



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 780-2012

**Validering av funktioner för beräkning av kvantitet
skogsbränsle vid stubbskörd**

– En pilotstudie

**Validation of functions for calculating the quantity
of forest fuel in stump harvest**

– A pilot study

Maria Nordström, Björn Hannrup, Erik Anerud,
Tomas Johannesson, Henrik von Hofsten, Lars Eliasson



SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 780-2012

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

Titel:

Validering av funktioner för beräkning av kvantitet skogsbränsle vid stubbskörd – en pilotstudie.

Validation of functions for calculating the quantity of forest fuel in stump harvest.

Bildtext:

Stubbhögen i Gubbhögen. Skördade stubbar från en av de studerade provytorna.

Ämnesord:

Stubbskörd, biomassafunktioner, skördardata, skogsbränsle, validering.

Stump harvest, biomass functions, harvest data, forest fuel, validation.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2012

ISSN 1404-305X



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Maria Nordström. TeknLic. Anställd vid Skogforsk sedan 2008, arbetar främst med frågor kring skogsbrukets informationsflöden, skördardata och skogsbränslen.



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

Medförfattare

Erik Anerud, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Tomas Johannesson, Skogforsk.

Henrik von Hofsten, Skogforsk.

Lars Eliasson, Skogforsk.

Abstract

The aim of this study was to perform an initial validation of the use of existing biomass functions as a tool for predicting the amount of harvested forest fuels at stump harvest. Standardised production reports from the harvester were used as input to the calculations. The results imply that the biomass functions underestimate the amount of stump fuel extracted at stump harvest. The difference between harvested and predicted amounts was up to 50% on some plots. However, if firm conclusions are to be drawn from the study, complementary studies are needed that consider variations in ground conditions and geographical location. The study also looked at losses during production, and concluded that at least 15% of the extracted material is lost during forwarding and crushing of the harvested stumps.

Förord

Studien ”Validering av funktioner för beräkning av kvantitet skogsbränsle vid stubbskörd – en inledande pilotstudie” genomfördes under hösten 2011 i trakterna av Gubbhögen, norr om Strömsund, Jämtland. Studien har finansierats av forskningsprogrammet Effektivare Skogsbränslesystem (ESS) vid Skogforsk och försöksvärd var SCA Skog.

Vi vill rikta ett särskilt tack till medverkande maskinägare och förare – Tommy Lundkvist, Hallvikens Skog AB (avverkning), Lars-Erik Brantholm och Daniel Eliasson, TL Grot AB (stubblyftning), Per-Olof Månsson, Mats Nyborg Skog AB (stubbkötning), Pär Johansson, Jonny Grönlund och Filip Vidmark, Norrlandsjord & Miljö AB (krossning) samt Peter Guldbrandsson, Bo Ottossons Åkeri/Reaxcer (lastbilstransport). Ert intresse och engagemang är avgörande för att en sådan här studie ska bli lyckad. Tack också till Nyby sågverk som lät oss torka våra prover i anslutning till virkestorcken.

Uppsala i juli 2012

Maria Nordström (Projektledare)

Innehåll

Förord.....	1
Summary	4
Bakgrund.....	4
Syfte och mål.....	7
Syfte	7
Mål.....	7
Material och metoder	7
Försöksområde.....	7
Avverkning.....	8
Stubbskörd och krossning.....	9
Lyftning.....	9
Skotning	9
Krossning.....	10
Kvantifiering av skördat stubbränsle.....	11
Invägning av containrar	11
Provtagning för fukt- och askhaltsbestämning.....	11
Fukthaltsbestämning	12
Askhaltsbestämning.....	12
Kvarlämnade och missade stubbar	12
Kvantifiering av spill	13
Validering av biomassafunktioner för stubbar.....	14
Indata till biomassafunktionerna och för arealskattning	14
Biomassafunktioner.....	14
Resultat och diskussion.....	15
Validering av biomassafunktioner för stubbar.....	15
Skördade stubbar	15
Fukt- och askhalter.....	16
Kvarlämnade och missade stubbar	17
Spill.....	18
Validering av biomassafunktioner.....	18
Felkällor och kommentarer.....	25
Utvärdering av studiemetodiken i pilotstudien	26
Förberedelser/kontakter med värd företag	26
Objektval	26
Provytor.....	26
Avverkning.....	27
Skotning av virke, grot och stubbar.....	27
Stubbskörd.....	27

Krossning.....	27
Kvantifiering av spill	28
Vidare arbete	28
Slutsatser	29
Referenser	30
Muntligt meddelande.....	30
Bilaga 1	31

Summary

Functions have previously been developed to calculate the quantity of biomass in the various parts of the tree, using key data like breast height diameter, tree height, geographical position, etc. Functions for stumps and roots can be used for predicting the size of forest fuel harvest when stumps are extracted. Input data to the functions can be taken from the harvester's production files, thereby enabling an automated system. This type of system is already in place for forest fuel deriving from logging residue (branches and tops). If stumps are to be included, the existing biomass functions must be validated for practical application. This study serves as an introduction for such a validation.

Earlier smaller studies in Sweden have indicated that the biomass functions developed by Marklund in the 1980s underestimate actual extraction in stump harvest, and this pilot study confirms those findings. However, if the conclusions are to be more generally applicable, trials must be extended to include more sites on different soil types in different parts of the country. This study showed deviations between actual and predicted harvest of over 50% on some plots.

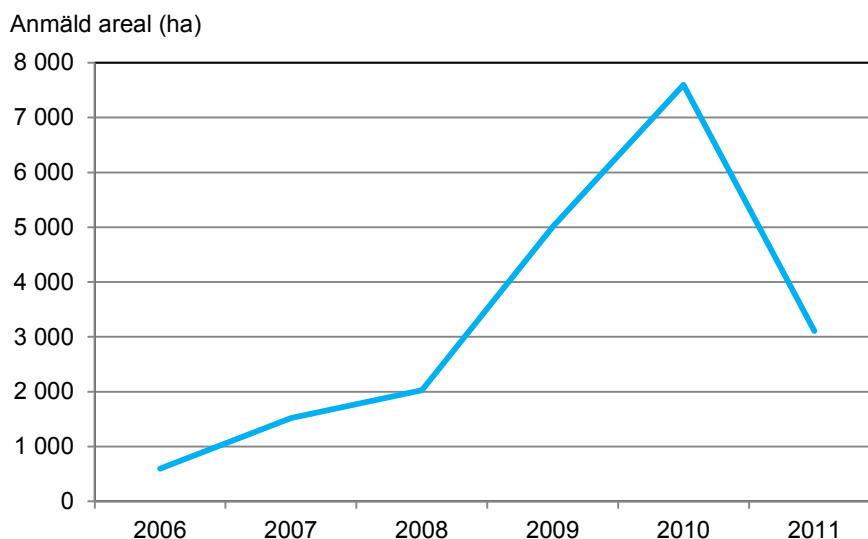
This study also investigated the extent of wastage when stumps are forwarded and crushed, and the proportion of material that is not harvested because it is left on the clearcut. Approximately 5% of the material disappears as waste during handling, and a further 10% is left in the ground because the stumps are either smaller than the applicable limit for extraction or are missed during harvest for some reason. However, this level of loss during production should be seen as an indication of the minimum loss possible, given that the plots did not contain any conservation areas or similar, unlike normal production conditions.

If validation is to be extended in a setup similar to that described in this study, access to a weighbridge near the experimental area is thought to be important, in order to reduce lead times. The material should be crushed to a sufficiently fine fraction so that representative samples may be taken, to determine moisture and ash content. Another consideration is whether the crushed material should be sifted to separate pure fuel from the fine fraction.

Bakgrund

Genom att tillvarata stubbar och rötter vid avverkning kan skogsbruket markant öka uttaget av biomassa för energiändamål (Skogsstyrelsen, 2008). Detta sortiment utgör ett komplement till uttag av grot, brännved och klenträäd (Egnell, 2009), vilket kan behövas för att svara upp mot den ökade efterfrågan på biobränslen. Stubbskörd för bränsleproduktion har under senare år också ökat i omfattning (Figur 1). Under 2011 lade dock FSC en begränsning på uttaget av stubbar på FSC-certifierad skogsmark i Sverige till maximalt 2 500 ha per år, vilket bör vara en bidragande orsak till varför anmälningarna av stubb-uttag gick ner under 2011 (Figur 1). Anledningen till begränsningen var att man inom FSC inte var överens om hur stubbskörd skulle hanteras – som en begränsad försöksverksamhet eller som fullskalig produktion. Begränsningen om 2 500 ha/år gäller tills vidare och under förutsättning att skogsbruket kommer in med en årlig försöksplan där pågående försöksverksamhet inom stubbskörd beskrivs (Svenska FSC, 2011). Även innan begränsningen lades var stubbskörd dock fortfarande en begränsad företeelse i svenskt skogsbruk, som mest anmäl-

des stubbskörd på 2,8 % av den slutavverkade arealen under 2010 (Skogsstyrelsen, 2012). Hur stor del av den anmälda arealen som sedan stubbskördas varierar. För att metoden ska få ett brett genomslag framöver krävs förutom klarare riktlinjer kring metoden i den svenska skogscertifieringen även ytterligare insatser för att sänka produktions-kostnaderna genom teknisk utveckling och förbättrad planering.

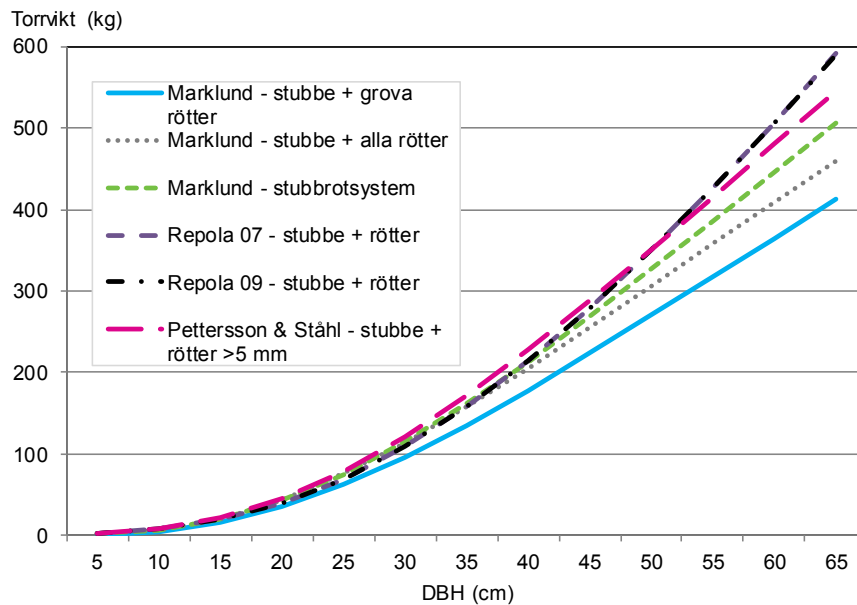


Figur 1. Anmäld areal för uttag av stubbar för skogsbränsleproduktion 2006-2011, hela landet (Skogsstyrelsen, 2012).

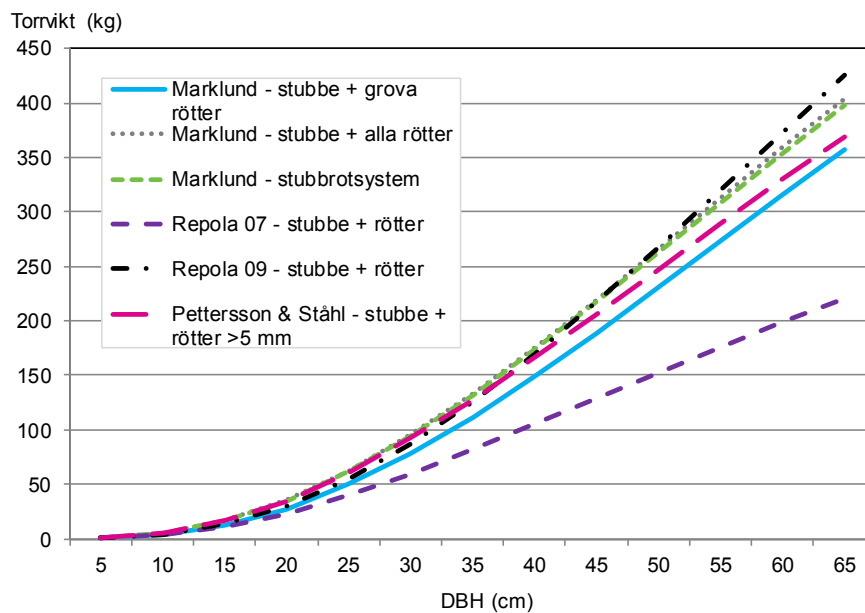
En ändamålsenlig planering av stubbskörd kräver prognoshjälpmedel för tillgängliga och skördade kvantiteter stubbar. Biomassafunktioner för skattning av mängden stubbar och rötter finns sedan tidigare utvecklade utifrån svenska (Marklund, 1988; Petersson, 1999; Petersson & Ståhl, 2006) och finska material (Repola m.fl., 2007, Repola 2009). Funktionerna för gran och tall är plottade i Figur 2 respektive 3 och finns närmare beskrivna i Bilaga 1. De olika funktionerna ger liknande utfall för träd med liten brösthöjdsdiameter, medan avvikelserna mellan funktioner tilltar med ökande brösthöjdsdiameter. Funktionerna beräknar mängden biomassa för stubbkärnorna och i olika utsträckning även för rötter, i kg torrsvikt. För de enklare formerna av funktionerna är brösthöjdsdiameter tillräckligt som ingångsvariabel, d.v.s. den trädinformation som skördare genererar är tillräcklig för att funktionerna ska kunna användas. I Sverige har uppföljande studier, utförda på begränsade material, indikerat att skattningar baserade på Marklunds biomassafunktioner underskattar den faktiska mängden stubbar/rötter (Karlsson, 2007; Hedman, 2008). För att mer precisa slutsatser ska kunna dras kring biomassafunktionernas överrensstämmelse med den uttagna mängden stubbar och rötter krävs ytterligare studier, företrädesvis genomförda på ett rikstäckande material. Sådana studier bör även kvantifiera vilket spill som förekommer på vägen från stubbe till avlägg.

Tidigare studier, finansierade av forskningsprogrammet Effektivare Skogsbränslesystem (ESS), har visat att skördardata kan vara mycket användbara för att generera detaljerad och precis information över tillgängliga kvantiteter grot (grenar och toppar) från avverkning (Hannrup m.fl., 2009). Utifrån dessa resultat har ett automatiserat system utvecklats som beräknar den tillgängliga kvanti-

teten grot från avverkningsobjekt baserat på skördardata och befintliga biomassa-funktioner (Möller m fl., 2009). Beräkningssystemet är på väg att implementeras hos SDC och introduceras därmed i de större skogsföretagens produktionsrapportering. Systemet är förberett för att hantera stubbar och rötter på motsvarande sätt som för grot. För att detta ska vara meningsfullt krävs ytterligare studier för att belysa hur väl biomassa-funktioner för stubbar och rötter kan förutsäga tillgängliga och skördade kvantiteter samt vilka eventuella korrekationer som kan behöva införas för funktionerna. Den genomförda studien är en pilotstudie för ett sådant utvärderingsarbete.



Figur 2. Befintliga funktioner för mängden biomassa i stubbar och rötter hos granar utifrån stammens dimensioner. Observera att funktionerna Repola 07 och Repola 09 ger likartade resultat.



Figur 3. Befintliga funktioner för mängden biomassa i stubbar och rötter hos tallar utifrån stammens dimensioner.

Syfte och mål

SYFTE

Syftet med studien har varit att utvärdera befintliga biomassafunktioner för stubbar/rötter genom jämförelse mellan beräknade och faktiskt inmätta kvantiteter vid stubbskörd. Beräknade värden ska genereras utifrån sådana data som produceras i skördarna. Studien ska även kvantifiera vilket spill som förekommer från stubbe till avlägg. Resultaten från studien ska användas för att förbättra förutsättningarna för att göra precisa prognoser av kvantiteten skogsbränsle vid stubbskörd.

Studien är en pilotstudie för den valda studiemetodiken, med syfte att etablera ett fungerande arbetssätt för en eventuell utvidgning till ett rikstäckande material.

MÅL

Projektets mål har varit att:

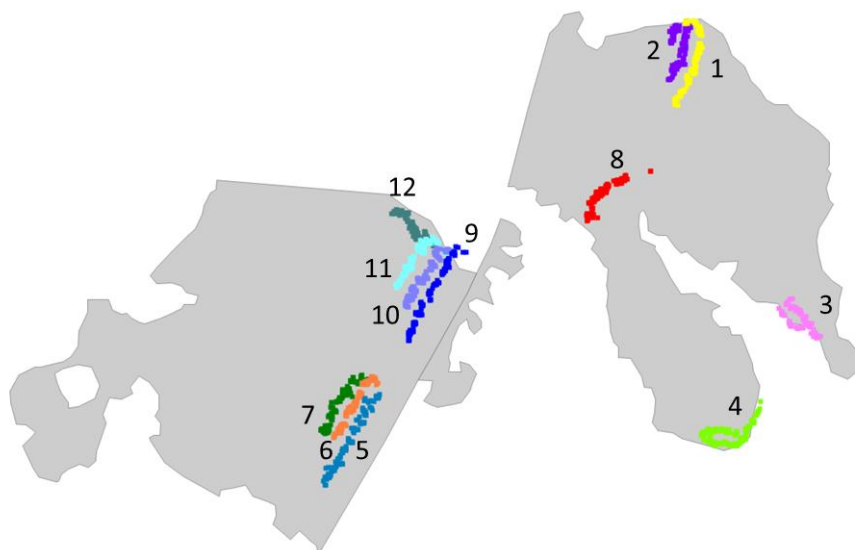
1. Utvärdera hur väl befintliga biomassafunktioner för stubbar och rötter fungerar för att skatta uttaget av skogsbränsle vid stubbskörd utifrån skördardata samt att föreslå eventuella korrektionsfaktorer.
2. Kvantifiera spillet från skörd till inmätning av skogsbränsle från stubbskörd.
3. Etablera en fungerande metodik för studier av uttag och spill vid stubbskörd.

Material och metoder

FÖRSÖKSOMRÅDE

Studien genomfördes utanför samhället Gubbhögen, ca 50 km norr om Strömsund, Jämtland. Försöksområdet bestod av två avverkningsobjekt, på varsin sida om en mindre bilväg. Båda objekten var grandominerade, uppblandat med en del tall. Marken bestod av ett tunt jordlager på en berggrund av fjällskiffer.

Tolv provytor lades ut (Figur 4) i samband med avverkning. Varje provyta omfattade ca 100 träd. För att undvika att stubbar kördes sönder gjordes ytorna långsmala för att minimera körningen inne på provytorna. Maskinförarna instruerades att undvika att köra över stubbarna i möjligaste mån.



Figur 4.
Översiktskarta över försöksområdet med de tolv provytorna markerade.

På sex av de utlagda provytorna (provyta 1, 2, 5, 6, 7 och 11) genomfördes en tidsstudie med syfte att undersöka klippningsgradens inverkan på produktiviteten vid stubbskörd (von Hofsten m.fl., 2012). Det uttagna materialet följdes upp på samma sätt på alla ytorna.

AVVERKNING

Träden på provytorna avverkades under maj 2011 och separata produktionsfiler (pri-filer) med data om varje enskilt träd sparades för varje provyta. Virket och groten skotades ut direkt efter avverkningen.

Tabell 1.
Antal stammar, trädslagsfördelning samt medeldiameter i brösthöjd för de avverkade träden på provytorna.

Provyta	Antal stammar	Trädslagsfördelning (%)		Medeldiameter (cm)	
		Gran	Tall	Gran	Tall
1	105	100	0	19,9	–
2	107	98	2	21,3	30,5
3	88	40	60	13,3	24,5
4	146	47	53	11,3	22,5
5	107	99	1	20,5	26,6
6	104	100	0	18,7	–
7	103	98	2	18,9	26,3
8	115	99	1	17,5	14,1
9	102	100	0	21,8	–
10	104	100	0	21,8	–
11	105	99	1	21,1	25,3
12	107	95	5	17,5	21,9

STUBBSKÖRD OCH KROSSNING

Lyftning

Stubbarna lyftes under september 2011 med en bandgående grävmaskin (Hyundai, 210LC) utrustad med ett *Biorex 30* stubbskördsaggregat.

Provytorna 1, 2, 5, 6, 7 och 11 ingick i en studie av klippningsgradens betydelse för produktivitet i stubbskörd. Stubbarna som lyftes på dessa ytor klipptes därför i olika hög grad. Övriga provytor behandlades enligt normalt förfarande, d.v.s. de hade en ”normal” klippningsgrad (ca fyra delar per stubbe).

Skotning

De skördade stubbarna skotades ut till avlägg under samma vecka som de lyfts och hölls sedan separerade på avlägg i märkta högar (se Figur 5). Vid skotningen användes en *Valmet 860.3* utrustad med en risgrip, *Cranab 036*. Skotaren var inte anpassad för stubbskotning och saknade bakgrind. I stället försågs maskinen med fyra par bankar och ett golv skapades i lastutrymmet med hjälp av ett antal stockar (se Figur 6) för att förbättra lastförmågan.



Figur 5.

De skotade stubbarna lades i separata högar som markerades med en plasttallrik märkt med provytans nummer.



Figur 6.
Skotarens lastutrymme fick en botten av stockar för att kunna lasta stubbar.

Krossning

Materialet från de olika högarna låg på avlägget under ett par veckor innan de grovkrossades med en långsamtgående valskross, *Doppstadt Büffel DW-3060*. Krossen var inställd på grövsta fraktion (50–60 mm) och kördes utan roster, vilket gav rejält grova bitar. Det krossade materialet matades direkt i märkta containrar utan föregående siktning (se Figur 7).



Figur 7.
De skördade stubbarna krossades och matades direkt ner i containrar som sedan transporterades till invägning vid en fordonsväg.

KVANTIFIERING AV SKÖRDAT STUBBRÄNSLE

Mängden skördade stubbar per provyta kvantifierades genom att varje fylld container vägdes in. Materialets fukthalt och askhalt bestämdes och råvikten räknades om till torrsvikt.

Invägning av containrar

De fyllda containrarna transporterades till en fordonsväg belägen i en grustäkt i utkanten av Strömsund. Varje container vägdes vid intransport, tömdes på sitt innehåll, vartefter tarvikten bestämdes vid uttransport. Fordonsvägen var av fabrikatet *Mettler Toledo (WinBridge mätsystem)* och hade en specificerad noggrannhet på ± 100 kg.

Provtagning för fukt- och askhaltsbestämning

Provtagning av stubbkrossen skedde i en plåthink om 20 liter, fyra prov per hög (i ett fall fem prov). Proven togs vanligen vid två tillfällen under det att containern fylldes med kross, en gång då ungefär halva containern var fylld, och en gång i slutet. Krossen stod stilla under provtagningen. Två prover togs vid varje tillfälle, ett i de övre delarna av den bildade toppen (ofta innehållande mer jord) och ett lite längre ner i containern (vanligen lite större, renare vedbitar). Proven fördes direkt efter insamling över i 125-liters plastsäckar och förslöts. De provsäckar som innehöll prover från samma hög samlades sedan ihop och lades i en gemensam 125-liters plastsäck, vilken sedan förslöts.



Figur 8. Prover för fukt- och askhaltsbestämning av stubbkrossen togs med 20-litershink och förvarades i plastsäckar.

Fukthaltsbestämning

Proverna fraktades till Skogforsk, Uppsala, där de förvarades svalt. Prover för bestämning av fukthalt togs ut, vägdes in och sattes i torkskåp (105 °C). Drygt hälften av proverna vägdes in i första omgången. Resterande material förvarades i kylrum i väntan på invägning och torkning. Vid torkningen användes aluminiumformar (25 dl).

Efter torkning i ca 2 dygn vägdes proverna för bestämning av torrvikten. Därefter återfördes de till de ursprungliga proverna. Fukthalten beräknades sedan enligt:

$$\text{Fukthalt [\%]} = \frac{\text{Råvikt} - \text{Torrsvikt}}{\text{Råvikt}} \times 100 \quad (\text{Ekv. 1})$$

Allt material i de ursprungliga proverna torkades sedan ner till lagringstorrt i virkestorken vid Nyby sågverk (Setra). Under torkningen förvarades proverna i mindre flyttkartonger av wellpapp.

Då det grovkrossade stubbränslet inte fraktionerades (siktades), saknas en kvantifiering av hur stor andel av materialet som utgjordes av finkorniga föroreningar. För att få en uppfattning om skillnaden i fukt- och askhalt mellan finfraktionen och den huvudsakliga bränslefraktionen togs prover med det som visuellt bestämdes vara finfraktion från huvudprovet och analyserades separat.

Askhaltsbestämning

De torkade proverna finfördelades ytterligare med hjälp av en kompostkvarn (KLIPPO PRO K 310). Det malda provet blandades om väl och ett mindre prov (ca 500 g) togs ut för att malas i en Retch-kvarn som finfördelade provet till ett pulver med en största partikelstorlek på 0,25 mm. I de fall det fanns stenar med i provet togs de ut och vägdes separat för att inte förstöra kvarnarna. Ur det finmalda pulvret togs sedan ett mindre prov ut och analyserades enligt svensk standard SIS SS 18 71 71:1984. Det togs även prover från det bortplockade materialet. Samtliga prov analyserades två gånger, och de redovisade askhalterna är medelvärden av dessa. I de fall där material togs bort adderades vikten av det borttagna materialet till askvikten för att få en korrekt andel aska.

Vid beräkning av föroreningsfri torrsvikt skördade stubbar utifrån råsvikten antogs att den naturliga askhalten i stubbar utgör 1 % av torr vikt, varefter vi reducerade de skördade kvantiteterna enbart för mängden föroreningsaska. Den naturliga askhalten sattes till 1 %, utifrån en skattning baserad på befintliga studier (Lehtikangas, 1999).

Kvarlämnade och missade stubbar

I denna studie var målet att lyfta alla tillgängliga stubbar, med undantag för de stubbar som föll under brytningsgränsen, 18 cm, motsvarande ca 14–15 cm i brösthöjdsdiameter. Ett antal stubbar kommer alltså att bli kvar även efter stubbskörd, antingen för att de lämnats med avsikt eller för att de missats vid lyftningen. För att undersöka hur många stubbar som blev kvar efter stubbskörd gjordes en noggrann inventering av provytorna efter att stubbarna skotats och spillet samlats ihop (se nedan). De stubbar som fanns kvar på

proytorna räknades och klavades. De stubbar som var mindre än 15 cm i stubbdiameter klavades inte, utan räknades endast.

Kvantifiering av spill

För att bestämma hur stor andel av det tillgängliga materialet som försvinner som spill i hanteringen under stubbskörd samlades spillet in manuellt efter skotning och efter krossning av stubbarna.

Spill vid skotning

Efter skotningen samlades stubbdelar som lämnats kvar på provytan eller tappats på vägen till avlägget in i en armerad plastsäck. Spillet vägdes genom att säcken hängdes upp i en hängvåg som skotaren lyfte i kranen (se Figur 9). Vågen var en PIAB LLI-5, trådtöjningsgivare upp till 50 kN, noggrannhet inom 2 kg (enligt specifikation).



Figur 9.
Det uppkomna spillet vid skotning av stubbarna samlades in manuellt och vägdes med en hängvåg som lyftes med skotarens kran.

Spill vid krossning

När en stubbhög vid avlägget (motsvarande en provyta) körts genom krossen samlades de stubbdelar som fortfarande låg kvar på marken in i säckar och vägdes med samma metod som för spillet efter skotning.

VALIDERING AV BIOMASSAFUNKTIONER FÖR STUBBAR

Valideringen av biomassafunktionerna gjordes genom att jämföra de inmätta kvantiteterna grovkrossade stubbar med de kvantiteter som räknats fram med hjälp av befintliga biomassafunktioner. Biomassafunktionerna ger kvantiteten i torrsubstans, så de skördade kvantiteterna räknades inför jämförelsen om till torrsubstans genom att korrigera råvikten för fukt- och askinnehåll. De beräknade kvantiteterna justerades med avseende på de tillgängliga stubbar som inte skördades eftersom de föll under brytningsgränsen eller för att de missades av andra skäl.

Indata till biomassafunktionerna och för arealskattning

Indata till biomassafunktionerna utgjordes av produktionsdata från avverkingen i form av s.k. pri-filer med data om varje enskilt träd som avverkats. Pri-filen innehåller, förutom en identitet för varje stam och stock, bl.a. information om varje träds trädslag, brösthöjdsdiameter (DBH) och maskinens GPS-position vid första kapet. Innan data används har pri-filerna körts genom beräkningsmodulen hprCM (Möller m.fl., 2009), vilken filtrerar pri-data så att eventuella dubbelregistrerade stammar (p.g.a. dubbeltopp, toppbrott eller omtag med aggregatet) identifieras och slås ihop. Modulen gör även en kontroll av varje stams avsmalning m.a.p. registrerade diametervärden längs stammen, och korregerar därefter DBH vid behov.

I pri-filen ingår även information om positionen för skördarens uppställningsplats när varje träd avverkades. Denna information kan användas för att skatta arealer (Möller m.fl., 2011), vilket användes här för att skatta provytornas arealer.

Biomassafunktioner

De befintliga biomassafunktionerna har tagits fram på olika material, insamlat med varierande metoder för olika ändamål (se vidare Möller m.fl., 2009). Funktionerna är ofta uppdelade i delfunktioner som beskriver olika delar av stubben, t.ex. stubbkärna, grova rötter eller fina rötter. Funktionsuttrycken finns redovisade i Bilaga 1.

Marklund

Marklunds biomassafunktioner för stubbar finns både som delfunktioner – stubbe, rötter ≥ 5 cm, rötter < 5 cm (som kommit med vid brytningen) – och som en totalfunktion – stubbrottsystem. Funktionerna uttrycks i kg torrvikt. Följande kombinationer har utvärderats här:

- 1) Stubbe + rötter ≥ 5 cm
- 2) Stubbe + rötter ≥ 5 cm + rötter < 5 cm
- 3) Stubbrottsystem

Repola m.fl.

Repolas biomassafunktioner för stubbar är uppdelade i två delfunktioner – stubbe samt rötter >1 cm. Funktionerna har publicerats i två steg, 2007 respektive 2009, där den största skillnaden ligger i rotfunktionen för tall. Båda varianterna utvärderas här enligt:

- 1) Stubbe + rötter >1 cm

Petersson & Ståhl

Biomassafunktionerna som Petersson & Ståhl tagit fram beskriver, i två delfunktioner, stubben samt rötterna ner till 5 mm. Det finns även en variant som beskriver rötter ner till 2 mm, men den utvärderas inte här då det antas osannolikt att så fina rötter kommer med upp i sin helhet vid stubbskörd. I denna studie utvärderas kombinationen:

- 1) Stubbe + rötter ≥ 5 mm

Resultat och diskussion

Resultaten från denna studie presenteras nedan som separata utvärderingar av:

- Hur befintliga funktioner för att beräkna mängden biomassa i stubbar och rötter fungerar, för att göra en prognos på skördade kvantiteter i praktisk drift och med skördarens produktionsdata som indata.
- Den använda studiemetodiken.

VALIDERING AV BIOMASSAFUNKTIONER FÖR STUBBAR

Då provyta 12 placerades längs med kanten till ett närliggande bestånd kunde många av de ingående stubbarna inte skördas med hänsyn till träden i det angränsande beståndet. Av detta skäl uteslöts provyta 12 från valideringen, varför endast resultaten från provyta 1–11 redovisas i detta avsnitt.

Provytorna 3 och 4 innehöll till största delen tallar, dessa två provytor avses när det refereras till ”tallytor”. Övriga provytor utgör ”granytor”.

Skördade stubbar

Totalt vägdes drygt 150 ton stubbar in som krossat material. Provytornas totala areal skattades till 1,99 ha utifrån uppgifter i pri-filen om skördarens position vid avverkning av varje träd (se metodbeskrivning i Möller m.fl., 2011). Detta motsvarar ett uttag om ca 76 råton stubbkross/ha, vilket är betydligt mer än det riktvärde på 50 råton/ha som SCA använder (Lundgren, muntligt meddelande, 2012). Osäkerhet finns i både arealbestämning och invägning. Det kan ha varit så att mer material än normalt skördades från provytorna, t.ex. genom att provytorna varken innehåller hänsynsytor för natur- och kulturvård eller skyddszoner för t.ex. vattendrag eller beståndskanter. Att uttaget skulle vara större än normalt stöds av uppskattningen att ca 40 % av de skördade stubbarna aldrig når bilväg under normala produktionsbetingelser, utan lämnas kvar på hygget eller vid avlägg (Lundgren, muntligt meddelande 2012). Detta skulle ge ett uttag utan förluster vid skotning och krossning på 83 råton/ha, vilket är mer i nivå med studiens resultat.

Tabell 2.
Uttaget av stubbar och rötter per provyta.

Provyta	Materialets totala vikt (råvikt, ton)
1	19,22
2	22,54
3	10,86
4	10,76
5	19,90
6	11,06
7	9,68
8	8,08
9	13,26
10	13,58
11	11,82
Totalt	150,76

Fukt- och askhalter

Den genomsnittliga fukthalten hos det krossade materialet var 47,5 % för de grandominerade provytorna och 50,5 % för de talldominerade ytorna (se Tabell 3), vilket är som förväntat för färska trädbränslen (Lehtikangas, 1999). Det är även i nivå med de ingångsvärden som rapporterats vid lagring av stubbar (Nylinder & Thörnqvist, 1981; Laurila & Lauhanen, 2010; Anerud & Jirjis (2011). Delar av materialet utgjordes av en finfraktion som till stor del såg ut att utgöras av humus och mossa. Denna finfraktion var synbart fuktigare, varför delprov togs ut för att bestämma fukthalten på finfraktionen separat.

Den genomsnittliga askhalten för material från grandominerade ytor var 5,1 %, medan motsvarande för de talldominerade ytorna (3 och 4) var 16,2 % (Tabell 3). Proverna från yta 2, 3, 4 och 10 innehöll några mindre stenar som fastnat bland rötterna. För ytorna 2 och 10 rörde det sig om någon mindre sten i ett enskilt delprov, medan proven från ytorna 3 och 4 alla innehöll stenar, vilket gav en betydligt högre askhalt än för materialet från övriga provytor. Att förekomsten av stenar skiljer sig åt mellan trädslagen hänger sannolikt samman med att tallens djupare rotsystem trängde längre ner i den underliggande fjällskiffern, medan granrötterna nästan uteslutande gick i det tunna jordlagret ovanpå skiffern.

Tabell 3.
Genomsnittliga fukt- och askhalter hos prover från provyta 1–11.

Provyta	Fukthalt, hela provet (%)	Fukthalt, finfraktion (%)	Askhalt, hela provet (%)
1	42,9	70,0	4,3
2	46,2	68,5	5,5
3	52,4	58,2	14,9
4	48,6	51,3	17,4
5	46,5	60,5	6,3
6	48,2	65,0	2,7
7	47,8	60,5	3,2
8	49,3	n/a	6,7
9	43,4	62,3	4,9
10	53,7	n/a	6,0
11	49,9	n/a	6,5
Medelvärde granytor	47,5	64,5	5,1
Medelvärde tallytor	50,5	54,7	16,2

Kvarlämnade och missade stubbar

Efter stubbskörd på de utlagda provytorna inventerades ytorna och antalet kvarvarande stubbar räknades och klavades. Trots att instruktionen vid lyftningen var att ta alla stubbar över 18 cm kom en del att bli kvar. Dessa stubbar visade sig antagligen alltför svåra att få upp eller så doldes de av humuslagret eller redan lyfta stubbar/stubbdelar.

Tabell 4.

Kvarvarande stubbar efter stubbskörd på provyta 1–11, enligt inventering.

Provyta	Antal stubbar <18 cm		Antal stubbar >18 cm	
	Tall	Gran	Tall	Gran
	–	2	–	2
2	–	2	1	5
3	–	2	–	3
4	–	2	3	2
5	–	–	–	10
6	–	1	–	8
7	–	1	–	2
8	–	5	–	8
9	–	2	–	5
10	–	3	–	8
11	–	4	–	4

När antalet avverkade stammar matchas mot antalet lyfta stubbar (enligt tidsstudiedata, se avsnitt ”Stubbskörd” under utvärdering av studiemetodiken nedan) och antalet stubbar som hittades vid inventeringen uppstår ett ”glapp” (se Tabell 5), d.v.s. det saknas ett antal stubbar per provyta där vi inte vet om de skördats eller om de står kvar. Antalet ”försvunna” stubbar på varje provyta sammanfaller väl med antalet små stubbar (under brytgränsen 18 cm i stubbdiameter, motsvarande ca 14 cm i brösthöjd) som registrerats i pri-filen för provytan. Det är således sannolikt att det i första hand är de små stubbarna som är ”försvunna”, vilket skulle kunna förklaras av att dessa antingen följt med en större, närliggande stubbe vid lyftningen (utan att registreras som en egen stubbe) eller att de inte hittats vid inventeringen.

Tabell 5.

De stubbar som ”försvunnit” under studien, d.v.s. varken registrerades vid tidsstudien eller vid inventeringen har ett tydligt samband med antalet tillgängliga stubbar på provytan under brytgränsen.

Provyta	Antal avverkade träd (pri-fil)	Antal skördade stubbar (tidsstudie)	Antal kvarlämnade stubbar (invent.)	Antal ”försvunna” stubbar	Antal träd med DBH <14 cm (pri-fil)
1	105	81	4	20	20
2	107	80	8	19	19
3	88	71	5	12	23
4	146	76	7	63	59
5	107	86	10	11	21
6	104	81	9	14	14
7	103	88	3	12	15
8	115	91	13	11	24
9	102	89	7	6	10
10	104	88	11	5	10
11	105	86	8	11	14

Spill

En viss mån av spill uppkommer ofrånkomligen i produktionskedjan från skog till inmätning. Målet i den här studien var att få med så mycket av materialet som möjligt, ändå försvann i medeltal ca 5 % av de skördade stubbarna som spill i hanteringen från att stubben lyfts till dess att den vägts in som krossat material. Detta får ses som en lägsta nivå för hur mycket spill som normalt uppkommer vid stubbskörd.

Tabell 6.
Uppmätt spill i hanteringen vid skotning och krossning av stubbar.

Provyta	Spill vid hantering (kg, rått)		Spilletts andel av materialet på provytan (%)
	Skotning	Krossning	
1	490	240	3,8
2	600	695	5,7
3	280	210	4,5
4	500	330	7,7
5	350	100	2,3
6	210	270	4,3
7	470	200	6,9
8	300	190	6,1
9	520	280	6,0
10	370	240	4,5
11	490	100	5,0
Totalt	4 580	2 855	4,9

Validering av biomassafunktioner

Nedan redovisas valideringen i detalj för Marklunds funktioner för stubbe + rötter ≥ 5 cm + rötter < 5 cm (Marklund, kombination 2) enligt Material och metod). För övriga biomassafunktioner redovisas endast den relativa avvikelser mellan utfall och prognos (Tabell 9).

Prognos för uttaget av stubbar vid skörd

Den tillgängliga mängden stubbar på varje provyta skattades med biomassafunktioner utifrån dimensionen på de träd som registrerats i pri-filerna vid avverkningen. För att göra en prognos för det verkliga uttaget från respektive provyta, justerades den totala mängden ner med biomassan för stubbar under brytgränsen, (i detta fall 18 cm i stubbdiameter, motsvarande DBH < 14 cm) samt bidraget från de stubbar som lämnats kvar i marken, trots att de enligt instruktionen borde ha skördats. Bidraget från de små stubbarna beräknades utifrån pri-data med biomassafunktioner och drogs ifrån den totala mängden. Bidraget från de stubbar som lämnats kvar på hygget (missats), trots att de borde ha skördats, beräknades utifrån den stubbdiameter för varje kvarlämnad stubbe som mättes in vid den uppföljande inventeringen. Justeringarna motsvarade att i snitt 3,7 % av det tillgängliga materialet lämnades för att stubbarna var för små och ytterligare 4,9 % missades (Tabell 7).

Tabell 7.

En prognos för kvantiteten stubbar per provyta uttryckt som ton torrsbstans (tts). Kvantiteterna är beräknade utifrån pri-data och Marklunds funktioner för mängden biomassa i stubbe, grova rötter (≥ 5 cm) och fina rötter (< 5 cm). Pga. avrundningar stämmer inte alltid totalsumman på sista decimalen.

Provyta	Tillgängliga stubbar (tts)	Stubbar under brytgränsen 18 cm (tts)	Kvarlämnade* stubbar (tts)	Prognos skördade stubbar (tts)
1	5,3	0,2	0,1	5,0
2	6,6	0,2	0,3	6,1
3	4,0	0,2	0,1	3,7
4	4,9	0,4	0,2	4,3
5	5,8	0,2	0,5	5,1
6	4,2	0,2	0,3	3,7
7	4,4	0,1	0,1	4,1
8	4,0	0,2	0,5	3,3
9	6,1	0,1	0,2	5,8
10	6,2	0,1	0,4	5,7
11	6,0	0,2	0,1	5,7
Totalt	57,4	2,1	2,8	52,5
Andel (%)	100 %	3,7 %	4,9 %	91,4 %

* Avser de stubbar som enligt instruktionen borde ha skördats men som finns kvar på objektet av någon anledning t.ex. för att de satt för hårt fast i marken eller för att de var svåra för maskinföraren att se p.g.a. övertäckning med mossor etc.

Avvikelse mellan utfall och prognos

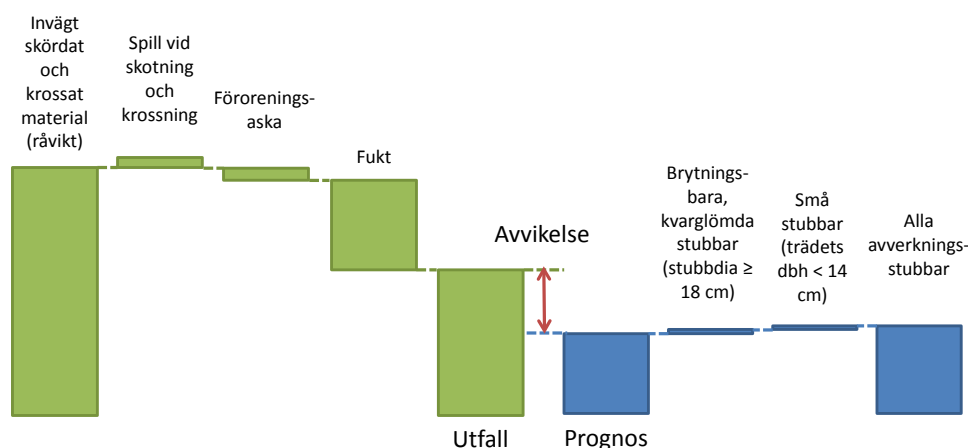
För att validera prognosens giltighet mot verkligt skördade mängder stubbar beräknades avvikelsen mellan utfall och prognos per provyta enligt:

$$\text{Avvikelse [tts]} = \text{Skördat} - \text{Prognos} \quad (\text{Ekv. 2})$$

Den relativa avvikelsen beräknades som:

$$\text{Relativ avvikelse [\%]} = \frac{\text{Skördat} - \text{Prognos}}{\text{Skördat}} \times 100 \quad (\text{Ekv. 3})$$

De skördade mängderna (i ton torrsvikt) beräknades som invägd mängd stubbkross, korrigerad för spill i hanteringen samt fukt- och askhalter (se Figur 10).



Figur 10.

Avvikelsen mellan utfall och prognos, höjden på staplarna motsvarar mängden material i ton. Utfallet är de skördade och grovkrossade stubbarna samt det manuellt ihopsamlade spillet i processen, justerat för innehåll av fukt och föroreningsaska. Prognosen är den tillgängliga mängden biomassa i stubbarna på provvyterna, beräknat med biomassafunktioner och utgående från nyckeltal i skördardata. Bidraget från små stubbar (från träd med DBH <14 cm) och de stubbar som blev kvar i marken (enligt inventering) räknas bort.

Den relativa avvikelsen låg för Marklunds funktioner på mellan 3,6 och 55 %, med en sammanvägd genomsnittlig avvikelse på 32,9 % för de 11 provvyterna. Detta tyder på en markant underskattning av de verkligt skördade mängderna. Att biomassafunktionerna skulle underskatta uttaget har även indikerats i tidigare studier (Karlsson 2007; Hedman, 2008).

Tabell 8.

Avvikelse mellan utfall och biomassaprognos per provyta. Prognosen gjordes med Marklunds funktioner för mängden biomassa i stubbe, grova rötter (≥ 5 cm) och fina rötter (<5 cm).

Provyta	Skördade stubbar* (tts)	Prognos skördade stubbar (tts)	Avvikelse (tts)	Avvikelse (%)
1	11,0	5,0	6,1	55,0
2	12,3	6,1	6,1	50,0
3	4,6	3,7	0,9	20,3
4	5,0	4,3	0,6	13,0
5	10,3	5,1	5,3	51,0
6	5,9	3,7	2,2	36,7
7	5,3	4,1	1,1	21,6
8	4,1	3,3	0,8	18,8
9	7,7	5,8	1,9	24,3
10	6,2	5,7	0,6	9,3
11	5,9	5,7	0,2	3,6
Totalt, alla provytor	78,3	52,5	25,8	32,9

* Invägda kvantiteter justerade för fukt- och askhalter samt spill i hanteringen, se Tabellerna 3 och 6. Vid justeringen för askhalt inkluderades 1 % naturlig aska i mängderna (se Material och metod).

Även för övriga (kombinationer av) biomassafunktioner tyder studien på att de underskattar det verkliga uttaget av stubbar och rötter vid stubbskörd (Tabell 9). De olika kombinationerna har en relativt god överensstämmelse sinsemellan, tydligaste undantaget är dock Repolas m.fl. biomassafunktion för tall från 2007 som tydligt underskattar de talldominerade provytorna i högre grad än övriga funktioner.

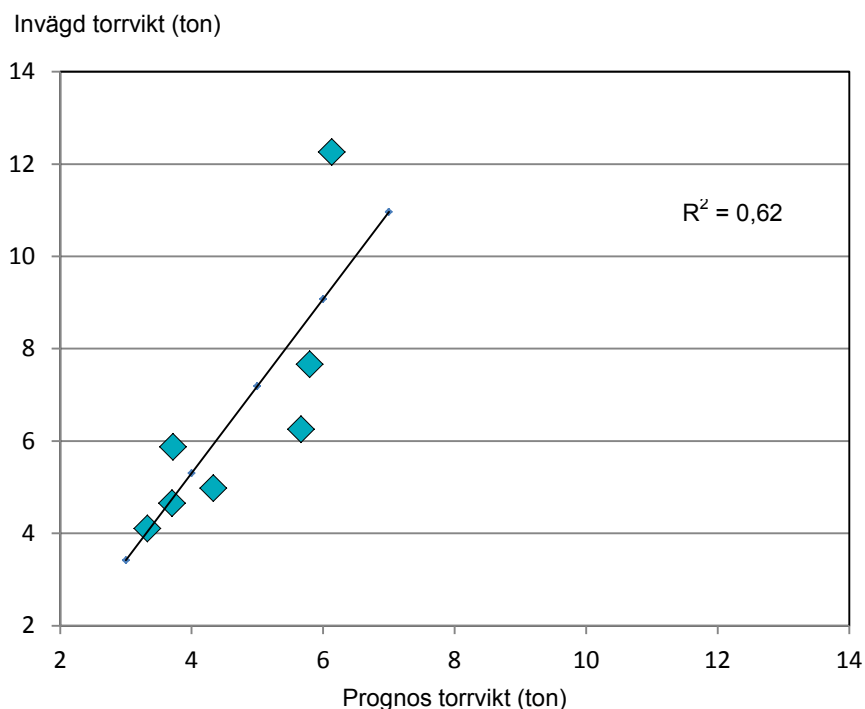
Tabell 9.

Den relativa avvikelsen mellan utfall och prognos per provyta och biomassafunktion.

Relativ avvikelse (%)						
Provyta	Marklund stubbe + rötter ≥ 5 cm	Marklund stubbe + rötter ≥ 5 cm+rötter < 5 cm	Marklund stubbrotssystem	Repola 07 stubbe + rötter > 1 cm	Repola 09 stubbe + rötter > 1 cm	Petersson & Ståhl stubbe + rötter ≥ 5 mm
1	63,2	55,0	55,4	58,0	58,1	52,8
2	58,5	50,0	49,9	52,5	52,2	47,0
3	35,6	20,3	21,3	47,3	27,7	22,1
4	30,2	13,0	14,2	42,4	21,5	14,9
5	59,6	51,0	51,2	53,8	53,6	48,5
6	49,3	36,7	37,9	41,3	41,3	34,5
7	37,1	21,6	23,0	28,9	28,2	19,0
8	35,6	18,8	20,4	24,7	24,7	16,1
9	37,7	24,3	24,6	28,3	28,3	20,2
10	25,6	9,3	10,2	15,4	15,4	5,0
11	20,7	3,6	4,1	9,4	9,2	-1,5
Totalt, alla provytor	45,3	32,9	33,5	40,0	37,4	30,4

Systematisk avvikelse

För att närmare analysera systematiken i sambandet mellan invägda och predikterade kvantiteter biomassa gjordes en regressionsanalys i statistikprogrammet SAS. I analysen inkluderades de ytor som klipptes ”normalt” (se avsnittet ”Avvikelse och klippningsgrad” nedan), vilket var totalt sju provytor. Urvalet gjordes för att regressionen inte skulle påverkas av den ytterligare variation som införts då materialet klipptes i olika hög utsträckning vid stubbskörden. Regressionsanalysen gav ett linjärt samband mellan invägd och predikterad torrsvikt, som förklarar 62 % av variationen (se Figur 11), där regressionslinjens lutning är signifikant skild från noll på 5 %-nivån (Tabell 10). Då analysen är gjord på ett begränsat underlag bör inte alltför långtgående slutsatser dras annat än att vi kan konstatera att det finns ett systematiskt samband mellan invägd och predikterat där linjens lutning är större än 1, vilket tyder på att biomassafunktionerna systematiskt underskattar den uttagna mängden biomassa vid stubbskörd.



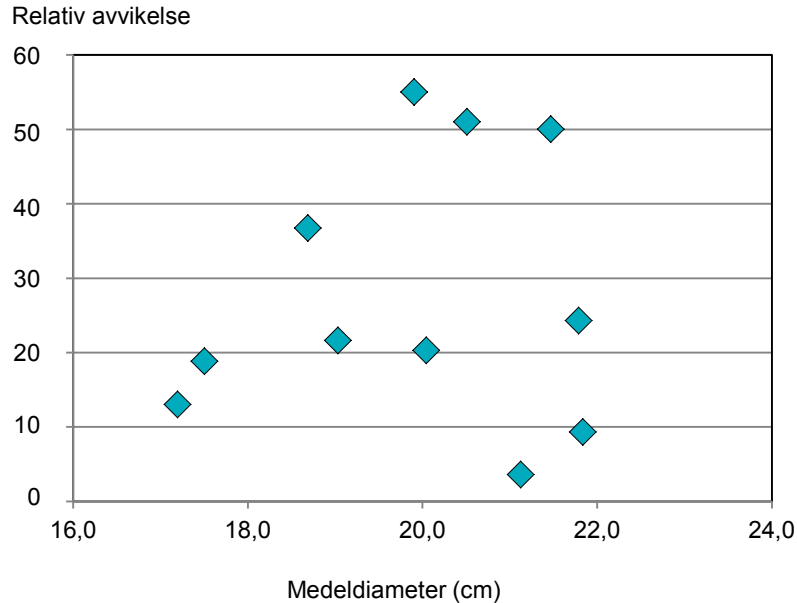
Figur 11. Regressionsanalysen av invägda och prognosticerade kvantiteter biomassa på de sju normalklippta provytorna gav en anpassad regressionslinje enligt figuren.

Tabell 10. Linjär anpassning i SAS av sambandet mellan predikerad och invägd mängd biomassa vid stubbskörd (ton torrsvikt).

Parameter	Estimat	Medelfel	t-värde	Pr > t
Intercept	-2,2417	3,1264	-0,72	0,5054
Lutning	1,8863	0,6537	2,89	0,0344

Avvikelse och medeldiameter

För att undersöka om avvikelsen är kopplad till stammarnas medeldiameter på provytan plottades den relativa avvikelsen per provyta för Marklunds funktioner för mängden biomassa i stubbe, grova rötter (≥ 5 cm) och fina rötter (< 5 cm) mot medeldiametern för alla stammar av gran och tall på provytan (se Figur 12 nedan). Det fåtal lövstammar som avvercats uteslöts då dessa inte lyftes vid stubbskörden. Det gick inte att se någon koppling mellan avvikelse och medeldiameter i materialet, vilket heller inte var förväntat. Marklunds funktioner bygger på mätning av stubbarnas biomassa hos ett antal träd där diametern inte skiljer sig nämnvärt från de träd som ingick i denna studie (Marklund, 1988).



Figur 12.
Den relativa avvikelsen mellan invägda och prognostiserade kvantiteter per provyta vid användande av Marklunds funktioner (stubbe + rötter ≥ 5 cm + rötter < 5 cm) för prognosen, plottad mot stammarnas medeldiameter på provytan.

Avvikelse och stubbhöjd

En bidragande orsak till att prognosen (baserad på biomassafunktioner) underskattar det faktiska utfallet skulle kunna vara att ett antal av de skördade stubbarna är högre än de i snitt 1 % av trädhöjden som används i befintliga biomassafunktioner (Marklund, 1998; Repola, m.fl., 2007; Repola 2009; Petersson & Ståhl, 2006). Innan stubbskörden mättes därför stubbhöjden på alla stubbar på ett antal provytor. Även diametern på stubbarna klavades. Medelhöjden hos de avverkade träden på de inventerade provytorna skattades utifrån skördar-data (pri-filen) till 19 m, varför ”normal” stubbhöjd sattes till 19 cm (1 % av 19 m). All stubbhöjd över 19 cm ger därmed ett bidrag från ”överhöga stubbar”. Det totala bidraget från överhöga stubbar på de sex inventerade provytorna var 0,31 ton torrsbstans, vilket motsvarar 1,0 % av den totala tillgängliga mängden stubbar på ytorna. Det extra tillskottet från de ”överhöga” stubbarna förefaller således marginellt.

Tabell 11.
De ”överhöga” stubbarna (över 1 % av trädhöjden) står för ett litet tillskott till det totala utfallet från provytorna.

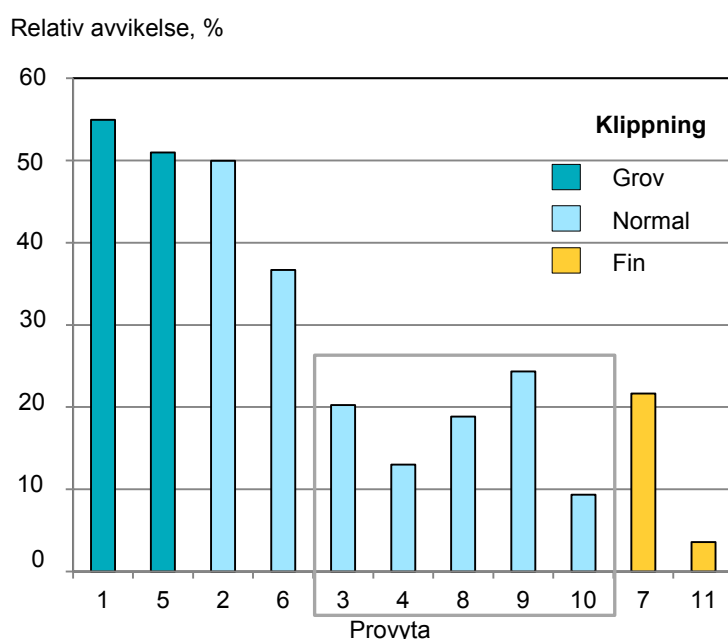
Provyta	Avverkade trädens medelhöjd enligt pri-data (m)	Medelhöjd stubbar* (cm)	Extra mängd stamved i stubbkrossen p.g.a. överhöga stubbar (tts)
1	17	15,6	0,04
2	18	15,6	0,06
5	18	15,2	0,07
6	19	14,7	0,02
7	19	16,6	0,05
11	20	18,2	0,07
Totalt	19	16,0	0,31
Andel av tillgängligt material			1,0 %

* Lägsta höjd som kunde mätas in var 10 cm.

Avvikelse och klippningsgrad

Då denna studie samordnades med en studie av hur produktiviteten vid stubbskörd påverkas av hur väl stubbarna klipps i bitar vid skörden (von Hofsten m.fl., 2012), finns risken att materialet från dessa tidsstuderade ytor skiljer sig från det som hanterats enligt normal instruktion.

Den största avvikelsen mellan mängden verkligt skördat material och den med biomassafunktioner prognostiserade mängden stubbar på provytan uppstod för provytorna 1 och 5 där prognosen underskattar kvantiteterna med >50 %. Dessa ytor grovklippades vid lyftningen, vilket skulle kunna innebära att en större mängd föroreningar än normalt följde med stubbarna. Detta antagande finner dock inte stöd i de askhalter som mättes upp för bränslet, ytor 1 och 5 skiljer i det avseendet inte ut sig från övriga provytor (se Tabell 3). Det fanns även en stor variation inom den grupp av provytor som borde ha hanterats ”normalt”, d.v.s. de som i klippningsstudien klipptes ”normalt” och alla provytor som lagts ut specifikt för valideringen. De tidsstuderade provytorna uppvisar en större avvikelse mellan skördat och prognostiserat än valideringsytorna. Vad denna skillnad beror på är osäkert.



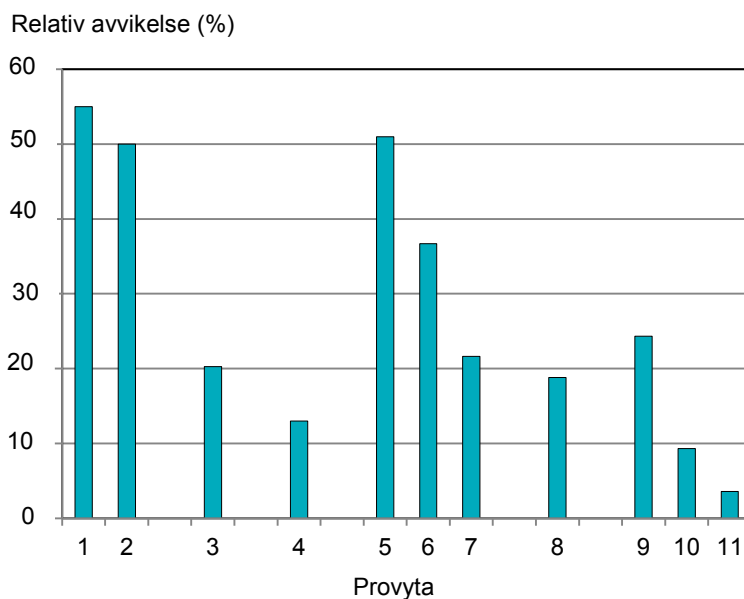
Figur 13.

Den relativa avvikelsen mellan invägda och prognostiserade kvantiteter per provyta vid användande av Marklunds funktioner (stubbe + rötter ≥ 5 cm + rötter < 5 cm) för prognosen. Stubbarna hade vid lyftningen klippts i olika omfattning (grov-, normal- eller finklippt) då de ingick i en studie av klippningsgradens effekt på produktiviteten vid stubbskörd (von Hofsten m.fl., 2012). Stubbarna inom rutan ingick inte i klippningsstudien utan var utlagda specifikt för validering av biomassafunktionerna för stubbar.

Avvikelse hos närliggande provytor

Det verkar finnas en viss, om än svag, korrelation mellan avvikelsen mellan skördade och prognostiserade kvantiteter hos närliggande provytor.

I Figur 13 ses den relativa avvikelsen för varje provyta och där provytor som ligger i direkt anslutning till varandra är grupperade. Utläggningen av provytor på objektet finns även illustrerat i Figur 4. Det saknas dock sådan information om objektet (marktyp, fuktighet etc.) som skulle kunna förklara varför ett visst område skulle kunna ge större eller mindre uttag vid stubbskörd.



Figur 14.
Den relativa avvikelsen mellan invägda och prognostiserade kvantiteter per provyta vid användande av Marklunds funktioner (stubbe + rötter ≥ 5 cm + rötter < 5 cm) för prognosen. Närliggande provytor har grupperats i figuren.

Felkällor och kommentarer

Indata till biomassafunktionerna har i denna studie utgjorts av produktionsdata från skördaren i form av pri-filer där data om varje avverkat träd lagras. Den datapunkt som använts i beräkningarna är diametern i brösthöjd. Vi har ingen uppgift om kvaliteten på skördarens dimensionsmätning, varför detta är en möjlig felkälla. Storleken på felet bör inte vara betydande då skördarens mätning dagligen kontrolleras genom rutinmässig kontrollmätning.

En eventuell felkälla i valideringen kan utgöras av bestämningen av stubbkrossens askhalt där analysen tyder på ett relativt rent material (i snitt 5,1 % för granytorna), trots att det såg synbart förorenat ut. Andra studier har visat askhalter på 7,6 % (Fogdestam m.fl., 2012) respektive 9,5 % (Eliasson & Granlund, 2010) för krossat material från stubbskörd. Materialet i den förra studien var även siktat, vilket borde göra det ytterligare renare än ett osiktat material, som i den här beskrivna studien. Det finns även studier som visar att askhalten på nyskördade stubbar, under gynnsamma förhållanden, i genomsnitt kan vara under 4 % efter sönderdelning (Anerud & Jirjis, 2011). En förklaring kan vara att den synliga smutsen till stor del bestod av humus, vilket inte ger något stort bidrag till askhalten. Det är även möjligt att det ihärdiga regnandet vid skotningen sköljt bort ytliga mineralföroreningar, vilket avsevärt kan ha sänkt askhalten under den korta lagringsperioden. Detta skulle dock inte förklara den största delen av avvikelsen mellan det skördade och det prognostiserade utfallet. En osäkerhet i beräkningarna är att andelen finfraktion i stubbkrossen är okänd. Då finfraktionen innehöll mer fukt än övriga delar av materialet påverkas vikten inte försumbart av denna del. Av den anledningen borde denna del, om möjligt, behandlas separat. Detta fel torde ändå inte påverka slutresultatet så att här dragna slutsatser inte längre skulle gälla.

När det gäller materialspill så konstateras här att uppemot 15 % av det tillgängliga materialet försvinner som spill och missade/kvarlämnade stubbar. Andelen som försvinner kan säkert variera mycket beroende av lokala förutsättningar såsom jordmån, avläggsytor etc. på objektet. Variation uppkommer säkerligen även beroende av vilka maskinförare som arbetar vid lyftning, skotning och krossning. Andelen 15 % får ses som en lägsta nivå i praktisk drift då målet med denna studie var att få med så mycket material som möjligt från provytorna.

UTVÄRDERING AV STUDIEMETODIKEN I PILOTSTUDIEN

Nedanstående erfarenheter från pilotstudien blir viktiga att ta hänsyn till vid en utvidgning av försöken till ett mer rikstäckande material.

Förberedelser/kontakter med värd företag

- För att arbetet under studien ska bli effektivt och eventuella problem på vägen lösas snabbt är det en förutsättning att studien är tydligt förankrad hos centralt ansvarig på värd företaget. De medverkande produktionsledarna och entreprenörerna bör även ha fått tydliga mandat och instruktioner.

Objektsval

- Undvik att välja objekt som gallrats under den senaste 10-årsperioden, alternativt markera äldre stubbar, de kan annars bli svåra att skilja från de färskaste stubbarna som ska utgöra underlaget för valideringen.
- Stora objekt (>10 ha) ger ett visst utrymme för flexibilitet när det gäller placering av provytor, vilket är bra för att få variation i materialet.
- Se till att det finns tillräckligt med utrymme på avlägget för att kunna ställa upp och manövrera utrustning för krossning samt eventuell sållning.
- Det behövs även tillräckligt med utrymme för att kunna rangera containrar i anslutning till avlägget i samband med krossningen av stubbarna.
- Närhet till fordonsväg är ett stort plus för att undvika onödiga väntetider. Finns inte en fordonsväg tillgänglig i närheten bör man överväga att använda sig av portabla fordonsvägar.

Provytor

- Utlägg av långsmala provytor för att undvika alltför mycket körning inom ytan fungerade bra, även för tidsstudierna.
- Provytor bör inte läggas längs en beståndskant eftersom många stubbar då försvinner ur materialet p.g.a. lämnad hänsyn till närliggande bestånd.
- Provytor som lagts ut så att skördaren jobbar enkelsidigt har fördelen av att ris undviks inom ytorna.

- Provytorna kunde ha varit något mindre än i pilotstudien (ca 100 träd), kanske att 50 stubbar räcker. Det viktiga är att antalet brytbara stubbar är tillräckligt stort.
- Vid framtida studier är det noga att mäta upp provytorna med GPS i ett tidigt skede efter avverkning för att säkra deras positioner.
- Provytorna bör märkas upp med käppar då märkfärg regnar/bleks bort på några veckor.

Avverkning

- Kontrollera innan studien att skördarens utrustning för loggning av positionen med GPS fungerar.
- Kontrollera även att pri-filer lagras och inte innehåller fel (inklusive GPS-positionering).
- För att undvika dubbelräkning av stammar vid t.ex. toppbrott bör en avstämning av stamnumret i pri-filen ske så att en eventuell märkning av stubben kan möjliggöras under avverkningen.

Skotning av virke, grot och stubbar

- Vid skotning av rundvirke och grot kördes det till viss del i provytorna. Oklart om detta skapade problem senare under studien, men potentiellt kördes stubbar sönder, vilket kan ha försvårat arbetet i senare led. Detta är å andra sidan gängse arbetsmetod, vilket kunde tala emot en specialanpassning.
- Vid stubbskotningen var redet inte optimerat för att köra just stubbar, men föraren var noga och körde inte överlastat, så andelen spill blev ändå låg.

Stubbskörd

- Under pilotstudien gjordes ingen separat räkning av stubbar vid stubblyftningen, antalet brutna stubbar per provyta bestämdes istället genom antalet rader i tidsstudiematerialet från den samordnade studien om klippningsgradens påverkan på effektiviteten i stubbskörd. Ett problem med den metoden var att fånga hur många extra småstubbar som kom upp tillsammans med en större stubbe. Här kanske man hade haft hjälp av att märka stubbarna innan skörd eller använda sig av en separat räknare.

Krossning

- Avgörande för effektiviteten vid krossning är att väntetiderna relaterade till rangering och tömning av containrar minimeras (se vidare under Objektsval ovan).
- En möjlighet för att minimera antalet containrar är att de krossade stubbdelarna, efter vägning, kan tippas av i anslutning till avlägget. Detta förutsätter att invägning av containrar också kan ske i anslutning till avlägg. Ett alternativ är att ha en lastbil som rangerar containrar och en som kör de redan fyllda containrarna till invägning.

- Tillräckligt utrymme vid avlägget för att kunna placera containern vinkelrätt mot krossen underlättar fyllning av containern, som annars inte blir helt fylld.
- Fraktionsstorleken på krossen bör hållas nere något för att underlätta fyllning av containrar. I pilotstudien krossades stubbarna till den grövsta fraktionen (50–60 cm, utan roster), vilket gjorde att det bildades ”toppar” då de krossade stubbitarna hakade i varandra i stället för att ”rinna ner” i containern. Detta blir en avvägning av krossningstid mot fyllnadsgrad.
- En minskad fraktionsstorlek skulle även kunna underlätta vid provtagning för fukt- och askhaltsprover. Den grövsta krossen var svår att ta ut representativa prover från.
- En alternativ metod för effektivare provhantering för fukthaltsbestämningen kunde vara att grovmala krossproverna direkt vid avlägget med en kompostkvarn på samma sätt som görs på det torkade materialet inför askhaltsbestämningen. Materialet skulle då kunna blandas om och mindre, mer lätthanterliga, prover skulle kunna tas ut för bestämning av fukthalt och askhalt. Mindre prover har fördelen att de kan torkas i sin helhet i torkskåp, vilket förenklar hanteringen jämfört med att använda sig av virkestorken vid ett sågverk. En förutsättning är att kompostkvarnen klarar prover med den fukthalt som färska stubbar håller samt att grovkrossningen görs ner till en fraktion som kan hanteras i kompostkvarnen.
- I pilotstudien gjordes ingen sällning av materialet, vilket vore önskvärt, speciellt om andelen föroreningar och finfraktion i materialet är hög.

Kvantifiering av spill

- Metoden att för hand samla upp spill/kvarvarande material efter skotning och krossning i armerade plasticsäckar (BigBags) och sedan väga med en hängvåg fungerade väl.

VIDARE ARBETE

Denna studie utgör en pilotstudie för att utvärdera hur väl skördardata i kombination med befintliga funktioner för att beräkna de mängder biomassa som finns i stubbar och rötter fungerar för att prognostisera uttaget av material vid stubbskörd. Resultaten bör därför ses som en indikation på användbarheten, till dess att slutsatserna bekräftats genom ytterligare studier. Målet är att kunna validera funktionerna mot ett rikstäckande material. Om en utvidgning sker mest effektivt enligt den här utarbetade metodiken eller enligt något annat förfarande bör också övervägas.

Frågor som inte kunnat hanteras inom ramarna för denna studie, men som skulle behöva utredas är:

- Hur påverkas uttaget av tiden sedan avverkning? Pilotstudien genomfördes på färska stubbar, det bör därför även studeras hur uttaget påverkas av tiden sedan avverkning (0 – 1,5 år en rimlig variation) för att få en uppfattning om hur uttagsnivån kan variera beroende på stubbens nedbrytning.
- Hur påverkas uttaget av jordmånen på objektet? I pilotstudien bestod marken under det översta jordlagret av fjällskiffer, vilket kan ha påverkat uttaget jämfört med andra typer av marker.

Slutsatser

Vi kan från denna inledande pilotstudie dra följande huvudsakliga slutsatser:

- De befintliga funktionerna för att beräkna mängderna biomassa i stubbar och rötter underskattar de verkligt skördade mängderna.
- Minst 5 % av materialet försvann som spill i hanteringen vid skotning och krossning.
- Ytterligare ca 10 % av materialet försvann pga. att stubbarna var för små för skörd eller att stubbarna missats vid lyftning.
- En utökning av försöken till att motsvara ett rikstäckande material är nödvändigt för att fastställa om resultaten från pilotstudien kan anses generella även för andra objekt.
- Vid en utökning av försöken är det viktigt att:
 - Välja studieobjekt så att fordonsvågar finns i närheten och så att det finns tillräckligt med utrymme vid avlägg för att rangera containrar.
 - Materialet krossas till en finare fraktion än i pilotstudien för att underlätta provtagning och fyllning av containrar.
 - Överväga om materialet ska siktas för att bestämma andelen finfraktion.

Referenser

- Anerud, E. & Jirjis, R. 2011. Fuel quality of Norway spruce stumps – influence of harvesting technique and storage method. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26:256–266.
- Egnell, G. 2009. Skogsbränsle. Skogsskötselserien nr 17, Skogsstyrelsen.
- Eliasson, L. & Granlund, P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross. Arbetsrapport Skogforsk 716.
- Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, L. 2012. Grovkrossning och sållning av stubbar på terminal. Arbetsrapport Skogforsk 768.
- Hannrup, B., Möller, J.J., Larsson, W., Malm, J. & Wilhelmsson, L. 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Arbetsrapport Skogforsk 694.
- Hedman, L. 2008. Produktivitet vid stubbskörd. Examensarbete, SLU.
- von Hofsten, H. Johannesson, T. & Anerud, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. Arbetsrapport Skogforsk 759.
- Karlsson, J. 2007. Produktivitet vid stubblyftning. Examensarbete, SLU.
- Lehtikangas, P. 1999. Lagringshandbok för trädbränslen, 2:a upplagan. Institutionen för virkeslära, SLU.
- Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Moisture Content of Norway Spruce Wood at Clear Cutting Areas and Roadside Storage Sites. *Silva Fennica* 44(3): 427-434.
- Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Rapport 45, Institutionen för skogstaxering, SLU.
- 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. Arbetsrapport Skogforsk 677.
- Möller, J.J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register- och planeringssystem. Arbetsrapport Skogforsk 756.
- Nylinder, M. & Thörnqvist, T. 1981. Lagring av stubbved i fingerad miljö. Institutionen för skogsproduktion. Rapport 121. Garpenberg: SLU.
- Petersson, H. 1999. Biomassafunktioner för trädfractioner av tall, gran och björk i Sverige. Rapport 59, Institutionen för skogstaxering, SLU.
- Petersson, H. & Ståhl, G. 2006. Functions for below-ground biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(Suppl 7): 84-93.
- Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43(4).
- 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.
- Skogsstyrelsen. 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Rapport 25. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2012. Skogsstatistisk årsbok 2012. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Svenska FSC. 2011. Styrelseprotokoll, 110505 (<http://www.fsc-sverige.org/svenska-fsc/styrelsen/styrelseprotokoll>)

Muntligt meddelande

Lundgren, C. Produktionsledare biobränslen, Medelpads förvaltning, SCA.
Muntligt meddelande 2012-06-04.

Bilaga 1

I denna bilaga beskrivs de befintliga funktioner för att beräkna mängden biomassa i trädets stubbe och rötter som validerats i föreliggande studie.

Marklund 1988

Marklunds funktioner uttrycks i kg torrsvikt.

d = trädets diameter i bröst höjd (cm)

Gran

$$\ln(\text{stubbe}) = 10,6686 \times \frac{d}{d+17} - 3,3645 \quad (\text{G-26})$$

$$\ln(\text{rötter} \geq 5 \text{ cm}) = 13,3703 \times \frac{d}{d+8} - 6,3851 \quad (\text{G-28})$$

$$\ln(\text{rötter} < 5 \text{ cm}) = 7,6283 \times \frac{d}{d+12} - 2,5706 \quad (\text{G-31})$$

Tall

$$\ln(\text{stubbe}) = 11,0481 \times \frac{d}{d+15} - 3,9657 \quad (\text{T-28})$$

$$\ln(\text{rötter} \geq 5 \text{ cm}) = 13,2902 \times \frac{d}{d+9} - 6,3413 \quad (\text{T-31})$$

$$\ln(\text{rötter} < 5 \text{ cm}) = 8,8795 \times \frac{d}{d+10} - 3,8375 \quad (\text{T-34})$$

Repola m.fl. 2007

y = torrs substans (kg)

d_s = stubbens diameter = $2 * 1,25 * d_{bh}$

d_{bh} = trädets diameter i bröst höjd

Gran

Stubbe

$$\ln(y) = -3,962 + 11,725 \times \frac{ds}{ds+26} + \frac{0,065+0,058}{2} \quad (\text{RG-16})$$

Rötter > 1 cm

$$\ln(y) = -2,295 + 10,649 \times \frac{ds}{ds+24} + \frac{0,105+0,114}{2} \quad (\text{RG-17})$$

Tall

Stubbe

$$\ln(y) = -6,739 + 12,658 \times \frac{ds}{ds+12} + \frac{0,009+0,044}{2} \quad (\text{RT-8})$$

Rötter > 1 cm

$$\ln(y) = -9,601 + 15,931 \times \frac{ds}{ds+8} + \frac{0,065}{2} \quad (\text{RT-9})$$

Repola 2009

y = torrsubstans (kg)

$$d_s = \text{stubbens diameter} = 2 * 1,25 * d_{bh}$$

d_{bh} = trädets diameter i bröst höjd

Gran

Stubbe

$$\ln(y) = -3,962 + 11,725 \times \frac{ds}{ds+26} + \frac{0,065+0,058}{2} \quad (\text{RG-18})$$

Rötter >1 cm

$$\ln(y) = -2,295 + 10,649 \times \frac{ds}{ds+24} + \frac{0,105+0,114}{2} \quad (\text{RG-19})$$

Tall

Stubbe

$$\ln(y) = -6,753 + 12,681 \times \frac{ds}{ds+12} + \frac{0,010+0,044}{2} \quad (\text{RT-10})$$

Rötter >1 cm

$$\ln(y) = -5,550 + 13,408 \times \frac{ds}{ds+15} + \frac{0,079}{2} \quad (\text{RT-11})$$

Petersson & Ståhl 2006

Petersson & Ståhls funktioner uttrycks i g torr vikt.

DBH = trädets diameter i bröst höjd (mm)

Gran

Stubbe + rötter ≥ 5 mm

$$\ln(\text{stubbe_rötter}) = 4,52965 + 10,57571 \times \frac{DBH}{DBH+142} \quad (\text{PG_i})$$

Tall

Stubbe + rötter ≥ 5 mm

$$\ln(\text{stubbe_rötter}) = 3,39014 + 11,06822 \times \frac{DBH}{DBH+113} \quad (\text{PT_i})$$

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2011

- Nr 733 Rytter, L., Johansson, T. Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
- Nr 734 Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
- Nr 735 Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
- Nr 736 Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårddjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
- Nr 737 Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
- Nr 738 Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. s.
- Nr 739 Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
- Nr 740 Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
- Nr 741 Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
- Nr 742 Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J. & Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktions”miljö”. 84 s.
- Nr 743 Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
- Nr 744 Cheng, C. 2011. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort a Forwarder. 93 s.
- Nr 745 Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
- Nr 746 Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
- Nr 747 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträd shanterande skördaraggregat. 34 s.
- Nr 748 Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
- Nr 749 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
- Nr 750 Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.

- Nr 751 Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. Bättre planering av avverkning vägar med GIS. 39 p.
- Nr 752 Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. 26 s.
- Nr 753 Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROT-sporreprojektet. 23 s.
- Nr 754 Sjöström, L. 2011. Fuktighetsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 25 s.
- Nr 755 Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 10 s.
- Nr 756 Möller, J. J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
- Nr 757 Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördar baserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.

2012

- Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.
- Nr 759 von Hofsten, H., Johannesson, T. & Aneryd, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. 22 s. – Impact of stump splitting on harvest productivity. 24 s.
- Nr 760 Jönsson, P. & Englund, M. 2012. Air-Hawk-luftkudde. Ergonomiskt hjälpmedel för skogs- och jordbruksmaskiner. – Airhawk Seat Cushion. – Ergonomic aid for forestry and agricultural machinery. 22 s.
- Nr 761 Rosvall, O. & Lindgren, D. 2012. Inbreeding depression in seedling seed orchards. Under bearbetning.
- Nr 762 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. – Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce. 26 s.
- Nr 763 Englund, M. 2012. LED-ljus i aggregatet – En pilotstudie. LED lighting on the harvester head. – A pilot study. 6 s.
- Nr 764 Nazmul B., Arlinger J. & Möller, J.J. 2012. Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. – Map support for forwarding of logging residues through export of shape files. 22 s.
- Nr 765 Brunberg, T. & Lundström, H. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1170E hos Holmen Skog vintern 2012. – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1170E together with Holmen Skog in the winter of 2012. 7 s.
- Nr 766 Löfgren, B., Englund, M., Jönsson, P., Wästerlund, I. & Arvidsson, J. 2012. Spårdjup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi. – Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks. 18 s.

- Nr 767 Eriksson, B. 2012. Utveckling i outsourcad skogsvård. – Improving productivity and quality in outsourced silviculture. 14 s.
- Nr 768 Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, L. 2012. Grovkrossning och sällning av stubbar på terminal. Coarse grinding of stumps and sieving of the produced hog fuel. 9 s.
- Nr 769 Hannerz, M. 2012. Vem besöker Kunskap Direkt och vad tycker de? – Who visits Knowledge Direct (Kunskap Direkt) and what do they think of it? 38 s.
- Nr 770 Iwarsson-Wide, M., Jönsson, P. 2012. Utvärdering av kranhängda vågsystem. Evaluation of crane-mounted weighing systems. 24 s.
- Nr 771 Skutin, S.-G. 2012. Lönsamhet för CTI på virkesfordon. Profitability for CTI on round wood haulage vehicles. – Cost-benefit analysis of using CTI on roundwood haulage vehicles 25 s.
- Nr 772 Sonesson, J., Mohtashami, S., Bergkvist, I., Söderman, U., Barth, A., Jönsson, P., Mörk, A., Jonmeister, T. & Thor, M. 2012. Beslutsstöd och metod för att minimera markpåverkan vid drivning – Slutrapport från projekt ID 0910/143-10.
- Nr 773 Barth, A., Sonesson, J., Larsson, H., Engström, P., Rydell, J., Holmgren, J., Olofsson, K., Forsman, M. & Thor, M. Beståndsmätning med mobila sensorer i skogsbruket. – Use of mobile sensors in forestry to measure stand properties. 32 s.
- Nr 774 Brunberg, T. & Lundström, H. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med JD 1270E hos SCA Skog hösten 2012 – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1270E together with SCA Skog in the autumn of 2012. 10 s.
- Nr 775 Eliasson, L., Granlund, P., von Hofsten, H. & Björheden, R. 2012. Studie av en lastbils monterad kross – CBI 5800 – Study of a truck-mounted CBI 5800 grinder. 16 s.
- Nr 776 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. von Hofsten, H. & Lundström, H. 2012. Flisstorlekens effekt på en stor skivhuggs bränsleförbrukning och prestation. – Effects of target chip size on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 777 Eliasson, L., Granlund, P. & Lundström, H. 2012. Effekter på bränsleförbrukning, prestation och fliskvalité av klenträd vs bränsleved som råvara vid flisning med en stor skivhugg. – Effects of raw material on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 778 Friberg, G. & Jönsson, P. 2012. Kontroll av noggrannheten av GPS-positionering hos skördare. – Measuring precision of GPS positioning on a harvester. 9 s.
- Nr 779 Bergkvist, I. & Lundström, H. 2012. Systemet ”Besten med virkeskurir” i praktisk drift – Erfarenheter och Utvecklingsmöjligheter – Slutrapport från utvecklingsprojekt i samarbete med Södra skog och Gremo. – The ‘Besten with forwarders’ unmanned logging system in practical operation – experiences and development potential. Final report from development project in collaboration with Södra skog and Gremo 25 s.
- Nr 780 Nordström, M., Hannrup, H., Anerud, E., Johannesson, T., Hofsten von, H. & Eliasson, L. 2012. Validering av funktioner för beräkning av kvantitet skogsbränsle vid stubbskörd – En pilotstudie. – Validation of functions for calculating the quantity of forest fuel in stump harvest – a pilot study. 32 s.
- Nr 781 Fridh, L. 2012. Utvärdering portabla fukthaltsmätare – Evaluation of portable moisture meters. 28 s.

- Nr 782 Johannesson, T., Fogdestam, N., Eliasson, L. & Granlund, P. 2012. Effekter av olika inställningar av den eftersträvade flislängden på prestation och bränsleförbrukning för en Bruks 605 trumhugg. – Effects of chip-length settings on productivity and fuel consumption of a Bruks 605 drum chipper.
- Nr 783 Hofsten von, H. & Johannesson, T. 2012. Skörd av brutna eller frästa stubbar – en jämförande tidsstudie. – Harvesting split or ground stumps – a comparative time study.
- Nr 784 Arlinger, J. Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogsmaskiner. – StanForD 2010. – Modern communication with forest machines. 16 s.
- Nr 785 Arlinger, J. Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern communication with forest machines StanForD 2010. – Modern kommunikation med skogsmaskiner. p. 16.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

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

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

KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Från Skogforsk nr. 780-2012



www.skogforsk.se