



Vägning för bestämning av traves volym

analyser baserade på data från 5:2-mätning 2004 - 2017

Lars Björklund och Sven Jägbrant

2021-06-16

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	3
1.1 Vägning i virkesmätningen	3
1.1.1 Vägning för volym eller ton torrsvikt	3
1.2 Tre biologiska grundfaktorer; torr-rådensitet, torrhalt och barkandel	4
1.3 Pågående utveckling för automatisering av travmätning	5
1.4 Syfte med denna studie	6
2 MATERIAL OCH METOD	6
2.1 Data från 5:2-mätning 2004 – 2017	6
2.2 Beräkningar	7
2.2.1 Rådensitet respektive omvandlingstal.....	7
2.2.2 Beräkning av omvandlingstal för en vägningsmetod	7
3 RESULTAT	8
3.1 Omvandlingstalets korrelation till virkets medeldiameter	8
3.2 Årstidsvariation samt variation mellan år	9
3.2.1 Omvandlingstalets årstidsvariation	9
3.2.2 Omvandlingstal per vecka respektive månad.....	9
3.2.3 Systematisk avvikelse mellan år	10
3.3 Variation inom period om vecka respektive månad (mätmetodens noggrannhet) ..	11
3.4 Mätplatsvisa avvikelser	12
4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	13
4.1 Jämförelse med 5:2-metoden	13
4.2 Noggrannhet för olika mätmetoder	14
4.2.1 Mätplatsvisa skillnader	15
4.2.2 Mätnoggrannhet för trave respektive leverans.....	16
4.2.3 Hur ska omvandlingstalet beräknas?.....	16
4.2.4 Kan skördardata och AI-tillämpningar ytterligare förbättra vägningsmetoden?.....	16
4.3 Kontrollmätning	17
4.4 Fördelar respektive risker/nackdelar med vägning.....	17
4.5 Slutsats - vägning har potential men kräver utveckling.....	18
5 REFERENSER	19
BILAGOR	20
Bilaga 1. Finska siffror på björkens rådensitet	20
Bilaga 2. Mikael Hultnäs, Weight scaling – Methods to Determine the Quantity of Pulpwood	21

Sammanfattning

I norra Sverige började man runt millennieskiftet tillämpa ett mätningsförfarande som kom att benämnas ”5:2-mätning”. Virket vägdes och råvikten omvandlades till volym baserat på:

- Datum
- Bedömd medeldiameter för leveransen
- Bedömd trädslagsblandning (tall/gran respektive björk/asp) för leveransen
- Travar som bedömdes vara onormalt torra uteslöts och travmättes istället

Mätenhet var leverans, dvs i normalfallet fordon med tre travar. Studier visade att mätnoggrannheten (på mätenheten trave) var bättre än för manuell travmätning, särskilt för lövmassaveden. När fjärrmätning började införas i stor skala 2017 fasades 5:2-metoden succesivt ut. Syftet med föreliggande studie var att, baserat på ca 38 000 vägda och stockmätta stickprovstravar från 2004-2017, analysera mätnoggrannheten för volymbestämning av travar med hjälp av vägning. I analysen ingick de travar som bedömts vara onormalt torra.

Omvandling av virkets råvikt inklusive bark, till volym under bark beror på tre faktorer; Vedens torr-rådensitet, vedens och barkens torrhalt samt barkandelen. Kärnvedsbildningen hos tall och gran skapar stor variation i torrhalten. Lövträdslagen björk och asp lämpar sig därför bättre för vägningsmetoder är barrträdslagen tall och gran. Faktorer att beakta vid vägning av björkmassaved är ökad fukthalt och ökat barkavskav under savningstiden samt att det kan vara stora beståndsvisa variationer i barkandel.

Baserat på historiska data skapades sortimentsvisa omvandlingstal från vikt till volym. Omvandlingstalen uppvisade en mycket tydlig årstidsvariation, främst orsakad av att virket torkar. Variationen, såväl inom som mellan år, var relativt lika för löv- och barrmassaved. De årsvisa avvikelserna, när månadsvisa omvandlingstal användes, var för lövmassaved och talltimmer i storleksordningen $\pm 1,5$ %. För barrmassaved fanns några år med större avvikelser. Den tillfälliga variationen, uttryckt som standardavvikelse för enskild trave, beskriver vägningsmetodens noggrannhet. Den uppvisade en viss årstidsvariation, med högre tal under sommarmånaderna. De viktade årsmedelvärdena var 7,8 % för lövmassaved, 8,5 % för barrmassaved och 6,1 % för talltimmer. Vägning med eller utan hjälpfaktorer jämförs med manuell travmätning och med AI-stödd automatisk travmätning (ASTA). ASTA baseras på att det finns en bildrigg för automatisk bestämning av vedlängd och travhöjd samt data på partinivå från mätningen i skördarna.

- För lövmassaved gav vägning en viss förbättring jämfört med manuell mätning eller ASTA. Om de onormalt torra travarna, 16 % i datasetet, kan undantas ger vägning en kraftfull förbättring.
- För barrmassaved gav vägning sämre resultat än manuell mätning eller ASTA. Med faktorerna diameter och trädslagsfördelning kom man i samma nivå.
- För talltimmer var vägning något bättre än manuell mätning eller ASTA.

Rådensiteten torde vara relativt lika för travarna i en leverans medan variationen i mätfel för manuell travmätning kan tänkas vara större. Räknat per leverans skulle avvikelserna för manuell travmätning då sjunka mer än de skulle göra för vägning med omvandlingstal. Vägningens travvisa avvikelse bör därför vara avsevärt bättre än manuell travmätning innan man föreslår att byta mätmetod. Detta uppfylls bara för lövmassaveden när ”torktravar” utesluts. Rådensitet är en stockvis variabel. För kontroll kan ett mindre sampel ge nästan lika bra noggrannhet som om alla stockar mättes. Detta förutsatt att t.ex. ett antal små kranknippen kan vägas med tillräcklig noggrannhet. Kontroll av vägning kan då bli avsevärt billigare än kontroll av travmätning där hela traven måste kontrollmätas.

1 Inledning

1.1 Vägning i virkesmätningen

1.1.1 Vägning för volym eller ton torrsvikt

Vägning innebär att virkets/leveransens råsvikt¹ bestäms. Oftast på fordonsvåg för lastbil, men kan också vara vägning av järnvägsvagnar eller i truckkranar, hamnkranar etc. Efter att råsvikten bestämts kan tre alternativ komma:

1. Betalning efter råton
2. Omvandling till volym med hjälp av omvandlingstabell, som i sin tur kan innehålla datum och/eller bedömningsfaktorer
3. Kompletterande bestämning av torrhalt varvid måttslaget ton torrsvikt (TTV) erhålls.

Föreliggande rapport handlar om alternativ 2, dvs omvandling till volym.

I Sverige påvisades via ett antal studier på 1960-talet att vägning av lövmassaved, med omvandling till volym, var en mätmetod med god noggrannhet. Något genomslag för vägningen blev det dock inte även om en del björkmassaved vägdes i Husum på den tiden (Björklund 1988).

Vad gäller vägningsstudier och mätnoggrannheten för måttslaget TTV (ton torrsvikt), med eller utan torrhaltsprovtagning, visade Björklund (1988) på stor årstidsvariation med lägre mätnoggrannhet under sommar och höst. Han visade även på kraftigt bättre mätnoggrannhet för björkmassaved jämfört med barrsortimenten. Hultnäs (2012) visade likartade resultat i studier på granmassaved vid Bravikens bruk.

Vägning enligt den så kallade 5:2-metoden

Inom f.d. VMF Nord's verksamhetsområde (Sundsvall och norrut) började man runt millennieskiftet tillämpa ett mätning förfarande som kom att benämnas "5:2-mätning" (Ölund & Orvér 1998, Ölund & Selin 1999). Uttrycket "5:2" har sitt ursprung i den kombination av mätmetoder som används när virkesleveranser ingår i ett mätkollektiv, och siffrorna syftar på de VIOL-koder som används för mätmetoderna *skattning av volym och fastvolymprocent* (kod 5), samt *stockmätning* (kod 2).

Mätenhet var leverans, dvs i normalfallet fordon med tre travar. Onormalt torrt virke eller leveranser med delade travar uteslöts ur 5:2-kollektivet. På dessa utfördes istället en konventionell travmätning i den enkla mätningen. Andelen travar som uteslöts på grund av att de ansågs vara onormalt torra framgår av tabell 1. Skattning med hjälp av bedömningsfaktorer användes som den enkla mätmetoden på alla i 5:2-kollektivet ingående mätenheter (leveranser).

På de stickprov som slumpmässigt lottades ut vägdes den utlottade traven separat och volymen bestämdes med stockmätning. Virkets råsvikt omvandlades till volym baserat på:

- Datum
- Bedömd medeldiameter för leveransen
- Bedömd trädslagsblandning (tall/gran respektive björk/asp) för leveransen

¹ Definition: Ekipagets totalvikt minus dess taravikt vid ankomst till mätplatsen.

Studier som gjordes visade att mätnoggrannheten var bättre än för manuell travmätning, särskilt för lövmassaveden. För barrmassaved var bedömningsmomenten viktiga för att nå god mätnoggrannhet. Vad gäller lövmassaved bidrog bedömningsmomenten marginellt.

När fjärrmätning började införas i stor skala 2017 innebar det att 5:2-metoden succesivt fasades ut, för att vara helt borta 2019.

1.2 Tre biologiska grundfaktorer; torr-rådensitet, torrhalt och barkandel

Omvandling av virkets råvikt inklusive bark till volym under bark beror på tre faktorer:

1. Vedens **torr-rådensitet**
2. Vedens och barkens **torrhalt**
3. **Barkandelen**

Dessa grundläggande virkesegenskaper var föremål för omfattande studier på 1960-1980-talen (t.ex. Tamminen 1962, 1964 och 1970). Resultat från dessa studier ingår i redogörelsen nedan.

Torr-rådensitet

Som mått på vedens täthet används oftast begreppet torr-rådensitet. Med det avses vedens torrsvikt efter torkning i torkskåp (+103° C till konstant vikt) i relation till dess volym i rått (fuktigt) tillstånd. Det finns lätta trädslag dit tall, gran och asp räknas samt tunga trädslag som ek och bok. Björk är i det sammanhanget i mitten av densitetslistan.

Tall och gran

- Tall har större variation inom stam än vad gran har. Torr-rådensiteten är för båda barrträdslagen lägst nära mörgen och sjunker med ökande höjd i stammen
- Torr-rådensiteten sjunker med ökande årsringsbredd
- Givet att det är samma årsringsbredd sjunker torr-rådensiteten från söder mot norr beroende på att den tyngre sommarvedens andel av årsringen minskar
- Kombinationen årsringsbredd och latitud medför att torr-rådensiteten är lägst i norra Sverige, dvs latituden får större genomslag än årsringsbredden
- Tall och gran har relativt lika torr-rådensitet, ca 400 kg/m³

Björk och asp

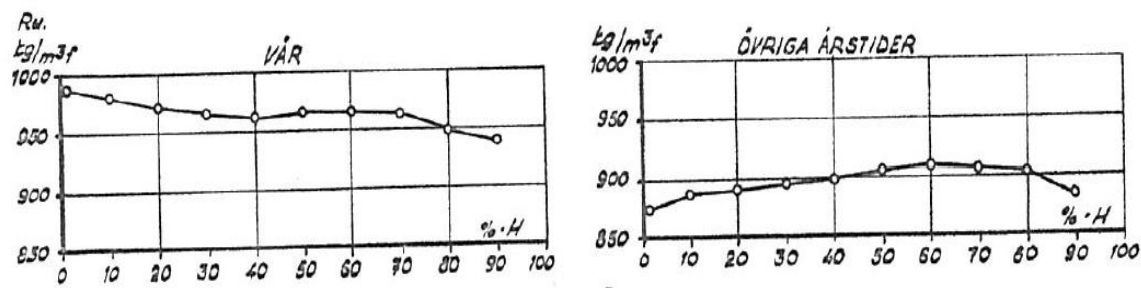
- Björk och asp har mindre variationer, såväl inom som mellan stammar, än vad tall och gran har
- Björk och asp har stor skillnad sinsemellan i torr-rådensitet, ca 500 respektive 400 kg/m³

Torrhalt

Tall och gran bildar kärnved. Gran har större kärnvedsandel än tall. Andelen kärnved ökar med ökande antal årsringar i stammen/stocken/tvärsnittet. Kärnveden är torr, ca 70 % torrhalt, och dess torrhalt är konstant över året. Splintveden håller 40-50 % torrhalt och den varierar med årstiden.

Björk och asp bildar inte kärnved på samma sätt som barrträdslagen. De har därför mindre torrhaltsvariationer inom och mellan träd. Björk har dock en avsevärd årstidsvariation kopplad till ökat fuktinnehåll under savningstiden. I figur 1 visas resultat från studier i Mellansverige som visade att vedens rådensitet under våren var ca 970 kg/m³f och ca 900 kg/m³f under övriga årstider. Dvs rådensiteten ökade med ca 8 % under savningsperioden.

Tamminen (1970) redovisar genomsnittlig rådensitet för tio olika björkbestånd spridda över Sverige. Medelrådensiteten varierade mellan 865 - 958 kg/m³f, dvs en variationsvidd på ca 10 %. De högsta värdena uppmättes i Mellansverige.



Figur 1. rådensiteten hos björk under våren respektive övriga årstider på olika relativ höjd i stammen (kopierat från: Peterson & Winqvist 1960)

Barkandel

Vid vägning ingår bark i vikten. Vägning kan därför i viss mån jämföras med kubikmeter på bark. Är barken helt eller delvis borta minskar virkesvärdet.

De största variationerna i barkandel uppstår när träden bildar skorp bark, vilket sker för tall och björk. Eftersom hela björkstammen ofta blir massaved, medan massaved från tall och gran mestadels utgörs av den övre delen av stammen, kan de beståndsvisa variationerna i barkandel bli större för björk än för tall och gran.

Tekniskt betingad variation: Barkavskavet kan variera beroende på inställningar i skördaren. Under savningstiden ökar barkavskavet.

Sammanfattning / konsekvenser för vägningsmetoder

Av de faktorer som beskrivits ovan är det kärnvedsbildningen hos tall och gran som skapar störst variation i rådensiteten, dvs i omvandlingstal från råvikt till volym. Lövträdslagen björk och asp lämpar sig därför bättre för vägningsmetoder är barrträdslagen tall och gran. Den enda aspekt som verkar i andra riktningen är när det rör sig om trädslagsblandning. Då får blandningen tall/gran mer homogen torr-rådensitet än blandningen björk/asp. Är aspdelen låg blir dock betydelsen av detta liten.

Faktorer att särskilt beakta vid vägning av björkmassaved är den under savningstiden ökade fukthalten, att det av maskinerna orsakade barkavskavet ökar under savningsperioden samt att det kan vara stora beståndsvisa variationer i barkandel. Vad gäller de två första faktorerna påverkar de virkesvärdet åt motsatta håll, dvs de kan i viss mån utjämna varandra.

1.3 Pågående utveckling för automatisering av travmätning

Generellt sett eftersträvas en utveckling där manuell travmätning kan ersättas av någon form av automatisk volymbestämning. Pågående utveckling inkluderar Mabema (lasertriangulering) samt CIND och Biometriariggarna (fotobaserade). Kopplade till Biometriariggarna finns AI-system (artificiell intelligens) för bestämning av rektangel-måtten på travesidan (AIDA) och AI-stödd automatisk travmätning (ASTA). ASTA baseras på att det

finns data på partinivå från mätningen i skördarna. Det är i första hand mot dessa system som en vägningmetod kan komma att jämföras.

1.4 Syfte med denna studie

Syftet med studien var att analysera mätnoggrannheten för volymbestämning av travar med massaved med hjälp av vägning. Initialt var tanken att avgränsa studien till lövmassaved, men eftersom det fanns omfattande data även för barrmassaved och talltimmer inkluderades dessa sortiment i studien.

2 Material och metod

2.1 Data från 5:2-mätning 2004 – 2017

5:2-metoden tillämpades framförallt i Norrbotten samt vid omlastningsterminaler i Jämtland. Men metoden användes även i Umeå, Örnsköldsvik och Sundsvall (på contorta). Föreliggande analys baseras på data för samtliga stickprovstravar för perioden 2004-2017, dvs 14 år.

I analysen ingår även de travar som av mätarna bedömts vara onormalt torra och som därför uteslöts ur 5:2-kollektiven. Dessa travar benämns "torktravar". Andelen torktravar var mycket hög för grantimmer, 46 %, och lägst för talltimmer, 6 %. För lövmassaved var andelen 15 %. Torktravar var mest frekventa under sommar och höst, men förekom hela året.

Travar med uppenbart felaktiga värden (vikt/volym-tal över 1,7 eller under 0,5) ströks ur datamaterialet. Detta gällde främst torktravar. Kanske slarvades det med registrering av travarnas vikt i de fall traven inte skulle ingå i 5:2-kollektivet? För att kompensera bortfallet av torktravar slumpades nya fram utifrån de användbara så att andelen torktravar i det totala datasetet motsvarade den initiala andelen. Antalet travar fördelade på sortiment framgår av Tabell 1. Följande variabler användes i analyserna:

- Travens vikt
- Travens stockmätta volym under bark (topprotmätning för massaved, toppmätning och matrisomvandling för sågtimmer)
- Travens volym enligt 5:2-mätning
- Inmättningsdatum
- Travens stockmätta trädslagsblandning och medeldiameter

Tabell 1. Antal stickprovstravar fördelade på sortiment för perioden 2004–2017.

Sortiment	Antal travar			Antal mätplatser	Antal mätplatser med fler än 500 stickprovstravar under perioden
	Totalt	Varav "torktravar"	Andel "torktravar"		
Lövmassa	10310	1590	15%	12	3
Barrmassa	16927	1304	8%	21	4
Granmassa	930	224	24%	6	-
Contorta	1161	188	16%	7	1
Talltimmer	11633	708	6%	14	6
Grantimmer	2178	1004	46%	4	2
Summa	43139	5018	12%	22	

2.2 Beräkningar

2.2.1 Rådensitet respektive omvandlingstal

Relationen vikt-volym kan uttryckas som rådensitet ($\text{kg}/\text{m}^3\text{fub}$) eller som ett omvandlingstal från (rå)vikt till volym. I denna rapport används omvandlingstal eftersom det är vad en vägningmetod kommer att baseras på.

1. Volym (m^3fub) = råvikt * omvandlingstal
2. Omvandlingstal = $1/\text{rådensiteten}$

I resultatkapitlet visas omvandlingstalets korrelation och variation i relation till olika faktorer. Variationen uttrycks som omvandlingstalets standardavvikelse mellan travar för en viss delmängd. Detta spridningsmått visar en tänkt vägningmetods noggrannhet och kan jämföras med andra metoder för att bestämma en traves volym.

2.2.2 Beräkning av omvandlingstal för en vägningmetod

En vägningmetod skulle kunna utformas som ett framåtriktat omvandlingstal baserat på till exempel de föregående tio årens stickprovs- eller kontrolltravar för en viss tidsperiod (vecka, månad etc.). För att simulera en sådan metod beräknades omvandlingstalet för enskilt år genom att först beräkna medeltalet för övriga 13 år i datamaterialet. Detta tillämpades sedan för det aktuella året. Därmed undviks att det aktuella året är med och påverkar sitt omvandlingstal.

I analyserna testades två tidsperioder för beräkning av omvandlingstal; vecka respektive månad.

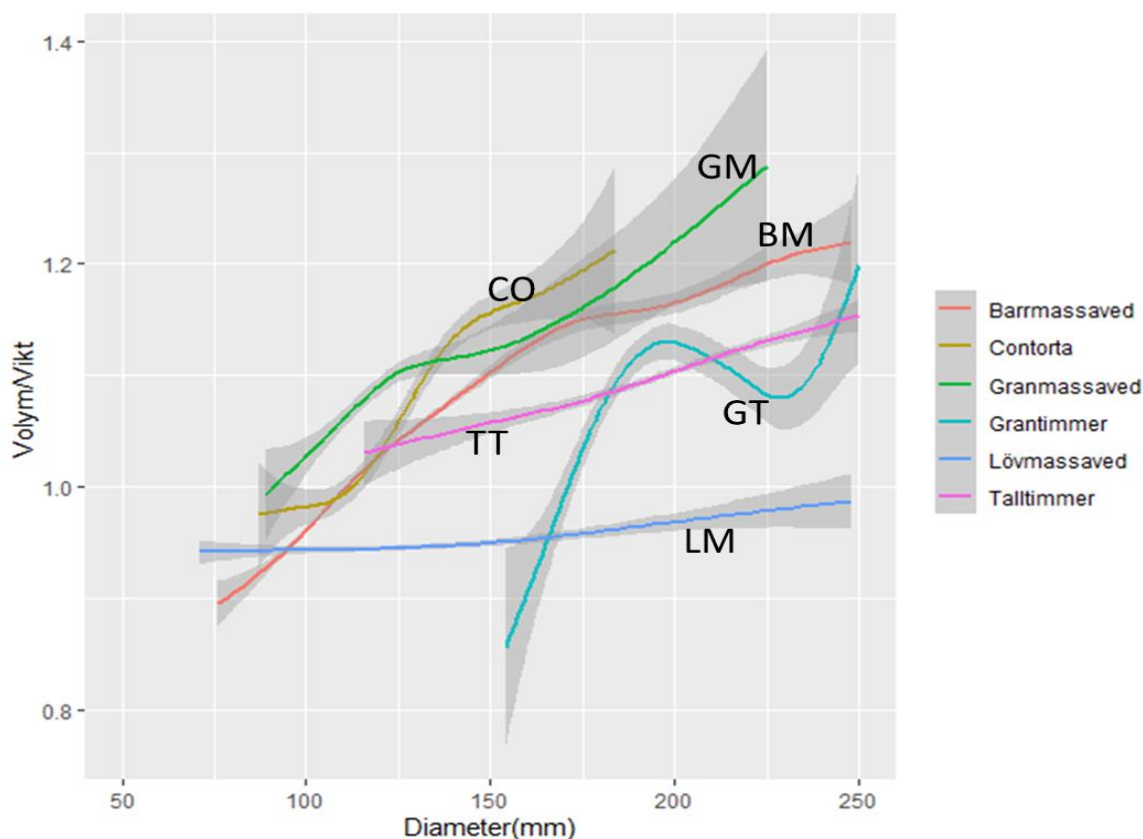
3 Resultat

3.1 Omvandlingstalets korrelation till virkets medeldiameter

I Figur 2 visas travarnas omvandlingstal som funktion av virkets medeldiameter. Obs att det i travar med låg medeldiameter kan finnas stockar med avsevärt högre diameter.

Kommentarer

- För barrsortimenten ökade omvandlingstalet med ökande diameter, dvs rådensiteten sjönk med ökande diameter.
- För lövmassaveden var omvandlingstalet närmast konstant i relation till diametern.
- För klent talltimmer var omvandlingstalet ungefär samma som för barrmassaved med samma medeldiameter.
- Vid högre medeldiameter var omvandlingstalet för barrmassaved högre än för talltimmer. Detta torde bero på hög andel gran i sådan barrmassaved.
- För contortamassaved, granmassaved och grantimmer var dataunderlaget begränsat och resultaten för dessa sortiment är därför mer osäkra.



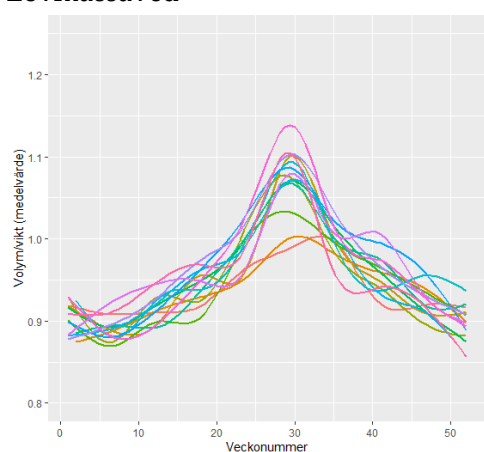
Figur 2. Omvandlingstalets korrelation till virkets medeldiameter. Gråskuggat område anger 95%igt konfidensintervall för medelfelet till skattningen. I figuren visas även contortamassaved, granmassaved och grantimmer. För dessa tre sortiment var dataunderlaget avsevärt mindre jämfört med de andra sortimenten.

3.2 Årstidsvariation samt variation mellan år

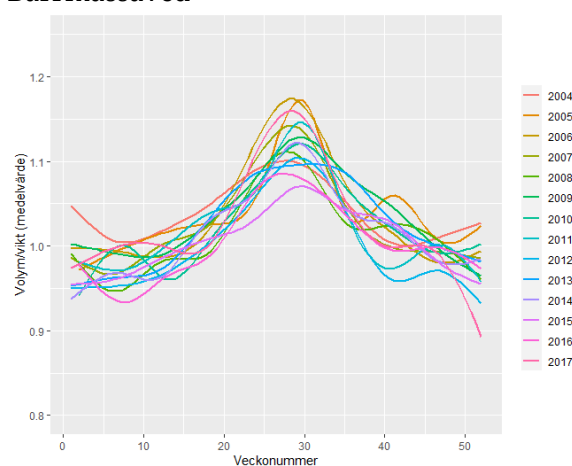
3.2.1 Omvandlingstalets årstidsvariation

Omvandlingstalet uppvisade en mycket tydlig årstidsvariation. Årstidsvariationen var lägst för talltimmer vilket kan förklaras med att timret har högre kärnvedsandel än massaved, och att kärnvedens torrhalt är konstant över året. Årstidsvariationen var relativt lika för lövmassaved och barrmassaved, Figur 3. Av figuren framgår också att inget enskilt år låg konstant högst eller lägst.

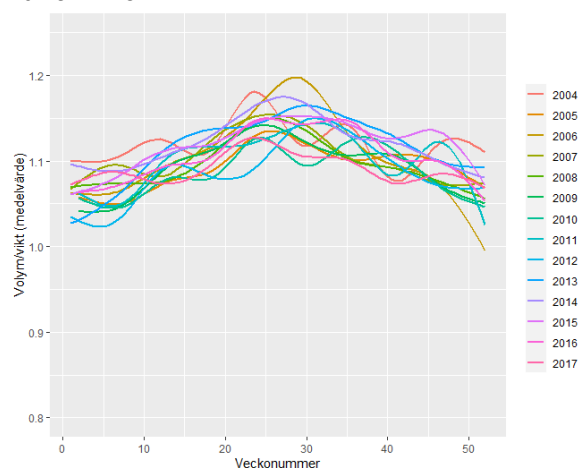
Lövmassaved



Barrmassaved



Talltimmer

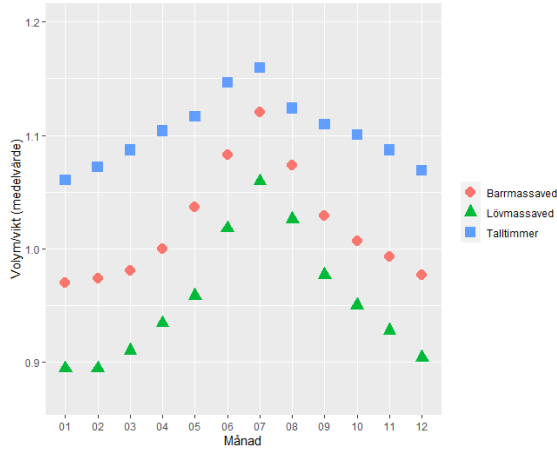


Figur 3. Omvandlingstalets årstidsvariation samt variation mellan år för lövmassaved, barrmassaved samt talltimmer.

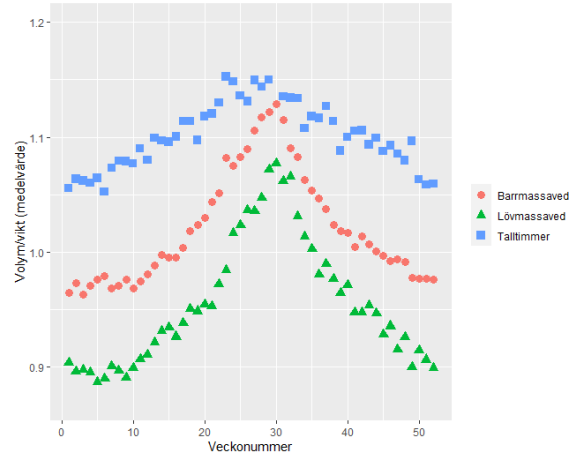
3.2.2 Omvandlingstal per vecka respektive månad

Som framgår av Figur 4 uppvisade veckovisa omvandlingstal en del hopp som bör bero på tillfälligheter när datamängden per omvandlingstal reducerades. Med månad som beräkningsperiod försvann dessa. De fortsatta analyserna baseras på månadsvisa omvandlingstal.

Månadsvisa omvandlingstal



Veckovisa omvandlingstal

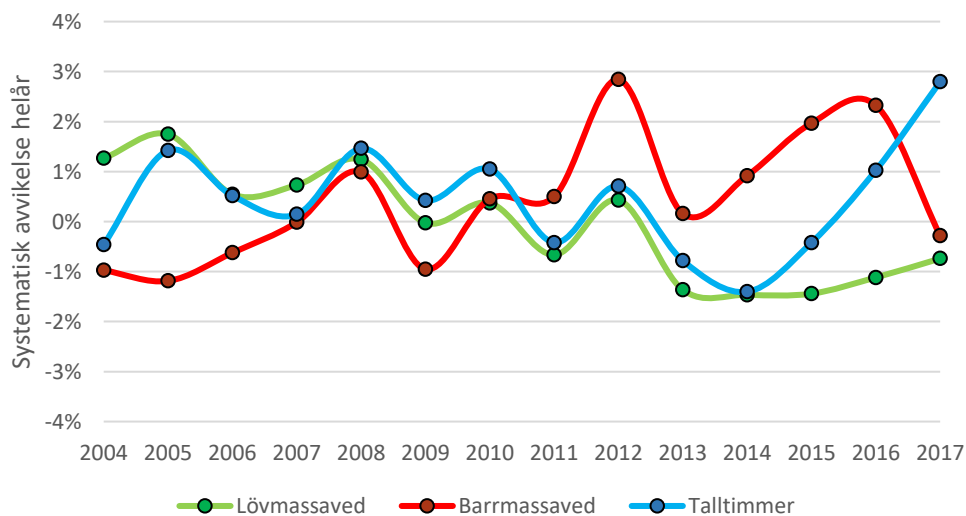


Figur 4. Genomsnittliga veckovisa respektive månadsvisa omvandlingstal för lövmassaved (grönt), barrmassaved (rött) och talltimmer (blått), baserade på data för åren 2004-2017. Data från vecka 53 (som förekommer vissa år) är exkluderad i figurerna.

3.2.3 Systematisk avvikelse mellan år

I figur 5 visas den systematiska avvikelsen per år när månadsvisa omvandlingstal baserade på de övriga 13 åren används. De årsvisa avvikelserna var för lövmassaved och talltimmer i storleksordningen $\pm 1,5\%$. För barrmassaved fanns några år med större avvikelser.

Systematiska avvikelser mellan år skulle kunna vara väderrelaterade; sommartorka, snöinblandning i lassen vintertid etc. Av figuren framgår att det fanns både likheter och skillnader mellan sortimenten. Detta kan tolkas som att det är mer än väder som ger upphov till årsvisa avvikelser.



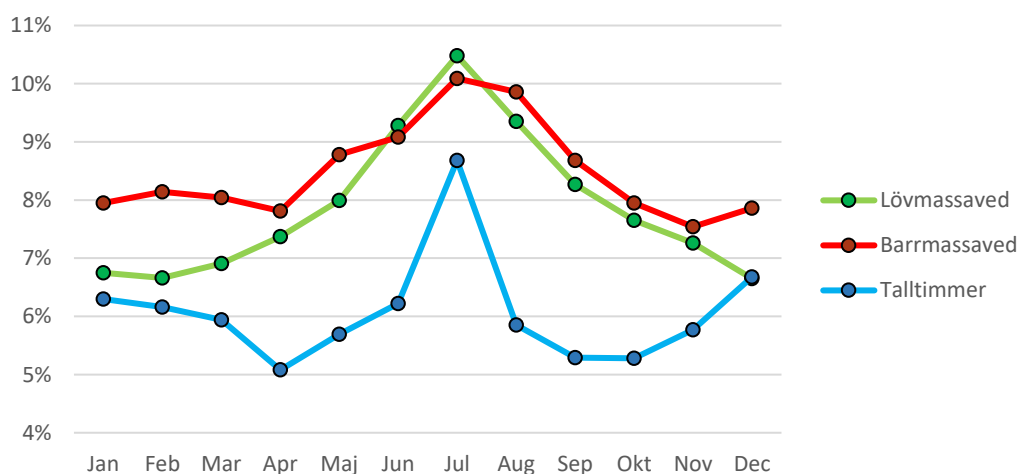
Figur 5. Systematisk avvikelse per år, utifrån månadsvisa omvandlingstal mellan volym och vikt. Medeltal för alla mätplatser under 2004-2017.

3.3 Variation inom period om vecka respektive månad (mätmetodens noggrannhet)

Den tillfälliga variationen, uttryckt som standardavvikelse inom vecka eller månad, blir ett mått på vägningens metodens noggrannhet. Som framgår av tabell 2 var standardavvikelsen för enskild trave mycket lika när den beräknades per månad eller per vecka. Den tillfälliga variationen uppvisade en viss årstidsvariation, med högre tal under sommarmånaderna. Årsmedelvärdena var 7,8 % för lövmassaved, 8,5 % för barrmassaved och 6,1 % för talltimmer.

Tabell 2. Standardavvikelse för enskild trave baserat på veckovisa respektive månadsvisa omvandlingstal. Viktat medel är viktat mot levererad kvantitet per månad.

Månad	Lövmassaved		Barrmassaved		Talltimmer	
	Veckovis	Månadsvis	Veckovis	Månadsvis	Veckovis	Månadsvis
Standardavvikelse för enskild trave (%)						
Jan	6,8	6,8	8,0	8,0	6,3	6,3
Feb	6,7	6,7	8,2	8,1	6,2	6,2
Mar	6,9	6,9	8,0	8,0	5,9	5,9
Apr	7,4	7,4	7,8	7,8	5,0	5,1
Maj	8,1	8,0	8,7	8,8	5,7	5,7
Jun	9,2	9,3	9,2	9,1	6,3	6,2
Jul	10,5	10,5	10,1	10,1	9,3	8,7
Aug	9,2	9,4	9,8	9,9	5,8	5,9
Sep	8,3	8,3	8,7	8,7	5,2	5,3
Okt	7,7	7,7	8,0	8,0	5,3	5,3
Nov	7,3	7,3	7,6	7,5	5,8	5,8
Dec	6,7	6,7	7,9	7,9	6,7	6,7
Arit. medel	7,9	7,9	8,5	8,5	6,1	6,1
Viktat medel	7,8	7,8	8,5	8,5	6,1	6,1



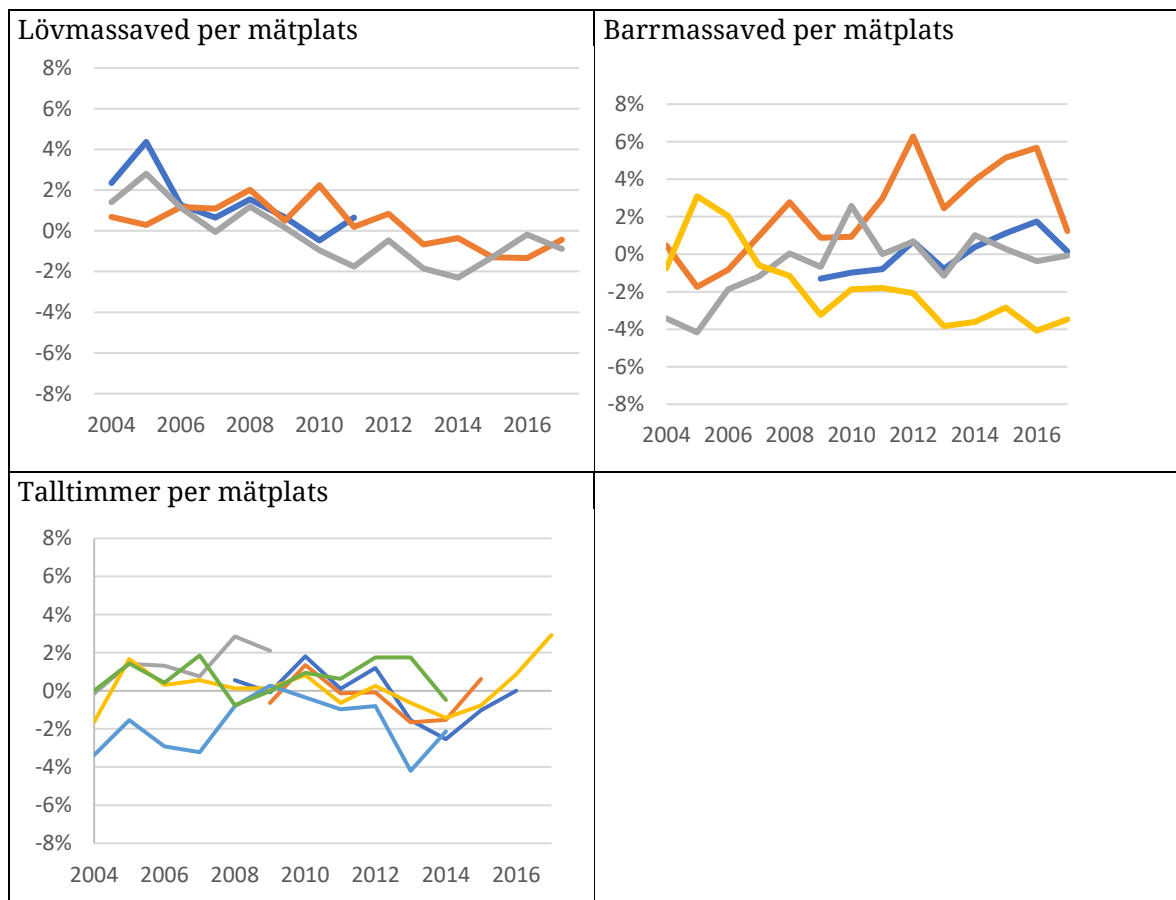
Figur 6. Månadsvis standardavvikelse för enskilda travar.

3.4 Mätplatsvisa avvikelser

Antalet mätplatser med fler än 500 stickprovstravar under perioden var tre för lövmassaved, fyra för barrmassaved och sex för talltimmer. För lövmassaved var skillnaden mellan de två största mätplatserna, där det fanns data för hela perioden, ca 1 % som ett medeltal. De tre sista åren var skillnaden nära noll. I jämförelse med lövmassaved var de mätplatsvisa avvikelserna avsevärt större för barrmassaved, i storleksordningen ± 4 %. Talltimmer låg i detta avseende mellan löv- och barrmassaveden (figur 7).

Vad kan då skapa mätplatsvisa skillnader? Som beskrevs i kap 1.2 kan tre biologiska faktorer påverka; vedens torr-rådensitet, barkandel och torrhalt. Torrhalten i sin tur beror dels på årstidsvariation i det levande trädet, dels på torkning under lagringstiden. Torkningen minskar generellt sett med ökande breddgrad och höjd över havet. Därutöver kan olika företags strategier kring virkesanskaffning leda till olika lagringstider i virkesflödet. Sammantaget är det alltså ett stort antal faktorer som skulle kunna tänkas variera mellan mätplatser.

Ser vi först till virkets medeldiameter så påverkades i princip inte lövmassaveden medan barrmassaved och talltimmer hade tydliga samband (se figur 2). Vad gäller geografisk position ligger de två största mätplatserna för lövmassaved mycket nära varandra. För barrmassaved och talltimmer är de mer spridda men alla är i övre Norrland. Det är rimligt att det är först vid större skillnader i breddgrad eller höjd över havet som dessa faktorer kommer att påverka omvandlingstalen.



Figur 7. Systematisk avvikelse per år och mätplats utifrån månadsvisa omvandlingstal. Endast platser med fler än 500 stickprov under perioden samt de år då det varit minst 50 stickprov.

4 Diskussion och slutsatser

4.1 Jämförelse med 5:2-metoden

Datamaterialet ger möjlighet att jämföra tre alternativa vägningmetoder:

1. Vägning med veckovisa omvandlingstal till volym, där även travar som visuellt bedömts vara onormalt torra ingår
2. Vägning med veckovisa omvandlingstal till volym, där travar som visuellt bedömts vara onormalt torra uteslutits
3. Vägning med hjälpfaktorer (bedömning av medeldiameter och trädslagsfördelning) och veckovisa omvandlingstal till volym, där travar som visuellt bedömts vara onormalt torra uteslutits, dvs som Nords 5:2-mätning

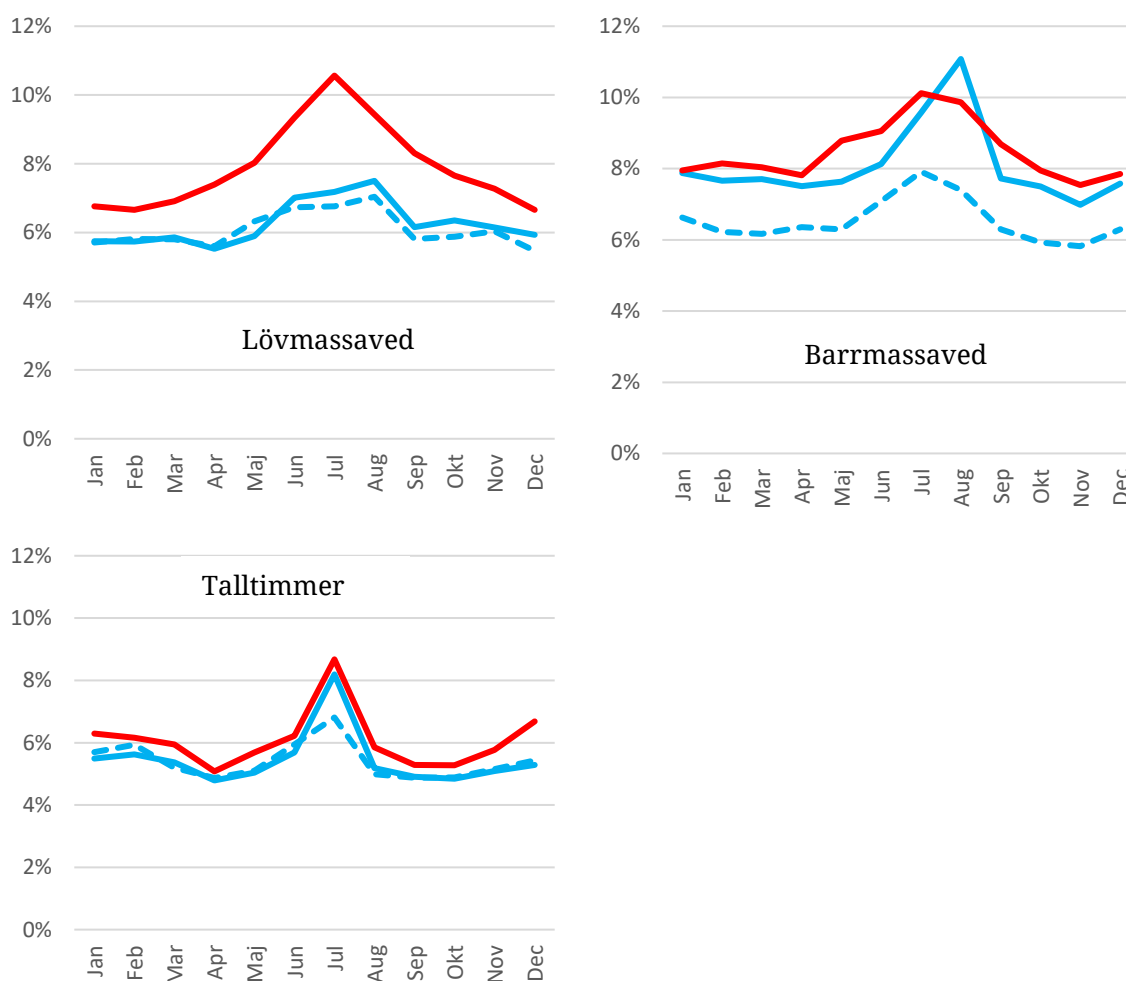
De tre alternativen gav mycket olika resultat för de tre undersökta sortimenten:

- Lövmassaved: Torktravarna, 15 % av antalet travar, gav en stor ökning av standardavvikelsen, från 6,2 % till 7,8 %. Bedömd medeldiameter och trädslagsfördelning (björk/asp) gav ingen sänkning av standardavvikelsen.
- Barrmassaved: Torktravarna, 8 % av antalet travar, gav en mindre ökning av standardavvikelsen, från 8,1 % till 8,5 %. Hjälpfaktorerna bidrog mycket och sänkte standardavvikelsen med ca 1,5 procentenhet.
- Talltimmer: Alla tre alternativen relativt lika. Torktravarna, 6 % av antalet travar, gav en mindre ökning av standardavvikelsen, från 5,4 % till 6,1 %. Det var något förvånande att inte diameterbedömningen sänkte standardavvikelsen för talltimret. Måhända att talltimmer i Norrbotten är homogent vad gäller diameter och kärnvedsandel?

Resultatet visade alltså att förekomsten av ”onormalt torra travar” får mycket stor betydelse vid vägning av lövmassaved. Avsevärt större än för vägning av barrmassaved eller talltimmer. Möjliga orsaker till detta kan vara:

- Sortimenten har olika lång lagringstid vid bilväg beroende på prioritering för inkörning till industrin. Lövmassaved får längst lagringstid och talltimmer kortast.
- Lövmassaved skulle kunna torka snabbare än barrsortimenten.
- Torr lövmassaved kan vara lättare att identifiera vid manuell inmätning jämfört med barrsortimenten. Dvs det blir en effektivare utsortering av torra travar.

För alla tre sortimenten resulterade VMF Nords 5:2-metod i standardavvikelser runt 6 % för merparten av året. Under sommarmånaderna kunde den stiga till 7-8 %.



Figur 8. Standardavvikelse i volymavvikelse för enskilda travar per månad under hela perioden 2004-2017. Heldragen linje visar resultatet med månadsvisa omvandlingstal och streckad linje VMF Nord's 5:2-mätning när travar som bedömts som onormalt torkade uteslutits. Den röda linjen visar resultatet för månadsvisa omvandlingstal när även torktravar inkluderas i datasetet.

4.2 Noggrannhet för olika mätmetoder

I Tabell 3 jämförs fem alternativ för bestämning av traves volym. Siffrorna i tabellen anger storleksordningen för standardavvikelsen av volymavvikelser mellan travar.

ASTA och "vägning med veckovisa omvandlingstal, alla travar" är helautomatiska metoder för volymbestämning. Den AI-baserade ASTA-metoden (Björklund m.fl. 2020, Hellmark & Jägbrant 2020) ger ungefär samma standardavvikelse som manuell travmätning. Den "utvecklades/tränades" mot data från ordinarie mätning och följer därför samma mönster vad gäller avvikelser som den manuella travmätningen.

Av denna översiktliga jämförelse kan utläsas:

- För lövmassaved gav vägning ca en procentenhet lägre standardavvikelse jämfört med manuell mätning eller ASTA. Kan man utesluta "torktravar" kan en avsevärt mer kraftfull sänkning av standardavvikelsen uppnås.

- För barrmassaved gav vägning, med eller utan ”torktravar” sämre resultat jämfört med manuell mätning eller ASTA. Med faktorerna diameter och trädslagsfördelning kan man komma i nivå med manuell mätning eller ASTA.
- För talltimmer var vägning något bättre än manuell mätning eller ASTA. Kan man utesluta ”torktravar” blir skillnaden större.

Sammantaget innebär detta att det är bara för lövmassaved som vägning md veckovisa omvandlingstal till volym ger lägre standardavvikelse än manuell mätning eller ASTA. Kan man utesluta eller särbehandla ”torktravar” blir skillnaden stor, dvs då finns det mycket att vinna på att byta mätmetod.

Tabell 3. Standardavvikelse (%) för olika mätmetoder vid volymbestämning av travar. Spridningstalen för manuell travmätning och ASTA bygger på de travar som använts som testdata vid framtagandet av ASTA.

Sortiment	Manuell travmätning, fjärrmätning	ASTA	Vägning med omvandlingstal till m3fub		
			Veckovisa tal alla travar	Veckovisa tal, "torktravar" uteslutna	Veckovisa tal, "torktravar" uteslutna, korrigeringsfaktorer (5:2-metoden)
Standardavvikelse för enskild trave (%)					
Lövmassa	9,0%	8,9%	7,8%	6,2%	6,2%
Barrmassa	6,8%	7,0%	8,5%	8,2%	6,7%
Talltimmer	7,0%	6,5%	6,1%	5,4%	5,4%

4.2.1 Mätplatsvisa skillnader

För lövmassaved låg de två största mätplatserna geografiskt mycket nära varandra. Under större delen av den aktuella perioden skiljde sig deras omvandlingstal ca 1 %. Ska det då tas som grund för att de ska ha skilda omvandlingstal? Nej knappast. Om upptagningsområdena överlappar vore det konstigt om man får ± 1 % beroende på till vilken industri man levererar.

För barrmassaved var de mätplatsvisa skillnaderna så stora (se figur 7) att ett vägningssystem måste inkludera mer än veckovisa omvandlingstal. Till exempel medeldiameter och trädslagsfördelning som 5:2-mätningen baserades på. Huruvida de olika komponenterna sedan ska ha mätplatsvisa koefficienter tarvar djupare analyser.

Även för talltimmer krävs fördjupade analyser för att svara på frågan huruvida ett vägningssystem bör ha mätplatsvisa eller regionala omvandlingstal. Här kan påpekas att volymen för talltimmer beräknades via toppmätning och toppformtalsmatriser, vilket kan ha påverkat resultaten i figur 7.

Vidare bör påpekas att undersökningen är avgränsad till övre Norrland. Om en utvidgning söderöver blir aktuell kommer det troligtvis att behövas regionala omvandlingstal där både medelnivå och årstidsvariation kan skilja. Någonstans kommer då gränser att uppkomma där man får olika betalt för virket beroende på vilken industri det levereras till.

4.2.2 Mätnoggrannhet för trave respektive leverans

De standardavvikelser (spridningsmått) som redovisas i denna rapport avser enskild trave. Men vid vägning är det mer rationellt att se leveransen som mätenhet. En leverans är i normalfallet ett fordon (lastbil) med tre travar.

Vi får två alternativa antaganden för beräkning av noggrannheten vid vägning av en leverans:

1. Om leveransens travar vore slumpmässigt valda ur alla travar som levereras under den tidsperiod omvandlingstalet gäller, så skulle standardavvikelsen för leveransen minska med roten ur antalet travar.
2. Om hela leveransen har samma rådensitet, dvs samma omvandlingstal, blir standardavvikelse för leverans samma som för trave.

Vilket alternativ är rimligast? Och kan man jämföra med manuell travmätning? Rimligtvis är rådensiteten relativt lika för travarna i en viss leverans. Variationen i mätfel för manuell travmätning kan tänkas vara större. Det skulle innebära att om värdena i Tabell 3 omförs till att avse leverans, skulle avvikelseerna för manuell travmätning sjunka mer än de skulle göra för vägning med omvandlingstal. Vägningen bör därför vara avsevärt bättre än manuell travmätning innan man föreslår att byta mätmetod. Ser man till tabell 3 uppfylls det bara för lövmassaveden, under förutsättning att "torktravar" kan uteslutas eller särbehandlas.

4.2.3 Hur ska omvandlingstalet beräknas?

Omvandlingstalen bör beräknas så att de följer jämna kurvor över året. De får inte innehålla ologiska hopp. Samtidigt bör tidsperioden hållas kort för att undvika större förändringar från en viss dag till dagen efter. Kortaste tidsperiod är rimligtvis dag, medan månad kan ses som en lång period. För att uppnå båda målen kan man utgå från de månadsvisa omvandlingstalen i Figur 4 och interpolera siffor för enskild dag eller vecka. Kanske att veckovisa omvandlingstal kan vara lämplig kompromiss?

Omvandlingstal bör baseras på lång erfarenhet. I föreliggande studie användes data från 14 år. Lämpligen bör vikt/volym-data från stockmätta travar från minst fem år, gärna tio år, utgöra underlag för omvandlingstal.

4.2.4 Kan skördardata och AI-tillämpningar ytterligare förbättra vägningsmetoden?

För björkdominerad lövmassaved har medeldiameter och trädslagsblandning rätt låg inverkan på rådensiteten. För barrsortiment har de större inverkan. Man kan därför, främst för barrsortimenten, tänka sig att hämta dessa uppgifter, på partinivå, från skördarmätningen.

Torkningen av virket under lagringstiden är väderrelaterad med avverkningsdatum som viktigaste parameter. Mer sofistikerat väderdata skulle kunna hämtas från SMHI:s väderstationer. Flera av de mätplatser där vägningsmetoder skulle kunna tänkas införas har idag bildmätningstrustning där travars höjd och vedlängd kan mätas automatiskt. Nyttjande av dessa data skulle kunna ersätta, och troligen bli bättre än, den visuella utsorteringen av "torktravar" som var del av VMF Nords 5:2-mätning.

Sammantaget innebär detta att automatisk mätning skulle kunna ha följande indata:

1. Travens/leveransens vikt
2. Avverkningsdatum (första/senaste skördardatum)
3. Väderdata
4. Medeldiameter från skördare
5. Trädslagsblandning från skördare (främst för barrmassa)
6. AIDAs mått på varje traves höjd och vedlängd (från bildmätningstrustning)

Det vore underligt om inte en AI-modell baserad på dessa data, och tränad mot stockmätt "facitvolym", skulle ge en avsevärt bättre noggrannhet än de tal som redovisas och diskuteras i denna rapport. Utmaningen är förstås att få fram tillräckligt mycket data för att träna/utveckla en sådan AI-modell.

4.3 Kontrollmätning

Vid vägning tillämpas ett visst omvandlingstal för leveransen oavsett om den utgörs av trave/deltrave eller hel fordonslast. Mätenhet blir alltså leverans, dess fördelning på travar får då ingen mätteknisk betydelse.

När mätenheten är stor, t.ex. hel fordonslast, skulle det bli mycket kostsamt att stockmäta den i sin helhet. En fordonslast kan innehålla 500 till 1500 stockar. Eftersom rådensiteten är en stockvis variabel är det från statistisk synvinkel onödigt att mäta alla stockar. Ett sampel på 50-70 stockar skulle ge nästan lika bra noggrannhet som om alla stockar mättes. En förutsättning är att delmängden, t.ex. ett antal små kranknippen, kan vägas med tillräcklig noggrannhet. Någon motsvarande möjlighet att få en fullgod kontrollverksamhet, aserad på en delmängd, finns inte för travmätningen. Där måste hela mätenheten, dvs traven, kontrollmätas.

Sammantaget innebär detta att kontroll av vägning kan bli avsevärt billigare än kontroll av travmätning.

4.4 Fördelar respektive risker/nackdelar med vägning

Fördelar

1. Vägning är en mycket enkel och rationell metod.
2. För lövmassaved ger vägning med omvandling till volym något bättre mätnoggrannhet än den manuella eller automatiska travmätning som finns idag. Kan problemet med "torktravar" hanteras kan vägning bli avsevärt bättre.
3. Vägning bör inte få någon årstidsberoende systematisk avvikelse. Manuell travmätning har en viss sådan.
4. Kontrollmätningaspekter kan listas som fördel om man kan sampla enligt vad som beskrivs i kap 4.3. Kontroll av vägning kan bli billigare än kontroll av travmätning.

Risker/nackdelar

1. Delade leveranser/travar: I en vägningsmetod blir leveransen mätenhet. Det är mycket rationellt så länge hela lasten tillhör samma parti. Men vid samlast (flera leveranser på samma lastbil) måste varje del vägas separat. Är delningen travevis är problemet hanterbart. Bilen kan återvända till vägen efter att trave/travar lossats. Handlar det om delade travar, som är delade på sätt som omöjliggör separat lossning, blir det svårare. Ett sätt kan vara att deltravarna vägs vid lastning med den kran som

då används. Sker mätningen vid en bildmätplats kan travmätning (bildmätning) finnas som reservmetod.

2. Biometrias IT-stöd (VIOL/VIS, mätbesked, kontrollurval etc.) baseras på att fordonslaster mäts per trave. Huruvida det krävs utveckling för att hantera leveransvis mätning kan behöva utredas. I 5:2-metoden gjordes en fördelning på tre lika stora travar. Kanske för att få det att fungera i redovisningen?
3. Manuell travmätning har vissa årstidsberoende systematiska avvikelser. Vägning har istället en årstidsberoende tillfällig avvikelse.
4. Under sommarhalvåret påverkas virkets vikt av en rad faktorer, t ex väder, lagringstid och lagringsförhållanden. Det skulle kunna leda till dispyter om en skogsägare anser att dess virke hanterats så att det torkat mer än vad som kan anses rimligt.
5. På motsvarande sätt kan skogsägare, med hänvisning till ökat barkavskav, vara motvilliga till att avverka under savningsperioden.
6. Om vägning med omvandlingstal till volym tillämpas över större områden kommer det att behövas lokala eller regionala omvandlingstal. Det kan då framstå felaktigt att få olika betalt beroende på vilken industri man levererar till.

4.5 Slutsats - vägning har potential men kräver utveckling

För lövmassaved ger vägning i sin enklaste form, ”vägning med veckovisa omvandlingstal till volym under bark” endast liten förbättring gentemot manuell mätning eller automatisk mätning med ASTA. Beaktas resonemanget under kap 4.2.2 är den kanske försumbar. Ett införande kan därför knappast rekommenderas med mindre än att system för att hantera ”torktravar” utvecklas. Först då kan en avsevärd förbättring jämfört med travmätningssmetoder uppnås.

Vad gäller barrsortimenten är inte vägningsmetoderna tydligt bättre än manuell travmätning eller automatisk travmätning med ASTA. Däremot kan en vidareutvecklad AI-modell, enligt vad som beskrivs i kap 4.2.4, ha stora möjligheter att ge bättre mätnoggrannhet.

Denna undersökning visar därmed, främst för lövmassaveden, sämre mätnoggrannhet jämfört med vad tidigare studier av vägning gjort. Den främsta orsaken till detta torde vara den relativt höga andelen ”torktravar” (travar som visuellt bedömts vara onormalt torra). Varför den var så hög under den aktuella perioden har inte närmare studerats.

5 Referenser

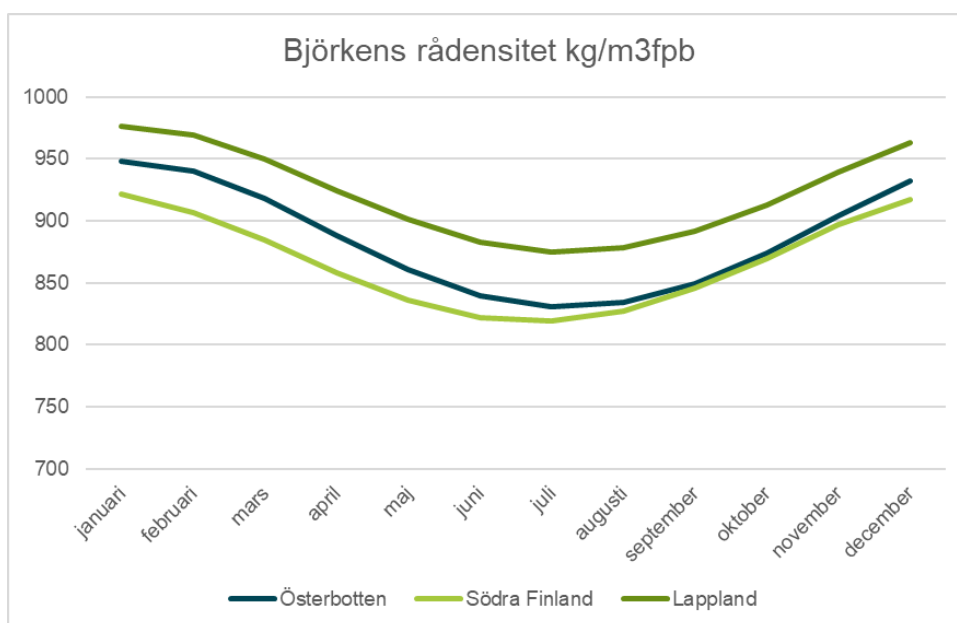
- Björklund L, Jägbrant S, Keisu T & Lenaers P. 2020. AI-stödd travmätning baserad på travbilder, vikt och skördardata. *Biometria*.
- Björklund L. 1988. Vägning av massaved med torrhaltsbestämning. Rapport nr 198. Inst för virkeslära, SLU, Uppsala.
- Hellmark S, Jägbrant, S. ASTA 2.0 – Volymmätning av virkestravar. *Biometria*.
- Hultnäs M. 2012. Weight scaling – Methods to determine the quantity of pulpwood. Doctoral thesis No 2012:34. Faculty of Forestry, SLU, Uppsala.
- Peterson O & Winqvist T. 1960. Vikt och fuktighetsvariationer hos björk under olika årstider. Rapport nr 28. Inst för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm.
- Tamminen Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I Tall. Rapport nr 41. Inst för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm.
- Tamminen Z. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II Gran. Rapport nr 47. Inst för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm.
- Tamminen Z. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. III Björk. Rapport nr 63. Inst för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm.
- Ölund, U. & Orvér, M. 1998. Vikt som hjälpmedel vid volymmätning. VMF Nord. Umeå.
- Ölund, U. & Selin, P. 1999. Vikt som hjälpmedel vid volymmätning. VMF Nord. Umeå.

Bilagor

Bilaga 1. Finska siffror på björkens rådensitet

I Finland tillämpas vägning i stor omfattning för massavedssortimenten. Det har därför funnits anledning till mer omfattande studier av virkets rådensitet. Nedan visas exempel på rådensitet (kg/m³fpb) för björk hämtade från finska Naturresursinstitutet (Luke). Rådensiteten är alltså lägre i södra Finland jämfört med Lappland. Dessa regionala skillnader kan kanske översättas till Sverige som underlag för en diskussion om behovet av regionala omvandlingstal.

Månad	Björk rådensitet "färskt virke"		
	Österbotten kg/m ³ fpb	Södra Finland kg/m ³ fpb	Lappland kg/m ³ fpb
januari	948	922	976
februari	940	907	969
mars	918	885	950
april	888	858	924
maj	861	836	901
juni	840	822	883
juli	831	819	875
augusti	834	827	878
september	849	846	892
oktober	874	870	913
november	904	897	939
december	932	917	963



Bilaga 2. Mikael Hultnäs, Weight scaling – Methods to Determine the Quantity of Pulpwood

I sin doktorsavhandling (Hultnäs 2012) studerade Mikael Hultnäs granmassaved som levererades till Braviken massabruk. Han beskrev rådensitet för ett stort antal leveranser under femårsperioden 2003-2007.

Resultaten visar stora likheter med föreliggande studie. Standardavvikelse per leverans var 5-7 % under september – maj, och 8-9 % juni-augusti. En vägningmetod utan ytterligare hjälpvariabler skulle då ge något lägre noggrannhet jämfört med travmätning. Figur 3 baseras på en modell där väderdata ingår. Väderfaktorerna gav dock mycket liten sänkning av standardavvikelsen.

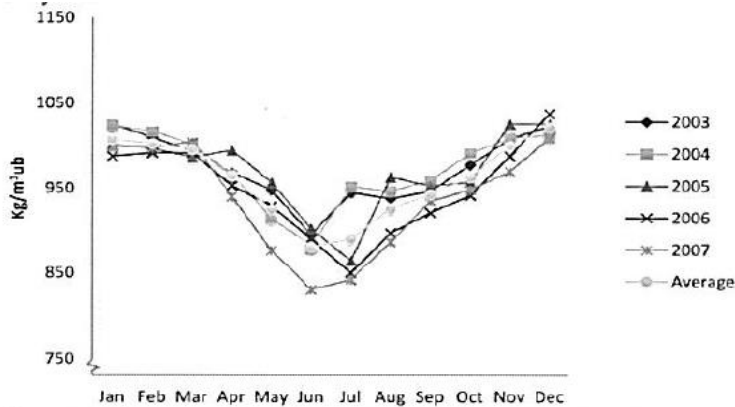


Figure 1. The mean values for the green density of spruce pulpwood arriving at Braviken pulp and paper mill for years 2003-2007.

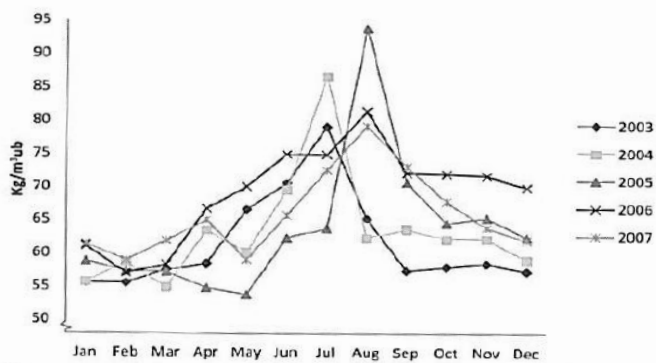


Figure 2. The standard deviation of the green density of the arriving spruce pulpwood at Braviken pulp and paper mill for the years 2003-2007.

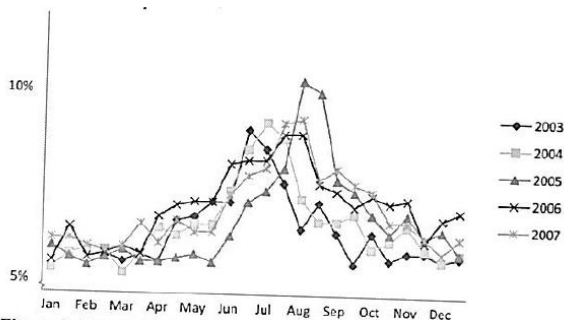


Figure 3. The standard deviation for the ratio between the measured and predicted density values for trucks with pulpwood that arrived at Braviken pulp and paper mill during the years 2003-2007.