

Medição de toras carregadas em caminhões usando scanner laser. Um campo de estudo na planta de Celulosa Arauco, Nueva Aldea

Mats Nylinder¹, Tonny Kubénka², Mikael Hultnäs¹

¹Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suécia; ²Wood Measuring Society Qbera, Falun, Suécia

Introdução

Na indústria da celulose na Suécia, os principais insumos de madeira representam quase o 50% do custo total da produção, e na indústria das serrarias aproximadamente um 70%. Considerando que isso é uma grande proporção do custo total, são relativamente poucos os recursos disponíveis para o desenvolvimento de novos sistemas para a medição da qualidade e quantidade de madeira entrante. Atualmente, na Suécia, a maior parte da madeira para celulose é medida quando chega à planta. Os caminhões chegam até a estação de medição onde cada pilha de madeira é medida manualmente com uma vara, para escalar sua altura, comprimento e largura. O conteúdo de volume sólido baixo da casca é então estimado visualmente. A madeira também é classificada segundo sua espécie, dimensão, putrefação, rejeição. Para revisar e controlar continuamente a medição são tomadas amostras para a medição tora por tora e para a determinação do volume sólido baixo da casca. Essa medição de amostras, também é usada, por alguns outros métodos, para ajustar a medição original. Está sendo desenvolvida uma nova técnica automática de medição de amostras (Anon 2008/2).

A madeira para celulose é qualificada em muitos países segundo seu peso, verde ou umidade. O problema com esse método é que a variação no seu conteúdo de umidade e a técnica para determiná-la ainda é muito custosa em tempo e dinheiro. Diferentes estudos têm sido realizados em relação com as possibilidades de modificar o sistema de medição de volume de madeira para celulose, com a intenção de substituí-lo pela pesagem da madeira para celulose e determinar seu conteúdo de umidade, por exemplo. (Björklund, L., 1988), Thygesen, L., 1996 e Hultnäs, M., 2008).

No crescimento da floresta em Escandinávia, o volume em pé e o custo da colheita estão relacionados com o volume e não com o peso, mas, ainda quando esse sistema é usado, existe uma necessidade pelas quantidades em volume. Isso significa, que existe muito interesse em desenvolver sistemas para obter um menor custo e um sistema mais efetivo na determinação do volume. O volume em conjunto com o peso é provavelmente o melhor sistema, porque também entrega informação da densidade e da frescura da madeira.

Durante vários anos, no Chile, Brasil e outros países na América do Sul, têm sido usados os sistemas de escaneamento automático de caminhões para determinar o volume de madeira. Esse sistema é baseado no scanner laser e algoritmos matemáticos avançados para calcular o volume. Um dos produtores destes sistemas é a Woodtech do Chile, com seu produto, o sistema Logmeter® 4000. O sistema também é usado para determinar o volume de cavacos e carvão (Anon 2008/1). O scanner laser de toras individuais é usado em muitas plantas e é uma técnica reconhecida (Björklund, L., 2003, Edlund, J. 2004). O escaneamento do caminhão em sua totalidade para determinar o volume de madeira é realizado na Finlândia e na Suécia, mas não de maneira estabelecida com na América do Sul. (Anon 2006/2, Huttunen, T., 2006, Marjomaa, J. & Sairanen, P. 1996, Moilanen, P., 2003 Nylinder, M., 1992). O objetivo deste estudo é comparar a medição manual da madeira para celulose usada na Suécia com o scanner laser automático de cargas de caminhões, para tentar desenvolver uma maneira de medição de madeira mais efetiva, considerando as condições da Escandinávia.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em Novembro de 2008 na planta da Arauco, Nueva Aldea na região de Bio Bio, no Chile. Foram ordenadas Toras de madeira de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) considerando três tamanhos: grande, médio e pequeno. A finalidade era obter pelo menos uma pilha de toras de cada tamanho. As toras foram manualmente descascadas. Cada uma delas, para cada um dos tamanhos, foi medida manualmente com um paquímetro e foi usada uma régua para medir seu diâmetro e comprimento. As medições de diâmetro foram tomadas a 10 cm desde o extremo superior, no meio da tora e a 10 cm desde o outro extremo. O comprimento foi registrado. Para as toras que foram consideradas como toras do extremo, o diâmetro medido foi 50 cm. desde o extremo inferior. Todas as toras foram numeradas para facilitar a identificação caso algumas das medições foram registradas com erros. Após dessa medição, 26 toras de cada um dos tamanhos determinados, escolhidas aleatoriamente, foram medidas mais uma vez para determinar a exatidão e repetibilidade da medição manual.

Os diâmetros foram registrados em classes de cm., valores dentro de uma faixa de cm. foram aproximados ao inteiro menor, por exemplo, uma tora com um diâmetro de 10.6 cm foi registrada como de 10 cm no

protocolo. Para o cálculo de volume, foi somado médio cm ao valor registrado. A medição do comprimento foi registrada em dm. Aproximando ao inteiro menor. Ao calcular o volume, foram adicionados 5 cms ao volume registrado.

O volume das toras foi calculado de duas maneiras:

A: Média do diâmetro. (Fórmula de Huber) baseada no diâmetro médio e o comprimento.

Foi aplicada a seguinte fórmula:

$$Va = \frac{1}{100000} \times \pi \times \left(\frac{Dm^2}{4} \right) \times L \quad (1)$$

Va = Volume em m^3

Dm = Diâmetro médio em cm

L = Comprimento da tora em dm

B: Diâmetro do extremo superior. Baseado em ambos os diâmetros extremos. O cálculo do volume é baseado em um modelo desenvolvido para toras de madeira da Suécia, principalmente pinheiro Scots (*Pinus silvestris*) e a picea da Noruega (*Picea abies*), mas também para bétulas e outras madeiras duras. (Anon 2000)

Foi aplicada a seguinte fórmula

$$Va = 100000 \times \left(\frac{\pi}{4} \right) \times L \times \left(\alpha \times (Db)^2 + (1-\alpha) \times (Dt)^2 \right) \quad (2)$$

Va = Volume em m^3

Dt = Diâmetro no extremo superior em cm

Db = Diâmetro no extremo inferior em cm

L = Comprimento da tora em dm

α = Constante de acordo com a Tabela 1

Tabela 1. A constante α

Diâmetro superior (cm)	Comprimento (cm)		
	-349	350-449	450+
-140.485	0.485	0.485	
15-24	0.465	0.460	0.455

As toras foram carregadas em pilhas em um caminhão para madeira de celulose. Após carregada a pilha no caminhão e no reboque, o conteúdo de volume sólido e o volume estéreo da pilha foi estimado manualmente. Após esta medição manual, o caminhão foi até o Logmeter, Imagem 1, onde foi medido com o sistema do scanner laser (Anon 2008/1). As pilhas foram então reorganizadas ou trocadas com outra pilha e novamente medidas da mesma maneira.



Imagem 1. Logmeter 4000 da Woodtech. O scanner laser está marcado com um círculo amarelo.

A medição manual das pilhas foi realizada de acordo com um método desenvolvido segundo a madeira para celulose da Suécia e as suas condições. Neste método o volume estéreo da pilha é medido com um escalador (scaler) enquanto a pilha está em um pórtico de medição no mesmo nível do que ela. No estudo, isto foi realizado ao nível do solo. Para estimar o conteúdo de volume sólido, foi utilizado um valor standard para espécies específicas de madeira, e posteriormente ele foi ajustado através da estimação do diâmetro, qualidade do comprimento, tortuosidade, qualidade da poda, conteúdo de casca, etc (Kubénka, T., 2008).

A medição das toras do caminhão foi realizada escaneando a periferia da carga desde ambos os lados e desde cima, com o Logmeter 4000. O caminhão é dirigido através do sistema com uma velocidade baixa e segura para poder obter a melhor informação possível. Utilizando a informação gerada, a Woodtech, tem desenvolvido algoritmos para estimar o comprimento, o diâmetro, o volume estéreo e o volume sólido. Como os caminhões de madeira na América do Sul quase não têm guindastes montados, ainda não foram desenvolvidos algoritmos completamente confiáveis. Por causa disto, a influência do guindaste foi manualmente ajustada antes que a informação laser fora apresentada.

A Woodtech, quem desenvolveu o sistema scanner, descreve o equipamento da seguinte maneira: “o

Logmeter 4000 é o sistema de scanner laser mais avançado disponível para a cubagem de cargas de madeira. O processo de medição é simples e automático, com uma intervenção humana em menos de 5% dos casos. O processo de escaneamento demora menos de um minuto, fato que permite que mais de 600 caminhões sejam escaneados por dia. O sistema pode medir diferentes configurações, incluindo, comprimento fixo e variável, comprimento da árvore, cavacos e cargas de resíduos florestais.

Scanning

No momento que o caminhão ingressa na área de medição, scanners laser de alta precisão o capturam, gerando centos de perfis transversais da carga, criando uma representação 3D com mais de 1 milhão de medições individuais.

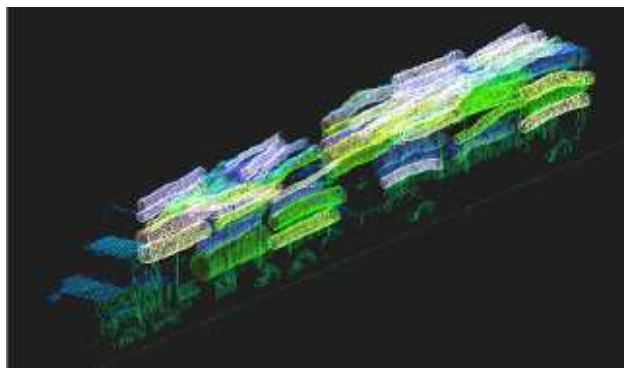


Imagem 2. Princípio para a Interface 3D para a identificação da tora.

Segmentação

Utilizando algoritmos de processamento de imagem, são identificados os limites da carga, e os elementos não desejados, como os pneus do caminhão, as barras de tração e a plataforma, são eliminados.

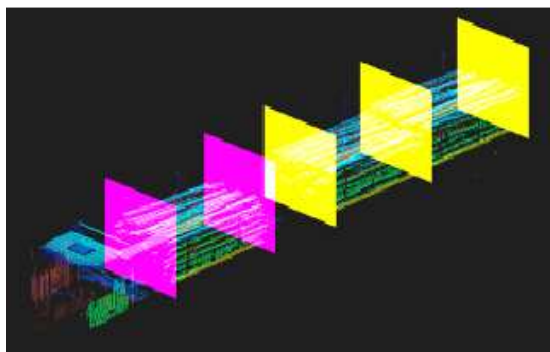


Imagem 3. Princípio para a segmentação automática da carga.

Diâmetros

Logo, cada um dos perfis transversais da carga é analisado, determinando o melhor ajuste do diâmetro de

cada tora da periferia. Isto é repetido através de toda a carga, permitindo a identificação de todas as toras do exterior.

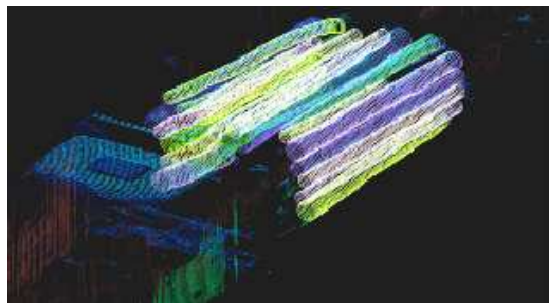


Imagem 4. Princípio para a identificação automática das toras da periferia.

Biometria

Com cada tora da periferia modelada no espaço, o sistema calcula a informação biométrica da tora, incluindo diâmetro, comprimento, conicidade, e tortuosidade.

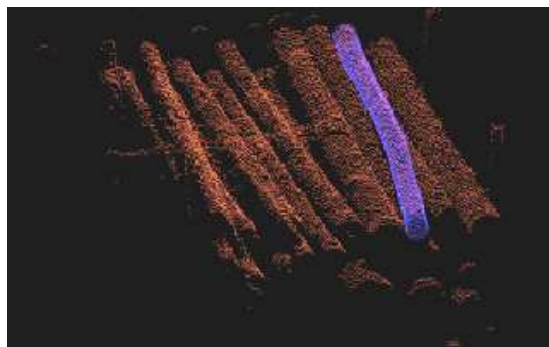


Imagem 5. Princípio para a individualização das toras da periferia e a identificação das características biométricas.

Volume Sólido

No passo final do processo, é calculado o volume sólido. Isto é feito utilizando modelos matemáticos calibrados para cada local específico onde o Logmeter é instalado. O modelo determina a relação entre os parâmetros calculados para a periferia da carga e o volume total. O modelo pode ser facilmente atualizado ao longo do tempo, assegurando assim a precisão.

Os resultados gerados incluem volume, diâmetro e tipo de comprimento para cada pilha de madeira. Todos os resultados e as imagens são armazenados no sistema administrativo da planta. O sistema permite que os caminhões sejam primeiramente medidos e logo, que seja realizado o cálculo em diferentes momentos no tempo. Isto é útil para diminuir as linhas do caminhão e também permite um funcionamento sem operários.

Tabela 2. A quantidade de medições

Pilha	Número de toras medições no reboque	Número de pilha medições no caminhão	Número de pilha
Azul , dimensão menor	132	1	3
Verde , dimensão média	118	3	3
Vermelha , dimensão maior	102	3	1



Tabela 3. Descrição das toras e das pilhas

O Logmeter inclui um poderoso sistema de auditoria que permite que toda a informação seja revisada posteriormente, permitindo re-medições eletrônicas no caso de que seja necessário. Isso aperfeiçoa a transparência e a rastreabilidade do processo de medição. “Os resultados também podem ser compartilhados através da Internet com fornecedores, a gerência e o governo” (Anon, 2008/1).

A última parte do estudo foi um estudo de repetibilidade com o scanner laser. O caminhão e o reboque passaram 10 vezes pelo Logmeter sem reorganizar a carga.

Para a análise dos resultados, foram utilizadas fórmulas standard para desvios importantes e comuns. A correlação entre estas duas variáveis reflete o grau de relação entre as variáveis. Neste documento utilizamos o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson (Yamane, T., 1969).

Resultados

As características das toras segundo a medição manual tora por tora são descritas na Tabela 3. Após realizada a medição original, 26 toras de cada pilha foram submetidas, ao acaso, a amostras e foram mais uma vez medidas. O resultado desta medição foi comparado com a primeira medição original.

A Tabela 4 mostra a medição de controle menos a medição original e o desvio standard da diferença.

Das quatro pilhas azuis, três estavam no caminhão e uma no reboque. Três das pilhas verdes estavam no caminhão e três no reboque. Uma das quatro pilhas vermelhas estava no caminhão e três no reboque. A estimação do diâmetro e do comprimento é dada na Tabela 5 e a estimação do volume sólido na Tabela 6. a relação entre estes dois métodos é:

Variável	Pilha		
	Azul	Verde	Vermelha
Número de toras	132	118	102
Quant. de toras extremas (%)	17	29	44
Diâmetro médio (cm)			
Média	9.2	13.2	16.5
Standard	2.4	2.1	2.4
Comprimento (dm)			
Média	56.1	57.3	57.0
Standard	8.5	8.1	7.9
Conicidade, (mm/m)			
Média	5.5	5.2	4.8
Standard	1.99	1.95	2.07
Volume, "diam med." (m³)			
Média	0.045	0.080	0.133
Standard	0.024	0.029	0.041
Total	5.877	9.484	13.587
Volume, "diam. extremos" (m³)			
Média	0.046	0.083	0.138
Standard	0.024	0.032	0.043

Tabela 4. resultado da medição de controle manual de 26 toras por pilha

Método por volume	Pilha		
	Azul	Verde	Vermelha
Medição			
Volume med, (m³)	1.2832	2.1714	3.4682
Média. (m ³)	-0.0027	0.0011	-0.0007
Média diff. (%)	0.21	0.05	0.02
Standard por diff. (m ³)	0.0055	0.0047	0.0057
Volume top/but, (m³)	1.3118	2.2572	3.6583
Média da diff. (m ³)	-0.0005	-0.0009	-0.0014
Diff média. (%)	0.04	0.05	0.04

Diâmetro laser/Diâmetro tora portora $r^2 = 96.9\%$, $P = 0.000$, $F = 374$

Comprimento laser/ comprimento tora portora $\log r^2 = 35.2\%$, $P = 0.025$, $F = 6$

Tabela 5. Diâmetro e comprimento registrado pelo laser e medição tora por tora

Categoria	Reboque/ Caminhão	Carga No	Diam. Laser (cm)	Diam. Tora por Tora (cm)	Comprimento, Laser (dm)	Comprimento, tora por tora (dm)
Azul	Reboque	1	11.3	9.2	54.8	56.1
	Caminhão	1	10.9	9.2	56.1	56.1
	Caminhão	2	10.4	9.2	54.1	56.1
	Caminhão	3	10.8	9.2	51.1	56.1
Média			10.9	9.2	54.0	56.1
Std			0.32		2.12	
Verde	Reboque	1	13.4	13.2	58.4	57.3
	Reboque	2	13.5	13.2	57.9	57.3
	Reboque	3	13.1	13.2	57.4	57.3
	Caminhão	1	14.2	13.2	56.6	57.3
	Caminhão	2	13.5	13.2	53.4	57.3
	Caminhão	3	13.5	13.2	57.3	57.3
Média			13.5	13.2	56.8	57.3
Std			0.37		1.79	
Vermelha	Reboque	1	16.5	16.5	58.4	57.0
	Reboque	2	17.0	16.5	58.7	57.0
	Reboque	3	16.6	16.5	58.6	57.0
	Caminhão	1	16.8	16.5	55.7	57.0
Média			16.7	16.5	57.9	57.0
Std		0.22		1.44		

Tabela 6. Determinação manual e laser do volume sólido das pilhas

Categoria	Reboque/ Caminhão	Carga No	Laser (m³)	Tora Por Tora (m³)	Manual, Estim. Pilha (m³)	Diff. Laser, Tora por Tora (%)	Diff. Laser Manual (%)
Azul	Reboque	1	6.05	6.09	5.66	-0.7	6.4
	Caminhão	1	6.10	6.09	6.33	0.2	-3.8
	Caminhão	2	6.20	6.09	6.63	1.8	-6.9
	Caminhão	3	6.02	6.09	6.17	-1.0	-2.5
Média			6.09		6.18	0.1	-1.7
Std			0.08		0.41	1.3	5.7
Verde	Reboque	1	9.75	9.85	9.33	-1.0	4.3
	Reboque	2	9.43	9.85	9.66	-4.4	-2.4
	Reboque	3	9.50	9.85	9.86	-3.7	-3.7
	Caminhão	1	9.99	9.85	9.98	1.4	0.1
	Caminhão	2	9.75	9.85	10.80	-1.0	-10.8
	Caminhão	3	9.95	9.85	10.42	1.0	-4.7
Média			9.73		10.01	-1.3	-2.9
Std			0.22		0.53	2.4	5.0
Vermelha	Reboque	1	13.08	14.05	13.57	-7.4	-3.7
	Reboque	2	14.03	14.05	14.62	-0.1	-4.2
	Reboque	3	13.30	14.05	14.04	-5.6	-5.6
	Caminhão	1	13.59	14.05	14.31	-3.4	-5.3
Média			13.50		14.14	-4.2	-4.7
Std			0.40		0.45	3.1	1.0

Imagem 7. Relação entre a estimacão manual e a estimacão do scanner laser (esquerda) e entre a estimacão do volume sólido tora per tora e do scanner laser (direita).

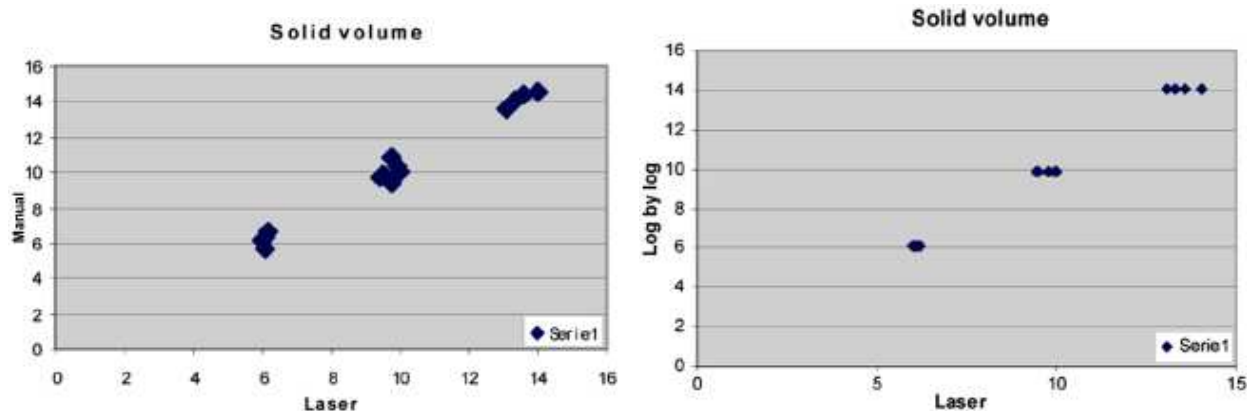


Tabela 7. Determinaco manual e laser do volume da pilha

Categoria	Reboque/ Caminhão	Carga No	Laser (m ³)	Manual (m ³)	Diff. Laser-Manual (%)
Azul	Reboque	1	11.12	10.89	2.0
	Caminhão	1	11.78	11.94	-1.4
	Caminhão	2	11.48	13.82	-20.4
	Caminhão	3	12.56	12.35	1.7
Média			11.74	12.25	-4.5
Std			0.61	1.05	10.6
Verde	Reboque	1	17.04	15.55	8.7
	Reboque	2	16.62	16.95	-2.0
	Reboque	3	17.83	16.99	4.7
	Caminhão	1	16.92	16.63	1.7
	Caminhão	2	18.78	19.64	-4.6
	Caminhão	3	18.52	18.28	1.3
	Média			17.62	17.34
Std			0.90	1.43	4.7
Vermelha	Reboque	1	22.13	20.87	5.7
	Reboque	2	24.87	23.97	3.6
	Reboque	3	22.6	21.94	2.9
	Caminhão	1	21.42	22.35	-4.3
	Média			22.76	22.28
Std			1.49	1.29	4.3

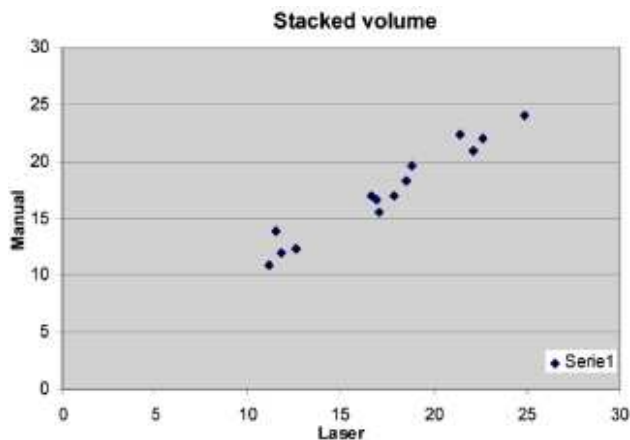


Imagem 8. Relaco entre a medio manual de volume estéreo e a medio do scanner laser.

A correlaco entre a estimacão laser e a estimacão manual foi:

Volume sólido, laser/manual $r^2 = 98.7\%$, $P = 0.000$, $F = 926$

Volume sólido, laser/ tora portora $r^2 = 99.2\%$, $P = 0.000$, $F = 1553$

Volume estéreo, laser/manual $r^2 = 95.1\%$, $P = 0.000$, $F = 232$

Uma medio do empilhamento nas pilhas é a percentagem de volume sólido, o volume sólido em relacão ao volume estéreo, Tabela 8.

Tabela 8. Estimação da percentagem de volume sólido

	Azul	Verde	Vermelha
Número de obs.	4	6	4
Média laser (%)	52	55	59
Std (m ³)	3.0	2.8	2.9
Média, manual (%)	51	58	64
Std	2.2	1.9	1.7

No final do estudo o reboque e o caminhão foram escaneados 10 vezes com o laser sem reorganizar as pilhas entre cada uma das medições.

Tabela 9. Resultado de dez medições independentes das pilhas azuis e vermelhas sem reorganizar a carga

Estatística	Diam. (cm)	Comprimento (dm)	Vol. Est. (m ³)	Vol. Sol. (m ³)
Pilha azul, reboque				
Média	11.6	55.6	11.24	6.1
Std	0.31	1.38	0.30	0.14
Pilha vermelha, Caminhão				
Média	16.6	56.8	21.7	13.7
Std	0.29	0.56	0.21	0.21

Discussão

A medição tora portora permite calcular o volume real não incluindo galhos ou seções onde o diâmetro é incrementado desde um extremo ao outro. Algumas toras também foram cortadas devido a grandes irregularidades por quedas. Outras toras foram cortadas porque apresentavam falhas e os diâmetros foram medidos tentando omitir estes defeitos.

A maneira de calcular o volume utilizando o método superior/inferior é baseada também em fórmulas desenvolvidas considerando as condições da Suécia e não para o eucalyptus. O descascamento das toras não foi perfeito, ao 100%, e em comparação com a casca do pinheiro e do abeto na Suécia a casca do eucalyptus tem mais tiras em direção longitudinal, o que provavelmente faz mais difícil medir com precisão omitindo a casca que foi deixada. As rachaduras e divisões, a casca e os cortes por queda provocam erros na medição manual e no scanner laser.

Na medição manual, o diâmetro médio aritmético para a madeira de menor dimensão foi registrado como 9.6cm, o que é menor do que a média do diâmetro para madeira de abeto para celulose na Suécia, que é aproximadamente 11-12 cm. A média do diâmetro para a madeira branda e a madeira para celulose de bétula na Suécia é de 13 cm (Statistics, VMF Qbera). Isto significa que a classe média neste estudo, tem a mesma média do diâmetro que a madeira para celulose da Suécia. O comprimento manualmente medido da madeira foi registrado aproximadamente em 57dm o que comparado com



Imagem 9. Exemplo de rachaduras no extremo.



Imagem 10. Rachaduras na tora



Imagem 11. Exemplo de cortes por queda.



Imagem 12. Toras antes de ser carregadas no caminhão e no reboque

a madeira para celulose de comprimento aleatório é pelo menos 10dm maior. A conicidade foi medida em 5 a 6 mm/m. A conicidade para a madeira para celulose de abeto e pinheiro na Suécia é normalmente um pouco maior.

Os dois métodos para calcular o volume de toras levam aproximadamente ao mesmo volume e a medição de controle mostra que o registro manual por medição de tora tem uma boa repetibilidade. Mas é preciso mencionar que a medição da repetibilidade foi realizada pelas mesmas pessoas e que a medição das mesmas toras realizada por outras pessoas provavelmente entregará outros resultados. Outro fator que pode influir na medição das toras são as condições do clima. As toras também são um fator que se deve considerar devido a que provavelmente é mais fácil obter uma medição manual das toras estável e correta no caso de toras de grandes dimensões, corretamente descascadas e com o mesmo comprimento do que em toras menores com casca e rachaduras.

O diâmetro estimado das toras utilizando a medição do scanner laser foi para as toras azuis de 10.9 cm comparada com a medição manual que entregou 9.2cm. Para as pilhas verdes, os valores correspondentes foram 13.5 para o scanner laser e 13.2 para a medição manual e para as pilhas vermelhas, 16.7 cm e 16.5 respectivamente. Para as toras de dimensões médias e maiores, o diâmetro é quase o mesmo nos dois métodos. Para as toras de menor tamanho a diferença é aproximadamente 10%. A correlação entre os dois métodos é significativa, o que mostra que tem um bom potencial de calibração. Na Escandinávia, um dado exato do diâmetro, geralmente, tem menos importância-normalmente é um valor aproximado que pode ser de interesse para fixar preços ou classificar a madeira.

O comprimento das toras medido com uma régua foi de 56.1 dm para as azuis, 57.3 dm para as verdes e 57.0 dm para as vermelhas. Os dados correspondentes registrados pelo scanner laser forma 54.0 para as azuis, 56.8 dm para as verdes e 57.9 dm para as vermelhas. A diferença é de 1 a 2. A correlação entre a medição manual e a estimacão do scanner laser para o comprimento não é mais do que para o diâmetro ($r^2 = 35\%$), mas provavelmente também pode ser calibrada, também a necessidade de um valor exato para o diâmetro é de menor interesse.

Por causa da diferentes definições e maneiras de medição e considerando também que as toras não são perfeitas não se pode dizer qual é o diâmetro, o comprimento ou o volume correto. Na Tabela 7, pode-se observar o volume sólido estimado para as pilhas no reboque e no caminhão. O scanner laser entrega de 0 a 4% menos volume do que a medição tora portora. Comparado com a estimacão manual o scanner laser

entrega 1.5% menos volume para toras de menor tamanho e um 3% resp. 5% menos volume para as pilhas verdes e azuis. A correlação, $r^2 = 99\%$, entre os dois métodos é boa e significativa o que mostra um potencial para que ambos os métodos sejam calibrados um com outro. A correlação entre o scanner laser e a medição tora portora é também é significativa e marcada, com $r^2 = 99\%$.

A medição de toras de menor tamanho feita com o scanner laser calcula um volume estéreo menor em comparação com a estimacão manual, aproximadamente 5%. Para as pilhas verdes e vermelhas o scanner laser entrega um 2% mais de volume. Uma observação tem uma diferença de 20% o que é difícil de explicar, mas poderia ser um erro de registro. A correlação entre os dois métodos é forte $r^2 = 95\%$, mas não é significativa como para o volume sólido.

Quando é procurada a precisão e exatidão deve ser em relação ao volume estéreo das pilhas. Um volume maior, como aquele das pilhas vermelhas ($22m^3$), significa que uma menor proporção de toras da pilha está sendo escaneada diretamente pelo laser em comparação com as pilhas azuis de menor tamanho ($12 m^3$).

As dez medições de repetibilidade das toras menores mostram uma boa repetibilidade do método do scanner laser. Este sempre é um ponto importante para um método automático mecânico comparado com a medição manual. Como o scanner laser tem uma alta repetibilidade, tem um grande potencial de ser adaptado aos diferentes métodos usados nas plantas e às normas existentes nos diferentes países. O scanner é muito mais rápido (<1 minuto porcaminhão) e a medição de volume sólido e estéreo pode ser racionalizada em comparação com a maior parte dos métodos manuais. Um sistema efetivo no primeiro passo da medição faz possível pôr mais recursos nas pilhas de amostragem para o controle e ajuste no caso de ser preciso.

Pode-se também, no caso de ser necessário, pôr mais recursos na medição de putrefacão, defeitos e cascas quando o volume pode ser medido de maneira eficiente. Misturar o scanner laser com a medição de peso, o que deveria ser simples, poderia criar um sistema que também entregue um indício da densidade e frescura da madeira. Segundo as condições da Suécia, é também importante desenvolver um sistema que permita diferentes entregas dentro de uma pilha e que considere a influência da neve e do gelo no inverno. Como na Suécia medem o volume baixo da casca, um sistema de scanner baseado nos laser também deve ser complementado com algum tipo de estimacão de conteúdo de casca. A casca pode, talvez, ser

considerada de maneira similar, como no novo scanner laser automático, tora portora, para pilhas de madeira para celulose na Suécia. Neste sistema, a dimensão e a quantidade de toras do extremo e uma estimação visual, são elementos usados para medições na casca e baixo da casca (Björklund, L. 2004). Os caminhões na Suécia também têm geralmente, guindastes, o que torna importante desenvolver uma maneira automática de separar a influência do guindaste na pilha do caminhão.

Comparada com a medição manual, a medição automática tem um potencial estável com uma boa repetibilidade e pode ser calibrado segundo as diferentes normas. Os métodos manuais sempre estão relacionados com uma pessoa particular pelo que sempre é mais difícil obter a mesma medição para todos os escaladores, condições e plantas

Bibliografia

- Anon 2000. Kompendium i virkesmätning. Virkesmätningrådet, SDC, Sundvall.
- Anon 2006/1. Measuring rules for pulpwood. Recommended by The Swedish Timber Measurement Council Swedish Timber Measurement Council VMR 1-06 Measuring rules for of pulpwood.
- Anon 2006/2. Protokoll från Jord- skogsbruksministeriets förordning om rambildsmätning av virke med lasersakning. Förordning Nr 66/06. Helsinki.
- Anon 2007. Arauco, Annual report 2007, Arauco, Santiago, Chile.
- Anon 2008/1. Woodtech measurement solutions, Information material www.woodtechms.com, Santiago, Chile.
- Anon 2008/2. MAS, Mobil automatisk stickprovsmätning, produktblad. www.vmfqbera.se, VMF Qbera, Falun.
- Björklund, L.1988. Vägning av massaved med torrhållsbestämning. Rapport nr 198. Institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Björklund, L., 2003. Utvecklingsidéer för svensk virkesmätning. VMR virkesmätning och redovisning.SDC, Sundsvall.
- Björklund, L. 2004. Bark på massaved – en studie över barkhalten i travar med massaved. VM virkesmätning och redovisning, Uppsala.
- Edlund, J. 2004. Methods for Automatic Grading of Saw Logs. Doctoral Thesis , Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Hultnäs, M., 2008. Methods for the determination of the dry matter content of roundwood deliveries. 2008.
- Huttunen, T., 2006. Abstract, Measuring of Bast Wood with Modus 2000 Laser Meter, Kymenlaakso Polytechnik, Bachelor thesis.
- Kubénka, T., 2008. Table for estimation of solid volume percentage of a stack.
- Marjomaa, J. & Sairanen, P. 1996. AVM-1000 Frame image measurement station. Metsäteho review 3/1996. Helsinki.
- Moilanen, P., 2003. Abstract, Measuring the volume of timber on a timber truck with the Modus 200 laser measurement system. University of Joensuu. Pro graduated - Thesis.
- Nylinder, M., 1992. Föredrag om ny teknik och nya metoder inom virkesmätning. Sundsvalls virkesmätningförening, Sundsvall.
- Thygesen, L., 1996. Near Infrared Spectroscopy and Pulse Nuclear Magnetic Resonance for Assessment of Dry Matter Content and Basic Density of Pulp Wood. The Royal Veterinary and agricultural University, Department of Economics and Natural Resources Unit of Forestry. Copenhagen.
- Yamane, T., 1969. Statistics, an introductory analysis: A paper international edition, Japan.