

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 694 2009



Bild 1.
Bränsleanpassad avverkning med Ponsse skördare hos Sveaskog i Bergslagen.



Bild 2.
Automatiserat system för uttagning av fukthaltsprover vid inmätning av flis vid Eons kraftvärmeverk i Örebro.

Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle

Björn Hannrup, Johan J. Möller, William Larsson, Johan Malm & Lars Wilhelmsson

Ämnesord: Biomassafunktion, grot, produktionsrapportering.

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.

Förord

Denna rapport är utarbetad inom ramen för projektet ”Standardiserat system för rapportering av bruttoproducerat skogsbränsle och effektivare styrning av nettouttag”. Rapporten redovisar resultat från utvärderingen av det i projektet framtagna systemet för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. En fullständig beskrivning av beräkningssystemet finns i en tidigare rapport från projektet (Möller m.fl., 2009).

Projektet har finansierats av medel från FoU-programmet ”Effektivare skogsbränslesystem” (ESS) vid Skogforsk. Programmet finansieras i sin tur av medel från Energimyndigheten, skogsbruket och energisektorn.

De deltagande företagen har varit representerade i en styrgrupp med sammansättning enligt nedanstående tabell.

Namn	Företag
Peter Nyström	Eon Sverige AB
Daniel Johansson	Holmen Skog AB
Åsa Öhman	Naturbränsle
Marcus Åström/	SCA Skog AB
Karl Larsson	SCA Skog AB
Gunilla Castenäs	SDC ek. för.
Lars Henriksson	SDC ek. för.
Anders Löfgren	Skellefteå Kraft AB
Jonas Gustafsson	Sveaskog Förvaltnings AB
Leif Orth/	Södra Skogsägarna ek. för.
Mats T. Johansson	Södra Skogsägarna ek. för.

Utvärderingen har utförts tillsammans med värdföretag från projektgruppen och ett stort antal personer i hela kedjan från skördare till inmätning på värmeverk har medverkat. Ett varmt tack till samtliga – era insatser har varit avgörande för studiens genomförande!

En mycket viktig komponent i det utvärderade beräkningssystemet utgörs av en ny funktionen i skördarnas mjukvara för trädvis registrering av grotanpassning. Funktionen har tagits fram av de maskintillverkande företagen John Deere, Ponsse, Rottne/Dasa. Kontaktpersoner från företagen har varit Erik Kindlund (John Deere), Johan Bruun (Ponsse) och Jörgen Eriksson (Dasa).

Studieupplägg, kontakter med värdföretag och analys av data har skett av en arbetsgrupp vid Skogforsk bestående av Björn Hannrup, Johan Malm och Johan J. Möller. William Larsson, Skogforsk, har utfört programmeringen av det prototypprogram för beräkning och visualisering som tagits fram. Johan J. Möller, Skogforsk, har varit projektledare.

Uppsala 2009

Björn Hannrup, Johan J. Möller, William Larsson, Johan Malm och Lars Wilhelmsson

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Syfte och avgränsningar.....	6
Material och metoder.....	7
Studieupplägg – provytor	7
Studieupplägg – objekt.....	11
Jämförelse mellan beräknad och inmätt mängd torrsubstans grot.....	13
Analys av askhalt, kemisk sammansättning och energinnehåll	15
Jämförelse mellan ståndortsindex beräknat från skördardata respektive fältmätningar.....	15
Skördarförarnas upplevelser av att använda den nya funktionen för trädis registrering av grotanpassning	15
Test av kartstöd vid grotskotning.....	16
Resultat och diskussion	16
Provyternas representativitet	16
Inmätt mängd torrsubstans på provytorna	16
Jämförelse mellan inmätt och beräknad mängd grot på de grandominerade provyterna.....	17
Jämförelse mellan inmätt och beräknad mängd grot på de talldominerade provyterna.....	23
Uttagsprocent vid grotskotning	26
Jämförelse mellan beräknad och inmätt mängd grot på objektsnivå.....	28
Analys av askhalt, kemisk sammansättning och energinnehåll	31
Fukthalt	33
Jämförelse mellan ståndortsindex beräknat från skördardata respektive fältmätningar.....	34
Skördarförarnas upplevelser av att använda den nya funktionen för trädis registrering av grotanpassning	36
Test av kartstöd vid grotskotning.....	36
Rekommendationer – biomassafunktioner och uttagsprocent vid grotskotning	37
Biomassafunktioner.....	37
Uttagsprocent vid grotskotning – grön grot.....	38
Uttagsprocent vid grotskotning – brun grot.....	38
Referenser.....	39
Personliga meddelanden.....	39
Bilaga 1 Instruktion beräkning av biobränsleuttag.....	41

Sammanfattning

Tillgång till detaljerad information över mängden skogsbränsle från avverkningsobjekt har ett stort värde i den operativa skogliga och logistiska planeringen. I dag finns inga standardiserade system för insamling av information om avverkade kvantiteter skogsbränsle i samband med avverkning utan sådan information bygger på subjektiva bedömningar och erfarenhetstal. Inom ramen för programmet ”Effektivare skogsbränslesystem” har Skogforsk nyligen tagit fram ett förslag på system för att beräkna och geografiskt visualisera avverkade kvantiteter skogsbränsle (Möller m.fl., 2009). Den här avrapporterade studien syftar till att utvärdera det föreslagna systemet och dess ingående komponenter.

I systemet utgörs indata av skördarnas mätdata för enskilda träd och med hjälp av befintliga biomassa-funktioner görs trädvisa beräkningar av mängden skogsbränsle. I studien gjordes beräkningar baserade på biomassa-funktioner från Marklund, Kiljunen och Repola, de två senare framtagna på finska material. Skördardata samlades in från totalt 38 provytor, utlagda på ordinarie avverkningar inom sju områden från Småland till Norrbotten. På provytorna togs all grot ut och mängden torrsbstans bestämdes genom vägning och fukthaltsmätning vid värmeverk alternativt terminal. Utvärdering skedde genom jämförelse mellan beräknad och inmätt mängd torrsbstans.

Beräknade torrsbstanser baserade på Marklunds och Repolas biomassa-funktioner gav bäst överensstämmelse med inmätta mängder. Resultaten indikerade dock att för gran innehåller båda biomassa-funktionerna systematiska fel kopplade till trädstorlek alternativt läget i landet och i studien utarbetades justeringar för att kompensera för dessa systematiska fel. De justerade biomassa-funktionerna från Marklund och Repola gav god överensstämmelse på landsnivå med en standardavvikelse på 11 % för avvikelserna mellan beräknad och inmätt mängd torrsbstans.

Det utvärderade systemet innehåller två komponenter för att hantera skogsbränsle som lämnas kvar på avverkningsobjekten vid upparbetning respektive grotskotning. I samarbete med maskintillverkarna har en ny funktionalitet tagits fram som möjliggör särredovisning av grot som skördarförarna lämnar kvar t.ex. av miljöskäl eller för att grot används som underlag i basväg eller körstråk. Med hjälp av en knapp anger skördarförarna trädvis ifall grotanpassning skett eller inte, vilket registreras i skördarnas produktionsfiler och särredovisning kan då ske. I studien utvärderades förarnas upplevelser av att använda den nya funktionen. Sammanfattningsvis ansåg man att detta fungerade bra och att det inte innebar någon ökad belastning i arbetet.

Vid grotskotning lämnas de nedersta lagren i grothögarna kvar för att undvika att föroreningar som jord och sten följer med grotten. I det utvärderade systemet hanteras detta genom att den mängd grot som är anpassad för uttransport reduceras med ett schablonvärde för uttagsprocenten vid risskotning. I studien mättes den mängd grot som lämnades kvar efter grotskotning på 30 provytor. Resultaten visade att uttagsprocenten d.v.s. kvoten mellan uttagen och total mängd grot var högre för de grandominerade än de talldominerade provytorna med medelvärden på 89 respektive 76 %. Vidare fanns en tendens att uttags-

procenten minskade med avtagande grotmängd per hektar. Baserat på resultaten utarbetades rekommenderade schablonvärden att använda vid praktisk drift.

På övergripande nivå utvärderades systemet genom att grot från 11 hela avverkningsobjekt mättes in vid värmeverk och jämförelse gjordes med beräknade värden. Resultaten visade på mycket god överensstämmelse mellan inmätt och beräknad mängd torrsubstans. Den genomsnittliga inmätta mängden torrsubstans per objekt var 67 ton medan motsvarande beräknade mängder var 68 ton respektive 67 ton för de anpassade biomassafunktionerna från Marklund och Repola. För båda biomassafunktionerna låg avvikelsen mellan inmätt och beräknad mängd torrsubstans inom ± 2 ton för flertalet av avverkningsobjekten. Vår bedömning är att det utvärderade systemet ska kunna användas i praktisk drift utan några större systematiska avvikelser och med en spridning för avvikelsen mellan beräknad och inmätt mängd torrsubstans i nivå med den som mättes upp i studien d.v.s. 11 %.

Ett efterföljande projekt för att implementera det utvärderade beräkningssystemet hos SDC och i företagsvisa system har inletts. Arbetet är planerat att slutföras under första halvan av 2010.

Bakgrund

Tillgång till detaljerad information över mängden skogsbränsle från avverkningsobjekt har ett stort värde i den operativa skogliga och logistiska planeringen. I dag finns inga standardiserade system för insamling av information om avverkade kvantiteter skogsbränsle i samband med avverkning utan sådan information bygger på subjektiva bedömningar och erfarenhetstal. Med ett standardiserat system för beräkning och datainsamling kan kvaliteten på informationen höjas samtidigt som den snabbt och på ett kostnadseffektivt sätt kan göras tillgänglig via de skogliga informationssystemen.

Inom ramen för programmet ”Effektivare skogsbränslesystem” har Skogforsk nyligen tagit fram ett förslag på system för att beräkna och geografiskt visualisera avverkade kvantiteter skogsbränsle (Möller m.fl., 2009). I systemet utgörs indata av skördarnas standardiserade information om enskilda träd och med hjälp av befintliga biomassafunktioner görs trädvisa beräkningar av mängden skogsbränsle, vilka sedan summeras på objektsnivå. Systemet har ännu inte utvärderats. Speciellt angeläget är det att utvärdera de biomassafunktioner som används eftersom dessa utgör beräkningssystemets ”motor” och är styrande för den precision som kan erhållas från systemet.

Biomassafunktioner för skattning av mängden skogsbränslen utifrån data för enskilda träd, utarbetades i Sverige på 1980-talet (Marklund, 1988) och har därefter vidareutvecklats (Petersson, 1999; Petersson & Ståhl, 2006). Motsvarande funktioner finns framtagna för finska förhållanden (Hakkila, 1989; Kiljunen, 2002; Repola m.fl., 2007; Repola, 2008). Med hjälp av funktionerna kan biomassan d.v.s. torrvikten predikteras för träddelarna: stamved, stambark, levande och döda grenar, barr samt stubbar och rötter.

Funktionerna är tillämpbara för trädslagen tall, gran och björk och är utformade med varierande komplexitetsgrad. De enklare funktionerna innehåller enbart trädstorleksvariabler medan de mera fullständiga inkluderar träd- och beståndsvariabler som ålder, breddgrad, kronlängd, ståndortsindex och marktyp. Ett viktigt steg vid utvärderingen av beräkningssystemet är att i praktiska försök, i olika delar av landet, jämföra beräknade kvantiteter skogsbränsle med faktiskt inmätta kvantiteter. Detta som underlag för att kunna avgöra vilken/-vilka av de användbara funktionerna som ger bäst skattningar.

En del av den totala mängden skogsbränsle lämnas dock alltid kvar vid normal avverkning. För att det på objektsnivå ska vara möjligt att nå god överrensstämmelse mellan beräknade mängder skogsbränsle och faktiskt uttagna är det avgörande att beräkningssystemet kan hantera de kvantiteter som lämnas kvar. Tre situationer, då en del av skogsbränslet medvetet lämnas kvar på avverkningsobjekten, kan identifieras och beskrivs nedan. Situationerna är kopplade till arbetsoperationerna från avverkning till och med skotning av skogsbränslet till avlägg.

1. Skördarföraren väljer i enlighet med företagsinstruktionerna att inte grotanpassa delar av avverkningsobjektet t.ex. på grund av miljöskäl eller låg bonitet/volym. Vidare väljer föraren att använda en del av groten som underlag för basvägar eller körstråk som går genom områden med låg bärighet. I systemet hanteras detta med hjälp av en ny funktionalitet som skördartillverkarna tagit fram. Med hjälp av en knapp anger skördarförarna trädvis ifall grotanpassning skett eller inte, vilket registreras i skördarnas mjukvara. De kvantiteter skogsbränsle som skördarföraren medvetet "lämnat kvar" kan därmed särredovisas i beräkningssystemet. För skördare utrustade med GPS kan systemet generera kartor över grotanpassade/icke grotanpassade områden.
2. Föraren av risskotaren lämnar kvar de nedersta lagren i grothögarna för att undvika att föroreningar som jord och sten följer med groten. I systemet hanteras detta genom att den mängd grot som är anpassad för uttransport reduceras med ett schablonvärde för uttagsprocenten vid risskotning. De kvantiteter skogsbränsle som lämnas kvar vid risskotning kan därmed särredovisas i systemet. I en tidigare studie, utförd på ett grandominerat slutavverkningsobjekt, varierade uttagsprocenten mellan 67 och 79 % för två olika metoder med bränsleanpassad avverkning med engreppsskördare (Nurmi, 2007). Dock är det angeläget att ytterligare studier genomförs för att belysa hur uttagsprocenten varierar t.ex. med trädslagfördelning och den totala mängden skogsbränsle.
3. Skotarföraren och risskotaren använder en del av den grot som är avsedd att uttransporteras som vägunderlag alternativt lämnas groten kvar helt och hållet på en del av avverkningsobjektet vid risskotningen. Denna situation uppkommer framför allt vid svårare, blöt väderlek men kan då medföra att betydande mängder skogsbränsle lämnas kvar. I systemet finns för närvarande ingen inarbetad lösning för att hantera denna situation. En möjlig lösning är dock att låta skotarföraren/föraren av risskotaren uppskatta hur mycket grot som lämnas kvar på avverkningsobjektet genom att registrera skattningen i den standardise-

rade produktionsfilen (prl). För skotare/risskotare utrustade med kranvåg borde det vara möjligt att ta in motsvarande informationen automatiskt till produktionsfilen.

Innan det föreslagna systemet kan implementeras i praktisk drift är det angeläget att det utvärderas i praktiska försök. Lämpligen genomförs dessa i olika delar av landet och i olika typer av skog. Ett värdefullt hjälpmedel för att utvärdera beräkningssystemet utgörs av det prototypprogram som har upprättats (Möller m.fl., 2009). Med programmet möjliggörs automatisk inläsning och filtrering av skördardata, kvantitetsberäkning med befintliga biomassafunktioner samt presentation och visualisering av data.

Syfte och avgränsningar

Det övergripande syftet med den här avrapporterade projektdelen har varit att utvärdera det föreslagna systemet för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Projektdelen har haft följande delmål:

- Att jämföra faktiskt inmätta kvantiteter skogsbränsle med beräknade värden. Separata beräkningar ska göras för de olika biomassafunktionerna. Jämförelserna ska göras såväl på provytanivå som på objektsnivå.
- Att på provytanivå mäta uttagsprocenten vid risskotning d.v.s. kvoten mellan den mängd grot som tas ut vid normal risskotning och den totala mängden grot.
- Att på samtliga provytor göra en detaljerad mätning av fukthalt samt på en del av dessa mäta energiinnehåll, askhalt och kemisk sammansättning.
- Att utvärdera skördarförarnas upplevelser av att använda den nya funktionen för trädvis registrering av grotanpassning.
- Att genomföra en mindre test av att använda kartstöd, genererat med beräkningssystemet, vid risskotning.

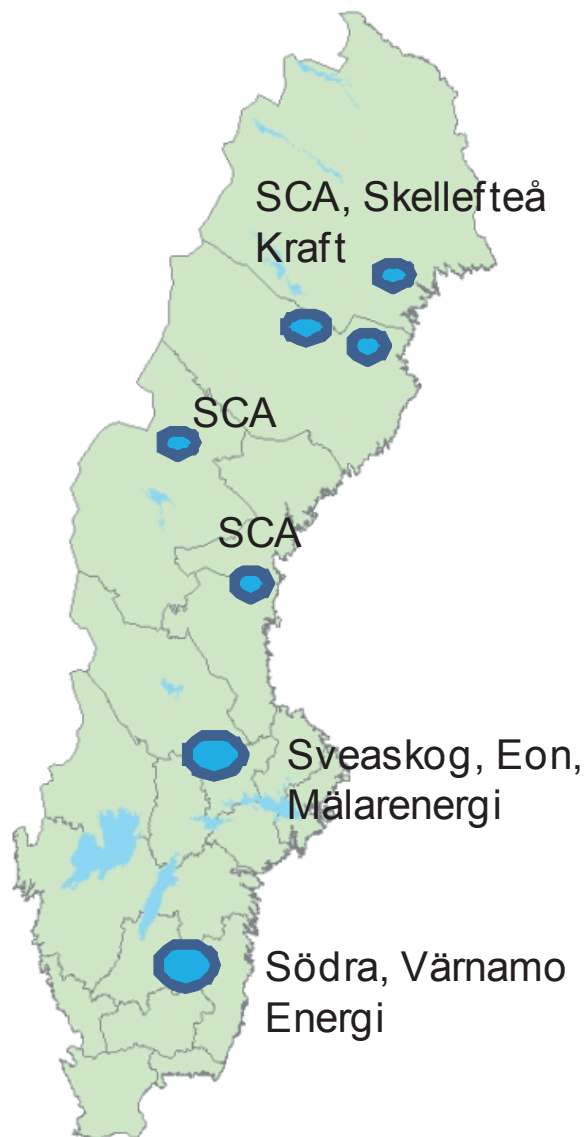
Utifrån studierna av biomassafunktionerna och uttagsprocenten vid risskotning ska rekommendationer kunna lämnas om val av biomassafunktion(er) och nivå för uttagsprocenten i olika delar av landet och för olika trädslag.

Beräkningssystemet är konstruerat för att hantera skogsbränsle från samtliga trädslag. Utvärderingen i denna rapport är dock avgränsad till att enbart omfatta grotfraktionen d.v.s. den omfattar inte skogsbränsle från stubbar och rötter. Vidare är samtliga mätningar utförda på grön grot. Huvudskälet till detta är att de utvärderade biomassafunktionerna är framtagna på grönt material. I systemet finns möjlighet att hantera brun grot genom att reducera uttagsprocenten vid risskotning.

Material och metoder

STUDIEUPPLÄGG – PROVYTOR

Data för att utvärdera beräkningssystemet har samlats in från ordinarie avverkningar och från inmätning vid värmeverk. De studerade avverkningsobjekten är belägna inom sju områden från Småland till Norrbotten (se figur 1). Avverkningsobjekten är utvalda för att representera ”normala” objekt för skogsbränslsuttag men praktiska hänsyn som närhet till väg och avläggsmöjligheter har också varit styrande vid objektsvalet. Eftersom grot framför allt tas ut på grandominerade objekt har ansträngningar gjorts för att i utvärderingen också inkludera objekt med hög andel tall.



Figur 1.
Karta över de sju områden inom vilka datainsamling skett från ordinarie avverkningsobjekt. Medverkande företag inom respektive område finns angivna.

För att utvärdera biomassafunktionerna och uttagsprocenten vid risskotning har provytor lagts ut på avverkningsobjekten. På dessa provytor har all grot tagits ut, vilket möjliggör en direkt jämförelse mellan beräknade och inmätta kvantiteter grot. Följande metodik har tillämpats på provytorna (se också instruktioner i bilaga 1):

1. **Uppmärkning av provytor med snitselband och stakkäppar.** Provytornas storlek har varit cirka 2000 m². En till fyra provytor/-objekt har använts och dessa har placerats i så trädslagsrena områden av objekten som möjligt.
2. **Avverkning och rundvirkesskotning.** Vid avverkningen grotanpassades grotan från *samtliga* träd på provytorna. I skördarna sparades separata pri-filer från de olika provytorna. Rundvirket skotades omgående efter avverkning.
3. **Risskotningen i två steg.** Först gjordes en ”normal” risskotning på varje provyta och den uttransporterade grotan lades i separat hög vid avlägg. Den grot som blev kvar på provytan samlades därefter ihop manuellt och skotades till separat hög på avlägget. Högarna märktes med separata virkesordernummer. Efter att torrsubstansen bestämts vid inmätningen beräknades uttagsprocenten vid risskotningen som:

$$\text{Uttagsprocent} = \frac{\text{Uttagen mängd torrsubstans vid normal skotning}}{\text{Total mängd torrsubstans}} \times 100$$

4. **Mätning av torrsubstans vid värmeverk/terminal genom vägning och uttagning av fukthaltsprover.** I kedjan från avlägg till värmeverk hanterade de medverkande företagen grotan på olika sätt. Hos Södra och Sveaskog skedde flisning direkt ned i containrar vid avlägg med en traktorburen flisare respektive huggbil. I bägge fallen kördes flisen därefter i containrar på lastbil till värmeverk. Hos SCA kördes grotan som lösgrot till terminal där den krossades. I samtliga fall mättes råvikten av den intransporterade flisen/lösgrotan genom vägning. Grotan från den första och andra skotningen på provytorna vägdes separat.

Slumpmässigt fördelade prover för fukthaltsbestämning togs ut med en frekvens motsvarande 3 till 4 prover per container d.v.s. en betydligt högre provfrekvens än den som används vid normal, vederlagsgrundande, mätning. Vid fukthaltsbestämningen torkades proverna i 103°C till konstant vikt uppnått och fukthalten beräknades därefter som:

$$\text{Fukthalt (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{flisens torra massa}}{\text{flisens råa massa}} \times 100 \right)$$

Vikten torrsubstans (kg) beräknades utifrån råvikten och fukthalten enligt följande:

$$\text{Torrsubstans} = \text{Råvikt} \times \left(\frac{100 - \text{Fukthalt (\%)}}{100} \right)$$

En förteckning över provytornas läge, beståndsuppgifter och medverkande företag återfinns i tabell 1.

Tabell 1.

Avverkande företag samt läge, trädslagsfördelning, medelstam och ståndortsindex för de i studien ingående provytorna. I tabellen redovisas också inmätande företag samt de flis- och transportsystem som använts.

Avverkande företag	Område	Objektsnamn	Provyta	X	Y	T	G	L	Medelstam	SI	Inmätande företag	Flis-system ¹⁾
Södra	Småland	Löjdmark	A	634160	145700	1	9	0	0,34	G24	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Franzén	A	6347708	148158	2	8	0	0,54	G27	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Gustavsson	A	634999	147669	8	2	0	0,56	T27	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Gustavsson	B	635001	147672	1	9	0	0,84	G31	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Gustavsson	C	635008	147692	1	9	0	0,79	G31	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Months	A	Saknas	Saknas	0	10	0	0,81	G32	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Months	B	Saknas	Saknas	0	10	0	0,66	G30	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Months	C	Saknas	Saknas	0	10	0	0,97	G32	Värnamo Energi	a
Södra	Småland	Edvardsson	A	6351800	1459820	7	3	0	0,54	T32	Värnamo Energi	a
Sveaskog	Bergslagen	Kvarnmossen	A	6636945	1487860	8	2	0	0,49	T26	Eon	b
Sveaskog	Bergslagen	Kvarnmossen	B	6636930	1487940	2	8	0	0,54	G27	Eon	b
Sveaskog	Bergslagen	Klotenvägen	A	6643250	1476810	8	2	0	0,45	T22	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	Klotenvägen	B	6643150	1476850	10	0	0	0,53	T25	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	Stockforsen	A	6642020	1481900	0	10	0	1,02	G31	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	Stockforsen	B	6642010	1481950	0	10	0	1,18	G33	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	V Källmora	A	6618378	1529186	2	8	0	0,37	G22	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	V Källmora	B	6618378	1529186	6	4	0	0,36	G22	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	V Källmora	C	6618378	1529186	3	7	0	0,47	G25	Mälarenergi	b
Sveaskog	Bergslagen	Gillermossen	A	6634560	1473840	2	8	0	0,33	G24	Eon	b
Sveaskog	Bergslagen	Nedre Sandtjärn	AB	6636845	1475359	3	7	0	0,47	G25	Eon	b
Sveaskog	Bergslagen	Nedre Sandtjärn	D	6636845	1475359	1	9	0	0,28	G23	Eon	b

Fortsättning på tabell 1.

Avverkande företag	Område	Objektsnamn	Provyta	X	Y	T	G	L	Medelstam	SI	Inmätande företag	Flis-system ¹⁾
SCA	Västerbotten	Fällfors	A	7228392	1739930	6	3	1	0,14	T22	Skellefteå Kraft	c
SCA	Västerbotten	Fällfors	B	7228331	1740005	1	8	1	0,2	G22	Skellefteå Kraft	c
SCA	Västerbotten	Evald Eriksson	A	7194544	1670664	0	8	2	0,13	G20	Skellefteå Kraft	c
SCA	Västerbotten	Bengt Sjöström	A	7199394	1670264	1	6	3	0,17	G19	Skellefteå Kraft	c
SCA	Norrbotten	Älvsbyn 1	A	7276790	1755470	0	9	1	0,26	G23	SCA	c
SCA	Norrbotten	Älvsbyn 2	B	7276850	1755390	3	7	0	0,31	G22	SCA	c
SCA	Norrbotten	Älvsbyn 3	C	7276770	1755260	2	8	0	0,33	G23	SCA	c
SCA	Norrbotten	Älvsbyn 4	D	7276720	1755340	1	8	1	0,41	G25	SCA	c
SCA	Medelpad	Ormtjärn	A	6929430	1550200	2	8	0	0,33	G25	SCA	c
SCA	Medelpad	Ormtjärn	B	6929500	1550040	4	6	0	0,31	G24	SCA	c
SCA	Medelpad	Liljekvist	A	6910650	1552560	0	10	0	0,54	G29	SCA	c
SCA	Medelpad	Liljekvist	B	6910370	1552560	1	9	0	0,29	G24	SCA	c
SCA	Medelpad	Liljekvist	C	6910310	1552555	3	5	2	0,18	G21	SCA	c
SCA	Medelpad	Lasarettvägen	A	Saknas	Saknas	10	0	0	1,25	T32	SCA	c
SCA	Medelpad	Lasarettvägen	B	Saknas	Saknas	9	1	0	1,2	T31	SCA	c
SCA	Jämtland	Vikbodarna	A	7039947	1476385	0	10	0	0,33	G22	SCA	c
SCA	Jämtland	Vikbodarna	B	7039947	1476385	0	10	0	0,26	G22	SCA	c

¹⁾ Tre olika system användes för flisning och transport av groten: a) Flisning vid avlägg direkt i containrar med traktorburen flisare. Transport till värmeverk med containerbil. b) Flisning vid avlägg direkt i containrar med huggbil. Transport till värmeverk med containerbil. c) Transport av lösgrot till terminal. Flisning på terminal.

STUDIEUPPLÄGG – OBJEKT

Vid praktisk avverkning kommer en del grot att lämnas kvar på avverkningsobjekten. För att i utvärderingen också hantera problematiken kring kvarlämnade kvantiteter togs groten ut från totalt 11 hela avverknings objekt och mättes in vid värmeverk. Vid dessa avverkningar användes skördare utrustade med den nya grotfunktionen där skördarföraren trädvis anger ifall grotanpassning sker eller inte.

Med beräkningssystemet skattades mängden grot för tre delmängder per objekt.

1. **Total mängd grot.** Med hjälp av biomassafunktioner skattades den totala mängden grot från avverkningsobjekten det vill säga beräkningar gjordes för samtliga avverkade träd från objekten.
2. **Grotanpassad mängd.** Med hjälp av den nya funktionen i skördarna gjordes motsvarande beräkningar men endast för de träd som grotanpassats vid avverkningarna.
3. **Utskotad mängd.** Här skattades mängden grot som prognostiserades skotas ut till avlägg. Denna mängd beräknades genom att reducera den grotanpassade mängden med en uttagsprocent vid risskotning. Nivåerna för uttagsprocenten baserades på resultaten från studierna på provytorna (tabell 2). Den beräknade utskotade mängden grot jämfördes med den mängd grot som mättes in vid värmeverk.

Tabell 2.

Använda uttagsprocenter vid risskotning för trädslagen tall, gran och löv i Småland, Bergslagen och Jämtland.

Område	Uttagsprocent		
	Tall	Gran	Löv
Småland	75	85	80
Bergslagen	70	82	77
Jämtland	70	80	75

En förteckning över de studerade avverkningsobjektens lägen, beståndsuppgifter och medverkande företag återfinns i tabell 3 nedan.

Tabell 3.

Avverkande företag samt läge, trädslagsfördelning, medelstam och ståndortsindex för de i studien ingående objekten. I tabellen redovisas också inmätande företag samt de flis- och transportsystem som använts.

Avverkande företag	Objektsnamn	Område	X	Y	T	G	L	Medelstam	Inmätande företag	Flis-system ¹⁾
Södra	Löjmark	Småland	6341600	1456700	1	9	0	0,40	Värnamo Energi	a
Södra	Franzén	Småland	6346650	182050	2	8	0	0,55	Värnamo Energi	a
Södra	Gustavsson	Småland	6350050	1476900	2	8	0	0,55	Värnamo Energi	a
Södra	Months	Småland	6370722	1454955	0	10	0	0,87	Värnamo Energi	a
Södra	Edvardsson	Småland	6352000	1459275	2	8	0	0,85	Värnamo Energi	a
Södra	Edvardsson	Småland	6352100	1459400	4	6	0	0,73	Värnamo Energi	a
Sveaskog	Kvarnmossen	Bergslagen	6637025	1487875	4	6	0	0,50	Eon	b
Sveaskog	Klotenvägen	Bergslagen	6643350	1476825	6	4	0	0,28	Mälarenergi	b
Sveaskog	Gillermossen	Bergslagen	6634570	1473810	1	9	0	0,40	Eon	b
Sveaskog	Nedre Sandtjärn	Bergslagen	6637051	1475487	4	6	0	0,37	Eon	b
SCA	Vikbodarna	Jämtland	7039947	1476385	0	10	0	0,32	SCA	c

¹⁾ Tre olika system användes för flisning och transport av groten: a) Flisning vid avlägg direkt i containrar med traktorburna flisare. Transport till värmeverk med containerbil.

b) Flisning vid avlägg direkt i containrar med huggbil. Transport till värmeverk med containerbil. c) Transport av lösgrot till terminal. Flisning på terminal.

JÄMFÖRELSE MELLAN BERÄKNAD OCH INMÄTT MÄNGD TORRSUBSTANS GROT

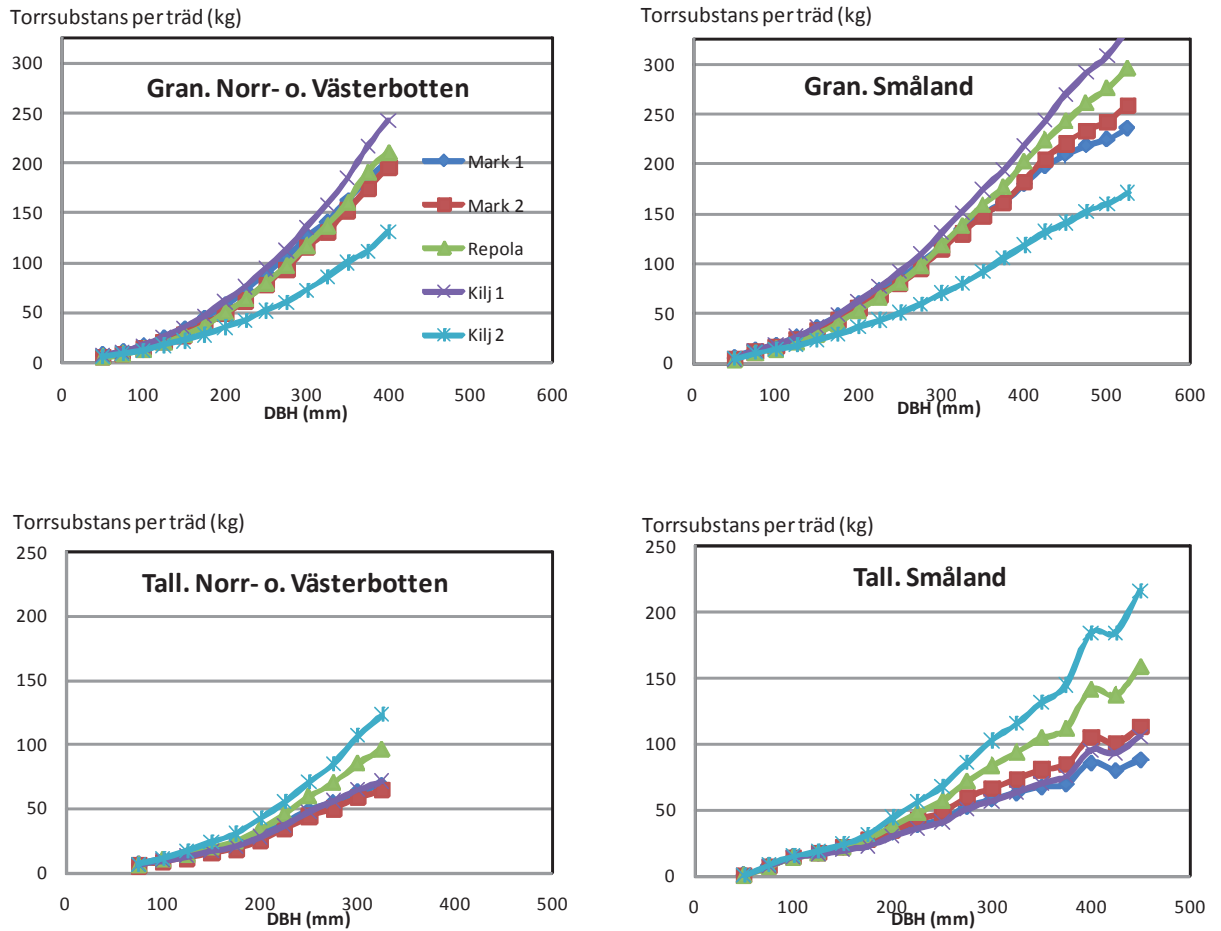
Utvärderingen av biomassafunktioner gjordes genom jämförelse av beräknad och inmätt mängd torrsubstans grot från provytorna. Vid jämförelsen utvärderades fem olika uppsättningar av funktioner. Varje funktionsuppsättning innehåller flera funktioner, vilka möjliggör skattning av torrsubstans för de olika grotkomponenterna; barr, grenar, toppar och stamved. Det är viktigt att påpeka att inom ramen för vår studie är det den *samlade effekten* av de ingående funktionerna i de fem funktionsuppsättningarna som utvärderats. Följande funktionsuppsättningar utvärderades:

- **Marklund 1.** Marklunds enklare funktioner d.v.s. de funktioner som enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek.
- **Marklund 2.** Marklunds mera komplexa funktioner d.v.s. de som utöver trädstorleksvariabler och kronlängd även innehåller ståndortsvariabler som ståndortsindex och geografisk position.
- **Kiljunen 1.** Kiljunens enklare funktioner d.v.s. de funktioner som enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek.
- **Kiljunen 2.** Kiljunens mera komplexa funktioner d.v.s. de som även innehåller variabler som andel grönkrona och markförhållanden.
- **Repola m.fl.** Repolas funktioner innehållande variabler relaterade till trädstorlek samt kronlängd.

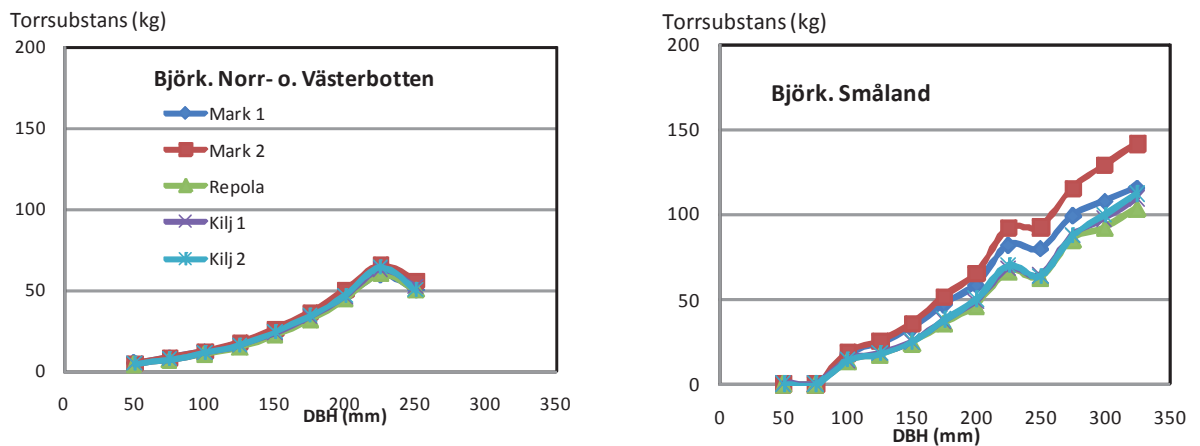
En fullständig beskrivning av de funktioner som ingår i de fem funktionsuppsättningarna återfinns i bilaga 2 i avrapporteringen av systemdelen i detta projekt (Möller m.fl. 2009). Skördardata används som ingångsdata i funktionerna och hur skördardata används, både direkt och indirekt, för att beräkna ingångsvariabler beskrivs i bilaga 3–4 i samma rapport.

Som en rimlighetskontroll av att funktionsuppsättningarna implementerats korrekt i beräkningssystemet plottades olika beräknade utfall. I figur 2 och 3 visas plottar av den beräknade mängden torrsubstans grot från de fem funktionsuppsättningarna för olika diameterklasser. Beräkningarna är baserade på de i projektet insamlade skördardata och plottarna visar genomsnittliga, trädslagsvisa värden per diameterklass.

Motsvarande plottar av det beräknade utfallet för Marklunds och Repolas biomassafunktioner har tidigare tagits fram baserade på mätningar på träd från den finska nationella skogsinventeringen (Repola m.fl., 2007). Våra beräknade utfall visade på god överensstämmelse med dessa plottar såväl för nivåerna som för de inbördes relationerna i utfall mellan biomassafunktionerna. Utöver ovanstående rimlighetskontroll har utfall för samtliga funktioner i beräkningssystemet stämts av mot kontrollberäkningar där funktionerna implementerats i Excel.



Figur 2. Beräknad mängd torrs substans grot för i projektet skördarmätta träd med varierande brösthöjdsdiametrar. I figuren redovisas genomsnittliga värden per diameterklass för de fem utvärderade funktionsuppsättningarna för gran och tall i Norrbotten/Västernorrland respektive Småland. I figuren ingår även topparnas torrs substans beräknad med skördardata och Kiljunens höjdfunktion.



Figur 3. Beräknad mängd torrs substans grot för i projektet skördarmätta träd med varierande brösthöjdsdiametrar. I figuren redovisas genomsnittliga värden per diameterklass för de fem utvärderade funktionsuppsättningarna för björk i Norrbotten/Västernorrland respektive Småland.

ANALYS AV ASKHALT, KEMISK SAMMANSÄTTNING OCH ENERGIINNEHÅLL

På en delmängd av provytorna togs prover för mätning av askhalt, kemisk sammansättning och energiinnehåll. Proverna analyserades vid laboratorier på företagen Belab AB (Sveaskog) respektive Bränslelaboratoriet Umeå AB (Södra och SCA). Följande variabler mättes/beräknades:

- Askhalt, vilket är ett mått på andelen obrännbara oorganiska restprodukter (Lehtikangas, 1999). Askhalten uttrycktes som procentuell andel av torrsubstansen. I den redovisade askhalten ingår således såväl naturlig aska som föroreningsaska.
- Kemisk sammansättning med avseende på ämnena kol, väte, kväve och syre. Uttrycktes som procentuell andel av torrsubstansen.
- Kalorimetriskt värmevärde, vilket är ett mått på all kemisk energi som är bunden i bränslet (Lehtikangas, 1999). Värmevärdet mättes i enheten megajoule per kilo torrsubstans (MJ/kg TS) d.v.s. vikten av askan ingår i torrsubstansen.
- Effektivt värmevärde för torrt material, vilket är ett mått på det värmevärde som kan tas ut vid fullständig förbränning av torrt material d.v.s. det kalorimetriska värmevärdet minus den förlust som sker för att förångna det vatten, som bildas av syre (O₂) och väte (H₂) i träet. Det effektiva värmevärdet beräknades utifrån mätningar av väteandel och det kalorimetriska värmevärdet. Det effektiva värmevärdet uttrycktes i enheten MJ/kg TS.

JÄMFÖRELSE MELLAN STÅNDORTSINDEX BERÄKNAT FRÅN SKÖRDARDATA RESPEKTIVE FÄLTMÄTNINGAR

Ståndortsindex används som en ingångsvariabel i Marklunds mer komplexa biomassafunktioner för gran (funktionsuppsättningen Marklund 2). I beräkningssystemet finns en funktion som automatiskt beräknar ståndortsindex utifrån skördardata. Med denna sorterar de avverkade träden i höjdordning och sedan väljs höjd för respektive trädslags 90:e percentil ut som ståndortsindex (se utförligare beskrivning i Möller m.fl., 2009).

Den automatiska funktionen för skattning av ståndortsindex utvärderades genom jämförelse med manuellt framtagna ståndortsindex baserade på mätningar av övre höjd och brösthöjdsålder. Utvärderingen gjordes på 16 av provytorna i studien. 11 av dessa var grandominerade medan fem var talldominerade.

SKÖRDARFÖRARNAS UPPLEVELSER AV ATT ANVÄNDA DEN NYA FUNKTIONEN FÖR TRÄDVIS REGISTRERING AV GROTPASSNING

En central komponent i beräkningssystemet är den nya funktionen i skördarna som medger trädvis registrering ifall grotpassning sker eller inte. Funktionen har tagits fram av John Deere, Ponsse, och Rottne/Dasa och motsvarande anpassningar har gjorts av skogsstandarden StanForD. I projektet testades funktionen i skördare från de tre tillverkarna. Grundinställningen för funktionen är

”grotanpassning på” och i det läget krävs ingen insats från skördarföraren. Men då enskilda träd eller delar av ett objekt inte ska grotanpassas måste skördarföraren aktivera läget ”grotanpassning av” genom en knapptryckning på palett eller pekskärm. Då grotanpassning återigen ska utföras krävs på samma sätt en aktivering av maskinföraren.

Skördarförarnas upplevelser av att använda den nya funktionen utvärderades genom telefonintervjuer.

TEST AV KARTSTÖD VID GROTSKOTNING

För skördare som är utrustade med GPS innehåller pri-filerna geografisk position för skördarnas uppställningsplatser vid avverkning av varje enskilt träd. För skördare som är utrustade med den nya grotfunktionen (se ovan) finns dessutom trädvis information om grotanpassning skett eller inte. Denna information är användbar vid grotskotning och kan då fungera som ett kartstöd.

Inom ramen för projektet anpassade John Deere sin programvara Timber Navi för att möjliggöra inläsning och geografisk visualisering av pri-filer från skördare med den nya grotfunktionen. I projektet gjordes en mindre test med detta kartstöd på en John Deere grotskotare utrustad med GPS och Timber Navi. Testet genomfördes hos Sveaskog i Bergslagen. Utvärdering av testen skedde genom telefonintervju med förarna av grotskotaren.

Resultat och diskussion

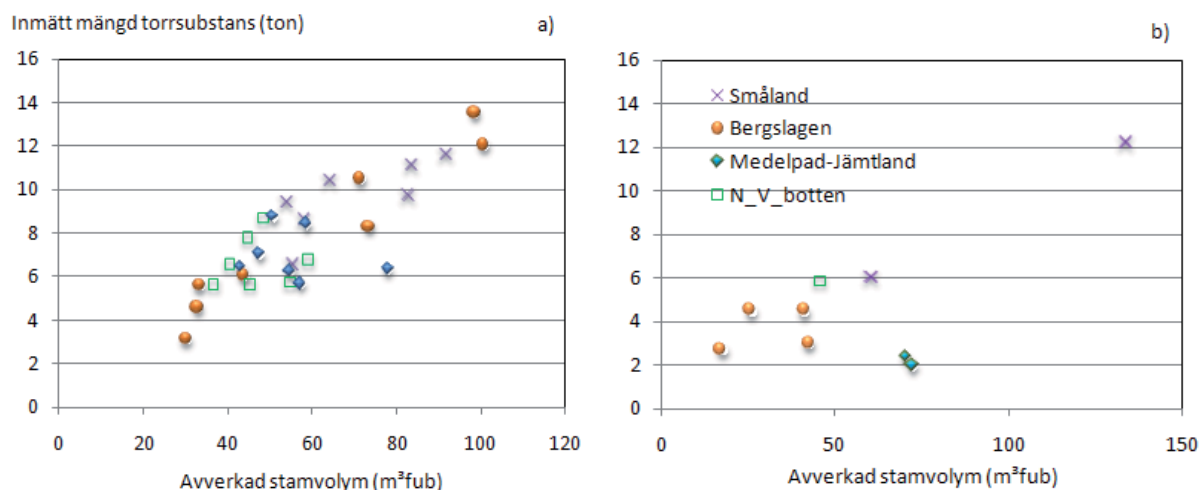
PROVYTORNAS REPRESENTATIVITET

Av de totalt 38 provytorna i studien var 29 stycken grandominerade d.v.s. ytor där mer än 50 % av stamvolymen utgjordes av gran. På dessa provytor varierade ståndortsindex mellan G19 och G33 medan medelstammens volym varierade mellan 0,13 och 1,18 m³fub (tabell 1). Motsvarande variationsvidd för de 9 talldominerade provytorna var T22 till T32, respektive 0,14 till 1,25 m³fub. Den spridning i ståndortsindex och medelstamvolym som fanns mellan provytorna täcker därmed merparten av den spridning som förekommer vid normal avverkning. Vidare var provytorna väl spridda över landet (se figur 1), med sin belägenhet i Småland, Bergslagen, Medelpad, Jämtland samt Norr- och Västerbotten.

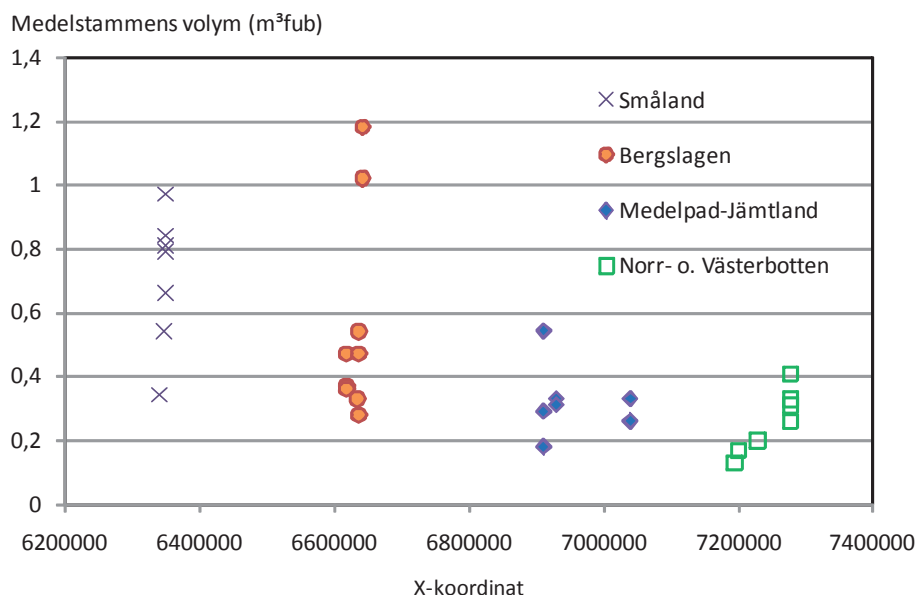
INMÄTT MÄNGD TORRSUBSTANS PÅ PROVYTORNA

I figur 4 redovisas inmätt mängd torrsubstans grot plottad mot skördarmätt stamvolym för de 38 provytorna. För de grandominerade provytorna fanns det ett starkt samband mellan avverkad stamvolym och mängd torrsubstans (figur 4a). För de talldominerade ytorna fanns motsvarande samband men här avvek två provytor kraftigt (figur 4b). Båda ytorna var belägna i Medelpad och hade en betydligt lägre mängd torrsubstans grot än förväntat utifrån deras stamvolym.

Som förväntat fanns det en tydlig trend att volymen för medelstammen ökade från norr till syd (figur 5).



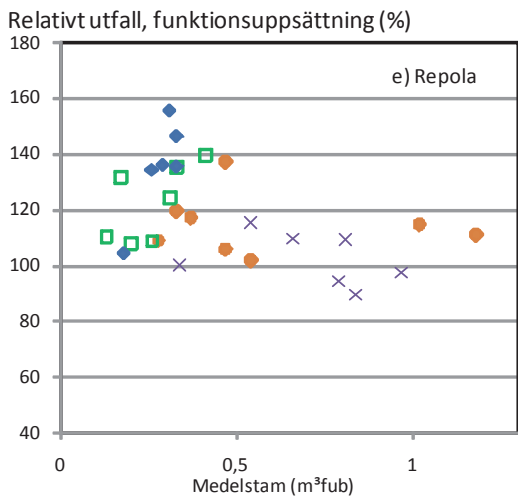
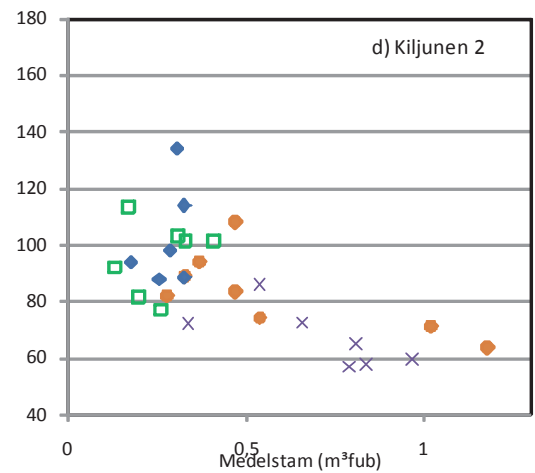
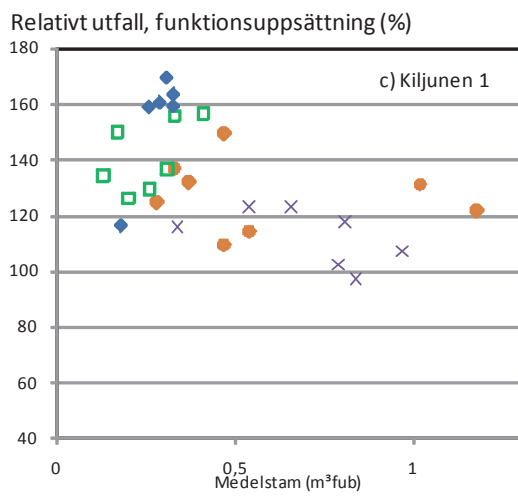
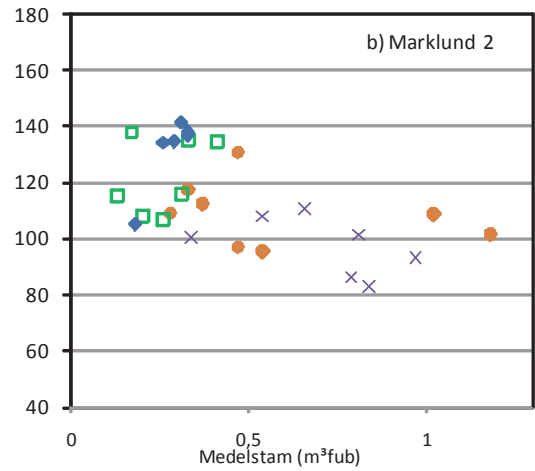
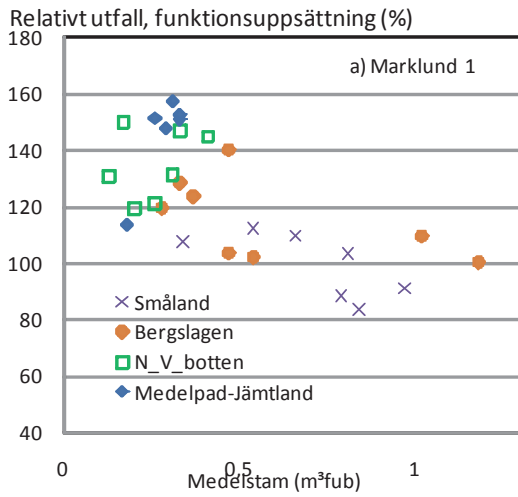
Figur 4. Sambandet mellan inmätt mängd torrsubstans grot (ton) och avverkad stamvolym på de a) grandominerade b) talldominerade provytorna.



Figur 5. Figur som illustrerar hur provytemedelstammens volym samvarierar med läget i landet (x-koordinat) för de grandominerade provytorna.

JÄMFÖRELSE MELLAN INMÄTT OCH BERÄKNAD MÄNGD GROT PÅ DE GRANDOMINERADE PROVYTORNA

I figur 6 redovisas mängden torrsubstans grot beräknad med de fem utvärderade funktionsuppsättningarna jämfört med inmätt mängd torrsubstans på de 29 grandominerade provytorna. I figuren redovisas det relativa utfallet från funktionsuppsättningarna d.v.s. kvoten mellan beräknad och inmätt mängd torrsubstans, uttryckt i procentskalan. Värden över 100 anger alltså en överskattning för de beräknade mängderna i jämförelse med de inmätta mängderna medan värden under 100 anger en underskattning. I figuren är de relativa utfallen från funktionsuppsättningarna plottade mot stamvolymen för medelstammen på respektive provyta.



Figur 6. Relativa utfallen från funktionsuppsättningarna plottade mot medelstammens volym på de 29 grandominerade provytorna. Det relativa utfallet för funktionsuppsättningarna är beräknat som kvoten mellan beräknad mängd torrsbstans och inmätt mängd torrsbstans uttryckt i procentskalan. Observera att y-axlarna är stympade.

Ett generellt resultat för alla funktionsuppsättningar var att det relativa utfallet minskade med ökande volym för medelstammen på provytorna (figur 6). Om denna trend är orsakad av medelstammen i sig eller provytornas läge i landet, med klenare ytor i norr och grövre i söder, går inte att avgöra utifrån vårt material eftersom dessa två faktorer samvarierar (se figur 5). Dock förefaller det inom regionerna Småland och Bergslagen, för vilka spridningen i medelstam är högre, finnas en tendens till minskande relativt utfall från funktionsuppsättningarna med ökande volym för provytemedelstammen.

Det relativa utfallet låg på olika nivå för funktionsuppsättningarna, vilket gav upphov till olika systematiska fel. Funktionsuppsättningarna Marklund 1 och 2 (figur 6a, b) överskattade mängden torrs substans på klena ytor men gav god överensstämmelse med inmätta mängder på provytorna med högre genomsnittlig stamvolym. Funktionsuppsättningen från Repola (figur 6c) gav ett liknande utfall som funktionsuppsättningarna från Marklund där likheten var störst med funktionsuppsättningen Marklund 2.

Funktionsuppsättningen Kiljunen 1 (figur 6c) gav kraftiga systematiska överskattningar för merparten av provytorna medan funktionsuppsättningen Kiljunen 2 (figur 6d) gav systematiska underskattningar av torrs substansen förutom på gruppen av provytor med lägst genomsnittlig stamvolym. Den stora skillnaden i utfall för dessa två funktionsuppsättningar är svår att förklara, speciellt som båda funktionsuppsättningarna är utvecklade på samma material. På grund av de stora och varierande systematiska avvikelserna är vår bedömning att funktionsuppsättningarna från Kiljunen inte är lämpliga att använda för beräkning av grottmängder under svenska förhållanden.

I tabell 4 redovisas de systematiska och tillfälliga felen för funktionsuppsättningarna uttryckt som genomsnittligt relativt utfall respektive standardavvikelsen för avvikelsen mellan beräknad och inmätt mängd torrs substans i procentskalan. De systematiska och tillfälliga felen redovisas dels för samtliga provytor och dels regionvis för regionerna Småland, Bergslagen, Medelpad/Jämtland samt Norr- och Västerbotten. Som framgår av tabellen, och som tidigare diskuterats, var det inte någon av funktionsuppsättningarna som sett över samtliga regioner genomgående gav god överensstämmelse utan olika funktionsuppsättningar gav bäst resultat i olika delar av landet.

Tabell 4.

Genomsnittligt relativt utfall samt standardavvikelsen för avvikelsen mellan beräknad och inmätt mängd torrs substans för de olika funktionsuppsättningarna på de 29 grandominerade provytorna.

Funktionsuppsättning	Totalt		Småland		Bergslagen		N_V-Botten		Medelpad-Jämtland	
	Medel (%)	Stdavv. (%)	Medel (%)	Stdavv. (%)	Medel (%)	Stdavv. (%)	Medel (%)	Stdavv. (%)	Medel (%)	Stdavv. (%)
Marklund 1	122,8	21,8	99,3	11,5	115,9	14,4	135,0	12,5	145,4	16,1
Marklund 2	114,1	17,3	97,2	10,5	108,9	11,6	122,0	13,5	131,7	13,3
Kiljunen 1	133,1	20,3	112,4	10,3	127,5	12,8	141,5	12,6	154,9	19,2
Kiljunen 2	86,6	18,9	67,1	10,6	83,3	14,0	95,9	12,9	102,5	18,3
Repola	117,9	16,9	102,2	9,4	114,5	10,8	122,6	13,5	135,1	17,4

Funktionsuppsättningarna Marklund 1 och Marklund 2 gav i Småland god genomsnittlig överensstämmelse men överskattade mängden torrs substans på provytorna i de övriga regionerna. Överskattningen var mindre för Marklund 2 än Marklund 1. Detta är troligen orsakat av att Marklund 2 för gran innehåller ståndortsindex som en oberoende variabel till skillnad från Marklund 1 som

enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek. I beräkningssystemet används en funktion för automatisk skattning av ståndortsindex utifrån skördar-data. Utvärderingen av funktionen visade på god överrensstämmelse mellan beräknat ståndortsindex och ståndortsindex baserat på manuella mätningar (se vidare avsnittet ”Jämförelse mellan ståndortsindex beräknat från skördar-data respektive fältmätningar”).

Spridningen, eller det tillfälliga felet, för funktionsuppsättningarna från Marklund var cirka 13 % i tre av regionerna och något högre i Medelpad/-Jämtland. Marklund 2 hade lägre spridning än Marklund 1 inom tre av de fyra områdena där skillnaden mellan funktionsuppsättningarna var störst i Bergslagen.

Funktionsuppsättningen från Repola gav liknande systematisk avvikelse och tillfälligt fel som funktionsuppsättningen Marklund 2 i de fyra områdena. Störst skillnad mellan funktionsuppsättningarna var det i Bergslagen där Repolas funktionsuppsättning gav en systematisk överskattning på 14,5% medan motsvarande överskattning för funktionsuppsättningen Marklund 2 var 8,9 %.

Val och anpassning av funktionsuppsättningarna för gran

Sammanfattningsvis visade utvärderingen från provytorna att Repola och Marklunds funktionsuppsättningar är de mest lämpliga att använda vid beräkning av avverkade mängder torrsubstans grot för grandominerade bestånd. Vidare visade utvärderingen att utfallen från dessa funktionsuppsättningar måste justeras för att undvika systematiska överskattningar av torrsubstansen grot i Bergslagen, Medelpad/Jämtland samt Norr- och Västerbotten. En detaljerad analys har därför genomförts i syfte att identifiera de justeringar av funktionsuppsättningarna som ger bäst eller acceptabelt resultat för de olika regionerna. I analysen utgick vi från två alternativ:

1. Anpassningar av funktionsuppsättningen Marklund 2. Denna valdes framför funktionsuppsättningen Marklund 1 eftersom den sett över landet ger lägre systematisk avvikelse och tillfälligt fel.
2. Anpassningar för funktionsuppsättningen Repola.

I båda alternativen användes funktionsuppsättningen Marklund 2 för tall och funktionsuppsättningen Repola för björk.

I tabell 5 visas de valda justeringarna för funktionsuppsättningarna Marklund 2 och Repola för de olika regionerna. För funktionsuppsättningen Marklund 2 i Norr- och Västerbotten samt Medelpad/Jämtland har funktionsutfallet reducerats till 85 % för samtliga träd. I Bergslagen och Småland har motsvarande reduktion skett för träd med brösthöjdsdiameter under 25 cm. För de grövsta träden (DBH >35 cm) i Småland är dessutom de beräknade grotmängderna multiplicerade med 1,2 för att kompensera för den systematiska underskattning som tidigare observerats på provytorna med hög genomsnittlig stamvolym.

För funktionsuppsättningen Repola har funktionsutfallet reducerats till 90 % i Bergslagen och 85 % i Medelpad/Jämtland och Norr-/Västerbotten. Detta för att kompensera för den systematiska överskattning som noterats på provytorna i dessa regioner.

Tabell 5.
Översikt över de funktionsuppsättningar som valts för respektive region.

Alternativ 1. Anpassningar för Marklund 2			
Region	Gran	Tall	Björk/ löv
Medelpad/Jämtland och N_V-botten	Marklund 2 * 0,85	Marklund 2	Repola
Bergslagen	DBH<25 cm: Marklund 2 * 0,85 DBH>25 cm: Marklund 2	Marklund 2	Repola
Småland	DBH<25 cm: Marklund 2 * 0,85 DBH 25 cm till 35 cm: Marklund 2 DBH>35 cm Marklund 2 * 1,2	Marklund 2	Repola
Alternativ 2. Anpassningar för Repola			
Medelpad/Jämtland och N_V-botten	Repola * 0,85	Marklund 2	Repola
Bergslagen	Repola * 0,90	Marklund 2	Repola
Småland	Repola	Marklund 2	Repola

I tabell 6 visas genomsnittligt relativt utfall för de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola per geografiskt område och totalt. De två anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola gav mycket lika utfall. Det systematiska felet för de anpassade funktionsuppsättningarna var i samtliga regioner lägre eller i nivå med det som erhöles då de olika funktionsuppsättningarna användes rakt av (tabell 4, 6). På samma sätt var de tillfälliga felet lägre för de anpassade funktionsuppsättningarna för hela landet och för samtliga regioner. Det relativa utfallet för de enskilda provytorna då den anpassade funktionsuppsättningen från Marklund användes redovisas i figur 7. Motsvarande utfall för den anpassade funktionsuppsättningen från Repola var likartad och redovisas inte.

I en jämförelse mellan de två anpassade funktionsuppsättningarna har Repolas funktionsuppsättning fördelen att den inte innehåller ståndortsindex som oberoende variabel vilket funktionsuppsättningen Marklund 2 gör. I beräkningsprogrammet finns en automatiserad funktion för skattning av ståndortsindex (se avsnittet ”Jämförelse mellan ståndortsindex beräknat från skördardata respektive fältmätningar”) men denna funktion är inte användbar i gallringsskog eftersom den bygger på antagandet att trädens höjdtillväxt avstannat. Det bör därför vara enklare att utsträcka användningen av beräkningssystemet till gallringsskog ifall Repolas funktionsuppsättning används.

En fördel med Marklunds funktionsuppsättning är att den är framtagen på ett svenskt material med god täckning över landet. Funktionsuppsättningen från Repola är framtagen på ett finskt material som i Sverige latitudmässigt motsvaras av området från Bergslagen till Norrbotten. Latitudmässigt omfattas alltså inte Götaland och det finns därmed en risk i bred användning av funktionsuppsättningen inom detta område. I Småland gav Repolas funktionsuppsättning dock gott resultat men innan data finns tillgängliga från ett större område inom Götaland rekommenderar vi funktionsuppsättningen Marklund 2 som förstahandsval.

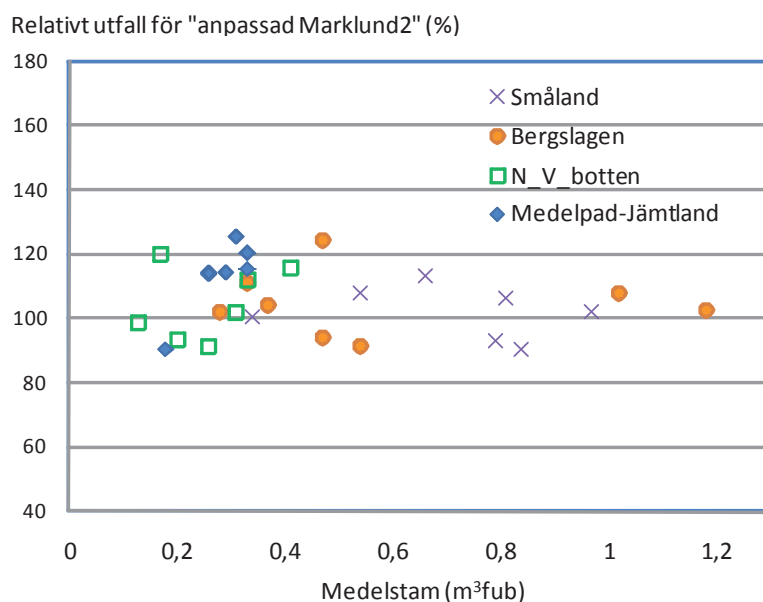
Sammanfattningsvis indikerar våra resultat att det är möjligt att vid beräkning av avverkad mängd torrsubbans grot med de anpassade funktionsuppsättningarna nå låga systematiska fel. Vidare visar resultaten att standardavvikelsen för avvikelser till de beräknade värdena uppgick till cirka 11 %. Detta gällde för landet som helhet och regionerna Småland, Bergslagen samt Norr- och Västerbotten. I Medelpad/Jämtland var såväl det systematiska som det tillfälliga felet något högre.

Tabell 6.

Genomsnittligt relativt utfall samt standardavvikelsen för avvikelser mellan beräknad och inmätt mängd torrsubbans för de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola på de 29 grandominerade provytorna. Se tabell 5 för en beskrivning av de olika anpassningarna.

	Totalt		Småland		Bergslagen		N_V-botten		Medelpad/Jämtland	
	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Anpassning Marklund 2*	105,7	10,7	101,7	8,0	104,6	10,2	104,5	11,2	113,3	12,1
Anpassning Repola*	105,1	11,2	102,5	9,9	101,3	9,8	104,8	11,1	113,6	12,7

* Se tabell 5 för en beskrivning av de olika anpassningarna.



Figur 7.

Gran. Relativt utfall för mängd torrsubbans beräknad med den anpassade funktionsuppsättningen från Marklund (se förklaring i tabell 5). 29 provytor från Småland till Norrbotten. Observera att y-axeln är stympad.

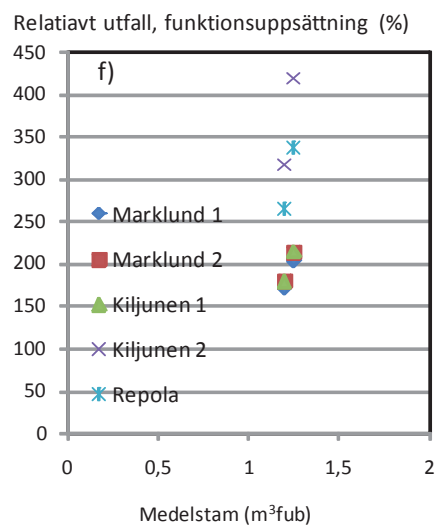
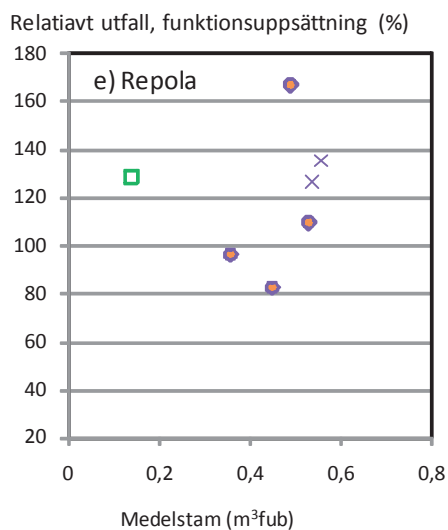
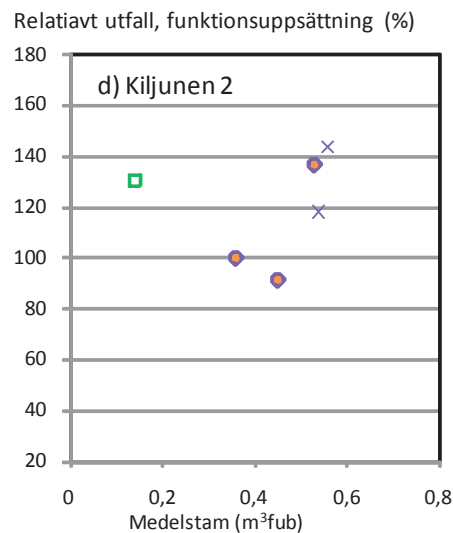
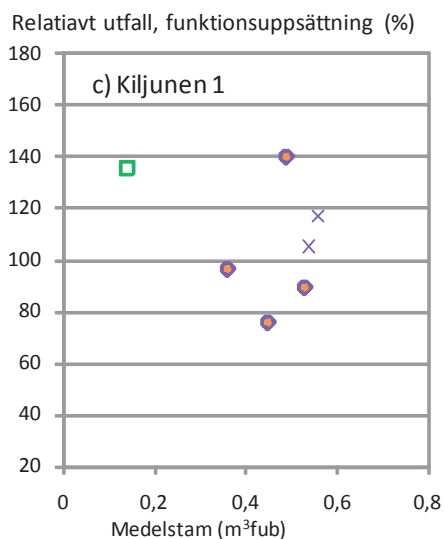
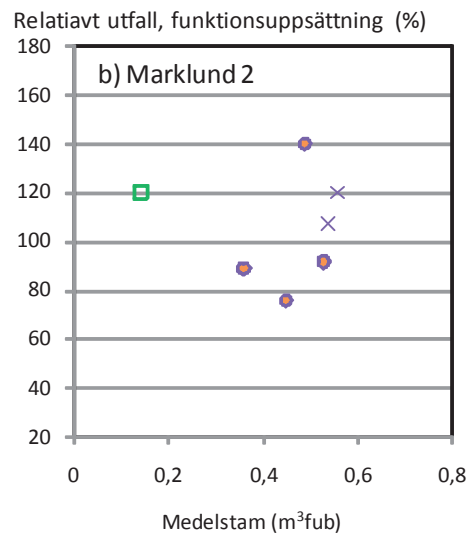
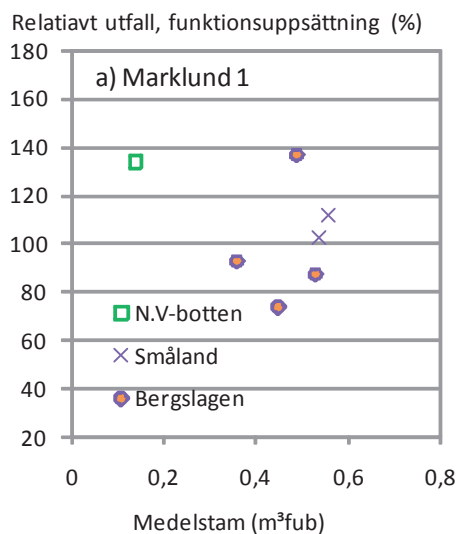
Som förstahandsval rekommenderar vi den anpassade funktionsuppsättningen från Marklund innehållande separata justeringar av funktionsutfallet för de olika regionerna (tabell 5). Vid praktisk användning av beräkningssystemet måste dock en zonindelning med tillhörande gränstragning ske över landet. Vår rekommendation är att anpassningen för Småland "Södra" används söder om latitud 59,5° (Söder om Mälaren), anpassningen för Bergslagen "Mellan" används mellan latitud 59,5° och latitud 62,2° (söder om Medelpad) och anpassningen för Medelpad/Jämtland och Norr-/Västerbotten "Norr" används norr om latitud 62,2°. Gränserna är svåra att dra utifrån materialet i studien och kan troligtvis behöva justeras i framtiden.

JÄMFÖRELSE MELLAN INMÄTT OCH BERÄKNAD MÄNGD GROT PÅ DE TALLDOMINERADE PROVYTORNA

I figur 8 redovisas det relativa utfallet för de fem utvärderade funktionsuppsättningarna för de nio talldominerade provytorna. På samma sätt som för de grandominerade provytorna indikerar relativa utfall över 100 en överskattning för de beräknade mängderna i jämförelse med de inmätta mängderna medan värden under 100 anger en underskattning. För två av provytorna, båda belägna i Medelpad, var den inmätta mängden grot betydligt lägre än förväntat utifrån stamvolymen på provytorna (se figur 4). I figuren särredovisas det relativa utfallet för dessa två ytor (figur 8f).

I motsats till resultaten för de grandominerade provytorna så fanns det för tall inte något samband mellan volymen för medelstammen på provytorna och det relativt utfallet från funktionsuppsättningarna. För de enskilda funktionsuppsättningarna gav Marklund 2 lägre värden än Marklund 1 för provytan i Västerbotten och något högre värden för de småländska provytorna. Detta beror troligen på att Marklund 2 innehåller nordkoordinat som oberoende variabel till skillnad från Marklund 1 som enbart innehåller variabler relaterade till trädstorlek. Repolas funktionsuppsättning gav i jämförelse med Marklunds funktionsuppsättningar högre värden framförallt i Småland och Bergslagen.

Samtliga funktionsuppsättningar överskattade mängden grot kraftigt på de två provytorna i Medelpad (figur 8f). De två provytorna var belägna i ett bestånd med för regionen extremt grov skog. Vidare var det ingen eller lite granunderväxt. Som tidigare konstaterats var den inmätta mängden grot betydligt lägre än förväntat utifrån den genomsnittliga stamvolymen. Ingen ytterligare förklaring till det avvikande resultatet för dessa provytor har gått att finna inom ramen för studien.



Figur 8. Relativa utfallen från funktionsuppsättningarna plottade mot medelstammens volym på de talldominerade provytorna. Observera att y-axlarna är stympade. Provytorna från Medelpad särredovisas (figur f).

I tabell 7 redovisas de systematiska och tillfälliga felen för funktionsuppsättningarna för samtliga provtytor, samtliga provtytor exklusive de från Medelpad samt regionvis. I jämförelse med gran tenderade spridningen att vara högre, observera dock att spridningen inte har beräknats inom region på grund av det begränsade materialet. På landsnivå (exklusive Medelpad) gav funktionsuppsättningarna Marklund 1 och 2 lägst systematiskt och tillfälligt fel. Det begränsade materialet tillåter inte en djupare analys på regionnivå och en sådan analys försvåras också av att det på flera provtytor fanns en betydande inblandning av gran.

Tabell 7.

Genomsnittligt relativt utfall samt standardavvikelsen för avvikelsen mellan beräknad och inmätt mängd torrsubstans för de olika funktionsuppsättningarna på de talldominerade provtytorna. Observera att på landsnivå så sker redovisning totalt och exklusive de avvikande provtytorna i Medelpad.

	Totalt			Totalt ex. Medelpad		Småland		Bergslagen		N_V-Botten		Medelpad	
	Medel	Std.-avv.	Antal	Medel	Std.-avv.	Medel	Antal	Medel	Antal	Medel	Antal	Medel	Antal
	(%)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)
Marklund 1	124	42	9	105	24	105	2	94	4	134	1	187	2
Marklund 2	126	45	9	106	22	112	2	96	4	120	1	197	2
Kiljunen 1	128	45	9	108	24	109	2	97	4	136	1	197	2
Kiljunen 2	182	111	9	129	30	126	2	125	4	130	1	367	2
Repola	161	85	9	121	28	129	2	110	4	129	1	301	2

I jämförelsen mellan funktionsuppsättningarna indikerar resultaten att Marklund 2 bättre hanterar effekter av läge i landet än Marklund 1. En ytterligare styrka för funktionsuppsättningen Marklund 2 är att den är utvecklad på ett ursprungsmaterial som geografiskt täcker hela Sverige: detta till skillnad mot funktionsuppsättningen Repola. Med hänsyn taget till ovanstående rekommenderar vi att funktionsuppsättningen Marklund 2 bör användas för tall vid beräkning av avverkad mängd torrsubstans grot i Sverige. Funktionsuppsättningen bör användas i hela landet.

Valet av funktionsuppsättning för gran har betydelse vid beräkning av mängd torrsubstans grot på de talldominerade provtytorna. Beräkningar har därför utförts där den rekommenderade funktionsuppsättningen Marklund 2 genomgående har använts för tall men där de anpassade funktionsuppsättningarna för Marklund och Repola har använts för gran (se specifikation i tabell 5). Resultaten av dessa beräkningar redovisas i tabell 8. För dessa alternativ på landsnivå (exklusive Medelpad) sjunker såväl systematisk som tillfälligt fel i jämförelse med då de enskilda funktionsuppsättningarna användes rakt av. Detta är dock en effekt av att de beräknade värden för gran förbättrats eftersom beräkningarna för tall är de samma i bägge fallen.

Tabell 8.

Genomsnittligt relativt utfall samt standardavvikelsen för avvikelser mellan beräknad och inmätt mängd torrsubbans på de 9 talldominerade provytorna. För tall har funktionsuppsättningen Marklund 2 använts genomgående. För gran har de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola använts (se specifikation i tabell 5).

	Totalt			Totalt ex. Medelpad		Småland		Bergslagen		N_V-botten		Medelpad	
	Medel	Std.-avv.	Antal	Medel	Std.-avv.	Medel	Antal	Medel	Antal	Medel	Antal	Medel	Antal
	(%)	(%)	(st)	(%)	(%)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)	(%)	(st)
Anpassning Marklund 2*	121,6	45,5	9	101,3	20,9	110,8	2	94,8	4	108,5	1	192,6	2
Anpassning Repola*	120,2	47,3	9	98,9	21,7	107,1	2	93,3	4	105,1	1	194,7	2

* Se tabell 5 för en beskrivning av de olika anpassningarna.

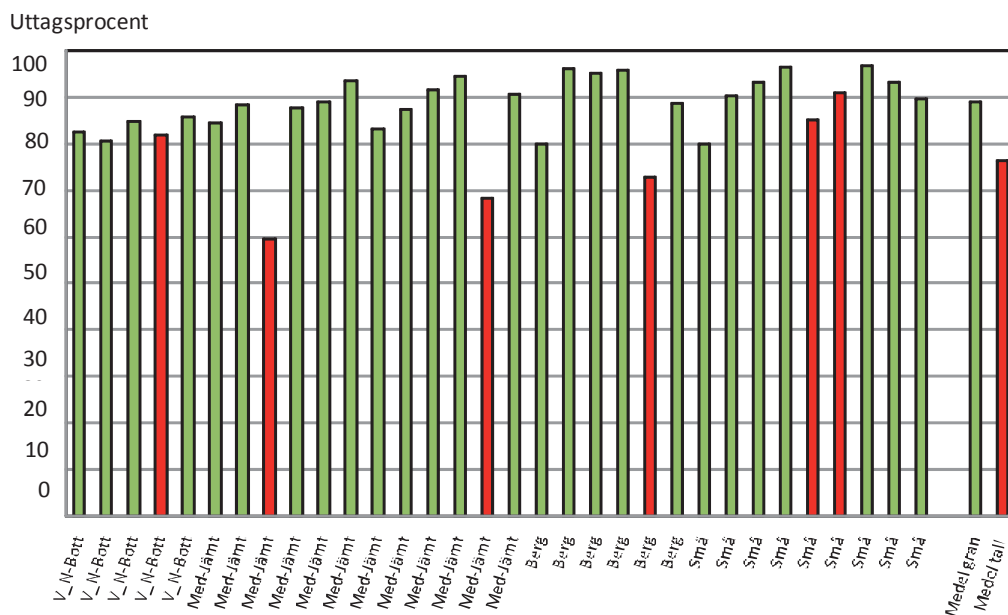
UTTAGSPROCENT VID GROTSKOTNING

I figur 9 redovisas uttagsprocent vid grotskotning för de 32 provytor där uttagsprocenten mättes upp. Uttagskvoten beräknades som kvoten mellan uttagen mängd torrsubbans grot vid normal skotning och den totala mängden torrsubbans grot på provytan.

Uttagsprocenten var lägre på de talldominerade än på de grandominerade provytorna (figur 9). På landsnivå var den genomsnittliga uttagsprocenten 89 respektive 76 % för de två trädslagen. Den lägre uttagsprocenten för tall är troligtvis kopplad till den lägre grotmängden för detta trädslag, vilket leder till mindre grothögar och därmed relativt större andel kvarlämnad grot per hög. Vidare är tallgrenar kortare och ”halare” än grangrenar som är längre och armerar samman grothögarna i betydligt högre grad. De längre tallgrenarna knäcks också lättare vid fällning av träden än de mjukare grangrenarna, denna effekt är troligtvis större vid kall väderlek.

För gran fluktuerade uttagsprocenten runt 90 % i Småland, Bergslagen och Medelpad-Jämtland, medan nivån låg cirka 10 procentenheter lägre i Norr- och i Västerbotten. Det fanns en svag trend att uttagsprocenten minskade från syd till norr (tabell 9), vilket troligen förklaras av minskande grotmängder per ha, vilket ger mindre grothögar och därmed relativt större andel kvarlämnad grot per hög.

Inom region var variationen i uttagsprocent mellan grandominerade provytor låg med en standardavvikelse på 7 % eller lägre (tabell 9). I Bergslagen noterades högst variation. I denna region grotskotades tre av provytorna under vårvintern då det låg ett hårt snötäcke på marken. Uttagsprocenten på dessa ytor var påfallande hög, vilket förklarar den större variation som noterades mellan provytor inom Bergslagen (tabell 9).



Figur 9.

Uttagsprocent vid grotskotning på de grominimerade (gröna staplar) och talldominerade (röda staplar) provvyterna belägna i Norr och Västerbotten (V_N-Bott), Medelpad-Jämtland (Med-Jämt), Bergslagen (Berg) och Småland (Små). Genomsnittlig uttagsprocent för gran och tall anges till höger i figuren.

Tabell 9.

Uttagskvoter vid skotning av gröna grot högar uppdelat på regioner och dominerande trädslag på ytan.

Region	Uttagsprocent gran			Uttagsprocent tall		
	Medel	Stdavv.	Antal	Medel	Stdavv.	Antal
Småland	91,4	5,7	7	88,1	*	2
Bergslagen	91,2	6,9	5	73,0	*	1
Medelpad-Jämtland	89,1	3,6	10	63,9	*	2
V-N botten	83,4	2,3	4	81,8	*	1
Totalt	89,3	5,3	26	76,4	11,6	6

*Beräknades inte p.g.a. få provytor.

Utifrån resultaten kan man på objektsnivå förvänta sig att uttagsprocenten inom region kommer att vara relativt stabil och att de variationer som kommer att finnas endast orsakas mindre fel för de beräknade kvantiteterna skogsbränsle. Detta gäller under gynnsamma avverkningsförhållanden. Normalt grotanpassas inte ris som används vid risning av vägar eller vid avverkning av t.ex. mycket steniga områden. Dessa kvantiteter kommer därför inte att ingå i grotkvantiteten eller påverka uttagskvoten. Uttagskvoten kommer dock att påverkas när stora mängder av det grotanpassade riset används som vägunderlag vid rundvirkesskotning under perioder med besvärliga drivningsförhållanden. En möjlighet att fånga detta i beräkningssystemet är att föraren av rundvirkesskotaren i skotarens produktionsfil (.prl) får ange andel av grotkvantiteten som används för vägförstärkning i % eller ton. Detta är dock ännu inte implementerat i beräkningssystemet.

De uttagsprocenter vi mätt upp i studien är framtagna på väl avgränsade prov-
 ytor där förarna av grotskotarna haft god överblick. Under produktionskörning
 är det troligt att uttagsnivån sjunker på grund av att vissa grothögar lämnas och
 att en något högre andel lämnas per hög då arbetstakten är högre än under stu-
 dien. Baserat på detta och på skillnaderna i uttagsprocent mellan trädslagen
 samt på tendensen att uttagsprocenten avtar från syd till norr så har vi utformat
 region- och trädslagsvisa rekommendationer över vilka uttagsprocenter som
 bör användas i beräkningssystemet (tabell 10). Regionindelningen är densamma
 som användes för rekommendationer kring val av funktionsuppsättning. Det
 bör noteras att vi i studien inte gjort några mätningar på lövdominerade prov-
 ytor och i rekommendationerna för björk och övrigt löv används uttagsprocent-
 er som ligger mellan nivåerna för gran och tall.

Tabell 10.

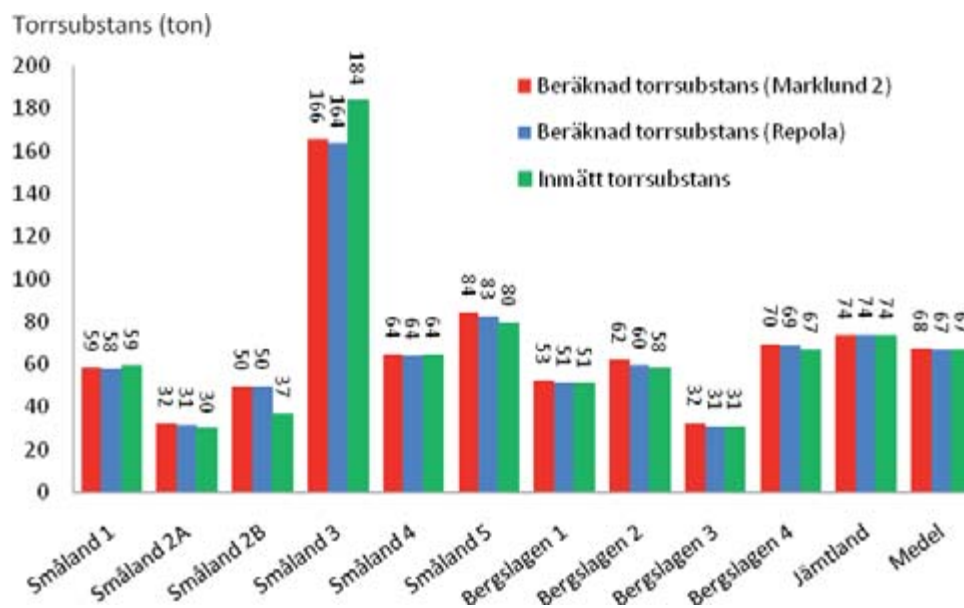
Rekommenderade uttagsprocenter vid grotskotning att användas i beräkningssystemet. Grön grot.

Geografiskt område	Tall	Uttagsprocent		
		Gran	Björk	Övrigt löv
Södra (latitud <59,5°)	75	85	80	80
Mellan(latitud >59,5°, latitud <62,2°)	70	82	77	77
Norra (latitud >62,2°)	70	80	75	75

JÄMFÖRELSE MELLAN BERÄKNAD OCH INMÄTT MÄNGD GROTT PÅ OBJEKTSNIVÅ

I figur 10 redovisas en jämförelse mellan inmätt och beräknad mängd torrsu-
 bstant från de 11 studerade objekten. Vid framtagningen av de beräknade mäng-
 derna har de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola
 använts (tabell 5) i kombination med de rekommenderade uttagsprocenterna
 (tabell 10). Sex objekt låg i Småland, fyra i Bergslagen och ett i Jämtland. Det
 var små skillnader i storlek mellan objekten i Bergslagen: den grotanpassade
 arealen varierade från 2,1 till 2,3 ha. För objekten i Småland varierade den
 grotanpassade arealen från 0,8 till 6 ha.

Den genomsnittliga inmätta mängden torrsubstans per objekt var 67 ton
 medan motsvarande beräknade mängder var 68 ton respektive 67 ton för de
 anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola (figur 10). För
 båda funktionsuppsättningarna låg avvikelserna mellan inmätt och beräknad
 mängd torrsubstans inom +/-2 ton för flertalet av avverkningsobjekten. Om-
 räknat till flisvolym innebär detta en avvikelse på cirka 12 m³, d.v.s. mindre än
 en tredjedels fliscontainer.



Figur 10. Jämförelse mellan inmätt och beräknad mängd torrsubstans för de 11 avverkade objekten i Småland, Bergslagen och Jämtland. De beräknade mängderna är baserade på de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola samt de rekommenderade uttagsprocenterna vid grotskotning. Se tabell 5 för en beskrivning av anpassningarna för de två funktionsuppsättningarna.

För två av objekten i Småland noterades större avvikelser. För objektet Småland 2B var de beräknade mängderna torrsubstans (50 ton för båda funktionsuppsättningarna) betydligt högre än den inmätta mängden (37 ton). Drivningsförhållandena då objektet avverkades var besvärliga med mycket blöt väderlek. Det är troligt att en betydande mängd av groten har använts av rundvirkeskotaren som underlag att köra på, vilket kan förklara den kraftiga överskattningen för detta objekt. För objektet Småland 3 noterades det omvända, d.v.s. de beräknade mängderna (166 och 164 ton) var lägre än den inmätta mängden (184 ton). Huvuddelen av detta objekt bestod av ett långsträckt åsparti med slät mark och mycket god bärighet. De goda drivningsförhållandena kan ha gett upphov till att uttagsprocenten vid grotskotningen var högre än de rekommenderade värden som användes i beräkningarna (75 respektive 85 % för tall och gran). Vi ser detta som den troligaste förklaringen till avvikelserna för detta objekt.

Vid framtagningen av de beräknade mängderna torrsubstans användes de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola i kombination med de rekommenderade uttagsprocenterna. Som kontroll gjordes också motsvarande beräkningar med de ursprungliga funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola dvs. utan anpassningar. I Småland gav de beräknade värdena från de ursprungliga funktionsuppsättningarna liknade utfall som de anpassade funktionsuppsättningarna (tabell 11, 12). I Bergslagen och Jämtland gav dock de ursprungliga funktionsuppsättningarna en betydande överskattning av mängden torrsubstans. Detta bekräftar den trend som noterades i utvärderingen från provytorna och där Marklunds och Repolas funktionsuppsättningar gav god överensstämmelse i Småland men en betydande överskattning av grotmängden i Bergslagen och längre norrut (se tabell 4).

Tabell 11.

Total inmätt mängd torrsubstans och motsvarande beräknade värden utifrån olika funktionsuppsättningar för 11 slutavverkningsobjekt i Småland, Bergslagen och Jämtland.

	Antal objekt	Inmätt	Anpassning Marklund 2*	Anpassning Repola*	Marklund 1	Marklund 2	Repola
	(st)	(ton TS)	(ton TS)	(ton TS)	(ton TS)	(ton TS)	(ton TS)
Totalt	11	734	745	734	785	755	794
Småland	6	454	454	449	445	440	464
Bergslagen	4	207	217	211	244	229	242
Jämtland	1	74	74	74	96	87	87

* Se tabell 5 för beskrivning av de anpassningar som gjorts i alternativen "Anpassning Marklund 2" och "Anpassning Repola".

Tabell 12.

Genomsnittligt relativt utfall samt standardavvikelsen för avvikelser mellan inmätt och beräknad mängd grot.

	Anpassning Marklund 2*		Anpassning Repola*		Marklund 1		Marklund 2		Repola	
	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.	Medel	Std.-avv.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Totalt	101,5	11,0	100,1	11,5	107,0	13,5	102,9	11,0	108,2	13,6
Småland	100,2	15,4	99,1	15,9	98,0	12,8	97,0	13,3	102,4	18,4
Bergslagen	104,8	1,5	102,1	1,6	118,1	4,6	110,36	1,6	117,3	1,5
Jämtland	100,3	–	100,4	–	131,1	–	117,9	–	118,5	–

* Se tabell 5 för beskrivning av de anpassningar som gjorts i alternativen "Anpassning Marklund 2" och "Anpassning Repola".

De två anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola gav liknande resultat och i båda fallen var det god överensstämmelse med inmätt mängd torrsubstans. Således indikerade vår studie att båda de anpassade funktionsuppsättningarna kan användas med gott resultat för att skatta mängden torrsubstans grot från slutavverkningsobjekt. Innan data finns tillgängliga från ett större område inom Götaland rekommenderar vi dock den anpassade funktionsuppsättningen Marklund 2 som förstahandsval. Detta av samma skäl som anförts tidigare dvs. att Repolas funktionsuppsättning är framtagen på ett material som latitudmässigt inte omfattar Götaland.

För att summera, så visar våra resultat att det utvärderade beräkningssystemet kan användas för att ge tillförlitliga prognoser över mängden torrsubstans grot från avverkningar. Skillnaden i medelvärden för de beräknade och inmätta värdena var marginell, vilket indikerar att små systematiska avvikelser kan förväntas då beräkningssystemet används praktiskt för ett större antal avverkningsobjekt på områdesnivå eller motsvarande. Detta gäller i båda de fall då de anpassade funktionsuppsättningarna från Marklund och Repola används.

För nio av de elva studerade objekten var det anmärkningsvärt hög överensstämmelse mellan beräknad och inmätt mängd torrsubstans. Detta indikerar att även de tillfälliga avvikelserna på objektsnivå kan förväntas vara låga. Vilken spridning som erhålls för avvikelserna mellan beräknade och inmätta värden vid praktisk användning av beräkningssystemet kommer i slutändan att bestämmas av hur vanligt förekommande objekt med större avvikelser är. I studien ingick ett sådant objekt (Småland 2B). Givet att frekvensen objekt med större avvikelse är liknande den i studien kan man förvänta sig ett tillfälligt fel på objektsnivå runt 11 %.

ANALYS AV ASKHALT, KEMISK SAMMANSÄTTNING OCH ENERGIINNEHÅLL

I genomsnitt utgjorde den totala askmängden 3,2 % av torrsubstansen grot på de studerade provvyterna (tabell 13). Den totala askmängden utgörs dels av naturlig aska bestående av mineralämnen som tagits upp i trädet, dels av aska från föroreningar. För grön grot kan den naturliga askhalten skattas till 2–3 % (Lehtikangas, 1999), vilket innebär att det i genomsnitt var lite föroreningsaska i proverna. Enstaka provvytor avvek dock och total askmängd upp till 6,4 % noterades.

Grotskotningen på provvyterna genomfördes i två steg där en ”normal” skotning åtföljdes av en skotning av den överblivna grot som samlats ihop manuellt. En farhåga inför studien var att de mindre grothögarna från den andra skotningen skulle innehålla en stor andel föroreningsaska. Dock fanns det ingen tendens att askhalten var högre i den andra skotningen än i den första.

Analys av den kemiska sammansättningen gjordes enbart på proverna från provvyterna hos Södra och Sveaskog. Resultaten visade att den kemiska sammansättningen var påfallande konstant mellan provvyterna särskilt när det gällde andelarna kol och väte i groten.

Kvävet utgjorde i genomsnitt 0,5 % av torrsubstansen, d.v.s. ett ton torrsubstans grot innehöll 5 kg kväve. Baserat på kväveinnehållet kan en översiktlig beräkning göras av det kväveuttag som uttaget av grön grot medförde. Från ett av de större objekten som mättes in i Småland var det totala uttaget av grot 184 ton TS på en areal av 6 ha. Givet en kväveandel på 0,5 % innebär detta att det totala uttaget av kväve från objektet var 920 kg medan uttaget per hektar uppgick till 153 kg.

I genomsnitt uppgick det kalorimetriska värmevärdet och det effektiva värmevärdet för torrt material till 20,7 respektive 19,4 MJ/kg TS. Detta är något högre värden än de riktvärden på 20,4 respektive 19,2 MJ/kg TS, som anges av VMR för grot (Anon, 1998). VMRs riktvärden är framtagna på helträdsflis inklusive stamved. De något högre värdena i vår studie beror troligen på att våra mätningar är gjorda på grot. Groten innehåller en högre andel barr och grenar och lägre andel stamved än helträdsflis och energiinnehållet är högre i barr och grenar än i stamved.

Tabell 13.

Askhalt och kemisk sammansättning uttryckt i % av torrsubstansen (TS) samt kalorimetriskt och effektivt värmevärde (MJ/kg TS) för prover hämtade från en delmängd av provytorna i studien. Grottskotningen på provytorna utfördes stegvis och där 1 anger den första "normala" skotningen och 2 anger den efterföljande skotningen av den återstående, manuellt insamlade groten. Medelvärden anges i fet kursiv stil. Mätningarna av kemisk sammansättning gjordes enbart på provytorna från Södra och Sveaskog.

Företag	Objektsnamn	Provyta	Skotning	Askhalt (%)	Kol (%)	Väte (%)	Kväve (%)	Syre (%)		Kalorimetriskt värmevärde (MJ/kg TS)	Effektivt värmevärde (MJ/kg TS)
Södra	Löjdmark	A	1	3	51,4	6,3	0,7	38,6		21,0	19,6
Södra	Löjdmark	A	2	2	51,4	6,2	0,4	40		20,8	19,5
Södra	Franzén	A	1	2,6	51,4	6,3	0,6	39,1		21,0	19,6
Södra	Franzén	A	2	3,6	51,2	6,2	0,6	38,4		20,8	19,5
Södra	Gustavsson	A	1	3,2	51,5	6,2	0,7	38,4		20,9	19,6
Södra	Gustavsson	A	2	2,6	51,3	6,2	0,5	39,4		21,0	19,6
Södra	Edvardsson	A	1	2,2	51,2	6,2	0,4	40		20,8	19,5
Södra	Edvardsson	A	2	2,4	51,4	6,3	0,4	39,5		20,9	19,5
Sveaskog	Kvarnmossen			2,0	51,6	6,3	0,6	39,4		21,0	19,7
SCA	Ormtjärn	A	1	3,8						20,6	19,3
SCA	Ormtjärn	A	2	3,1						20,8	19,5
SCA	Ormtjärn	B	1	3,2						20,9	19,6
SCA	Ormtjärn	B	2	2,5						20,8	19,5
SCA	Liljekvist	A	1	2,8						20,7	19,4
SCA	Liljekvist	A	2	6,4						20,1	18,8
SCA	Liljekvist	B	1	3,3						20,6	19,3
SCA	Liljekvist	B	2	3,5						20,6	19,3
SCA	Liljekvist	C	1	5,4						20,3	19,0
SCA	Liljekvist	C	2	5						19,6	18,3
SCA	Lassarettvägen	A	1	2,3						20,9	19,6
SCA	Lassarettvägen	A	2	1,2						21,2	19,9
SCA	Lassarettvägen	B	1	3,1						21,0	19,7
SCA	Lassarettvägen	B	2	4,1						20,5	19,2
SCA	Vikbodama	A	1	3,0						21,0	19,7
SCA	Vikbodama	A	2	2,6						20,9	19,6
SCA	Vikbodama	B	1	2,6						20,8	19,5
SCA	Vikbodama	B	2	3,1						20,8	19,5
			Medel:	3,1	51,4	6,2	0,5	39,2		20,7	19,4

FUKTHALT

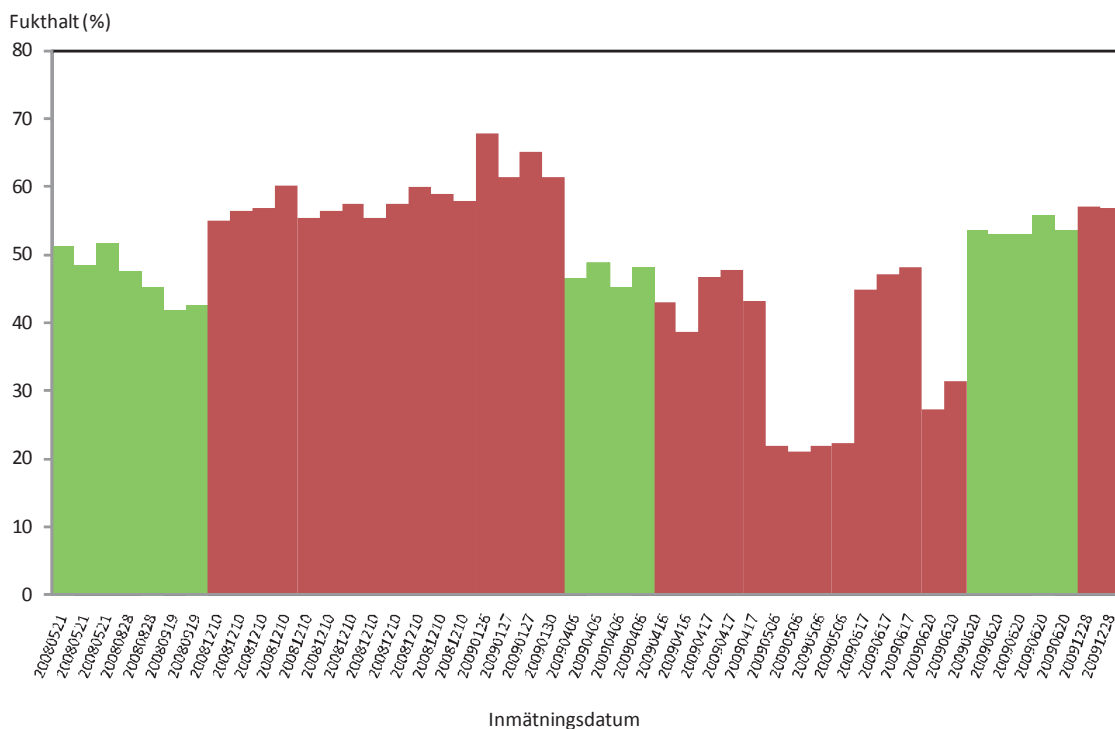
I figur 11 redovisas resultaten av fukthaltsmätningarna. Varje stapel motsvarar genomsnittlig fukthalt per provyta eller per objekt. Staplarna är ordnade efter inmättningsdatum. Grön färg indikerar fukthalt för grot som mätts in inom 10 dagar från avverkning medan röd färg indikerar grot där mer än 10 dagar förflutit från avverkning till inmätning. Trots att den senare groten lagrats något är den fortfarande att betrakta som grön grot.

För den lagrade groten är det uppenbart att tidpunkten för lagring/inmätning har stor betydelse för fukthalten. Den grot som mättes in under perioden december 2008 till januari 2009 hade fuktats upp och hade högre fukthalt än helt färsk grot. Det omvända gällde för den grot som mättes in under våren/försommaren 2009 för vilken uttorkning skett. För vissa provytor var uttorkningen dramatisk och så låga fukthalter som 21 % noterades för enstaka provytor.

Den förändring av fukthalten som lagringen ger upphov till ger en betydande påverkan på det effektiva värmevärdet. Till exempel så ger en ökning av fukthalten från 50 till 65 % en minskning av energinnehållet med 13 % medan en uttorkning från 50 till 25 % fukthalt medför en ökning av energinnehållet med 10 procent.

För den grot som mättes in inom 10 dagar från avverkning var variationen lägre mellan provytor/objekt än för den lagrade groten. Ett intressant resultat från våra mätningar var att fukthalten i färsk grot tenderade att vara som högst på sommaren för att minska i takt med att träden gick mot vintervila (se perioden maj till september 2008). Denna trend belyses ytterligare i tabell 14 där månadsvisa medelvärden för all grot som mättes in inom 10 dagar från avverkning redovisas. I våra data fanns en likartad trend för både tall och gran. Det finns få litteraturuppgifter över fukthalten i färsk grot och vi har inte funnit någon studie som belyser hur fukthalten i färsk grot förändras under året. Ifall grön grot blir ett vanligare bränslesortiment framöver vore det intressant att närmare undersöka denna årstidsbundna fukthaltsvariation vi observerat och som förefaller vara möjlig att modellera. Sådana modeller skulle kunna utnyttjas för att ge exaktare prognos över fukthalten vid leveranstidpunkt.

I våra mätningar fluktuerade fukthalten för den färska tallgroten runt 51 % medan fukthalten var något lägre i grangrot där den fluktuerade runt 48 % (tabell 14). Såväl nivåer som skillnaden mellan trädslagen överrensstämmer väl med en tidigare studie (Hakkila, 1989) som redovisade en genomsnittlig fukthalt för färsk grangrot på 48–49 % och för tallgrot på 53–54 procent.



Figur 11. Utfall fukthalt för provtytor och inmättningsdatum. Grön färg illustrerar inmätning inom 10 dagar från avverkning. Röd färg visar grot som har lagrats längre tid i skogen. Objekt sorterade efter inmätningstidpunkt från maj 2008 till december 2009.

Tabell 14.

Månadsvis genomsnittlig fukthalt (%) för grot från talldominerade respektive grandominerade provtytor inmätta inom 10 dagar från avverkning.

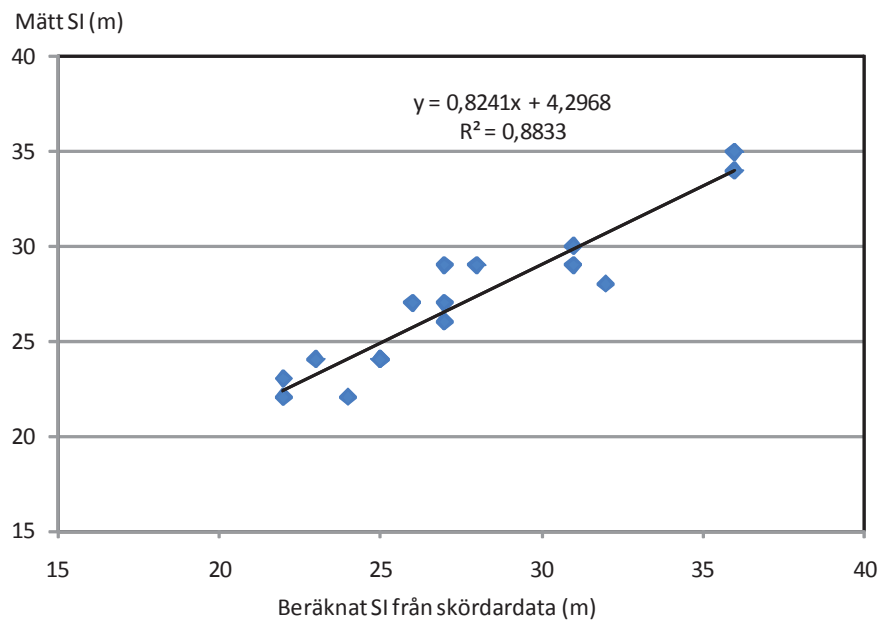
Trädslag	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tall					51	55	50	48				
Gran				47	48	53	49	45	43			

JÄMFÖRELSE MELLAN STÅNDORTSINDEX BERÄKNAT FRÅN SKÖRDARDATA RESPEKTIVE FÄLTMÄTNINGAR

Utvärderingen av beräkningssystemets funktion för automatisk beräkning av ståndortsindex visade på god överrensstämmelse med ståndortsindex baserat på manuella mätningar (figur 12). Förklaringsgraden var 0,88 för de 16 studerade provtytorna. Något starkare samband noterades för ståndortsindex från de grandominerade provtytorna än från de talldominerade.

Resultaten visar att ståndortsindex, skattad med funktionen i beräkningssystemet, har en fullt tillräcklig precision för användning som ingångsvariabel i biomassafunktionerna. Funktionen bygger på antagandet att trädens höjdtillväxt avstannat, vilket uppfylls för merparten av slutavverkningsobjekten som är aktuella för uttag av grot. Dock kan den återstående höjdtillväxten till 100 års totalålder vara betydande i mycket unga slutavverkningsobjekt i södra Sverige och för sådana objekt kan funktionen befaras ge underskattningar av ståndortsindex.

I en känslighetsanalys har vi beräknat effekten av att använda sådana potentiella underskattade ståndortsindex i beräkningssystemet. Effekten på skattningen av mängden torrsubstans är begränsad och vår bedömning är att den automatiska funktionen för skattning av ståndortsindex kan användas för slutavverkningar i hela landet.



Figur 12. Ståndortsindex (SI) beräknat utifrån skördardata jämfört med ståndortsindex framtaget utifrån manuella mätningar.

SKÖRDARFÖRARNAS UPPLEVELSER AV ATT ANVÄNDA DEN NYA FUNKTIONEN FÖR TRÄDVIS REGISTRERING AV GROTPASSNING

Skördarförarna som använt den nya funktionen för trädvis registrering av grotpassning ansåg att denna fungerar bra och att det inte innebär någon ökad belastning i arbetet. Man önskade sig några små justeringar hur man byter från grotpassning till ej grotpassning med en enkel knapptryckning. Dessa behov av förändringar har vidareförmedlats till maskintillverkarna.



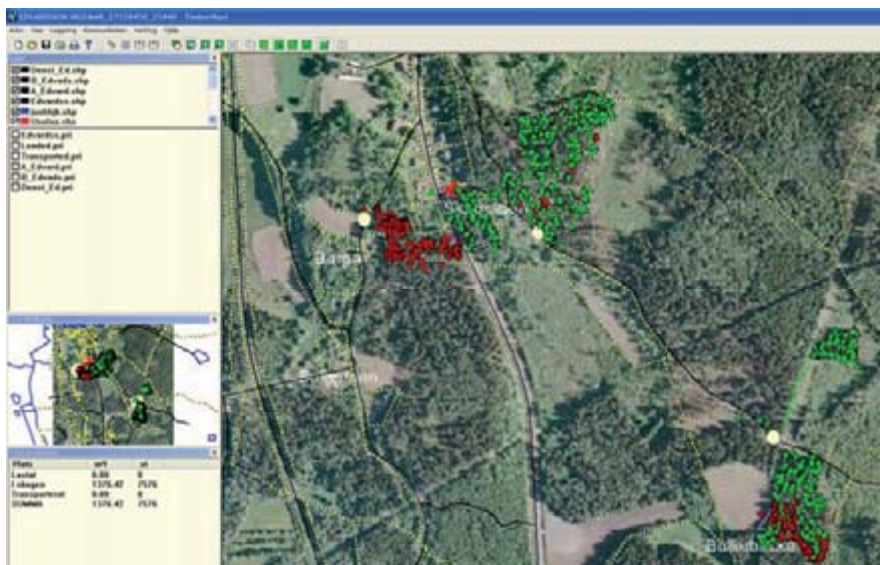
Figur 13.
Ponsse skördardator inställd för grotpassning på (grön symbol).
Motsvarande röd symbol indikerar grotpassning av.

TEST AV KARTSTÖD VID GROTSKOTNING

Testen med kartstöd vid grotskotning visade att det fungerade väl att läsa in profiler i den anpassade versionen av Timber Navi från John Deere. Ett utsnitt från programmet finns i figur 14.

Förarna av grotskotaren såg kartstödet som ett värdefullt hjälpmedel och deras intryck kan sammanfattas enligt nedan:

- Kartstödet medför en stor fördel vid flytt – man hittar snabbt och rätt.
- Kartstödet underlättar planering – hur skotning ska ske och var avlägget ska vara.
- Kartstödet minskar onödigt rekande på hygget.
- Det allmänna omdömet var ”helt suveränt”.



Figur 14.
Utsnitt från John Deeres kartprogram Timber Navi. Grotanpassade träd är markerade med gröna symboler och icke grotanpassade med röda symboler.

I dag läser endast programmet om trädet är grotanpassat eller ej. I framtiden kan man också komplettera med kvantiteter (ton ts, råvikt eller energimängd) genom att lägga in stamvisa uppgifter från beräkningssystemet.

Rekommendationer – biomassafunktioner och uttagsprocent vid grotskotning

BIOMASSAFUNKTIONER

Våra rekommendationer kring val av funktionsuppsättningar baseras på resultat från de 38 provytorna i studien varav 29 var grandominerade och 9 talldominerade.

För gran rekommenderar vi att funktionsuppsättningen Marklunds 2 används med olika justeringar av funktionsutfallet i olika delar av landet enligt specificering i tabell 15. För tall rekommenderas att funktionsuppsättningen Marklund 2 används i hela landet.

Lövandelen på de studerade provytorna var genomgående låg och i vår studie fanns inget dataunderlag för att utvärdera biomassafunktionerna för lövträdslagen. Rekommendationerna för björk och övriga lövträdslag är därför rena bedömningar. För björk rekommenderas Repolas funktionsuppsättning i hela landet. Repolas funktionsuppsättning för björk rekommenderas också för övriga lövträdslag i södra Sverige och reducerad till 80 % för området norr om Mälaren. Reduktionen används eftersom trädslagen i övrigt löv norr om Mälaren främst utgörs av asp och al vilka har lägre torr-rå densitet än björk. I södra Sverige ingår en viss andel ädellöv i övrigt löv och dessa trädslag har högre torr-rå densitet än björk.

Tabell 15.

Rekommenderade funktionsuppsättningar för olika delar av landet.

Geografiskt område	Tall	Gran	Björk	Övrigt löv
Syd (latitud <59,5°)	Marklund 2	DBH < 250 mm: Marklund 2 * 0,85 DBH >= 250 och < 350 mm: Marklund 2 DBH >=350 mm: Marklund 2 * 1,2	Repola	Repola
Mellan (latitud >=59,5° och latitud < 62,2°)	Marklund 2	DBH < 250 mm: Marklund 2 * 0,85 DBH >= 250 mm: Marklund 2	Repola	Repola * 0,8
Norr (latitud >62,2°)	Marklund 2	Marklund 2 * 0,85	Repola	Repola * 0,8

UTTAGSPROCENT VID GROTSKOTNING – GRÖN GROTT

Rekommendationer kring uttagsprocent vid grotskotning baseras på mätningar från 32 provtytor. Dessa mätdata är kompletterade med bedömningar av hur uttagsprocenten reduceras vid produktionskörning. I tabell 16 finns trädslagsvisa rekommendationer över uttagsprocent för olika delar av landet.

Tabell 16.

Rekommenderade uttagsprocenter vid grotskotning att användas i beräkningssystemet. Grön grot.

Geografiskt område	Tall (%)	Gran (%)	Björk (%)	Övrigt löv (%)
Syd (latitud <59,5°)	75	85	80	80
Mellan (latitud >= 59,5 och < 62,2°)	70	82	77	77
Norr (latitud > 62,2°)	70	80	75	75

UTTAGSPROCENT VID GROTSKOTNING – BRUN GROTT

Samtliga mätningar i studien är utförda på grön grot. I dagsläget får dock merparten av groten torka på hygge eller i välta vid bilväg och övergår då till s.k. brun grot. I beräkningssystemet kan brun grot hanteras genom att uttagsprocenten vid grotskotning minskas. Storleken på denna minskning kommer dock att vara starkt beroende av hanteringssätt och lagringförhållanden.

Vi uppskattar i dagsläget att ytterligare 5–10 % av torrsubstansen lämnas kvar på avverkningsobjekten vid hantering av brun grot i jämförelse med hantering av grön grot. Då beräkningssystemet används för att skatta mängd torrsubstans för brun grot bör därför uttagsprocenten vid grotskotning reduceras till nivåer enligt rekommendation i tabell 17. Dock är det angeläget att respektive företag vid praktisk användning av beräkningssystemet samlar erfarenhetstal över vilken nivå på uttagsprocenten som bäst överrensstämmer med det egna sättet att hantera grot.

Tabell 17.

Rekommenderade uttagsprocenter vid grotskotning att användas i beräkningssystemet. Brun grot.

Geografiskt område	Tall (%)	Gran (%)	Björk (%)	Övrigt löv (%)
Syd (latitud <59,5°)	70	80	75	75
Mellan (latitud >= 59,5 och < 62,2°)	65	77	72	72
Norr (latitud >62,2°)	65	75	70	70

Referenser

- Arlinger, J. et al. 2003. A description of pri-files, Arbetsrapport 559, Skogforsk.
- Anon. 1998. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. Fastställt av Virkesmättningsrådet 1998-11-25. VMR <http://www.virkesmatningsradet.org>
Internetupplaga biobräns.pdf 1999-12-13.
- Anon. 2009. StanForD – Standard for Forest Data and communication. Se www.skogforsk.se
- Hakkila, P. 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Kiljunen, N. 2002. Estimating dry mass of logging residues from final cuttings using a harvester data management system. International Journal of Forest Engineering 13(1):17–25.
- Lehtikangas, P., 1999. Lagringshandbok för trädbränslen, 2:a upplagan. ISBN 91-576-5564-2 © 1999, SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Marklund, L. 1988. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. The Swedish University for Agricultural Sciences, Department of Forest Survey. Report 45. 73 pp. ISBN 91-576-3524-2. (In Swedish with English summary.)
- Möller, J. J. et al. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avvercade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata, Arbetsrapport 677, Skogforsk.
- Nurmi, J. 2007. Recovery of logging residues for energy from spruce (*Picea abies*) dominated stands. Biomass and bioenergy. 31: 375–380.
- Repola, J., Ojansuu, R. & Kukkola, M. 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, no. 53. 1–27.
- Repola, J. 2008. Biomass Equations for Birch in Finland. Silvae Fennica 42 (4): 605–624.

Personliga meddelanden

- Hans-Göran Danielsson och Joakim Karlsson. 2009. Skördarförare i laget ”Riddarhyttan Ponssemaskinen”.
- Johan Liljeqvist och Anders Johansson. 2009. Skördarförare i laget ”Team Njudung”.
- Åke Liljebrand med medarbetare i Wirsbo biobränsle. 2009.

Instruktion beräkning av biobränsleuttag

- 1) **Objektval** – 5–10 objekt per företag ska väljas ut.
 - a. Främst normala biobränsleobjekt.
 - b. Dock vill vi också ha 1–2 rena tallobjekt.
 - c. Gärna ett även på svagare mask.

Välj ut lämpligt objekt där det går att lagra 5 olika högar, gärna nära en väg.

- 2) **Markera ytor** – Markera 2 ytor per objekt (2 ytor vid blandskog och 1 yta vid ett dominerande trädslag på små objekt) med snitselband för noggrannare studier av utfall jämfört med beräkningsmodell och normal uttag vid skotning. Småytorna ska vara så trädslagsrena som möjligt (helst >90 %).
 - a. Ytorna ska vara ca 2 000 m² (vid 1 yta upp till 2 500 m²)
 - b. Välj en gran- och en tallyta vid blandbestånd, annars det dominerande trädslaget.
 - c. Uppgifter för varje objekt/yta: Ålder tall-gran, grönkrongränshöjd och bonitet.
- 3) **Avverka** – Viktigt att tänka på att alla ytor ska ha olika filnamn och att ytorna markeras, gärna med heldragen snitsel efter avverkning.
 - a. Skapa separata pri-filer med olika namn för Yta A, B och C (C-resterande del av objektet). Använd gärna namnen A, B och C i filnamnen.
 - b. Avverka Yta A och ev. Yta B först. Spara och skapa en ny pri-fil efter varje yta. Snitsla runt ytorna med heldragen snitsel. Märk ytan med några vattenfasta papper med A respektive B. Här ska **alla** träd biobränsleanpassas.
 - c. Avverka resterande del av objektet. Här ska funktionen biobränsle PÅ/AV användas. Av ska användas om ris läggs i vägen eller att en del av avverkningen inte biobränsleanpassas exv. en höjd eller ett blött område eller att en del är stenig.
 - d. Skicka alla pri-filer till Skogforsk (johan.moller@skogforsk.se)
- 4) **Skotning** – Gör en normal skotning på Yta A och Yta B. Plocka ihop resterande ris manuellt och gör en andra skotning. Dessa volymer ska läggas i separata högar benämna A1, A2, B1 och B2 och hög C (normala objektet). Varje hög ska märkas noga och kanske ha separata mätordernummer för inmätning (detta får ni bestämma själva).
- 5) **Flisning** – Viktigt: håll ordning på alla högar med separata identiter (3 eller 5 stycken). Ta ganska många fukthaltsprov och väg proven.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2008

År 2008	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.
Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkroppsvibrationer i galling. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskärning och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman, Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnärings transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.
Nr 667	Baez, J. 2008. Vibrationsdämpning av skotare. 67 s.
Nr 668	Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördar-aggregat på barkskadorna hos massaved och följeffekter på produktionen av granbarkbollar. 34 s.
År 2009	
Nr 669	Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s.
Nr 670	Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s.
Nr 671	Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s.
Nr 672	Lindgren, D. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s.
Nr 673	Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s.
Nr 674	Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s.
Nr 675	Arlinger, J., Barth, A. & Sonesson, J. 2009. Förstudie om informationsstandard för stående skog. 21 s.
Nr 676	Nordström, M. & Möller J. J. 2009. Den skogliga digitala kedjan – Fas 1. 38 s.
Nr 677	Möller J.J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. 36 s.

Nr 678	Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. 27 s.
Nr 679	Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. 2009. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag. – Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E, Bracke C16.A och LogMax 4000, Mellanskog, Färila. 43 s.
Nr 680	Iwarsson Wide, M. 2009. Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag. Metodstudie – uttag av massaved, helträd, kombinerat uttag samt knäckkvistning i talldominerat bestånd, Sveaskog, Askersund. 25 s.
Nr 681	Iwarsson Wide, M. 2009. Teknik och metod Ponsse EH25. – Trädbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata. 14.
Nr 682	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag med Bracke C16. – Bränsleuttag med Bracke C16 i tall respektive barrblandskog. 14 s.
Nr 683	Thorsén, Å. & Tosterud, A. 2009. Mer effektiv implementering av FoU-resultat. – En intervjuundersökning bland Skogforsks intresenter. 58 s.
Nr 684	Rytter, L., Hannerz, M., Ring, E., Högbom, L. & Weslien, J.-O. 2009 Ökad produktion i Svenska kyrkans skogar – Med hänsyn till miljö och sociala värden. 94 s.
Nr 685	Bergkvist, I. 2009. Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran – studier av prestation och kvalitet i förstagallring. 29 s.
Nr 686	Englund, M. 2009. Röststyrning av aggregatet på en engreppsskördare – En Wizard of Oz-studie. 32 s.
Nr 687	Lindgren, D. 2009. Polymix breeding with selection forwards. 14 s.
Nr 688	Eliasson, L., Nordén, B. 2009. Fyra olika studier med A-gripen. 31 s.
Nr 689	Larsson, F. 2009. Skogsmaskinföretagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivitet. Under bearbetning. 44 s.
Nr 690	Jönsson, P., Löfroth, C. & Englund, M. 2009. Förarstol för stående arbetsställning – en pilotstudie. 12 s.
Nr 691	Brunberg, T., Lundström, H. & Thor, M. 2009. Gallringsstudier hos SCA vintern och sommaren 2009. 26 s.
Nr 692	Eliasson, L. & Johannesson, T. 2009. Underväxtens påverkan på bränsleanpassad slutavverkning – Studie från avverkning hos Sca Skog AB. 11 s.
Nr 693	Nordén, B. & Eliasson, L. 2009. En jämförelse av ett Hugglinksystem med en traktormonterad flishugg vid flisning på avlägg. 9 s.
Nr 694	Hannrup, B. et al., 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avvertrade kvantiteter skogsbränsle. 42 s.
Nr 695	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i vägkant med BRACKE C16. 12 s.
Nr 696	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag i vägkanter. Prestationsstudie – uttag av Skogsbränsle i vägkant med ponsse dual med EH 25. 14 s.
Nr 697	Almqvist, C. & Wennström, U. 2009. Granfröplantageskötselresa 2009-08-31–200-09-03. Noter från besök i respektive plantage. 22 s.
Nr 698	Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.1 Initial analysis of drivers and barriers. 41 s.
Nr 699	Wilhelmsson, L. m.fl. 2009. D3.2 Existing models and model gap analyses for wood properties. 54 s.