



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 866–2015

Utvärdering av fukthaltsmätare Prediktor Spektron Biomass

Evaluation of the Prediktor Spektron
Biomass moisture content analyser

Lars Fridh

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 866–2015

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

Titel:

Utvärdering av fukthaltsmätare
Prediktor Spektron Biomass.

Evaluation of the Prediktor Spektron
Biomass moisture content analyser.

Bildtext:

Fukthaltsmätare Prediktor
Spektron Biomass.
Foto: Prediktor.

Ämnesord:

Skogsbränsle, fukthalt, mätning, flis,
Forest fuel, moisture content,
measurement, wood chips.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Lars Fridh, jägmästare, forskare inom skogsbränsleprogrammet på Skogforsk sedan 2011. Arbetar huvudsakligen med mätning av skogsbränslets kvantitet och kvalitet samt skogsbränslets produkttegenskaper och specifikation.

Abstract

Moisture content is one of the most important quality parameters of wood chips, and has a big impact on the price per ton of fuel. The oven-drying method, the current standard for determining moisture content, is slow and may sometimes not be concluded before the sampled batch is combusted.

Several techniques for measuring moisture content, e.g. electrical capacitance, resistance, and magnetic resonance, cannot measure frozen material. Since fuel is generally delivered to heating plants during the winter months, and during the coldest periods, the material may often be frozen. Consequently, a moisture meter that can quickly and precisely determine the moisture content even in frozen material would be very valuable.

Skogforsk has compared the Prediktor Spektrum Biomass instrument, which measures moisture content using near-infrared (NIR) spectral analysis, with the oven-drying method. The moisture content of stem wood chips, forest residue chips, bark and sawdust was measured, in both frozen and unfrozen condition.

The results showed that the machine was properly calibrated to measure the four materials in both frozen and unfrozen states. No significant difference between the two measurement methods could be detected for either frozen or unfrozen material. Repeated measurements on the same sample showed that 95% of the measurements were within ± 2.24 percentage points (frozen) and within ± 1.72 percentage points (unfrozen) of the mean values.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Introduktion.....	2
Syfte.....	3
Material och metoder.....	3
Resultat	6
Diskussion	8
Referenser.....	9

Sammanfattning

Fukthalten är en av de viktigaste kvalitetsparametrarna för bränsleflis, och har stor påverkan på priset per ton bränsle. I dagsläget är ugnsmetoden standard för att mäta fukthalt. Med denna metod tar det ett dygn att bestämma fukthalten. Detta är ett problem för många värmeverk då bränslet kan vara på väg in i pannan långt innan mätresultatet fastställts. Flera tekniker för att mäta fukthalt t.ex. elektrisk kapacitans, resistans och magnetisk resonans klarar inte att mäta på fruset material. Eftersom värmeverkens inleverans av bränsle mestadels sker under vinterhalvåret, och under de kallaste perioderna, är materialet ofta fruset. Därför är fukthaltsmätare som snabbt och precist kan bestämma fukthalten även på fruset material av stort värde.

Skogforsk har jämfört Prediktor Spektron Biomass, som mäter fukt med hjälp av närinfraröd (NIR) spektralanalys, med ugnsmetoden. Fukthaltsmätningar har gjorts på både stamvedsflis och grothals samt på bark och sågspån, i både fruset och ofruset tillstånd. Resultaten visade att maskinen var väl kalibrerad för att mäta de fyra materialen i både fruset och ofruset tillstånd. I genomsnitt och för samtliga material kunde ingen signifikant skillnad mellan mätmetoderna påvisas, varken för material i fruset eller ofruset tillstånd. Upprepeterade mätningar på samma prov visade att 95 procent låg inom $\pm 2,24$ procentenheter (fruset) och inom $\pm 1,72$ procentenheter (ofruset) från medelvärdena.

Introduktion

Fukthalten är en av de viktigaste kvalitetsparametrarna för bränsleflis. Den har stor inverkan på det levererade bränslets energivärde, och får därmed en stor påverkan på priset per ton bränsle. I dagsläget är standardmetoden för fukthaltsbestämning torkning i 105°C till dess konstant vikt uppnåtts (ugnsmetoden) (SS-EN 14774-1:2009, SS-EN 14774-2:2009). Metoden har som nackdel att det tar minst ett dygn innan fukthalten för leveransen kan fastställas, vilket är ett problem för många värmeverk. Det innebär att bränslet kan vara på väg in i pannan långt innan mätresultatet fastställts, vilket ökar risken för inoptimal förbränning och minskar värdet av fukthaltsbestämningen. För mätning vid mindre terminaler, eller om man vill veta fukthalten innan man levererar materialet till kund, är ugnsmetoden för långsam och/eller för besvärlig. Fukthaltsmätare som snabbt och precist kan bestämma fukthalten är därför av stort värde. Av denna anledning finns ett antal olika fukthaltsmätare på marknaden, dels handhållna (Fridh 2012; Volpé 2011), dels större maskiner (Fridh, 2014; 2015; Fridh m.fl. 2014) för användning på mätstationer och laboratorier. Prediktor har utvecklat en mätare för användning på mätstationer och laboratorier som med närinfraröd (NIR) spektroskopi kan mäta fukthalten av både frusna och ej frusna prov inom en minut.

Metoden, att med NIR-spektroskopi bestämma fukthalten på biobränsle, bygger på att kemiska bindningar kan absorbera strålning vid vissa våglängder som är specifika för det givna bränslet. Materialet som skall mätas bestrålas med minst två olika våglängder där den ena våglängden absorberas av bindningar i vattenmolekyler medan den andra våglängden varken absorberas av vatten eller biobränsle. Kvoten mellan de båda våglängderna blir då ett mått på fukthalten i biobränslet (Sjöström, 2011). Vid NIR-spektroskopi använder man

sig av våglängder i det infraröda spektra, 780–2 500 nm. Dessa våglängder tränger bara in omkring 5 mm i materialet som ska mätas, även om djupet till viss del beror på densitet, storlek och sammansättning hos provet. NIR-spektra påverkas av ett flertal olika faktorer som systemet måste kalibreras efter, däribland fukthalt och temperatur. Fruset vatten har ett annat absorptions-maximum än flytande, det är med andra ord andra våglängder som främst absorberas om vattnet är fruset än då det är flytande. Dessutom ändras mängden strålning som absorberas då vattnet övergår i frusen form. Genom att mätaren kalibreras också för fruset material är det emellertid möjligt att mäta fukthalten när fryspunkten passerats. Förutom temperaturen och fukthalten påverkas NIR-mätningarna också av andra faktorer. Bland annat påverkas resultaten av bränslesort och densitet, och mätarna måste därför kalibreras efter dessa (Sjöström, 2011).

Syfte

Studien genomfördes för att utvärdera mätnoggrannhet och användarvänlighet hos Prediktor Spektron Biomass (NIR-Prediktor) för fukthaltsmätning i flis, bark och sågspån i både fruset och ofruset tillstånd. Mätaren utvärderades inom ett brett fukthaltsintervall (20–60 procent) motsvarande det normala intervallet för skogsbränsle.

Material och metoder

Innan mätningstesterna startades studerades mätarens instruktionsbok och manual noga och ett flertal övningsmätningar utfördes för att säkerställa rätt handhavande under mätningstesterna.

Fukthaltsmätningarna med NIR-Prediktor gjordes på fyra olika typer av skogsbränslen; huggen flis av stamved respektive grot, samt bark och sågspån. Mätningarna utfördes i både fruset och ofruset tillstånd. För att fastställa provmaterialets initiala fukthalt och behovet av eventuell preparering innan testmätning, användes en handhållen fukthaltsmätare med kapacitansteknik av märket Wile. Flismaterialet för stamved och grot preparerades utifrån den initiala fukthalten så att de kom att omfatta huvudprover i vardera fyra fukthaltsklasser (Tabell 1).

Tabell 1.
Fukthaltsklasser för huvudprover med stamveds- och grothflis.

Fukthaltsklass	Fukthalt
MCL 2	20,0 – 29,9 %
MCL 3	30,0 – 39,9 %
MCL 4	40,0 – 49,9 %
MCL 5	≥ 50 %

Stamvedsflis som till största delen var av obarkad gran, hade en initial fukthalt på 58 procent och delades i fyra huvudprover om vardera 70 liter. Tre av huvudproverna torkades i ugn under varierad torklängd mellan 30 och 120 minuter för att skapa huvudprover med fukthalter i fyra olika fukthaltsskisser (MCL 2-MCL 5). Ur varje huvudprov togs först fem delprover om fem liter som lades i lufttäta plastpåsar och sedan förvarades i frysbox i sju dygn innan mätningar i fruset tillstånd utfördes. Ur varje huvudprov togs ytterligare fem delprover om fem liter. Dessa lades i lufttäta plastpåsar och förvarades i kylrum i tre dygn för homogenisering, innan mätningar i ofruset tillstånd utfördes. Totalt preparerades 20 ofrusna och 20 frusna delprover av stamvedsflis.

Grotflis, som till största delen var av gran, hade en initial fukthalt på 55 procent och delades i fyra huvudprover om vardera 70 liter. Tre av huvudproverna torkades i ugn under varierad torklängd mellan 45 och 140 minuter för att skapa huvudprover med fukthalter i fyra olika fukthaltsskisser (MCL 2-MCL 5). Ur varje huvudprov togs först fem delprover om fem liter som lades i lufttäta plastpåsar och sedan förvarades i frysbox i sju dygn innan mätningar i fruset tillstånd utfördes. Ur varje huvudprov togs ytterligare fem delprover om fem liter. Dessa lades i lufttäta plastpåsar och förvarades i kylrum i tre dygn för homogenisering, innan mätningar i ofruset tillstånd utfördes. Totalt preparerades 20 ofrusna och 20 frusna delprover av grotflis.

Sågspån, av barrved, hade en initial fukthalt på 44 procent. Då sågspån ansågs vara ett homogentare material som sällan levereras med fukthalter under 40 procent eller över 50 procent togs endast ett huvudprov om 70 liter. Ur huvudprovet som var i fukthaltsskiss MCL 4 togs först fem delprover om fem liter, som lades i lufttäta plastpåsar och sedan förvarades i frysbox i sju dygn innan mätningar i fruset tillstånd utfördes. Sedan togs ytterligare fem delprover om fem liter, som lades i lufttäta plastpåsar och förvarades i kylrum i tre dygn för homogenisering, innan mätningar i ofruset tillstånd utfördes. Totalt preparerades fem ofrusna och fem frusna delprover av sågspån.

Bark, till största delen av gran, hade en initial fukthalt på 53 procent. Då bark vanligen är ett fuktigt sortiment och levereras med fukthalter kring 50 procent togs endast ett huvudprov om 70 liter. Ur huvudprovet som var i fukthaltsskiss MCL 5 togs först fem delprover om fem liter, som lades i lufttäta plastpåsar och sedan förvarades i frysbox i sju dygn innan mätningar i fruset tillstånd utfördes. Sedan togs ytterligare fem delprover om fem liter, som lades i lufttäta plastpåsar och förvarades i kylrum i tre dygn för homogenisering, innan mätningar i ofruset tillstånd utfördes. Totalt preparerades fem ofrusna och fem frusna delprover av bark.

Vid mätningstesterna togs det ofrusna materialet ut ur kylrummet och fick ligga i rumstemperatur i ett par timmar före mätning medan det frusna materialet togs direkt ur frysen. Varje delprov hölls över i den behållare om fem liter som medföljer instrumentet. För varje delprov gjordes fem repeterade mätningar och där materialet i behållaren omblandades mellan varje mätning. Instrumentets fukthaltsvärde registrerades för varje repeterad mätning.

Som referensmetod för fastställande av fukthalt i respektive delprov (REF_M) användes metoden med torkugn enligt standarden SS-EN 14774-2 Total fukthalt – Förenklad metod. Varje delprov vägdes på en laboratorievåg med mät-noggrannhet ned till 0,01 gram och hela delprovet torkades. Referensfukthalten beräknades sedan som:

$$\text{REF_M} = (\text{rå vikt} / \text{torr vikt}) / \text{rå vikt}.$$

För att analysera precision och noggrannhet och klargöra eventuell systematisk avvikelse användes differensen (M_DIFF) mellan instrumentets fukthalt (NIR_M) och referensens fukthalt (REF_M) och beräknades som:

$$\text{M_DIFF}_{ijk} = \text{NIR_M}_{ijk} - \text{REF_M}_{ij}$$

där i är fukthaltssklass, j delprov och k är varje mätvärde från instrumentet.

I analyserna av M_DIFF användes en mixad linjär modell. Det är en statistisk modell som innehåller både fasta och slumpmässiga parametrar och förlänger den generella linjära modellen genom att tillåta en mer flexibel specifikation av kovariansmatris för oberoende och likafördelade slumpmässiga fel. Det gör att modellen kan hantera korrelation och heterogena varianser, men kan fortfarande anta normalitet.

Funktionen för mixad linjär modell skrivs som:

$$\text{M_DIFF} = \mu + \alpha + \beta + \gamma + a + b(a) + \epsilon$$

där

μ = medelvärde och ϵ = slumpmässigt fel.

Fasta parametrar är α = fukthaltssklass (M2-M5 se Tabell 1), β = bränsle-material (stamvedsflis, grothflis, sågspån eller bark) och γ = tillstånd (fruset eller ofruset).

Slumpmässiga parametrar är $a = \text{Dp-ID}$ och $b(a) = \text{Rep-ID}$ nästlade i Dp-ID där Dp-ID är identiteten för respektive delprov och Rep-ID är identiteten för respektive repeterat mätvärde från instrumentet (5 styck per delprov).

Resultat

I genomsnitt och för samtliga material kunde ingen statistisk säkerställd skillnad observeras mellan mätningarna med NIR-Prediktor och referensmetoden.

Repeterbarheten för fem mätningar på samma prov visade sig vara god. Differensen i fukthalt mellan NIR-Prediktor och referensmätning låg för 95 procent av mätningarna på det frusna materialen inom $\pm 2,24$ procentenheter från medelvärdet. För de ofrusna materialen låg mätningarna inom $\pm 1,72$ procentenheter från medelvärdet.

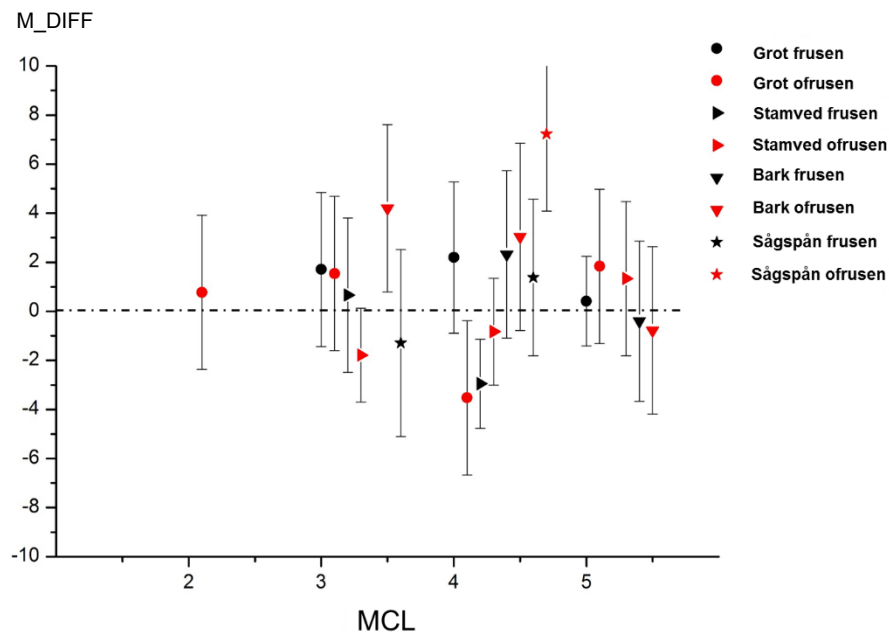
Analyserna av resultaten för de fasta parametrarnas inverkan på differensen (M_DIFF) mellan mätarens fukthalt och referensfukthalten visade att samtliga interaktioner var signifikanta (Tabell 2). Interaktionen av de tre parametrarna MCL x SORT x T_TYPE var den viktigaste och analyserades vidare. De fasta parametrarna fukthaltssklass (MCL), material (SORT) eller tillstånd fruset/-ofruset (T_TYPE) uppvisade var för sig inte någon signifikant inverkan.

Tabell 2.

Effekter av fasta parametrar fukthaltssklass (MCL), material (SORT) och tillstånd (T_TYPE) och interaktionerna mellan dem, från analys med den mixade linjära modellen, av differensen i fukthalt (M_DIFF) mellan NIR-Prediktor och referensmätning.

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Fukthaltssklass (MCL)	3	400	1,26	0,2882
Material (SORT)	3	400	2,3	0,0766
Tillstånd (T_TYPE)	1	400	1,04	0,3087
MCL x SORT	5	400	3,23	0,0072
MCL x T_TYPE	2	400	3,76	0,0241
SORT x T_TYPE	3	400	3,28	0,0211
MCL x SORT x T_TYPE	2	400	5,01	0,0071

Vid analyserna av effekterna på M_DIFF, av sortiment och tillstånd fördelat på fukthaltssklasser visade Sågspån ofrusen (Figur 1, och Tabell 3) på signifikanta och stora avvikelser, där instrumentet överskattade fukthalten med 7,2 procentenheter. Detta var lite överraskande då fruset Sågspån visade på överskattning med 0,84 procentenheter (ej signifikant). Sågspån anses vara homogent och enkelt att kalibrera för, och ofruset är enklare än fruset. Bark ofrusen i MCL=3 visade på en överskattning på ca 4 procentenheter. Även ofrusen grot och frusen stamvedsflis i MCL=4 visade på signifikanta avvikelser (Figur 1). I övrigt låg de genomsnittliga differenserna för sortiment och tillstånd per fukthaltssklass mellan $\pm 2,5$ procentenheter.



Figur 1.
Effekten av material och tillstånd på differensen i fukthalt (M_DIFF) mellan NIR Prediktor och referensmätning fördelat per fukthaltsklass (MCL). Markörerna visar minsta kvadratmedelvärde (least square mean) och staplarna ett 95 % konfidensintervall.

Tabell 3.
Genomsnittliga differensen i fukthalt (M_DIFF) och standardavvikelse mellan NIR-Prediktor och referensmätning per material och tillstånd.

Material (SORT)	Tillstånd (T_TYPE)	Medel M_DIFF	Standardavvikelse M_DIFF
Bark	Frusen	0,69	2,62
	Ofrusen	1,98	2,74
Grotflis	Frusen	0,82	1,85
	Ofrusen	0,16	2,49
Stamvedsflis	Frusen	-2,05	2,27
	Ofrusen	-0,76	2,16
Sågspån	Frusen	0,84	1,81
	Ofrusen	7,23	1,76
Alla material	Frusen	-0,33	2,52
	Ofrusen	0,66	3,28

Diskussion

Resultaten visade att det testade mätinstrumentet var väl kalibrerat för de material som ingick i testet. Repeterbarheten för fem mätningar på samma prov låg mellan 1,72 – 2,24 procentenheter, vilket får anses vara lågt, och ligger i nivå med instrument som använder sig av magnetisk resonans (Fridh m.fl. 2014). Skillnaderna mellan mätningar på fruset och ofruset material var mycket små och det fanns inte någon signifikant inverkan av tillståndet (fruset/ofruset) på differensen (M_DIFF) mellan NIR Prediktor fukthalt och referensens fukthalt. Detta tyder på att maskinen var väl kalibrerad för att mäta fruset material. I analyserna gick det heller inte att finna någon signifikant inverkan av material eller fukthaltssklass, vilket ytterligare indikerar god kalibrering, då mätresultaten inte är beroende på vilket material som mäts eller vilken fukthaltssklass det mäts inom.

I analysen av M_DIFF visade det sig dock att interaktionen mellan material och fukthaltssklass hade signifikant inverkan, liksom interaktionen mellan material, tillstånd och fukthaltssklass. Detta återspeglar det faktum att tekniken med NIR-spektrometri måste kalibreras för varje kombination av material, fukthalt och tillstånd (Sjöström, 2011).

När maskinen mäter in ett prov skapas det med hjälp av kalibreringsmodellen ett spektrum och detta jämförs sedan med spektrum i referensdatabasen. Ett mått på överensstämmelsen mellan mätspektrum och referensspektrum som leverantören använder sig av är RRSD (Relative Residual Standard Deviation). Det beskriver kalibreringsmodellens förmåga att rekonstruera prediktionens spektrum (mätningen) och beräknas som av skillnaden mellan det rekonstruerade prediktionsspektrumet och det aktuella referensspektrumet. Låga RRSD-värden (<1) anger att prediktionsspektrum passar in med spektra i kalibreringsdatabasen. Höga RRSD-värden (>1) kan vara en indikation på instrumentfel, förändringar i produktpresentation (t.ex. avståndet mellan sensor och materialet) eller att det uppmätta materialet ligger utanför kalibreringsområdet (högre/lägre värden för fukt, högre/lägre temperatur eller en ny materialtyp). RRSD för testmätningarna låg i genomsnitt mellan 0,4 och 0,5 utom för sågspån där de var på 0,3.

Just för sågspån blev avvikelserna i M_DIFF stora (7,2 procentenheter) för ofruset spån men låga (0,82 procentenheter) för fruset spån. Detta var förvånande eftersom sågspån anses som ett homogent material och lätt att kalibrera. I ett försök att hitta förklaringen till dessa avvikelser, jämfördes RRSD talen, för att se om det var ett instrumentfel. RRSD låg på 0,33 – 0,35 för både fruset och ofruset sågspån, vilket indikerar att maskinen hittat ett referensspektra som överensstämmer med mätningsspektrum. Vid jämförelse om referensmätningarna för fukthalt varit avvikande kunde konstateras att det skilde endast 1,1 procentenheter i referensfukthalt mellan det ofrusna och frusna sågspånet. Då både fruset och ofruset spån togs ur samma huvudprov överensstämmer detta väl och det kunde konstateras att referensmätningarna var korrekta. Det har inte gått att hitta förklaringen till denna skillnad i fukthalt.

Prediktor Spektrum Biomass är enkel att använda och har fördelen att den är självkalibrerande på så vis att operatören av instrumentet inte behöver ange vilket material som ska mätas utan maskinen detekterar det på egen hand. Mätningen är snabb och det tar ca 30 sekunder att mäta en behållare med fem liter material. Det testade instrumentet hade inte någon indikering om huruvida en mätning resulterade i en stor avvikelse mellan mätspektrum och referensspektrum. Detta skulle vara en intressant funktion att tillföra funktionaliteten med. Låt säga att man mäter in ett material eller blandning av material som inte har något precist referensspektrum så skulle instrumentet larma och meddela att mätvärdena är osäkra. Provet kan då torkas i ugn och resultatet kan sedan tillföras referensdatabasen. På så vis kommer referensdatabasen att utökas och med tiden kommer troligen precisionen på mätningarna att öka.

Referenser

- Fridh, L. 2012. Utvärdering av portabla fukthaltsmätare. Skogforsk, Arbetsrapport Nr. 781. ISSN 1404-305X.
- Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. Skogforsk, Arbetsrapport Nr. 832. ISSN 1404-305X.
- Fridh, L. 2015. Mäta energivärde, fukt- och askhalt i GROT-flis med röntgenteknik. Skogforsk, Arbetsrapport Nr (under tryck). ISSN 1404-305X.
- Fridh, L. Volpé, S. & Eliasson, L. 2014. An accurate and fast method for moisture content determination, International Journal of Forest Engineering, 25:3, 222–228.
- Sjöström, L. 2011. Tekniska principer för fukthaltsmätning av skogsbränsle. Skogforsk, Arbetsrapport Nr. 754. ISSN 1404-305X.
- Svensk Standard. 2009a. Fasta biobränslen – Bestämning av fukthalt – Torkning i ugn. Del 1: Total fukthalt - Referensmetod. Svensk Standard. SS-EN 14774-1:2009.
- Svensk Standard. 2009b. Fasta biobränslen – Bestämning av fukthalt – Torkning i ugn. Del 2: Total fukthalt – Förenklad metod. Svensk Standard. SS-EN 14774-2:2009.
- Svensk Standard. 2014. Fasta biobränslen – Specifikationer och klassificering-Del 1: Allmänna krav. Svensk Standard. SS-EN ISO 17225-1:2014.
- Virkesmätningrådet. 1999. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. VMR. Internetupplaga.
- Volpé, S. 2013. Moisture meters for biomass. FPInnovations. Advantage Report Vol. 14. No. 5. 17 p.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2014

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensåll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Iwarsson-Wide, M. Grönlund, Ö. 2014. Lastindikatorer och lastbärarvågar. 15 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.

Nr	834	Sonesson, J., Berg, S., Eliasson, L., Jacobson, S., Widenfalk, O., Wilhelmsson, L., Wallgren, M. & Lindhagen, A. SLU. Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem. – Tätta förband i tallungskogar. Consequence analyses of forestry systems.– Close spacing in young pine forests. 101 s.
Nr	835	Eliasson, L. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg-CBI6400.
Nr	836	Johansson, F., Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
Nr	837	Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
Nr	838	Skutin, S.-G. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning.– Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. – Simulation of TimberPro harwarder with automatic loading and nwe method of working. 20 s.
Nr	839	Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. s. 8.
Nr	840	Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag.
Nr	841	Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. s. 20.
Nr	842	Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projektrapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. 12 s.
Nr	843	Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – kunskapsläge och material. 55 s.
Nr	844	Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubbskörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
Nr	845	Pettersson, F. 2014. Röjnings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. 69 s.
Nr	846	Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillsförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. 32 s.
Nr	847	Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? 13 s.
Nr	848	Johannesson, T. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. 13 s.
Nr	849	Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transportererna av skogsflis. s 10.
Nr	850	Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut, – en studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska.
Nr	851	Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. 57 s.
Nr	852	Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitetsegenskaper– Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
Nr	853	Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggregat. 10 s. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvester. 10 s.
Nr	854	Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. 2014. Nya produkter från skogsråvara- En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
Nr	855	Willén, E. & Fridh, L. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 33 s.

År 2015

- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddeklar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.
- Nr 858 Frisk, M., Rönnqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägrust – Projektrapport. 2015. – Vägrust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Ring, E., Bishop, K., Eklöf, L., Högbom, L., Laudon, S., Löfgren, J., Schelker, R. & Sørensen, R. 2015. The Balsjö Catchment Study – Experiental set-up and collected data. 50 s.
- Nr 861 Asmoarp, V., Nordström, M. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolymer? – En fallstudie inom projektet “Skogsbrukets digitala kedja”. 17 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. 38 s.
- Nr 863 Jonsson, R. 2015. Prestation och kvalitet i blädning med skördare och skotare.
- Nr 864 Englund, M., Adolfsson, Niklas., Mörk, A., & Jönsson, P. 2015. Distribuerad arbetsbelysning – LED öppnar nya möjligheter för belysning hos arbetsmaskiner. 19 s. Distributed work lighting – LED lamps improve lighting on forest and agricultural machines. 20 s.
- Nr 865 Hofsten von, H. & Funck, Johanna 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. – HCT, heavier vehicle, truck design, ST, ETT. 28 s.
- Nr 866 Fridh, L. 2015. Utvärdering av fukthaltsmätare Prediktor Spektron Biomass. – Evaluation of the Prediktor Spektron Biomass moisture content analyser. 10 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

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

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

KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Från Skogforsk nr. 866–2015



www.skogforsk.se