser

Ett önskemål var att det ska vara möjligt att läsa in en kartbild som bakgrunds- bild i programmet och även objektsgränser i fall de finns. Dessa två har van- ligen sina koordinater angivna i koordinatsystemet RT 90 eller SWEREF 99 TM, och programmet har utvecklats så att båda koordinatsystemen stöds.

Figur 5 visar kontroller för val av koordinatsystem.

Figur 5.
Kontroller för val av vilket koordinatsystem som används. Valet måste vara gjort innan en analys påbörjas och kan inte ändras under analysens gång.

Val av vilket koordinatsystem som ska användas i analyserna måste göras innan en viss analys påbörjas och kan inte ändras under analysens gång. Har man där- emot stängt ner en analys, går det att göra ett omval innan analysen återupptas. Det finns dock ett undantag som beskrivs nedan.

För att få ner antalet steg till uppstart av ny analys tillfrågas inte föraren om kartbakgrund och objektsgränser utan dessa kan läggas till manuellt för på- börjad analys med de knappar som visas i Figur 6. Programmet kommer där- emot ihåg val av kartbild och objektsgränser så att dessa finns med varje gång tillhörande analys startas.

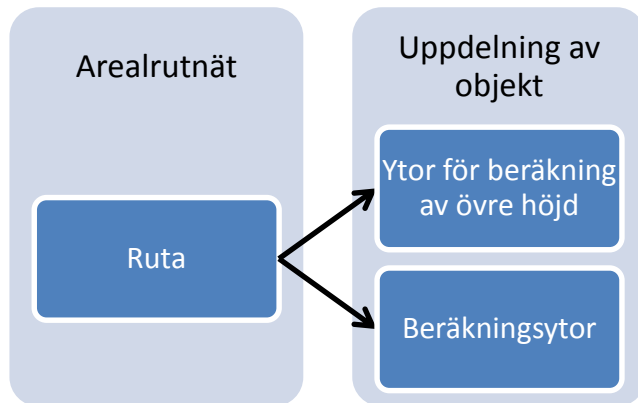


Figur 6.
Knappar för att manuellt välja kartbild respektive objektsgränser.

Programmet stödjer kartbilder i jpeg-format och objektsgränser i shp-format, så kallade shapefiler. Jpeg-bilden behöver åtföljas av en tillhörande jgw-fil för georeferering. Då programmet minns vilken jpeg-bild och vilken shapefil som har valts för ett visst objekt och dessa filer håller koordinater i antingen RT 90 eller SWEREF 99 TM, låses valet av koordinatsystemet vid omstart och omval kan inte göras. Kartbild och objektsgränser kan ersättas med andra filer som har koordinater lagrade i samma koordinatsystem, men för att bli av med kart-bilden och objektsgränserna måste en textfil raderas för respektive val från den katalog som är märkt med objektets virkesordernummer.

Hantering av områden

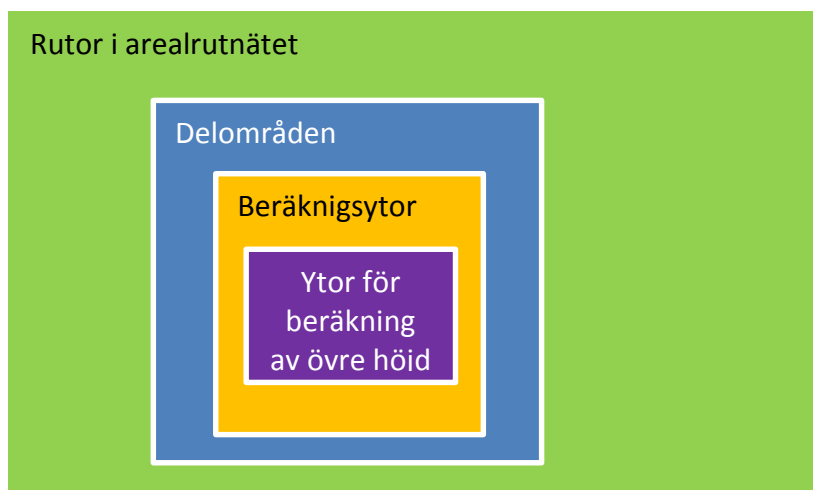
Programmet håller data för fyra olika sorters arealindelningar: ett rutnät där arealberäkning och summering av uttag sker, en struktur som håller objektets skilda delområden, strukturer för datalagring i samband med beräkning av övre höjd och strukturer för lagring av data för beräkningsytor. I Figur 1 illustreras vilken relation dessa strukturer har till varandra.



Figur 1.

Illustration av relationen mellan olika strukturer för att hantera områden i programmet.

Huvudstrukturer för att lagra objektets områden är arealrutenätet och strukturen som hanterar uppdelning av objektet. Under den sistnämnda finns två separata strukturer för beräkning av övre höjd respektive datalagring för beräkningsytor. Varje ruta i arealrutenätet har en pekare till varje delstruktur under strukturen som hanterar uppdelning av objektet. I Figur 2 illustreras den visuella framställningen av dessa strukturer mot användaren av programmet.



Figur 2.

Illustration av hur olika strukturer för att hantera områden framställs visuellt i programmet.

Beräkningsytor består av ett antal ytor för beräkning av övre höjd som i sin tur består av ett antal rutor i arealrutenätet.

Arealrutnät

Utöver underlag för arealberäkning håller arealrutnätet de data som summeras efter behov för att få fram många av programmets nyckeltal. I de fall analyser sker på större ytor, består de ytorna av en andel av arealrutnätets rutor; de större rutorna delas alltid mellan hela rutor i arealrutnätet. För varje kvadratisk ruta kan det finnas koppling till en yta för beräkning av övre höjd och till en beräkningsyta. Arealrutnätet växer dynamiskt. Hur detta sker och hur arealberäkning samt ifyllnad av avverkade kvantiteter görs beskrivs i Bhuiyan m.fl. 2015.

Rutinen för uppdatering av arealrutnätet arbetar enligt följande steg:

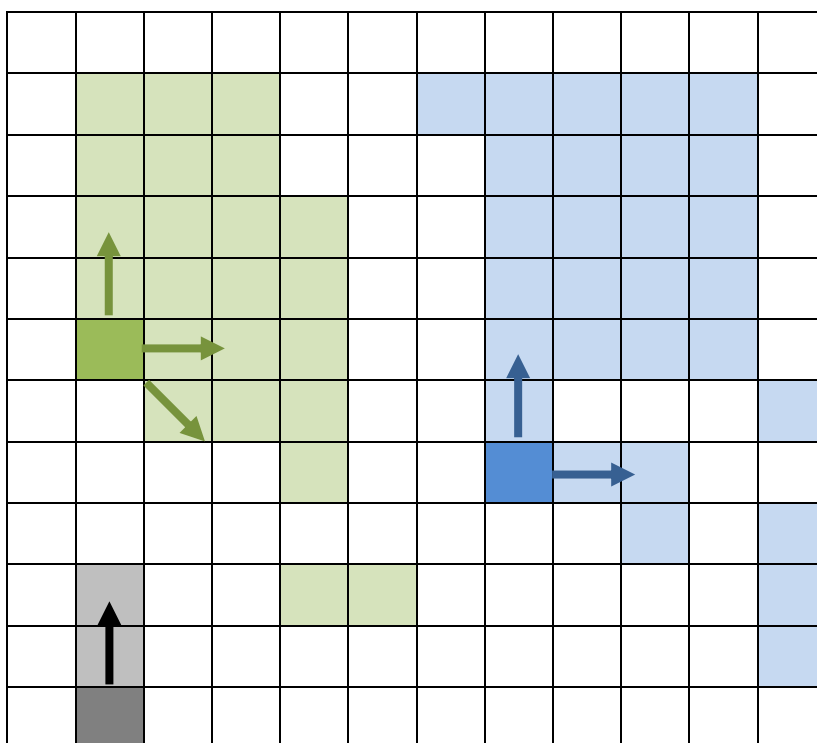
- Finns ett rutnät sedan tidigare?
 - Om ja:
 - Undersök i vilka riktningar rutnätet har vuxit.
 - Behöver rutnätet växa med minst en hel ruta i någon riktning ökas arealrutnätets dimensioner.
 - Uppdatera arealrutnätets gränser till de nya ytterpositionerna.
 - Om arealrutnätet har vuxit åt väster eller söder, förskjuts tidigare inlagda data i rutnätet till deras nya positioner. (Detta steg krävs för att den matris som håller arealrutnätet normalt växer åt norr och öster.)
 - Nyinkomna stammars antal, volym och grundyta lagras i rutnätet med koordinater antingen enligt basmaskinens eller aggregatets position beroende på val i användargränssnittet.
 - Om nej (antingen vid nystart eller efter nollställning av rutnät):
 - Sätt arealrutnätets gränser, beräkna hur många hela kvadrater som krävs för att täcka objektet och tillsätt en matris enligt dimensionerna för arealrutnätet.
 - Om arealrutnätet består av minst en ruta.
- Tillgängliga stammars antal, volym och grundyta lagras i rutnätet med koordinater antingen enligt basmaskinens eller aggregatets position beroende på val i användargränssnittet.

Uppdelning av objekt

Rutinen för uppdelning av objektet skapar en struktur som håller objektets avskilda delområden och arbetar enligt följande steg:

- Nollställ eventuell tidigare uppdelning av objektet.
- För varje ruta i arealrutnätet med areal skilt från noll och som inte redan tillhör ett delområde.
 - Inled nytt delområde.
 - Räkna upp areal och stamantal för delområdet.
 - Uppdatera delområdets gränser.
 - Sprid delområde genom att ange aktuellt delområde för de rutor med nollskild areal och ej tilldelat delområde som kan nå i ett 5×5 rutnät runt den aktuella rutan. Detta görs rekursivt och det aktuella delområdets areal och stamantal räknas upp allteftersom.

Eftersom ovanstående algoritm är rekursiv inleds endast nya delområden för rutor som ligger mer än en ruta bort från ett visst delområde. Att algoritmen är rekursiv innebär också att när ett delområde har inletts, identifieras alla rutor som tillhör det delområdet innan nästa område behandlas. Figur 3 förtydligar arbetssättet.



Figur 3.
Illustration av ett tänkt rutnät där två delområden och ett mindre isolerat område identifieras.

Beräkning av övre höjd och indelning i beräkningsytor

Beräkningen av övre höjd tar vid efter att uppdelningen av objektet är klart och förbereds enligt följande steg:

- För varje delområde:
 - Om areal större än minsta prognosareal (ställbart) och stamantalet är minst 100:
 - Sätt flagga för att prognoser görs på detta delområde.
 - Om stamantalet dividerat med två fortfarande överstiger 100.
 - Dela upp området rekursivt i längsta led enligt referens till (Larsson m.fl. 2014).

När ovanstående algoritm har fått verka på varje delområde, har mindre ytor innehållande minst 100 stammar i varje yta skapats för varje delområde. Det är på dessa ytor beräkningen av övre höjd sker och beräkningsytorna skapas senare av dessa ytor utifrån mönster i övre höjd bland dessa ytor.

Rutinen för beräkning av övre höjd och indelning i beräkningsytor arbetar enligt följande steg:

- För varje stam som har koordinater och topp beräknad av hprCM:
 - Hitta aktuell ruta i arealrutnätet.
 - Lägg till stammens höjd och volym i den yta för beräkning av övre höjd som rutan pekar på.
- För varje delområde som har minst en yta för beräkning av övre höjd:
 - För varje yta för beräkning av övre höjd:
 - Sortera höjderna.
 - Välj övre höjden som höjden vid den 90:e percentilen.
 - För varje yta för beräkning av övre höjd:
 - Om ytan själv överskrider prognosarealen skapas en beräkningsyta för ytan.
 - Om ytan redan tillhör en beräkningsyta undviks nedanstående steg.
 - För varje angränsande yta där övre höjden skiljer högst en meter:
- Om ingen av ytorna tillhör en beräkningsyta skapas en ny gemensam beräkningsyta.

- Om den aktuella ytan inte tillhör någon beräkningsyta men den angränsande ytan tillhör en beräkningsyta som inte har nått upp till prognosarealen, tas aktuell yta med i beräkningsytan.
- Om den aktuella ytan tillhör en beräkningsyta och den angränsande ytan inte tillhör en beräkningsyta delas den beräkningsytan med den angränsande ytan.
- Om den aktuella ytan tillhör en beräkningsyta och den angränsande ytan tillhör en beräkningsyta som inte når upp till prognosarealen, slås beräkningsytorna ihop till en beräkningsyta.
 - För varje yta för beräkning av övre höjd som inte tillhör en beräkningsyta:
 - Hitta den beräkningsyta bland de beräkningsytor som angränsande ytor tillhör som ligger närmast i övre höjd. Vid lika övre höjd för flera beräkningsytor väljs den beräkningsyta med minsta arealen. (Denna sats ger små beräkningsytor en chans att växa.)
 - Lägg till aktuell yta till den bäst matchande beräkningsytan.
 - Skapa en lista med alla ytor för beräkning av övre höjd som antingen inte tillhör en beräkningsyta eller som tillhör en beräkningsyta med areal understigande prognosarealen.
 - Skapa en beräkningsyta för de delområden som inte har någon beräkningsyta (t.ex. när övre höjden har skilt så mycket mellan ytor för beräkning av övre höjd att inga beräkningsytor har skapats).
 - Upprepa för varje yta för beräkning av övre höjd så länge listan med ytor att bearbeta inte är tom:
 - Hitta den beräkningsyta bland de beräkningsytor som angränsande ytor tillhör som ligger närmast i övre höjd. Vid lika övre höjd för flera beräkningsytor väljs den beräkningsyta med minsta arealen. (Denna del slår ihop små beräkningsytor som tidigare inte har lyckats bygga upp tillräckligt stor areal.)
 - Byt beräkningsyta för aktuell yta till den bäst matchande beräkningsytan och nollställ arealen för den tidigare beräkningsytan.
 - Ta bort aktuell yta från listan med ytor att bearbeta.

- Skapa en lista med alla ytor för beräkning av övre höjd som antingen inte tillhör en beräkningsyta eller som tillhör en beräkningsyta med areal understigande prognosarealen. (Syftet denna gång är att eliminera alla små beräkningsytor som även efter föregående steg inte har lyckats nå upp till prognosarealen.)
- Upprepa för varje yta för beräkning av övre höjd så länge listan med ytor att bearbeta inte är tom:
 - Hitta den beräkningsyta bland de beräkningsytor som angränsande ytor tillhör som ligger närmast i övre höjd. Leta endast efter beräkningsytor med areal överstigande prognosarealen. Vid lika övre höjd för flera beräkningsytor väljs den beräkningsyta med minsta arealen. (Denna del slår ihop små beräkningsytor som tidigare inte har lyckats bygga upp tillräckligt stor areal med beräkningsytor som har nått upp till prognosarealen.)
 - Byt beräkningsyta för aktuell yta till den bäst matchande beräkningsytan och nollställ arealen för den tidigare beräkningsytan.
 - Ta bort aktuell yta från listan med ytor att bearbeta.

När rutinen för uppdelning av objektet med tillhörande beräkning av övre höjd och indelning i beräkningsytor är avklarad, anropas rutin för prognos på kvarvarande skog. Programmet arbetsgång illustreras av Figur 4.



Figur 4.

Illustration av programmet arbetsgång fram till rutinen för prognos på kvarvarande skog.

Summering av uttag

Uttaget summeras i arealrutnätet i samband med att nya data presenteras i analysen. Uttaget summeras även för beräkningsytor, men det sker i samband med att prognoser på kvarvarande skog görs.

Uttag totalt

Totalen summeras enligt följande steg:

- För varje ruta i arealrutnätet:
 - Lägg till aktuell rutas arealbidrag, stamantal, grundyta och volym till totalen.
- Beräkna areal per hektar och avrunda innan ett eventuellt arealrelaterat nyckeltal presenteras enligt val.

Uttag för rutor i arealrutnätet

Uttaget **för rutor i arealrutnätet** presenteras enligt följande steg:

- För varje ruta i arealrutnätet med areal större än noll:
 - Presentera det nyckeltal som efterfrågas. Arealrelaterade nyckeltal divideras med den egna rutans areal.

Utgjämnat uttag för rutor i arealrutnätet

Det utgjmnade uttaget **för rutor i arealrutnätet** presenteras enligt följande steg:

- För varje ruta i arealrutnätet med areal större än noll:
 - Räkna upp antal och areal för angränsande grannar som har areal större än noll.
 - Räkna upp det efterfrågade nyckeltalet för alla ovanstående rutor inklusive sig själv.
 - Dividera den summerade nyckeltalssiffran antingen med antalet grannar eller med den areal som har summerats i föregående steg om nyckeltalet är arealbaserat.

Löpande uttag för skördarens uppställningsplats

Det löpande uttaget behöver baseras på en minsta tillåten areal för att minska inverkan från osäkerhet kring skördarens positionering. Det löpande uttaget beräknas i ett område med skördarens aktuella position som mittpunkt med en radie som växer tills arealkravet uppnås. Radien behöver dock begränsas för att inte fånga upp arealbidrag från avlägsna delar som inte är aktuellt att ta med i ett löpande uttag (t.ex. för långsmala stråk). Det löpande uttaget ska ju avspegla hur avverkningen ser ut i skördarens närområde.

Det löpande uttaget tas fram enligt följande steg:

- Utgå från en radie om en rutas längd (motsvarar ett område med formen av 3×3 rutor).
- Är den enskilda rutan större än arealkravet (orimligt med nuvarande inställningar men finns för säkerhets skull)?
 - Om ja, summera och presentera efterfrågat nyckeltal.
 - Om nej:
 - Öka områdets radie så länge aktuell områdes diameter underskrider gränsen för hur stort området får vara och områdets areal fortfarande understiger arealkravet. (Områdets diameter beräknas ej utan uppskattas som möjlig maximal diameter baserat på radien och följer mönstret 3×3 , 5×5 , 7×7 etc. för att aktuell ruta ska vara mittpunkten.)
 - Om områdets diameter underskrider den största tillåtna diametern, summera och presentera efterfrågat nyckeltal.

Uttag för beräkningsytor

Uttaget summeras även för beräkningsytor så att samma kontroller för att växla nyckeltal kan användas för både rutor i arealrutnätet och beräkningsytor. Denna summering sker som en följd av att gallringsalgoritmen baseras på data om de uttagen träden (Bhuiyan m.fl., 2015)

Prognos på kvarvarande skog

Prognos på kvarvarande skog för varje beräkningsyta görs enligt den algoritm som beskrivs i tidigare studie (Möller m.fl., 2011). Resultatet från prognoserna skrivs ut med siffror och färgmarkeringar dels direkt på kartan och dels i textfält vid sidan av kartan.

Utskrifter på karta

Uttagen och kvarvarande stamantal, grundyta och volym skrivs ut direkt på kartan för varje beräkningsyta. De delar av objektet som inte når upp till prognosarealen är endast gråmarkerade och saknar textutskrifter, medan beräkningsytorna färgas med pastellfärger för att de ska kunna urskiljas från varandra. I programmet finns ett kartlager som redovisar gallringsstyrkan för varje beräkningsyta.

Nyckeltal för enskilda beräkningsytor

I programmet är det även möjligt för användaren att klicka på en beräkningsyta och få en textutskrift vid sidan av kartan som beskriver beräkningsytan. Liksom utskrifterna på kartan kan användaren med samma kontroller växla mellan beskrivning av uttag eller kvarvarande skog för beräkningsytan. Utöver textutskriften presenteras även ett diagram för hur den kvarvarande grundytan efter gallring blev.

Egen grundyta före gallring

Programmet kan förbise resultaten från gallringsalgoritmen och ta emot en inmatad grundyta före gallring och beräkna grundyta efter gallring utifrån uttag och inmatad grundyta före gallring.

Total prognos för objektet

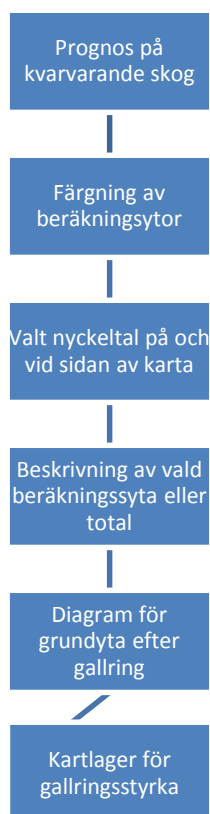
Programmet kan även beräkna en total prognos för objektet. Endast de delområden som har beräkningsytor bidrar till nyckeltalen för totalen. I programmet går det att växla mellan gallringsalgoritm eller sammanvägning som grund för presentation av total prognos för objektet.

Sammanvägning av resultat från beräkningsytor för presentation av total prognos fungerar enligt följande steg:

- För objektets alla delområden som det finns beräkningsytor för:
 - För områdets alla beräkningsytor med areal större än noll:
 - Addera beräkningsytans areal till totalen.
 - Om egen grundyta före gallring är vald:
- Addera beräkningsytans kvarvarande grundyta till totalen genom att subtrahera uttagen grundyta från inställd grundyta före gallring.
 - Om resultat från gallringsalgoritmen ska användas och algoritmen har lyckats få fram en prognos (indikeras med en flagga):
- Addera beräkningsytans kvarvarande grundyta, dgk och hgk till totalen.
- Grundyta före gallring sätts antingen från inmatning om egen grundyta före gallring är ifylld, eller från summering av uttagen grundyta och beräknad grundyta efter gallring.

Arbetsgång vid presentation av kvarvarande skog

De steg som programmet arbetar enligt då det presenterar resultat för kvarvarande skog för beräkningsytor och totalt för objektet illustreras i Figur 1.



Figur 1.
Programmets arbetsgång vid presentation av prognos på kvarvarande skog.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2014

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. – Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2014. Lastindikatorer och lastbärrarvågar. 12 s. – Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning. 15 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013. – Regeneration of Norway spruce under shelterwood: Comparison of two types of thinning at the preparatory felling. 48 s.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27. – Measurement of mental workload-A method study. 31 s.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis. – Destination and location exchange will reduce transportation distance. 11 s.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden. – Utvärdering av skattningar för enskilda träd baserade på markbaserad laserskanning i Sverige. 32 s.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. – Effect of application of wood ash on tree growth and nutrient status-Revision of six field experiments 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden. s. 114.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.

Nr	832	Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. – Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.
Nr	833	Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
Nr	834	Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
Nr	835	Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400. – Chipping of stem wood and partly delimbed energy wood using a large drum chipper, CBI 6400, at a terminal. 12 s.
Nr	836	Johansson, F., Grönlund, Ö., Von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
Nr	837	Rytter, L. 2014. Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion. – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
Nr	838	Skutin, S.-G., Mörk, A., Jönsson, P. & Jonsson, R. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling. – Harwarder with automatic loading and new method of working. 19 s.
Nr	839	Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. s. 8.
Nr	840	Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag. – Weight study Part 2. Weighing for transport remuneration.
Nr	841	Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. – Opsel 1.0: Dataprogram för optimalt urval i skogsträdsförädlingen s. 20.
Nr	842	Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projektrapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. – Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine. 12 s.
Nr	843	Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – Kunskap slägoch material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materials. 55 s.
Nr	844	Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubb-skörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
Nr	845	Pettersson, F. 2014. Röjnings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. – Effects of spacing (pre-commercial thinning and thinning) and fertilisation regime (unfertilised/fertilised) on production and economy in Scots pine forest. 69 s.
Nr	846	Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillsförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. – Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil. 32 s.
Nr	847	Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? – Larger fuel chips an impossibility. – Biomass Harvest and Drying Training Seminar Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. s. 16.
Nr	848	Johannesson, T. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. 13 s.

- Nr 849 Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. – Destinering och lägesbyten för att effektivisera transportererna av skogsflis. s 10.
- Nr 850 Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut – En studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska. – Information, structure and decisions – a study of the work done by thinning harvesters and combine harvesters.
- Nr 851 Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. Plantval – manual med implementeringsteknisk bakgrund. – Plantval – manual and background to technical implementation. 57 s.
- Nr 852 Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitets-egenskaper- – Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
- Nr 853 Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggregat. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvester 10 s.
- Nr 854 Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. Nya produkter från skogsråvara- En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
- Nr 855 Willén, E. & Fridh, L. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 34 s.
- 2015**
- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av traddelar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.
- Nr 858 Frisk, M., Rönqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägrust – Projektrapport. 2015. – Vägrust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Ring, E., Bishop, K., Eklöf, L., Högbom, L., Laudon, S., Löfgren, J., Schelker, R. & Sørensen, R. 2015. The Balsjö Catchment Study – Experiential set-up and collected data. 50 s.
- Nr 861 Nordström, M., Asmoarp, V. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolymerna? – En fallstudie inom projektet ”Skogsbrukets digitala kedja”. – Are roadside stock volumes correct? – A case study in the Digital Chains in Forestry project. 18 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad allringsuppföljning. – Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning. 40 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 862–2015



www.skogforsk.se