

## MÄTNING AV GROTFLLIS

*Daniel Nilsson, Mats Nylinder, Hans Fryk och Jonaz Nilsson*

### Sammanfattning

Syftet med denna studie har varit att jämföra olika mätmetoder för grottflis som bygger på volym, vikt och olika sätt att uppskatta fukthalten. Den metod som antas som facit bygger på 10 prover per container vilket innebär 30 prover per leverans. Facit har sedan jämförts mot 6 olika mätmetoder.

Studien omfattar 44 leveranser grottflis, i huvudsak från barrträd, under vinter- och sommarförhållanden. Transporten till värmeverket har skett i ekipage om tre flis-containerar.

Denna redovisning är en förkortad version av projektets slutrapport, Rapport nr 21 vid institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala.

Medelfukthalten för grottflisen i hela studien uppmättes till 35,2 % av LNU/SLU och 34,9 % av VMF Syd vilket är en skillnad på 0,3 %-enheter. Beräknas kvotspridningen för fukthaltsmätningarna blir den ca 10 % för VMF-mätning och ca 32 % för en finsk metod för skattning av fukthalt jämfört med LNU/SLU. Det effektiva värmevärdet varierar mellan 2,86 till 3,22 MWh/ton och mellan 0,97 och 1,01 Mwh per m<sup>3</sup>s.

När det gäller de olika mätmetoderna visade det sig att mätmetod M6, energivärde direkt från VMFs mätsedel, var den bästa med en kvotspridning på 6,4 % i jämförelse med antaget facitvärde beräknat enligt LNU/SLU. Anledningen till detta är att denna mätning baseras på mätning av fukthalten och ett beräknat effektivt värmevärde för varje enskild leverans medan de andra mätmetoderna bygger på ett beräknat ”erfarenhetstal” för energinnehåll per ton respektive per m<sup>3</sup>s för leveranserna i studien.

Om mätningen baseras på erfarenhetstal för fukthaltsmätning visar resultaten att volymmätning ger en mindre kvotspridning, runt 10 %, jämfört med viktbaserad mätning där kvotspridningen hamnar på ca 17 % jämfört med facit. Fukthaltsmätning enligt en finsk metod ger en kvotspridning på ca 15 %.

Volymminskningen under transport för alla leveranser i studien uppmättes i medeltal till strax över 2 % och resultaten visar också att den största delen av volymminskningen, ca 70 %, sker redan under de första kilometrarna.



## Bakgrund

Handeln med grottflis, flis från grenar och toppar vid slutavverkning, har ökat kraftigt under de senaste åren. All handel underlättas om både köpare och säljare kan enas om vilken enhet, volym, vikt eller energiinnehåll som skall tillämpas och hur mätningen skall tillgå.

Enheten för kvantitet kan vara lösvolym, rå vikt, torr vikt eller energiinnehåll. Alla enheter och metoder har sina för- och nackdelar. Föreliggande studier avser mätning av kvantiteten för grottflis.

Idag dominerar två sätt att handla med grottflis. Det ena är att flisen mäts i m<sup>3</sup>s vid framkomst till industri. Härvid föreligger en osäkerhet om packningsgrad och hur den förändras under transport. Eventuell omföring av volym till energimängd bygger vid denna typ av mätning på ett genomsnittligt erfarenhetstal.



Figur 1. Inmätning av VMF vid industrin.

Den andra metoden är att flisen vägs och att fukthalten bestäms genom uttag av flisprov. Vägning och fukthaltsbestämning kan dels användas för bestämning av torr vikt dels för att beräkna energimängden.

Föreliggande studie är ett samarbete mellan Södra, Linnéuniversitetet, VMF Syd och SLU. Arbetet har finansierats av Projektet ESS, Effektivare Skogsbränslesystem, som administreras av Skogforsk.

**Nyckelord:** Grottflis, virkesmätning, volymmätning, vägning, fukthalt.

## Syfte

Syftet har varit att utvärdera och jämföra mätmetoder för grottflis som bygger på volym, vikt och olika sätt att uppskatta fukthalter samt en metod som bygger på skattning av fukthalt efter en finsk modell. Ett delmål är att beräkna flisens sättningsgrad, hopsjunkning, under transport vilket gjorts på ca 20 % av de inmätta ekipagen.

## Avgränsning

Studierna är avgränsade till:

- Endast grottflis av barr (3 st. containrar domineras dock av lövflis)
- Flis under vinter- och sommarförhållanden
- Grot som flisats, inte krossats
- Flis transporterad i containrar, tre per ekipage

Fastställande av fukthalt genom torkning av prov i torkskåp.

## Beräkning av energivärde

Följande formel har använts för beräkning av energivärdet i flisen:

$$W_{eff} = \left( W_b - \left( 2,45 \times \frac{f}{100 - f} \right) \right) \times \left( \frac{t}{100} \right) \times \frac{1}{3,6}$$

där

$W_{eff}$  är det effektiva värmevärdet för fuktigt bränsle uttryckt i MJ/kg TS

$W_b$  är det effektiva värmevärdet för absolut bränsle uttryckt i MJ/kg TS korrigerat för 2 % aska

2,45 är vattnets ångbildningsvärme uttryckt i MJ/kg (2,45 MJ/kg vid 20 °C)

$f$  är bränslets fukthalt uttryckt i %

$t$  är bränslets torrhalt uttryckt i %

$\frac{1}{3,6}$  är en omräkningsfaktor från MJ/kg till MWh/ton

## Mätmetoder

Inom projektet har följande mätmetoder definierats:

**Mätmetod 1 (M1):** Energivärdet, lassets vikt gånger det genomsnittliga värdet för MWh/ton, vilket beräknas via medelfukthalten av 10 fukthaltsprover per container, uppmätt av LNU/SLU.

**Mätmetod 2 (M2):** Energivärdet, lassets vikt gånger det genomsnittliga värdet för MWh/ton, vilket beräknas via medelfukthalten för leveransen uppmätt av VMF Syd.

**Mätmetod 3 (M3):** Energivärdet, lassets volym gånger det genomsnittliga värdet för MWh/m<sup>3</sup>s, vilket beräknas via medelfukthalten av 10 fukthaltsprover per container, uppmätt av LNU/SLU och volymen bestämd i skogen via 18 mätpunkter per container.

**Mätmetod 4 (M4):** Energivärdet, lassets volym gånger det genomsnittliga värdet för MWh/m<sup>3</sup>s, vilket beräknas via medelfukthalten av 10 fukthaltsprover per con-

tainer, uppmätt av LNU/SLU och volymen bestämd vid värmeverk/terminal via 18 mätpunkter per container.

**Mätmetod 5 (M5):** Energivärdet, volymen gånger det genomsnittliga värdet för MWh/m<sup>3</sup>s. Där medelfukthalten och volymen uppmätts av VMF Syd.

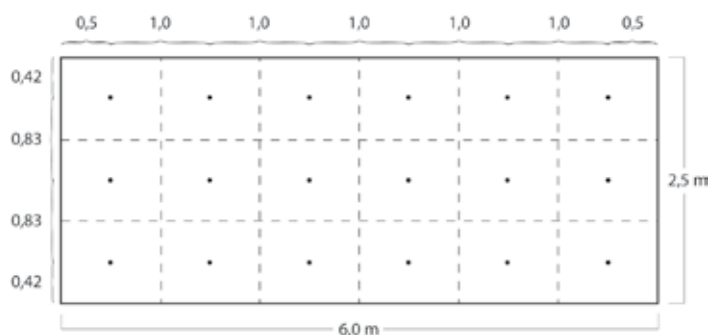
**Mätmetod 6 (M6):** Energivärdet direkt hämtad från VMF Syds mätsedel.

**Mätmetod 7 (M7):** Energivärdet, lassets vikt gånger det genomsnittliga värdet för MWh/ton vilket beräknats utifrån fukthalten för leveransen bestämd enligt Lindblad *et.al* (2010).

## Material

Denna studie innefattar totalt 44 ekipage skogsbränsle bestående av två delar, där den största delen av materialet insamlades under senvintern och tidig vår 2012 medan resterande ekipage kördes in under försommaren 2012.

När flisen lastats i containrarna krattades topparna ut för en noggrann skäppmätning av volymen med 18 (3 × 6) mätpunkter fördelade enligt Figur 2.



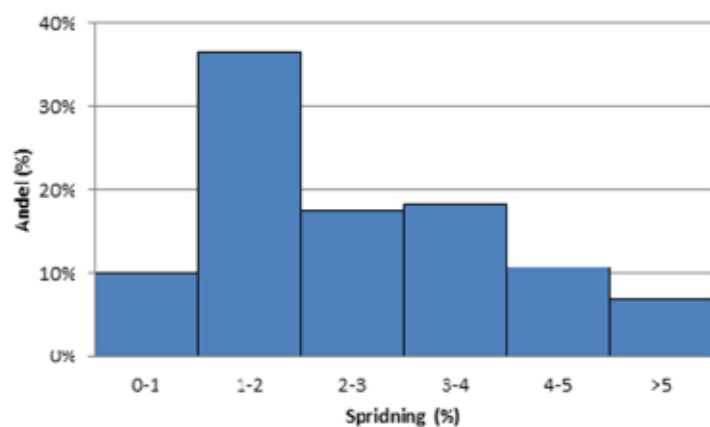
Figur 2. Mätpunkter för skäppmätning av volymen (överst) och mätning vid en mätpunkt (ovan).

## Resultat

Medelfukthalten för grottflisen i hela studien uppmättes till 35,2 % av LNU och 34,9 % av VMF Syd vilket är en skillnad på 0,3 %-enheter. Beräknas kvotsprid-

ningen för samtliga mätningar blir kvotspridningen ca 10 % för VMF-mätningen och ca 32 % för den finska metoden jämfört med LNU/SLU.

Spridningen för fukthalten, standardavvikelsen, inom varje container är i genomsnitt 2,6 %-enheter (Figur 3).



Figur 3. Standardavvikelse, procentenheter, för fukthalt inom container.

Det effektiva värmevärdet per ton resp. per m<sup>3</sup>s och dess standardavvikelse beräknade enligt de olika mätmetoderna kan ses i Tabell 1.

Tabell 1. Beräknade medelvärden av de effektiva värmevärdena för de olika metoderna som ingått i studien samt standardavvikelse och 95-procentigt konfidensintervall

	M1 (MWh/ton) Fh enl LNU/SLU	M2 (MWh/ton) Fh enl VMF Syd	M3 (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol skogen LNU/SLU	M4 (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol VV LNU/SLU	M5 (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol VV VMF Syd	M6 (MWh/ton) VMF Syd mätsedel	M7 (MWh/ton) Fh enl finsk metod
Medel	3,17	3,22	0,97	1,00	1,01	3,19	2,86
Std	0,55	0,54	0,09	0,10	0,10	0,53	0,45
i	3,02-3,34	3,06-3,38	0,95-1,00	0,97-1,03	0,97-1,03	3,03-3,35	2,72-2,99

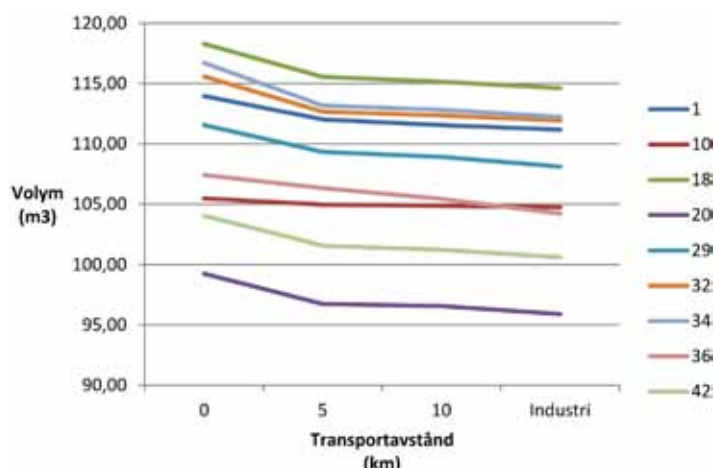
Aritmetiska medelvärden och standardavvikelse, kvotspridningen, för de beräknade kvoterna mellan beräknade energivärden enligt olika mätmetoder och facit finns angivna i Tabell 2.

Tabell 2. Det aritmetiska medelvärdet för de beräknade kvoterna mellan leveransernas energiinnehåll beräknat med de olika mätmetoderna och det antagna facitvärdet samt standardavvikelsen, kvotspridningen och 95-procentigt konfidensintervall för dessa kvoter. Observera att ekipage 31 (stor skillnad i uppmätt fukthalt) inte är medräknat

	M1/facit (MWh/ton) Fh enl LNU/SLU	M2/facit (MWh/ton) Fh enl VMF Syd	M3/facit (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol skogen LNU/SLU	M4/facit (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol VV LNU/SLU	M5/facit (MWh/m <sup>3</sup> s) Fh/vol VV VMF Syd	M6/facit (MWh/ton) VMF Syd mätsedel	M7/facit (MWh/ton) Fh enl finsk metod
Medel	1,027	1,043	1,009	1,009	1,025	1,008	0,924
Std	0,165	0,168	0,098	0,098	0,099	0,064	0,149
i	0,978-1,076	0,992-1,09	0,980-1,038	0,980-1,038	0,980-1,038	0,981-1,079	0,878-0,965

Under transporten mellan skog och industri sker det en sättnings av flisen (Figur 4). Totalt sett över alla inmätta ekipage medförde volymförändringen under transport

mellan skog och industri en minskning av volymen med 2,3 % med standardavvikelsen 0,9 % -enheter. För de vinterkörda ekipagen varierade volymminskningen mellan 0,7 och 4,4 %, i genomsnitt 2,3 % med en standardavvikelse på 0,9 % -enheter.



Figur 4. Volymminskning under transport.

## Diskussion

Den genomsnittliga fukthalten mätt enligt Vmf Syd och LNU/SLU överensstämmer mycket väl men för enskilda lass kan avvikelsen vara stor vilket speglas av den relativt höga kvotspridningen mellan metoderna, cirka 10 %. Standardavvikelsen för fukthalten inom containrar är i nivån 2,3% - enheter, men stora avvikelser förekommer för enskilda lass vilket gör att bestämning av fukthalt för enskilda lass kan kräva ett mycket stort antal prov för att uppnå en godtagbar precision.

Uppmätta kvotspridningar mellan de olika mätmotoderna varierar mellan 6,4-17 %. Metoder som bygger på att man beräknar ett genomsnittlig energivärde per ton rå flis för hela studien och sedan för varje lass beräknar energivärdet genom att endast väga och mul-

tiplicera vikten med uppmät genomsnittsvärde ger de högsta kvotspridningarna. Motsvarande beräkningsätt men utifrån volymen ger en lägre kvotspridning. Utan fuktmätning är det således bättre att basera mätningen på volym än på vikt.

För den mätmetod, i denna studie kallad M6, som idag tillämpas av VMF, en vägning med en fukthaltsmätning av stickprov fås en kvotspridning på 6,4 %. Att den blir lägre än övriga metoder beror på att denna metod bygger på en fukthaltsmätning för varje leverans och alltså inte på ett genomsnittsvärde för vikt respektive volym. En kvotspridning på 6,4 % kan anses vara tillfredsställande med tanke på den stora variationen som förekommer hos grottflis.

Den finska modellen som provats i studien ger en kvotspridning på ca 15 %. Den höga kvotspridningen kan bero på att den finska modellen inte "stämmer" för södra Sverige men även på metodens mer "generella" upplägg.

Den i skogen uppmätta volymen minskar efter transport med i genomsnitt ca 2 %. Resultat talar för att volymminskningen uppstår redan under de första fem kilometrarna och transportavstånd därutöver torde medföra mycket marginella sättningar i lassen. Det framkommer vidare att den volymmätning som utförs av VMF måste betraktas som mycket tillfredsställande då den överensstämmer väl med de omfattande mätningar som utförts i denna studie.

Studien torde kunna spegla förhållandena för grottflis relativt väl och förhoppningsvis utgöra ett bra underlag för att utforma mätningen med hänsyn till önskad noggrannhet och precision.



Figur 5. Mätning av volymminskning efter 5 km transport.

## Referenser

- Anon., (Virkesmättningsrådet) 1999. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. Internetupplaga, Fastställt av Virkesmättningsrådet 1998-11-25
- Anon., (Swedish Standards Institute) 2005. SIS-CEN TS 14918 Fasta biobränslen - Metod för bestämning av kalorimetriskt värmevärde. Solid biofuels – Method for the determination of calorific value. Swedish Standards Institute, Stockholm, Sweden.
- Hakkila, P., 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, Berlin.
- Jacobsson, J., 2005. En uppdatering av kunskapsläget beträffande tillgång och efterfrågan på biobränsle. JJ Forestry AB, Sigtuna. Tillgänglig på: [http://www.skogsindustrierna.org/om\\_oss/publikationer\\_3/skrifter\\_1/energi/en-uppdatering-av-kunskapslaget-betraffande-tillgang-och-efterfragan-pa-biobransle](http://www.skogsindustrierna.org/om_oss/publikationer_3/skrifter_1/energi/en-uppdatering-av-kunskapslaget-betraffande-tillgang-och-efterfragan-pa-biobransle).
- Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A., 2010. Mätning av energived, Uppdaterad version. Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio och Skogsforskningsinstitutet.
- Nilsson, B., Blom Å. & Thörnqvist, T., 2011. Hanteringens inverkan på skogsbränslets barrandel och fukthalt – en jämförande studie mellan grönrisstötning och traditionell brunrisstötning av grot. Report No 08. Department of Forestry and Wood Technology, Linnaeus University, Växjö. (Swedish)
- Nurmi, J., 1992. Measurement and evaluation of wood fuel. Finnish Forest Research Institute, Kannaus, Finland. Biomass and Bioenergy 2 (57-171)
- Nurmi, J., 1999. The storage of logging residues for fuel. Finnish Forest Research Institute, Kannaus, Finland. Biomass and Bioenergy 17 (41-47)
- Nurmi, J. & Hillebrand, K., 2001. The fuel quality of Norway spruce logging residues in relation to storage logistics. Finnish Forest Research Station, Kannus, Finland. Forest Research Bulletin, 2001, 223: 42-46.
- Nylinder, M., 1981. Mätning av flisved och bränsleflis. Scaling of fuelwood and fuelchips. Report No 123. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (Swedish)
- Nylinder, M., & Törnmarck, J., 1986. Mätning av bränsleflis, spån och bark. Scaling of fuel chips, sawdust and bark. Report No 173. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (Swedish)
- Nylinder, M., & Fryk, H., 2012. Mätning av bränsleved vid Ena Energi AB i Enköping. Research Results No 9. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (Swedish)
- Ringman, M., 1996. Trädbränslesortiment – Definitioner och egenskaper. Wood fuel assortments – Definitions and properties. Report No 250. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (Swedish)
- Thörnqvist, T., 1984. Hyggesrester som råvara för energiproduktion – Torkning, lagring, hantering och kvalitet. Logging residues as a feedstock for energy production – Drying, storing, handling and grading. Report No 152. Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. (Swedish)
- Thörnqvist, T., (1985). Trädbränslekvalitet – vad är det?. Uppsats nr 14. Institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Sweden. (Swedish)



Daniel Nilsson  
daniel.b.nilsson@lnu.se  
Tel: 0470-708201

Mats Nylinder  
mats.nylinder@slu.se  
Tel: 018-672470

Hans Fryk  
hans.fryk@slu.se@slu.se  
Tel: 018-672518

Jonaz Nilsson  
jonaz.nilsson@lnu.se  
Tel: 0470-708942