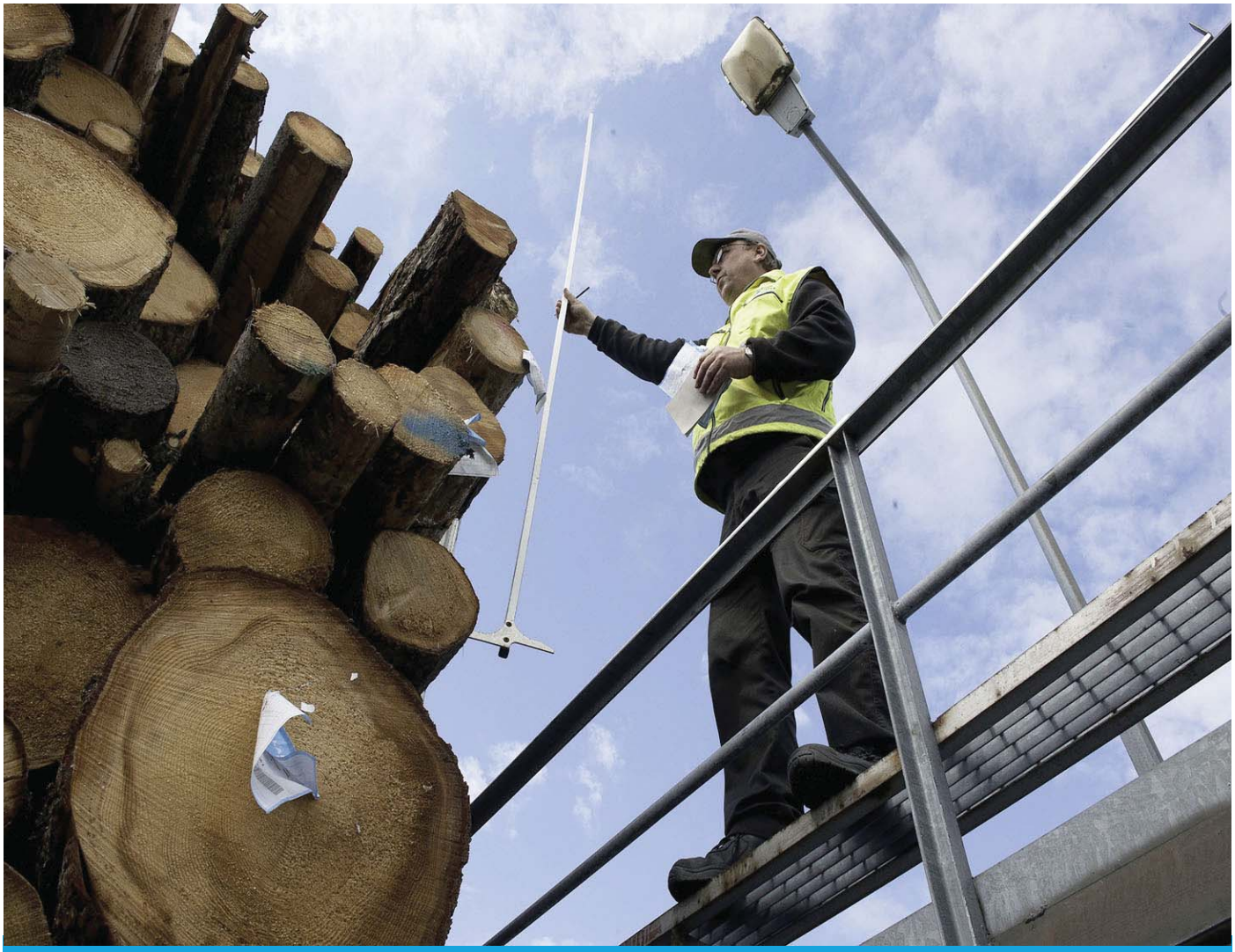


Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 934–2017

Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave

– en statistisk och ekonomisk analys

Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks

– a statistical and economical analysis

Anders Bjurulf, Gunnar Jansson, Tomas Thierfelder och Maria Nordström

SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 934-2017
I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:
Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave – en statistisk och ekonomisk analys.

Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis.

Bildtext:
Manuell mätning av rundvirke på lastbil från mätbrygga.
Fotograf: VMF Qubera.

Ämnesord:
Virkesmätning, massaved, travmätning, mätmetoder, kartläggning.
Timber measurement, pulpwood, stack measurement, measurement methods, survey.

Redigering och formgivning:
Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

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

Anders Bjurulf, SkogD, Optima Wood. Mångårig erfarenhet från olika delar av skogsbranschen, både i Sverige och utomlands. Var bland annat varit chef för den norska virkesmätningen mellan 2009 och 2014.

Gunnar Jansson, SkogD/Docent. Anställd vid Skogforsk sedan 1979. Arbetar med skogsträdsförädling.

Tomas Thierfelder, PhD/bitr.prof., SLU. Forskare inom biometri och systemanalys med speciellt fokus på tillämpad statistik med miljö- och geoinriktning. Tillämpningarna ligger både inom Sverige och internationellt.

Maria Nordström, TeknLic. Jobbar sedan 2008 med frågor kring virkesvärde på Skogforsk. Fokus ligger på utveckling av dimensionsmätning i skördare, kvalitetssäkring samt användning av skördardata.

Abstract

For the individual forest owner, a timber sale is often of great economic value, so it is important that the basis of the price, i.e. timber measurement, is accurate, while keeping the cost of measurement down. Measuring timber in stacks instead of measuring individual logs is a cost-effective way that is widely used for both pulpwood and timber, but the method is associated with greater unreliability in measurement. For large suppliers, this is of limited significance, assuming the systematic measurement error is minimised over time. For small suppliers, however, the unreliability may have a greater impact.

The project described here contains a review of current and future stack measurement methods, analyses of measurement accuracy and costs, and a review of the statistical methods used in timber measurement. The perspective of the individual forest owner has been in focus.

Most of the variation in stack measurement is random, and is caused by uncertainty regarding the measurement official's estimate of stack height, width, length, solid volume percentage and reject proportion.

The biggest costs in timber measurement are the direct cost of the measurement official and indirect logistical costs in the form of non-productive standstill time for timber trucks.

The current model involves multiplicative collective conversion using random samples. A proposal is that this be replaced by additive models that are more robust and enable follow-up and improvement through standard-based quality controls. Another proposal is that the small supplier is represented more than the large supplier in the random sample.

A recommended model for greater cost-effectiveness is based on harvester measurement in the first step of the supply chain. The advantages are reduced lead times in the transaction with the forest owner and greater flexibility in bucking to match the requirements of the purchasing mill. Measuring volumes with the harvester can also reduce the mean error for the small supplier compared with traditional stack measurement.

Förord

Denna rapport utgör slutrapport från projektet ”Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave”, finansierat av Brattås- och Rundvirkesstiftelserna. Vi skulle vilja tacka alla er som på olika sätt bidragit under projektets genomförande! Ett särskilt tack till SDC som hjälpt oss med data till våra analyser samt de tre virkesmätningsföreningarna som varit behjälpliga med data, som diskussionspartner samt med faktagranskning av projektets rapporter.

Uppsala i april 2017

Anders Bjurulf, Gunnar Jansson,

Tomas Thierfelder och Maria Nordström

Innehåll

Förord 1

Sammanfattning 4

Bakgrund 6

Syfte och mål 7

Material och metoder 7

Data till statistiska analyser 7
Material från VMF Syd 7
Material från VMF Qbera och VMF Nord 8
Statistisk modell 9
Analys av mätmetodernas noggrannhet 10
Data till ekonomiska analyser 11
Skattning av kostnader vid travmätning 11
Direkta kostnader för mätningsmomentet 12
Kapitalkostnader för mätutrustning 13
SDC-kostnader och licenser 13
Kostnader för traktorhantering av provtravar 13
Kostnader kopplade till mätplatsens logistik 14

Resultat 15

Variansanalys 15
VMF Syd 15
VMF Qbera 18
VMF Nord 21
Noggrannhet i volymskattningen 24
Kostnader i samband med virkesmätning 29
Kostnader för mätningsmomentet 31
Kapitalkostnader för mätutrustning 35
SDC-kostnader och licenser 36
Kostnader för traktorhantering av stickprovstravar 37
Kostnader kopplade till mätplatsens logistik 37

Diskussion 43

Variansanalys och mätnoggrannhet 43
Kostnadsdrivare 45

Bemannad mätplats eller fjärrmätning 45
Virkesbilarnas tid för stillestånd vid mätning....46
Mätning med eller utan kollektivomräkning 47
Mätmetodens noggrannhet....48
Räntenivå....49
Kostnad för risk 50
Incitament för kostnadseffektivitet i virkesmätningen 51
Alternativ för ökad kostnadseffektivitet i mätningen med minst bibehållen noggrannhet 51
Volymbaserad travmätning 51
Utveckling av fjärrmätningsmetoder....51
Förbättrad logistik på mätplatsen 52
Beslutstöd för virkesmätare baserade på skördardata....53
Mer robusta statistiska modeller och kvalitetskontroll 53
Betalningsgrundande volymmätning med skördare....56
Viktbaserade metoder 56
Slutsatser....57
Behov av vidare studier 58
Referenser....58
Personliga meddelanden 59
Bilaga 1 – VMF Nord prislista 2015....61
Bilaga 2 Genomsnittliga varianser och standardavvikelser för barrmassaved och granmassaved, per virkesmätningsförening 63
Bilaga 3 Kostnader för mätning av rundved i trave, per mätmetod och storlek på mätplats....65
Bilaga 4 Kapitalkostnadskalkyl för investering i mätutrustning, per mätmetod och storlek på mätplats 67
Bilaga 5 Analys av kollektivstorlekens betydelse för mätningskostnaden....69
Bilaga 6 Resultat av regressionsanalyser i SAS....71

Sammanfattning

För den enskilde skogsägaren innebär en virkesaffär ofta ett stort ekonomiskt värde. Det är då viktigt att betalningsgrunden för affären, d.v.s. virkesmätningen, är korrekt samtidigt som kostnaden för mätningen hålls nere. Travmätningsmetoden är en rationell mätmetod som används i stor utsträckning för massaved och bränsleved, men också för mätning av timmer. Det är betydligt mer tidseffektivt, och därmed billigare, att mäta med trave som enhet än att mäta varje enskild stock separat. Travmätningsmetoderna är dock behäftade med en större osäkerhet i mätningen, vilket kan uttryckas i termer av standardavvikelse. För större leverantörer får volymfel i enskild leverans begränsad betydelse, så länge det systematiska mätfelet minimeras över tid. Den mindre leverantören som kanske bara gör en virkesaffär per år, eller ännu mera sällan, riskerar däremot att drabbas av osäkerheten i metoderna för att bestämma volym och värde på leveranserna.

Mot bakgrund av detta är det därför angeläget att utvärdera noggrannheten och kostnadsbilden för de metoder som används för att mäta rundved i trave i dag samt genomlysa vilka möjligheter det finns att öka kostnadseffektiviteten i virkesmätningen med bibehållen eller ökad noggrannhet i mätningen.

Det projekt som beskrivs i denna rapport innehåller kartläggning av dagens och morgondagens travmätningsmetoder, analys av mätnoggrannheten, analys av de ekonomiska förutsättningarna vid mätningen samt en översyn av den statistiska metodik som används inom travmätningen.

En sammanställning av data från de tre virkesmätningsföreningarna visar att volymen från den enkla travmätningen kan variera uppåt eller nedåt med 20 procent från den stockvis kontrollmätta volymen av traven. Variationen är något större i norra Sverige än i södra Sverige.

En uppdelning av variationen i sina olika delkomponenter visar att slumpmässig variation (s.k. residualvarians) utgör den största delen av spridningen mellan mätningar. Residualvariansen beror på mätmetodens osäkerhet när det gäller virkesmätarnas skattning av travens höjd, bredd, längd, fastvolymprocent och vrakandel. Det näst största bidraget till variansen kommer från variationen mellan enskilda mätare. Variationen som utgörs av skillnader mellan olika kollektiv är ofta inte signifikant.

Variationen är lägst för gran, sedan kommer tall och löv i nämnd ordning. Timmer har lägre variation än massaved. Mätmetod 5–2 ger lägre slumpmässig variation och obetydlig variation mellan mätare i jämförelse med mätmetod 3–2, vilket sannolikt beror på att vägningsmomentet ersätter en manuell skattning.

Resultaten baserat på de modeller och varianskomponenter som skattats i studien visar att mätnoggrannheten i dagens metoder ligger inom Skogsstyrelsens krav.

De största kostnaderna som uppkommer i samband med virkesmätning är den direkta kostnaden för virkesmätare samt indirekta logistikkostnader i form av stilleståndstid för virkesbilar i kö samt under mätning. Andra kostnadsposter utgörs av kapitalkostnader för mätutrustning, traktorhantering av stickprovstravar samt avgifter till SDC i form av licenser etc. Kostnadernas relativa fördelning skiljer sig mellan olika typer av travmätning (mätning från brygga, volymsskattning via vikt, fjärrmätning eller GPV Mabema) samt storleken på mätplatsen.

Den ekonomiska analysen identifierar följande kostnadsdrivare:

- **Mätplatsernas bemanning** – Fjärrmätning ger möjlighet till optimering av bemanningen jämfört med den situation då en mätare måste finnas på plats vid mätstationen för att genomföra mätningen. Detta ökar produktiviteten, vilket sänker kostanden per m^3fub.
- **Virkesbilarnas tid för stillestånd vid mätning** – Travmätning vid mätbrygga innebär stillestånd för lastbilen innan lossning. Volymskattning via vikt (5–2) samt bildmätning innebär i dagsläget det kortaste stoppet. Utveckling pågår för att korta stoppet vid bildmätning ytterligare genom chaufförsavlämning.
- **Mätning med eller utan kollektivomräkning** – Hanteringen av slumpade stickprovstravar som tillkommer när mätmetod 3 kompletteras med en justering av volymen per trave med ett kollektivvis beräknat omräkningstal innebär en extra kostnad. Hur stor kostnaden blir per m^3fub beror på strukturen för indelning i kollektiv, mätmetodens inneboende noggrannhet samt krav på precision i mätningen.
- **Räntenivå** – I dagsläget är räntorna låga. Med ökad ränta följer ökade kapitalkostader, vilket framför allt drabbar de mer kapitalintensiva mätmetoderna.
- **Kostnad för risk** – Skulle marknaden ha lågt förtroende för en mätmetod innebär det i teorin kostnader för att kompensera för denna bedömda risk. Denna kostnad bör vara inbakad i virkespriset och är därmed svår att uppskatta.

Den metodik som i dag används inom travmätning med kollektivomräkning, där man via omräkningstal beräknade från slumpmässigt valda och kontrollmätta stickprov justerar för systematiska mätfel, är multiplikativ till sin natur. Detta innebär en del besvärande egenskaper när modellen opererar på slumpvariabler. I stället föreslås en övergång till additiva modeller som är mer robusta och möjliggör uppföljning och förbättringsarbete genom standardmässig kvalitetskontroll. Med hänsyn till den mindre leverantören rekommenderas en metod där de enskilda leverantörernas andel i kollektivet utgör grund för deras representation i stickprovet. Denna metod säkerställer att mindre leverantörer, som är mer utsatta för variationen i mätmetoden, i högre grad är representerade i stickprovet än större leverantörer.

Som en följd av detta behöver sannolikt inte de större leverantörerna bidra till travmätningsprocessen med mer än en bråkdel av sitt virkesparti utan att någon märkbar precision går förlorad, vilket öppnar för en mätmetod i tre steg. Det första steget blir fastställande av antalet leveranser, andra steget är kvantifiering av leveransen innehåll utifrån en modell baserad på utfallet av ett stickprov av travmätta leveranser och det tredje och sista steget är stockvis kontrollmätning av ett urval av de travmätta leveranserna. I dag travmäts hela kollektivet, och skillnaden kan betyda mycket i termer av kostnadseffektiv virkesmätning.

Om man accepterar skilda mätningar i första och andra handelsledet (mot skogsägare respektive industrikund) så öppnas många möjligheter till mer rationella mätmetoder. Ett rekommenderat upplägg bygger på ersättningsgrundande skördarmätning i första handelsledet följt av en rationell mätning i det andra handelsledet. Denna modell har fördelen av minskade ledtider i affären med skogsägaren kombinerat med ökad flexibilitet i apteringen mot köpande industri. Att mäta volymer med skördaren kan dessutom ge den mindre leverantören ett lägre medelfel än vid traditionell travmätning.

Bakgrund

För den enskilde skogsägaren innebär en virkesaffär ofta ett stort ekonomiskt värde. Det är då viktigt att betalningsgrunden för affären, d.v.s. virkesmätningen, är korrekt samtidigt som kostnaden för mätningen hålls nere. Travmätningsmetoden är en rationell mätmetod som används i stor utsträckning för massaved och bränsleved, men också för mätning av timmer. Det är betydligt mer tidseffektivt, och därmed billigare, att mäta med trave som enhet än att mäta varje enskild stock separat. Travmätningsmetoderna är dock behäftade med en större osäkerhet i mätningen, vilket kan uttryckas i termer av standardavvikelse. För större leverantörer får volymfel i enskild leverans begränsad betydelse, så länge det systematiska mätfelet minimeras över tid. Den mindre leverantören som kanske bara gör en virkesaffär per år, eller ännu mera sällan, riskerar däremot att drabbas av osäkerheten i metoderna för att bestämma volym och värde på leveranserna.

Mot bakgrund av detta är det därför angeläget att utvärdera noggrannheten och kostnadsbilden för de metoder som används för att mäta rundved i trave i dag samt genomlysa vilka möjligheter det finns att öka kostnadseffektiviteten i virkesmätningen med bibehållen eller ökad noggrannhet i mätningen.

Rapporten utgör slutrapport i projektet ”Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave”, finansierat av Brattås- och Rundvirkesstiftelserna. Arbetet har finansierats av Brattås- och Rundvirkesstiftelserna. Delprojekten ”Kartläggning av dagens metoder för mätning av rundved i trave” (Bjurulf & Nordström, 2017), ”Kartläggning av dagens användning av statistiska metoder inom virkesmätning i trave” (Jansson & Nordström, 2017) samt ”Statistisk metodik för virkesmätning” (Thierfelder, 2017) utgör separata delrapporter.

Syfte och mål

Syftet med studien var att identifiera möjliga utvecklingsvägar för att, inom ramen för dagens virkesmätningsmetoder med trave som enhet, öka kostnadseffektiviteten i mätmetoderna med bibehållen eller ökad noggrannhet i mätningen. Särskilt fokus skulle ligga på affären mellan enskilda skogsägare och virkesköpande organisation, dvs. handelsled ett. Ytterligare ett syfte med studien var att föreslå nya/alternativa metoder och arbetssätt med potential att öka kostnadseffektivisering med minst bibehållen noggrannhet i mätningen.

Projektets mål var att:

- Statistiskt utvärdera noggrannheten i metoderna 3, 3–2 samt 5–2 (se definition på sidan 11) på trav-, leverans-, parti-, mätplats- och kollektivnivå genom att skatta varianskomponenter för de faktorer som påverkar noggrannheten.
- Utvärdera kostnadsbilden för de traditionella metoderna 3, 3–2, 5–2 samt de kommande fjärrmetoderna bildmätning och Mabema GPV.
- Ur ett statistiskt perspektiv utvärdera dagens metodik för stickprovsbaserad omräkning av den travmätta volymen för att justera för systematiska fel och vid behov föreslå förändringar i metodiken.
- Förslå alternativa arbetssätt och kombinationer av mätmetoder med potential att öka flexibilitet och kostadseffektivitet med minst bibehållen noggrannhet i mätningen, till nytta för enskilda skogägare.

Material och metoder

DATA TILL STATISTISKA ANALYSER

Material från VMF Syd

Data för VMF Syd kommer direkt från virkesmätningsföreningen. De kontrollmätta travarnas brutto- och nettovolymer (före respektive efter avdrag för skador och vrak) från 2011 till 2015 fanns beräknade dels för den ordinarie mätningen, dels för kontrollmätningen. Den procentuella differensen beräknades som:

$$Bruttodiff = \frac{Kontroll_{brutto} - Ordinarie_{brutto}}{Ordinarie_{brutto}} \times 100$$

$$Nettodiff = \frac{Kontroll_{netto} - Ordinarie_{netto}}{Ordinarie_{netto}} \times 100$$

Ett negativt värde på differensen innebär att travmätningen överskattar volymen, medan ett positivt värde innebär att travmätningen underskattar volymen jämfört med kontrollmätningen. Differensen har därmed uttryckts på samma sätt som vid beräkning av omräkningstalet som ska korrigera för systematiska skillnader i travmätningen hos VMF Qbera och VMF Nord.

Material från VMF Qbera och VMF Nord

Data från VMF Qbera och VMF Nord kommer från SDC. Data analyserades för tre år; 2013/14, 2014/15 och 2015/16 där brytpunkten är första augusti för respektive år. För VMF Qbera och VMF Nord har beräkningarna som beskrivs nedan gjorts för att beräkna brutto- och nettovolymer. Timmer har omräknats från toppmätt volym till m^3fub. Beteckningarna följer de rubriker som finns i datafilerna från SDC.

Där:

KVANT_TOT = Bruttokvantitet i det travmätta.

VRAKAVDEL = Vrakandel i det travmätta.

KVANTITET_O = Bruttokvantitet efter avdrag i det stockmätta.

AVDRAG_O = Avdragskvantitet i det stockmätta.

VRAKANDEL = Vrakandel i det stockmätta.

$$Bruttovolym\ travmätt = KVANT_TOT$$

$$Bruttovolym\ stockmätt = KVANTITET_O + AVDRAG_O$$

$$Nettovolym\ travmätt = KVANT_TOT \times (1 - VRAKAVDEL)$$

$$Nettovolym\ stockmätt = KVANTITET_O \times (1 - VRAKANDEL)$$

Den procentuella differensen beräknades som:

$$Bruttodiff = \frac{KVANTITET_O + AVDRAG_O - KVANT_TOT}{KVANT_TOT} \times 100$$

$$Nettodiff = \frac{KVANTITET_O \times (1 - VRAKANDEL) - (KVANT_TOT - VRAKAVDEL)}{KVANT_TOT \times (1 - VRAKAVDEL)} \times 100$$

STATISTISK MODELL

En statistisk modell ställdes upp för att identifiera vilka faktorer som bidrar till den totala variationen och hur mycket var och en av faktorerna bidrar till variationen. Detta gjordes genom att skatta variansen för olika faktorer. Eftersom varianser är additiva kan den totala variansen delas upp i delkomponenter som sedan kan användas för att skatta noggrannheten på olika nivåer. Vi har valt att i figurerna redovisa varianskomponenter för att visa hur stor andel av den totala variansen som utgörs av olika komponenter.

De statistiska analyserna gjordes sortiments- och trädlagsvis för brutto- respektive nettovolym där alla faktorer i modellen betraktats som slumpmässiga. Modellerna har anpassats efter förutsättningarna i de tre virkesmätningsföreningarna, t.ex. varierar kollektivuppdelningen för massaved där:

- VMF Syd inte har någon uppdelning i kollektiv
- VMF Qbera har ett kollektiv per sortiment och köpare
- VMF Nord har ett kollektiv per sortiment och kombination köpare-säljare

Ett kollektiv omfattar hos VMF Qbera och VMF Nord en eller ett fåtal mätplatser.

Statistisk modell för VMF Syd

$$Proc\ avvikelse = mätplats + mätare(mätplats) + residual$$

Statistisk modell för VMF Qbera och VMF Nord

$$Proc\ avvikelse = kollektiv + mätare(mätplats) + residual$$

Där de slumpmässiga effekterna antas oberoende av varandra och fördelade enligt $N(0, \sigma^2_{kollektiv})$, $N(0, \sigma^2_{mätplats})$, $N(0, \sigma^2_{mätare(mätplats)})$ och $N(0, \sigma^2_{residual})$.

Alternativa modeller testades med olika kombinationer av faktorerna i modellen nedan:

$$\begin{aligned} Proc\ avvikelse \\ &= HKODK + URSPLED1 + HKODK \times URSLED1 \\ &+ kollektiv + mätplats(kollektiv) + mätare(mätplats) \\ &+ residual \end{aligned}$$

Där:

HKODK är huvudkod köpare.

URSPLED1 anger virkets ursprung, d.v.s. egen skog, rotpost, avverkningsuppdrag etc.

Kombinationen HKDOK och URSPLED1 har använts för att beskriva leverantör. Analyserna har gjorts allt från en faktor i taget till alla faktorerna samtidigt.

Analys av mätmetodernas noggrannhet

Osäkerheten i en viss mätmetod kan beskrivas genom att ange ett konfidensintervall inom vilket det sanna mätvärdet, med en angiven nivå av sannolikhet, ligger. Genom att i formeln nedan sätta in skattade värden på varianser från respektive virkesmätningsförening och lämpliga antal för travar, mätare och mätplatser kan noggrannheten för en viss metod beräknas på trav-, leverans- och partinivå. Konfidensintervallet skattats som:

$$\pm\, t \times \sqrt{\frac{var(mätplats(kollektiv))}{n_1} + \frac{var\big(mätare(mätplats)\big)}{n_2} + \frac{var(residual)}{n_3}}$$

Där:

t =t-värde för 99 procentigt konfidensintervall, vid stora stickprov närmar sig detta värde 2,58. Vid ett stickprov på 40 observationer blir värdet 2,70. I beräkningarna har vi förutsatt att varianskomponenterna är skattade i stora stickprov och därför använt 2,58.

n_1 = antal mätplatser som ingår i kollektivet.

n_2= antal mätare som ingår i stockmätningen för ett specifikt kollektiv.

n_3= antal travar som stockmätts inom kollektivet.

Standardavvikelsen kan beräknas som:

$$standardavvikelsen = \sqrt{variansen}$$

På kollektiv- och mätplatsnivå har konfidensintervallet beräknats som:

$$\pm\, t \times \sqrt{\frac{var(residual)}{n}}$$

I detta fall beror n på hur många travar som stockmätts på kollektiv- respektive mätplatsnivå. Vi antar att n är ett slumpmässigt stickprov som representerar kollektivet respektive mätplatsen.

Skattningen av konfidensintervallet bygger på att vi har fångat de faktorer som påverkar variationen på ett riktigt sätt och att alla relevanta faktorer ingår.

DATA TILL EKONOMISKA ANALYSER

Underlag för att skatta kostnader, produktivitet etc. kommer i huvudsak från VMF Qbera, VMF Nord och SDC. Produktivitetsdata från Norsk Virkesmåling har också använts som referens. Data kompletterades med material från intervjuer med tjänstemän och annan branschexpertis.

SKATTNING AV KOSTNADER VID TRAVMÄTNING

I Sverige förekommer i huvudsak åtta olika metoder för travmätning som kan kombineras i olika stickprovssystem (Bjurulf & Nordström, 2017). Den här rapporten inkluderar ekonomiska analyser av de vanligast förekommande metoderna samt de fjärrmätningsmetoder som är på väg att introduceras på bred front:

- Traditionell travmätning från mätbrygga med respektive utan kollektivomräkning (metod 3 respektive 3–2).
- Uppskattning av volym via vikt (metod 5–2).
- Bildmätning (metod 3 respektive 3–2).
- GPV Mabema (metod 3 respektive 3–2).

Analysen inkluderar både kostnader som är direkt kopplade till mätningsmomentet och mätutrustningen samt mer indirekta kostnader knutna till logistiken på mätplatsen. De analyserade kostnaderna är av fem typer:

- Direkta kostnader för mätningsmomentet.
- Kapitalkostnader för mätutrustning.
- SDC-kostnader och licenser.
- Kostnader för traktorhantering av stickprovtravar.
- Kostnader kopplade till mätplatsens logistik.

Samtliga kostnader är uttryckta i enheten kronor per m^3fub.

Utöver de ovan beskrivna kostnaderna har mätplatsägaren också kostnader för markhyra, underhåll, snöröjning och städning av mätkontor. Speciellt kostnaden för markhyra kan i realiteten vara hög på vissa platser, men blir sällan kalkylerad då mätplatsen ofta är integrerad med övrig logistikverksamhet. Med hänsyn till osäkerheten och den stora variationen mellan mätplatser är dessa kostnader inte inkluderade i analyserna.

Kostnadsbilden påverkas naturligtvis av hur stora volymer som hanteras på en viss mätplats. För samtliga metoder har analyser genomförts för tre olika storlekar på mätplatser:

- **Stor** (av typen massaindustri), med kapacitet för 1 500 000 m^3fub rundved och 500 000 m^3fub flis.
- **Mellanstor** (av typen stor terminal eller liten industri), med kapacitet för 500 000 m^3fub rundved.
- **Liten** (av typen mindre terminal), med kapacitet för 150 000 m^3fub rundved.

Direkta kostnader för mätningsmomentet

Kostnaderna för mätningsmomentet beräknades genom att dividera timkostnad enligt listpris med en produktivitet som är representativ för aktuell mätmetod och storlek på mätplats.

Normalvärde för produktivitet (uttryckt som m^3fub/timme) skattades från virkesmätningsföreningarnas produktivitetsuppföljning (J. Granberg, pers. medd., 2016; A. Øvrum, pers. medd., 2016) för 2014 samt produktivitetsstatistik från VMF Qbera, 2009. (M. Hansson, pers. medd., 2016).

I produktivitetsdata från VMF Nord ingår stickprovsmätning, i produktivitetsdata från NVM ingår egenkontrollmätning. Egenkontrollen består av ett stickprovsuttag av den vanliga mätningen som mäts med en noggrannare metod för att få statistik på mätplatsnivå. Den utförs av de ordinarie mätarna på en mätplats under lugnare perioder på arbetsdagen.

Kontrollmätning ingår varken i VMF Nords eller i NVM:s produktivitetsdata, men är inbakad i timpriset som mätplatsägaren får betala.

Timkostnaden är tagen från VMF Nords prislista 2015 (Bilaga 1).

Kostnaderna för mätningsmomentet för en given mätmetod och storlek på mätplats beräknades i kronor per m^3fub med nedanstående formel.

$$Mätningskostnad = \frac{timkostnad}{produktivitet}$$

För fjärrmätningsmetoderna tillkommer extrakostnader för kontorslokaler. Dessa kostnader har hanterats i enlighet med VMF Nords prislista för mätuppdrag (Bilaga 1).

I produktivitetstalen för bildmätningsmetoden från VMF Nord ingår inte stockmätning av stickprovstravar. Ett kostnadstillägg för mätning av stickprov beräknades utifrån produktivitetsstatistik från VMF Nord och adderades till grundkostnaden för bildmätningen.

Kapitalkostnader för mätutrustning

I analysen beräknades en genomsnittlig årskostnad över investeringens hela ekonomiska livslängd. Därmed kan kapitalkostnaden uttryckas per kubikmeter, vilket gör den jämförbar med övriga kostnader. I kapitalkostnader inkluderas här:

- Kostnad för kapitalförslitning (resursen förbrukas), bokföringsmässigt uttryckt som avskrivningar
- Avkastningskrav på investerat kapital, uttryckt som kalkylräntekostnad

Rak avskrivning användes och restvärdet antogs vara noll när den beräknade ekonomiska livslängden har nåtts. Den årliga avskrivningen blir därmed:

$$\textit{Årlig avskrivning under den ekonomiska livslängden} = \frac{\textit{investeringskostnad} - \textit{restvärde}}{\textit{ekonomisk livslängd}}$$

Finansieringen antas utgöras av eget kapital till en antagen räntesats, vilket innebär att ingen skatteeffekt på lånat kapital har inkluderats. Som kalkylräntesats användes 5 procent. Räntekostnaden blir hög första året då restvärdet fortfarande är hela investeringsbeloppet, men i och med de årliga avskrivningarna minskar kapitalet som ska förräntas för varje år och då den ekonomiska livslängden har nåtts är såväl restvärde som räntekostnad noll. Den genomsnittliga årliga räntekostnaden beräknas som:

$$\textit{Årlig räntekostnad under den ekonomiska livslängden} = \frac{\textit{kalkylränta} \times \textit{investeringskostnad}}{2}$$

För att få kapitalkostnaderna i samma enhet som övriga kostnader – kronor per m^3fub – dividerades årlig kapitalkostnad (för avskrivning respektive räntor) med årligt hanterad volym.

SDC-kostnader och licenser

SDC äger datautrustning, inmätningssystem och redovisningssystem. Dessa kostnader fakturerar SDC direkt till mätplatsägaren. Analyserna baserades på SDC:s prislista från 2016 och kostnaden uttrycktes i kronor per m^3fub.

Många licenser som behövs för att kunna genomföra mätningen tillhandahålls av SDC till en kostnad. Mätplatsägarna kan också ha kostnad för andra mätningsrelaterade licenser, t ex för GPV Mabema och bildmätning. Kostnad för denna typ av licenser baseras på uppgifter från SCA (M. Yngvesson, pers. medd. 2016).

Kostnader för traktorhantering av provtravar

Mätplatsägaren har kostnader för hantering av stickprovstravar med truckar. I analyserna har dessa kostnader baserats på uppgifter från SCA (M. Sundelin, pers. medd. 2016).

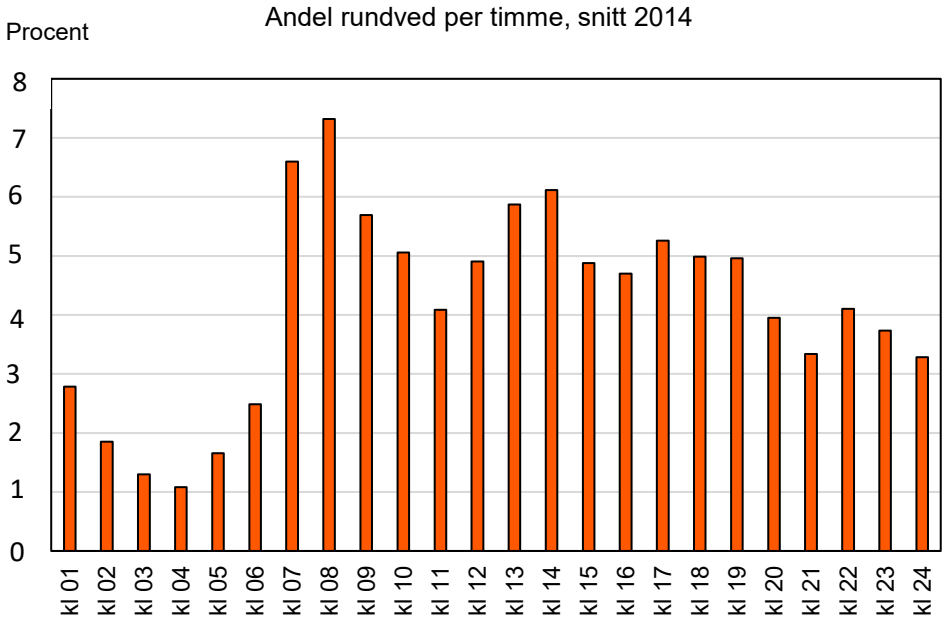
Kostnader kopplade till mätplatsens logistik

Virkesmätning är en del i en logistikkedja och travmätning genomförs normalt vid industri innan lastbilen har lastat av virket. En lastbil som står stilla under mätning eller i kö i väntan på mätning genererar kostnader – både kapitalkostnad för lastbilsinvesteringen och lönekostnader för chauffören. I analysen ingår tre typer av logistikkostnader:

- Kostnad för virkesbilens stopp under mätningsmomentet.
- Kostnad för virkesbilens kötid innan mätning.
- Kostnad för virkesbilens väntetid orsakad av begränsningar i mätstationens öppettider (flaskhalsproblematik).

Den genomsnittliga tidsåtgången för att mäta in en lastbil kommer från litteraturstudier och intervjuer med virkesmätningsföreningar (Orvér, 1998; T. Näslund, pers. medd., 2016; J. G. Heggestad, pers. medd., 2016). Som stilleståndskostnad för en lastbil med chaufför användes 14 kronor per minut (M. Brindbergs, pers. medd., 2016).

Kötiden påverkas av inkörningsmönstret på mätplatsen. (Figur 1) illustrerar ett typiskt sådant mönster på en mätplats där de flesta transportörer kör 2-skift, men några kör också nattetid.



Figur 1.
Inkörningsmönster för rundved på ett stort massabruk i Sverige med nattöppet (M. Sundelin, pers. medd., 2016).

Kötiden skattades på följande vis:

- Inkörningsmönster i (Figur 1) användes för att beskriva en stor mätplats med öppet dygnet runt. För fallet med en mellanstor mätplats skalades flödet ner till att motsvara 2-skift öppethållande och för fallet liten mätplats omformades flödena till enkelskift. Detta ger en genomsnittlig volym per timme på dagen för de tre fallen.

- Utifrån tiden för att mäta in en lastbil för de olika mätmetoderna räknades normalkapaciteten med normal bemanning ut för de tre fallen för mätplatsstorlekar.

- Slutligen gjordes en separat analys över hur stor andel av lastbilarna som måste vänta och hur länge. Därefter kunde en teoretisk genomsnittlig väntetid beräknas.

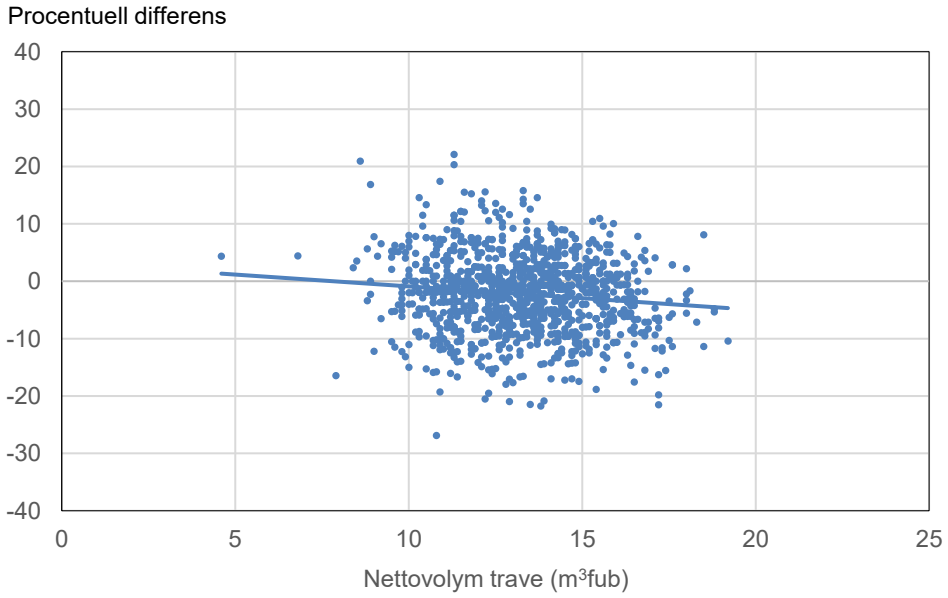
I praktiken varierar inkörningsmönster starkt mellan olika mottagningsplatser och olika dagar. För att simulera variation i våra statiska flöden gjordes flödesvariationssimuleringar, där dagsvolymerna varierades med ±30 procent.

Resultat

VARIANSANALYS

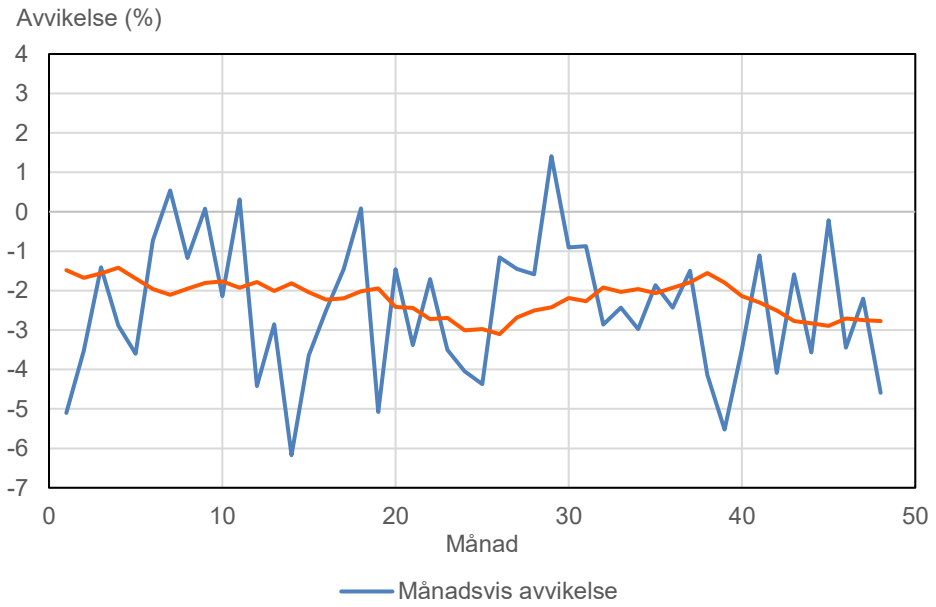
VMF Syd

Avvikelsen mellan nettovolym från den enkla travmätningen och resultatet från stockmätningen visar stor variation (Figur 2). Standardavvikelsen ligger på 6,8 procent. Avvikelsen för enskilda travar ligger i intervallet ±20 procent från medelvärdet och i några fall även utanför detta intervall. Travmätningen ger en överskattning av nettovolymen jämfört med stockmätningen. Det finns en tendens att travmätningen drar mot travarnas medelvolym, d.v.s. små travar har en mindre procentuell avvikelse än stora travar.



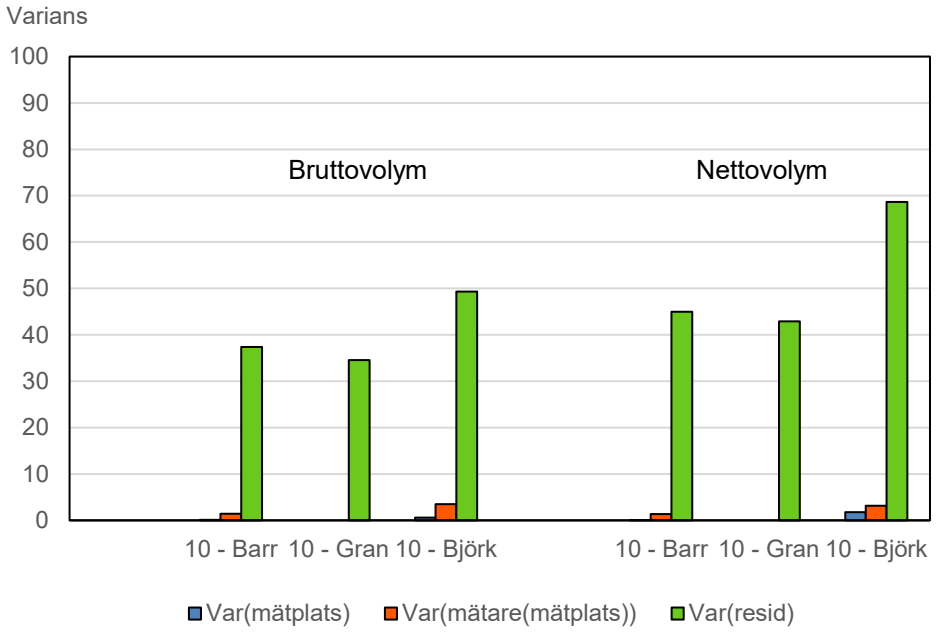
Figur 2.
Samband mellan den procentuella avvikelsen mellan travmätt och kontrollmätt nettovolym mot den travmätta nettovolymen hos VMF Syd. Linjen visar trenden i data.

Jämförelse av glidande medeltal för senaste 12-månaders perioden och senaste månadens värde visas i (Figur 3). Inom VMF Syd görs ingen omräkning för brutto- och nettovolym, men för de två andra virkesmätningsföreningarna görs en omräkning baserad på de senaste 12 månaderna. Denna figur visar hur den procentuella differensen skiljer sig mellan de senaste 12 månaderna och den aktuella månadens avvikelse. Bakom varje punkt i den månadsvisa kurvan ligger i medeltal 24 observationer med en variation mellan 14 och 40 observationer. Medeltalskurvan har i genomsnitt cirka 290 observationer bakom varje månads värde. Avvikelserna ligger i intervallet –1,4 procent till –3,0 procent. Kurvan illustrerar den variation man kan förvänta sig i omräkningstal för kollektiv som bygger på liknande antal observationer.



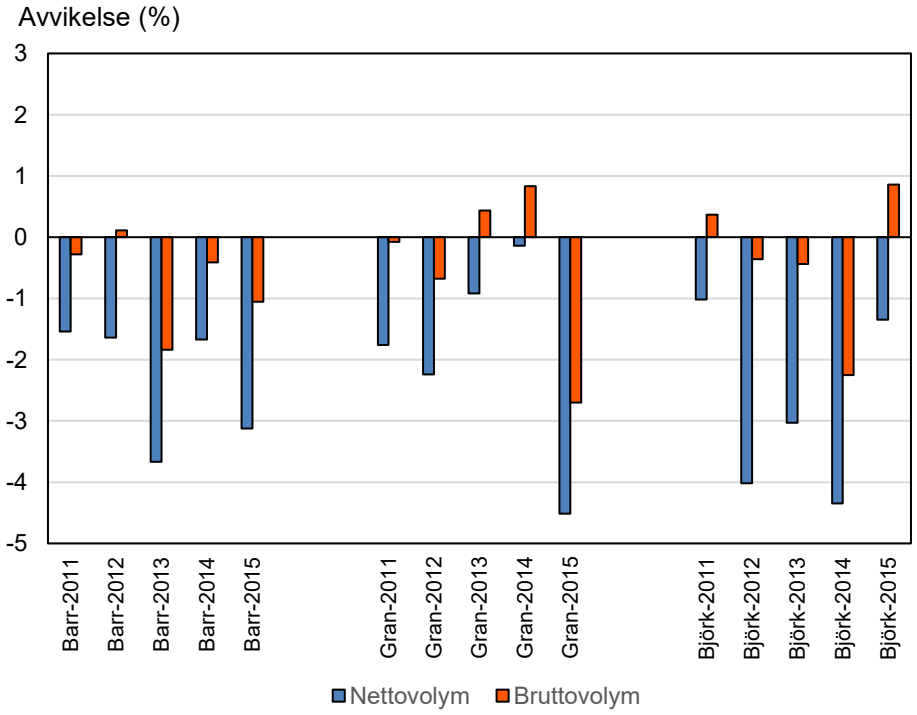
Figur 3.
Månadsvis variation i differensen för nettovolym och glidande medeltal för de senaste 12 månaderna för massaved hos VMF Syd. Månad ett är januari 2012 och månad 48 motsvarar december 2015.

Variansen för nettovolym är större än för bruttovolym (Figur 4). Skillnaderna beror sannolikt på att det i en trave är svårt att bedöma hur mycket vrak den innehåller. Den slumpmässiga variationen mellan travar (residualvariansen) står för den största delen av den totala variansen inom ett sortiment och trädslag. Gran har minst variation, därefter kommer barr medan björk har störst variation. Detta gäller för både brutto- och nettovolym. Variansen för mätplatser är obetydlig och även variansen mellan mätare inom en mätplats är liten.



Figur 4.
Varianser för mätplats, mätare inom mätplats och residual för brutto- respektive nettovolym av massaved (sortiment 10) av barr, gran och björk hos VMF Syd baserat på procentuell avvikelse.

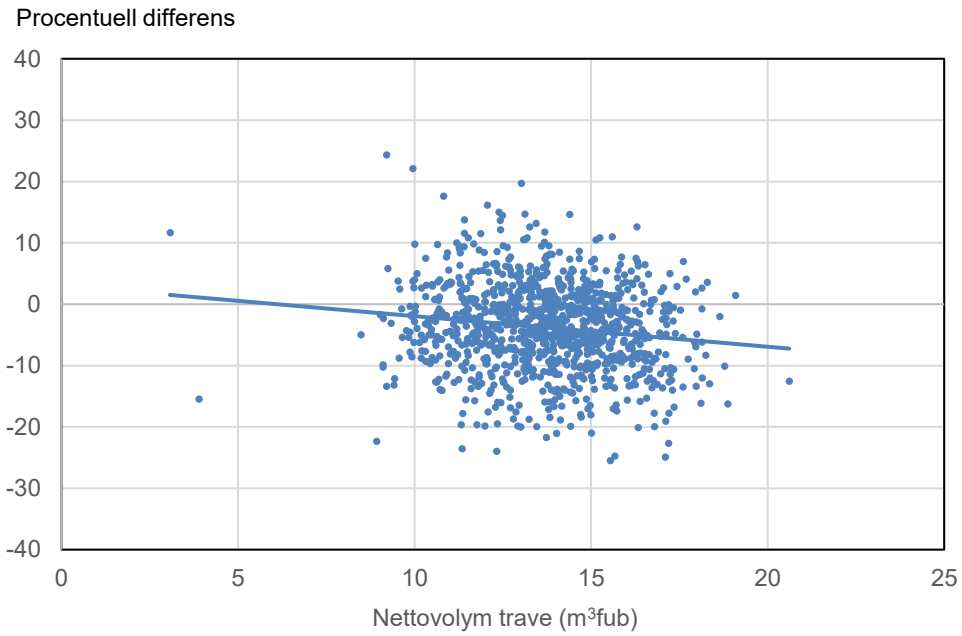
Den procentuella avvikelsen för nettovolym är genomgående större än för bruttovolym (Figur 5). Storleken på avvikelsen varierar från år till år. För nettovolym varierar avvikelsen från noll till drygt fyra procent.



Figur 5.
Netto- och bruttoavvikelse för massaved av barr, gran och björk under fem år hos VMF Syd.

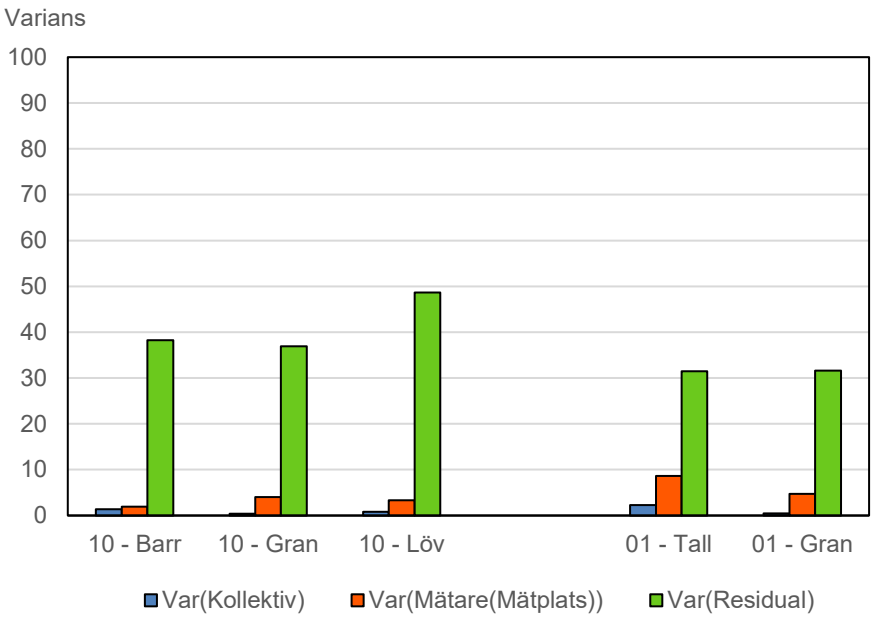
VMF Qbera

Liksom för VMF Syd är det stor variation i den procentuella avvikelsen mellan travmätt och kontrollmätt nettovolym mot den travmätta nettovolymen för barrmassaved (Figur 6). Standardavvikelsen ligger på 7,0 procent, d.v.s. obetydligt större än för VMF Syd. Även här ger travmätningen en överskattning av nettovolymen jämfört med stockmätningen. Det finns en tendens att travmätningen drar mot travarnas medelvolym, d.v.s. små travar har en mindre procentuell avvikelse än stora travar.



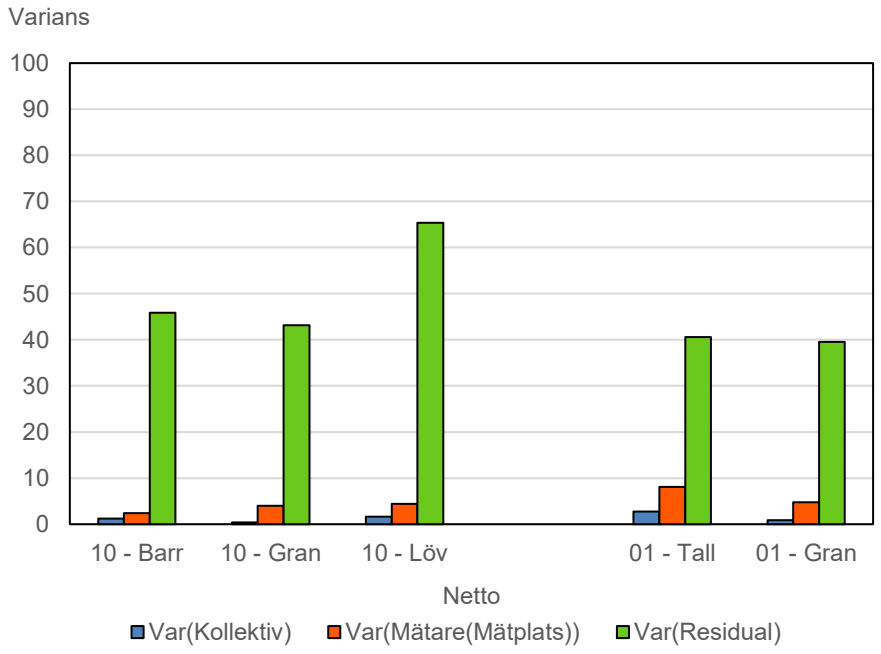
Figur 6.
Samband mellan den procentuella avvikelsen mellan travmätt och kontrollmätt nettovolym mot den travmätta nettovolymen för barrmassaved. Linjen visar trenden i data.

Variansen för olika sortiment hos VMF Qbera är något högre än hos VMF Syd. Timmer har en lägre varians än massaved (Figur 7). Gran har lägst varians därefter följer barr och löv.



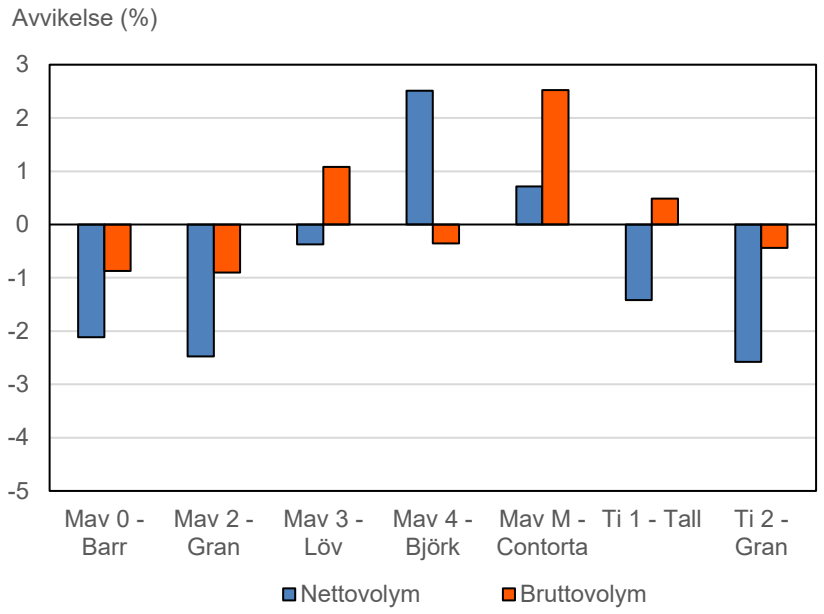
Figur 7.
Varianser för kollektiv, mätare inom mätplats och residual för bruttovolym av massaved (sortiment 10) och timmer (sortiment 01) baserat på procentuell avvikelse. Medeltal av tre års mätningar hos VMF Qbera.

Variansen är liksom hos VMF Syd större för nettovolym än för bruttovolym (jfr. Figur 7 och Figur 8).



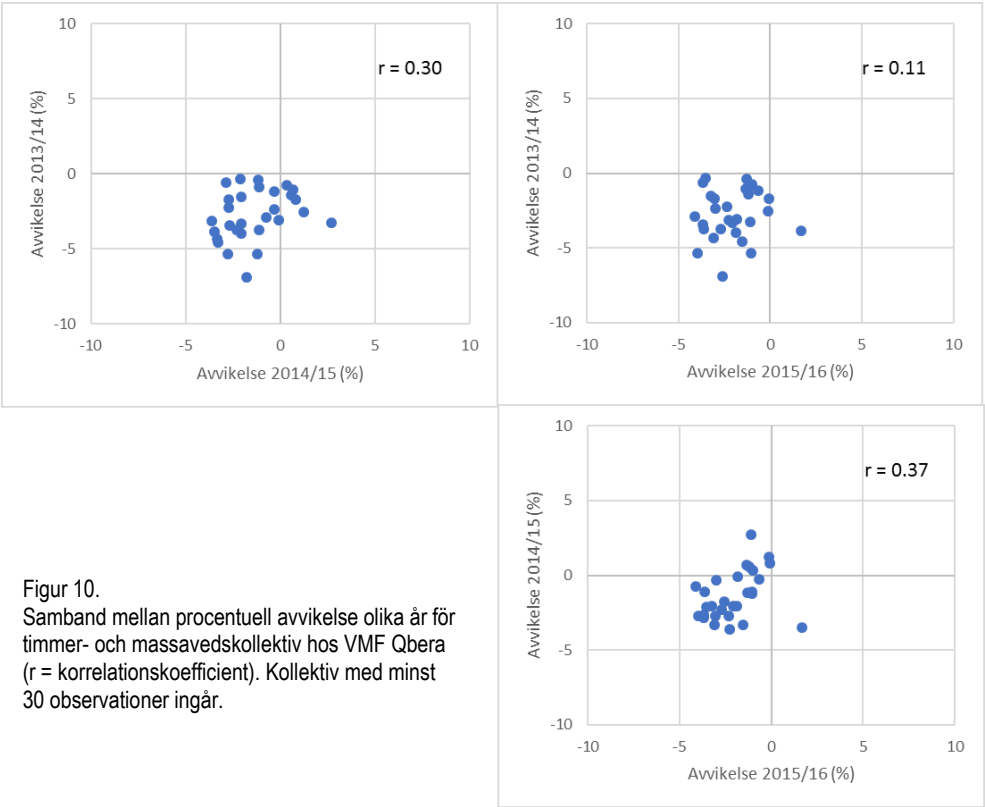
Figur 8.
Varianser för kollektiv, mätare inom mätplats och residual för nettovolym av massaved (sortiment 10) och timmer (sortiment 01) baserat på procentuell avvikelse. Medeltal av tre års mätningar hos VMF Qbera.

Avvikelsen för nettovolym är genomgående större än för bruttovolym (Figur 9). För nettovolymen ligger avvikelsen för barr- och granmassaved omkring två procent.



Figur 9.
Netto- och bruttoavvikelse för massaved och timmer hos VMF Qbera under år 2014/15. Medeltal av alla kollektiv. Mav=masssaved, Ti=timmer.

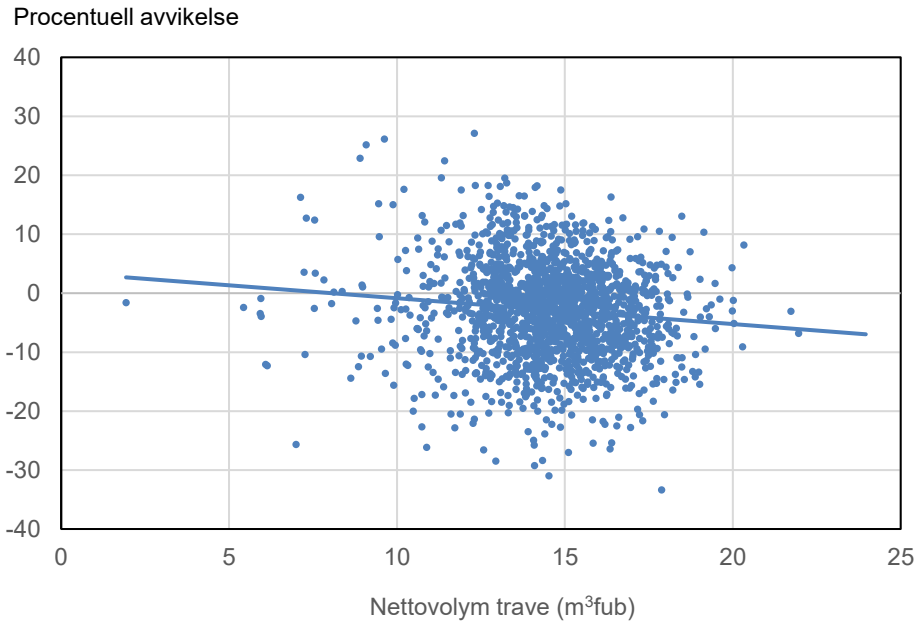
Korrelationen mellan avvikelser olika år ligger mellan 0,11 och 0,37 (Figur 10). Av figuren framgår att ett kollektiv som ligger lågt ett år kan ha ett högt värde ett annat år och vice versa.



Figur 10.
Samband mellan procentuell avvikelse olika år för timmer- och massavedskollektiv hos VMF Qbera (r = korrelationskoefficient). Kollektiv med minst 30 observationer ingår.

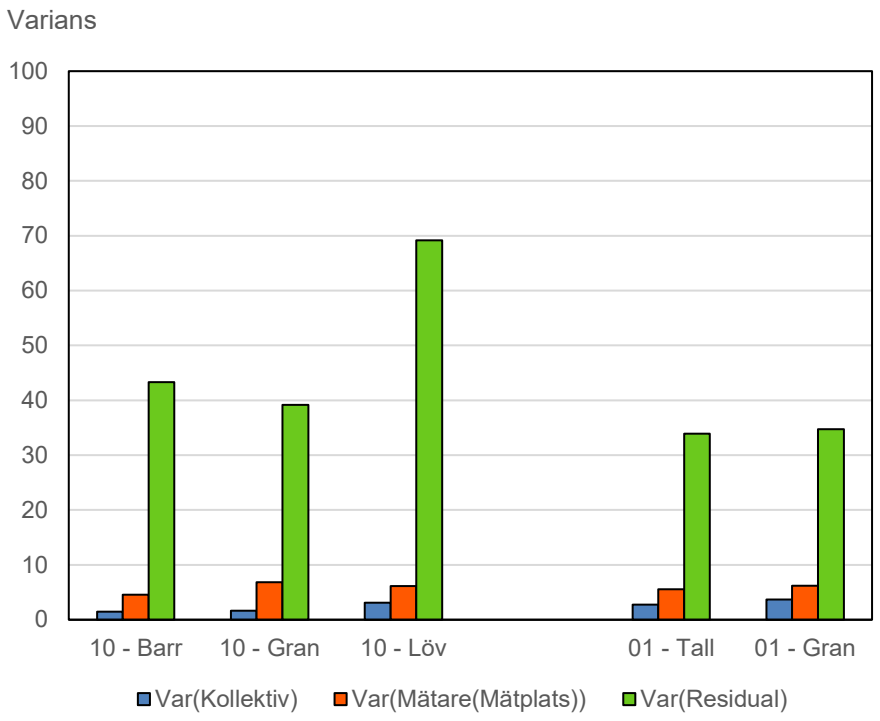
VMF Nord

Avvikelsen mellan nettovolym från den enkla mätningen och resultatet från stockmätning visar stor variation (Figur 11). Standardavvikelsen för den procentuella avvikelsen ligger för VMF Nord på 7,8 procent och ligger därmed något högre än för VMF Syd och VMF Qbera. Liksom hos VMF Syd och VMF Qbera ger travmätningen en överskattning av nettovolymen jämfört med stockmätningen. Det finns även här en tendens att travmätningen drar mot travarnas medelvolym, d.v.s. små travar har en mindre procentuell avvikelse än stora travar.



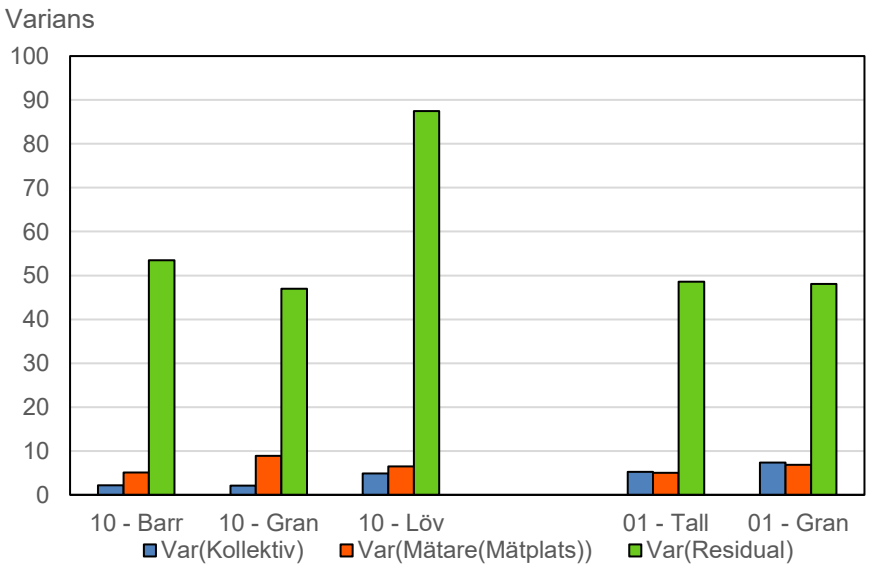
Figur 11.
Samband mellan den procentuella avvikelsen mellan travmätt och kontrollmätt bruttovolym mot den travmätta bruttovolymen för barrmassaved 2014/15. Linjen visar trenden i data.

Variansen för olika sortiment hos VMF Nord med mätmetod 3–2 framgår av (Figur 12). Variationen är lägst för gran och störst för löv. Timmer har en lägre varians än massaved och variationen för timmer är ungefär lika stor för gran och tall (Figur 12). Variationen mellan mätare är större hos VMF Nord än hos de två andra virkesmätningsföreningarna.



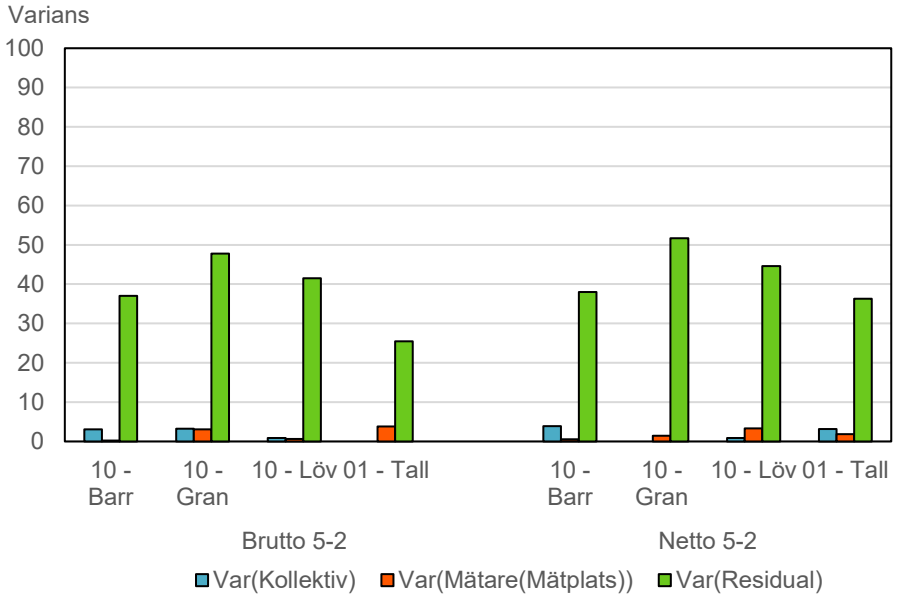
Figur 12.
Varianser för kollektiv, mätare inom mätplats och residual för bruttovolym av massaved och timmer hos VMF Nord baserat på procentuell avvikelse. Medeltal av tre års mätningar med metod 3–2.

Variansen är liksom hos de två andra virkesmätningsföreningarna större för nettovolym än för bruttovolym (jfr Figur 12 och Figur 13). För nettovolym finns det även en viss variation mellan såväl mätare som kollektiv.



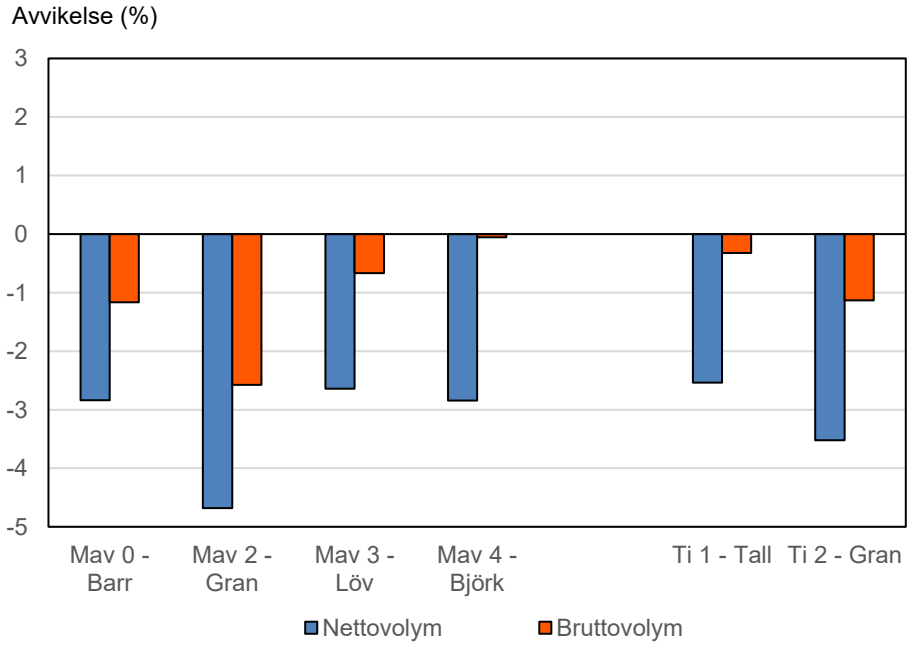
Figur 13.
Varianser för kollektiv, mätare inom mätplats och residual för nettovolym av massaved och timmer hos VMF Nord baserat på procentuell avvikelse. Medeltal av tre års mätningar med metod 3–2.

I (Figur 14) redovisas varianserna vid vägning enligt mätmetod 5–2 både för brutto- och nettovolym. Variansen blir lägre med mätmetod 5–2 än med mätmetod 3–2. Till skillnad mot mätning med mätmetod 3–2 har gran större varians än de andra trädslagen med mätmetod 5–2.



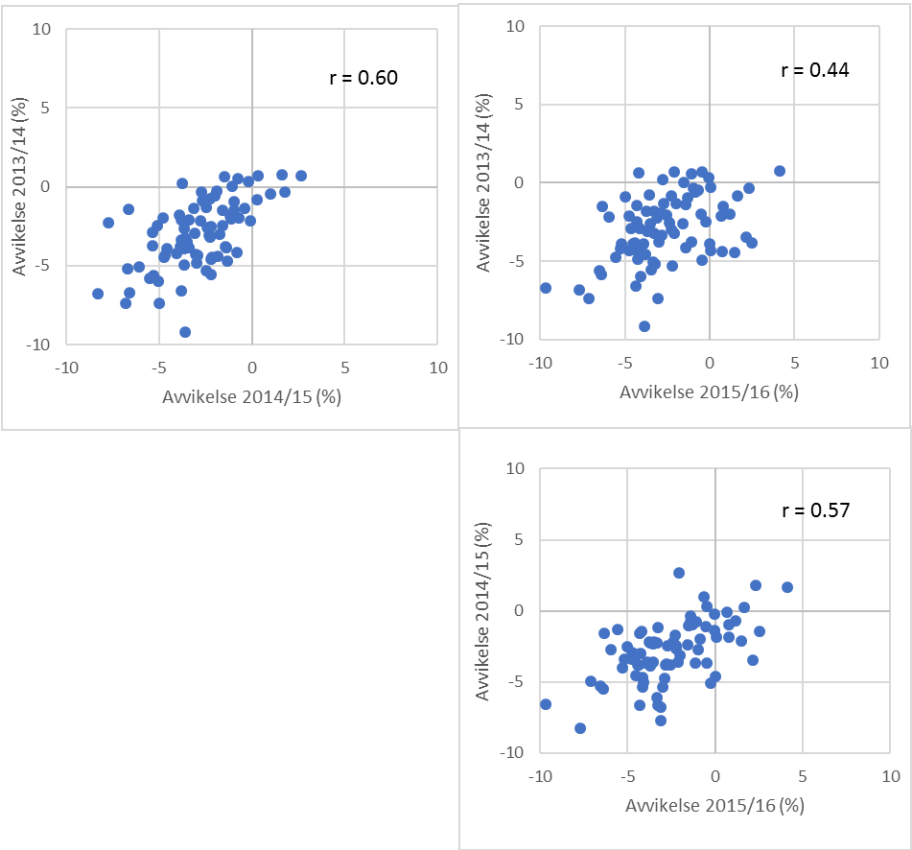
Figur 14.
Varianser för kollektiv, mätare inom mätplats och residual för brutto- och nettovolym av massaved hos VMF Nord baserat på procentuell avvikelse. Metod 5–2.

Den procentuella avvikelsen för nettovolym är genomgående större än för bruttovolym (Figur 15) och ligger för nettovolym i intervallet minus 2,6 till minus 4,5 procent.



Figur 15.
Netto- och bruttoavvikelse för massaved och timmer hos VMF Nord 2014/15. Medeltal av alla kollektiv. Mav=massaved, Ti=timmer.

Korrelationen mellan avvikelser olika år ligger mellan 0,44 och 0,60 (Figur 16). Det är med andra ord relativt svagt samband mellan skattningarna för samma kollektiv vid olika års mätningar.



Figur 16.
Samband mellan procentuell avvikelse olika år för timmer- och massavedskollektiv hos VMF Nord (r = korrelationskoefficient). Kollektiv med minst 30 observationer ingår.

Noggrannhet i volymskattningen

Beräkningarna av noggrannheten i volymskattningen bygger på genomsnittliga skattningar av varianser som redovisas i (Bilaga 2). I (Figur 17) ges ett exempel på noggrannheten i volymskattningen på trav-, leverans- och partinivå. Variationen mellan mätare ingår i skattningen och beräkningarna bygger på att mätningarna utförts av samma mätare och på en mätplats. Konfidensintervallet kring medelvärdet skattas med formeln:

$$\pm\, t \times \sqrt{\frac{var(mätplats(kollektiv))}{n_1} + \frac{var\big(mätare(mätplats)\big)}{n_2} + \frac{var(residual)}{n_3}}$$

Kurvan i (Figur 17) visar noggrannheten för volymer mellan 14 och 400 m^3fub. Vi antar att medelvolymen för en trave är 14 m^3fub. För en trave på 14 m^3fub ligger ett 99 procentigt konfidensintervall hos VMF Syd på ±17,6 procent och VMF Qbera på ±17,9 procent medan det hos VMF Nord ligger på ±19,7 procent. Den främsta orsaken till skillnaden är den större variationen mellan mätare hos VMF Nord än hos de två andra mätningsföreningarna. För en trave hos VMF Syd har konfidensintervallet beräknats som:

$$\pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{1{,}38}{1} + \frac{44{,}95}{1}} = 17{,}6\ \%$$

Volymen ligger därmed i intervallet 14,0 ± 2,5 m^3fub.

För en leverans med tre travar ligger motsvarande konfidensintervall på ±10,4 procent för Syd, ±10,9 procent för Qbera och ±12,4 för Nord. För en leverans med 3 travar blir konfidensintervallet hos VMF Syd:

$$\pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{1{,}38}{1} + \frac{44{,}95}{3}} = 10{,}4\ \%$$

Volymen ligger därmed i intervallet 42,0 ± 4,4 m^3fub.

Som ett exempel har ett parti på 300 m^3fub hos VMF Syd ett konfidensintervall på ±4,8 procent, 5,5 procent hos VMF Qbera och ±7,1 procent hos VMF Nord.

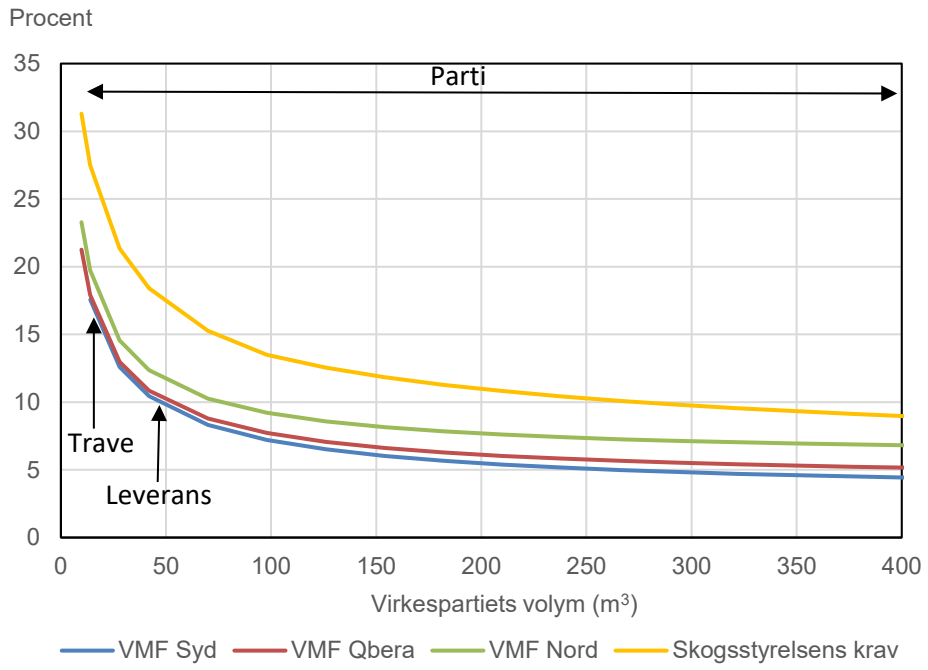
For ett parti på 300 m^3fub, d.v.s. cirka 21 travar blir konfidensintervallet hos VMF Syd:

$$\pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{1{,}38}{1} + \frac{44{,}95}{21}} = 4{,}8\ \%$$

Volymen ligger därmed i intervallet 300,0 ± 14,5 m^3fub.

Om travarna i ett parti mäts av flera mätare kommer konfidensintervallet att minska något eftersom man då dividerar med antalet mätare enligt formeln ovan.

I grunddata finns endast ett fåtal delade travar. Den procentuella variationen kan förväntas vara något högre när man har delade travar och därmed får små volymer.



Figur 17.
Konfidensintervall (99 procent) i procent på trav-, leverans- och partinivå vid travmätning av barrmassaved där mätningen utförs av en mätare. Jämförelse mellan de tre virkesmätningsföreningarna. Noggrannheten för en trave på 14 m³fub och en leverans på 42 m³fub illustreras med pilar i figuren. Kurvorna anger konfidens-intervallet för partier mellan 14 och 400 m³fub när mätningen utförs av en mätare. Kurvorna för VMF Syd och VMF Qbera är närmast identiska.

I (Figur 18) ges ett exempel på noggrannheten i mätningen på trav-, leverans- och partinivå baserat på data för granmassaved i vår studie. Kurvan visar noggrannheten mellan 14 och 400 m³fub under förutsättning att mätningen utförs av en mätare. Variationen mellan mätare inom en mätplats gör att kurvorna för granmassaved skiljer sig åt mellan de tre virkesmätningsföreningarna och resultatet skiljer sig därmed från barrmassaved. Om travarna i ett parti mäts av flera mätare kommer konfidensintervallet att minska något.

För en trave på 14 m³fub ligger ett 99 procentigt konfidensintervall hos VMF Syd på ±16,9 procent medan det hos VMF Nord ligger på ±19,3 procent. För en trave hos VMF Nord har konfidensintervallet beräknats som:

$$\pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{8{,}88}{1} + \frac{47{,}00}{1}} = 19{,}3\ \%$$

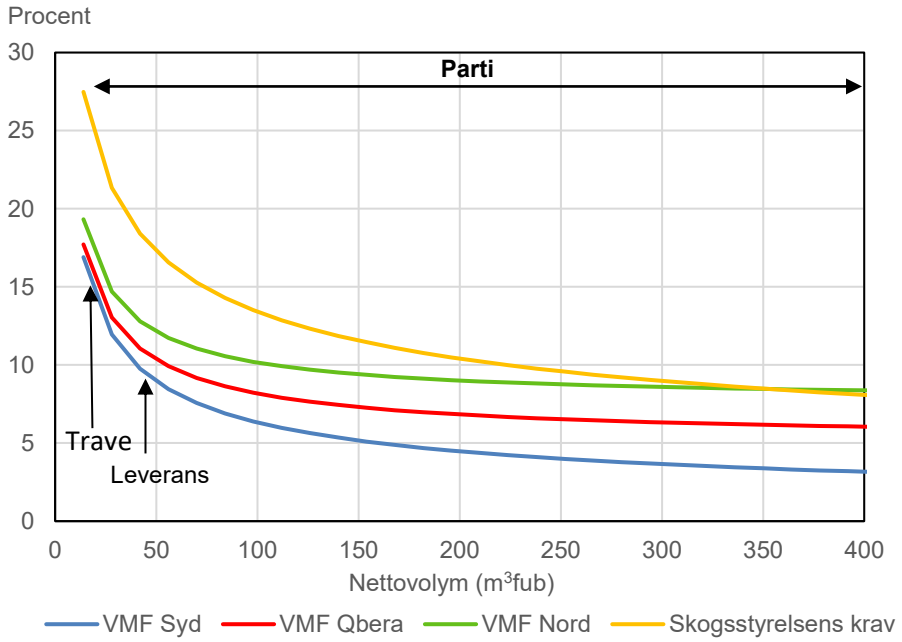
För en leverans med tre travar ligger motsvarande konfidensintervall på ±9,8 procent, respektive ±12,.8 procent. För en leverans med 3 travar blir konfidensintervallet hos VMF Nord:

$$\pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{8{,}88}{1} + \frac{47{,}00}{3}} = 12{,}8\ \%$$

Som ett exempel har ett parti på 300 m³fub hos VMF Syd ett konfidensintervall på ±3,7 procent, och motsvarande konfidensintervall är ±8,6 procent hos VMF Nord.

For ett parti på 300 m³fub, d.v.s. cirka 21 travar blir konfidensintervallet hos VMF Nord:

$$\pm\, 2.58 \times \sqrt{\frac{0}{1} + \frac{8{,}88}{1} + \frac{47{,}00}{21}} = 8{,}6\ \%$$



Figur 18.
Konfidensintervall (99 procent) i procent på trav-, leverans- och partinivå vid travmätning av granmassaved där mätningen utförs av en mätare. Jämförelse mellan de tre virkesmätningsföreningarna. Noggrannheten för en trave på 14 m³fub och en leverans på 42 m³fub illustreras med pilar i figuren. Kurvorna anger konfidensintervallet för partier mellan 14 och 400 m³fub när mätningen utförs av en mätare.

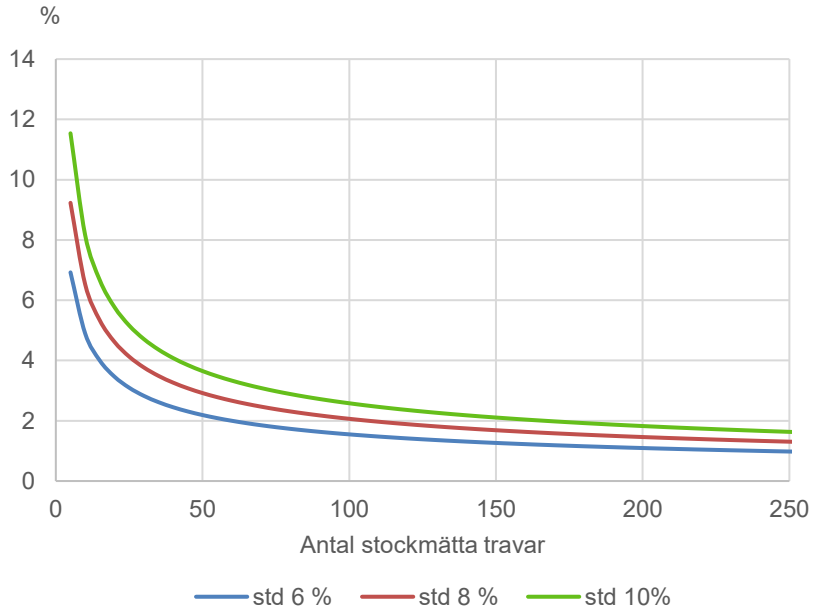
I (Figur 19) ges ett exempel på noggrannheten på mätplats- och kollektivnivå om vi antar att ett kollektiv mäts på en mätplats. Kurvan illustrerar ett 99-procentigt konfidensintervall för olika antal stockmätta travar. För ett kollektiv där 40 travar stockmätts blir konfidensintervallet vid 8 procent standardavvikelse:

$$\pm\, t \times \sqrt{\frac{var(residual)}{n}} = \pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{64}{40}} = \pm\, 3{,}3\ \%$$

För ett kollektiv på 100 000 m³fub blir det 99-procentiga konfidensintervallet 100 000 ± 3 300 m³fub, d.v.s. mellan 96 700 och 103 300 m³fub.

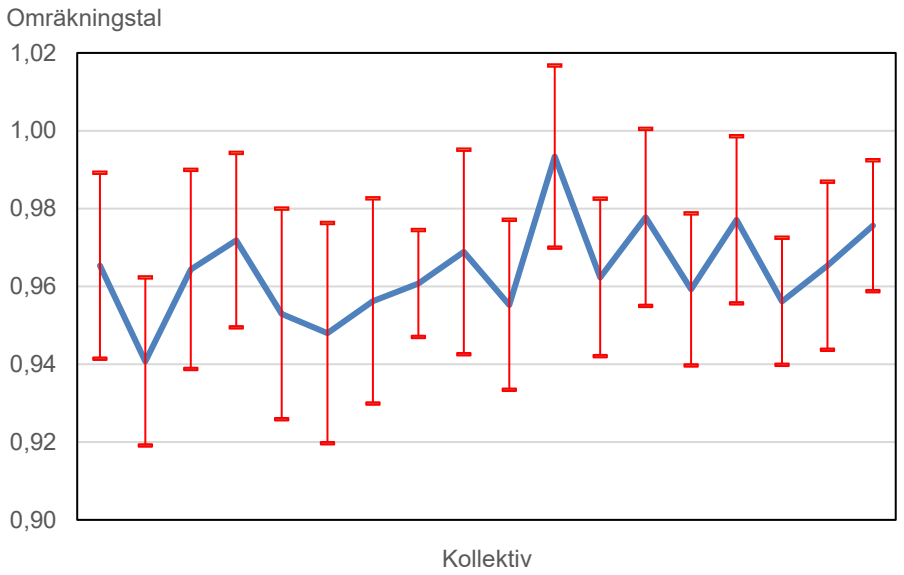
Om vi har en mätplats som mäter t.ex. 4 kollektiv och 50 travar stockmätts i varje (d.v.s. totalt 200 travar) blir konfidensintervallet för mätplatsen:

$$\pm\, t \times \sqrt{\frac{var(residual)}{n}} = \pm\, 2{,}58 \times \sqrt{\frac{64}{200}} = \pm 1{,}46\ \%$$



Figur 19.
Konfidensintervall (99 procent) i procent vid olika antal stockmätta travar på mätplats- och kollektivnivå vid travmätning av barrmassaved. Kurvorna beskriver konfidensintervallet vid standardavvikelsen (std) 6, 8 respektive 10 procent.

(Figur 20) visar ett exempel på omräkningstal hos VMF Nord med 99-procentiga konfidensintervall. Konfidensintervallet ger en spridning från medeltalet på ± 0,014 till ± 0,028 enheter vilket kan leda till ett systematiskt fel för kollektivet i denna storleksordning. Detta innebär för ett kollektiv med ett omräkningstal på t.ex. 0,968 ligger konfidensintervallet för omräkningstalet mellan 0,942 och 0,995. För ett kollektiv på 100 000 m^3fub blir volymen efter omräkning 96 800 m^3fub med ett 99-procentigt konfidensintervall mellan 94 100 och 99 500 m^3fub. Detta innebär att i stället för att korrigera för ett systematiskt fel kan man åstadkomma ett systematiskt fel för kollektivet om man använder ett felaktigt omräkningstal. Vissa kollektiv kommer att få betalt för flera tusen kubikmeter för mycket och andra får för lite.

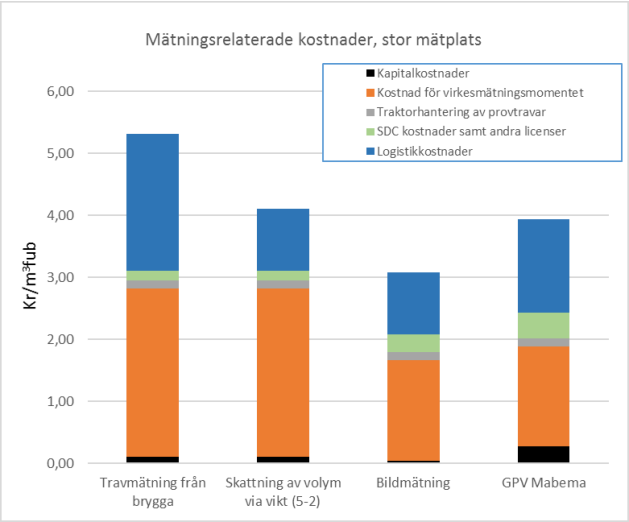


Figur 20.
Exempel på omräkningstal med 99-procentigt konfidensintervall för barrvedskollektiv med mer än 50 stickprovstravar under ett år hos VMF Nord.

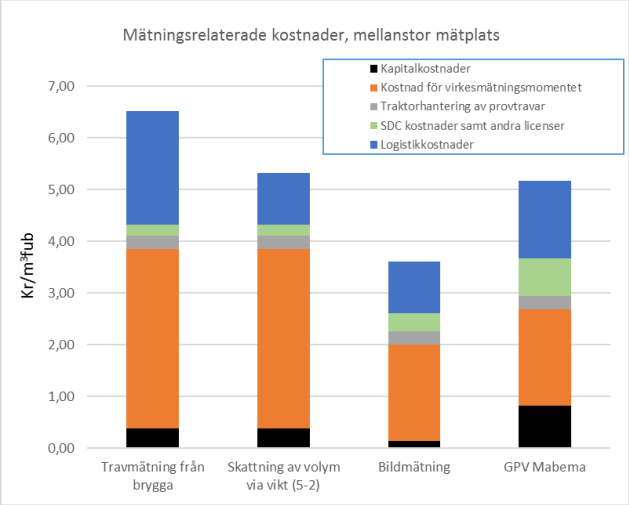
KOSTNADER I SAMBAND MED VIRKESMÄTNING

De största kostnaderna som uppkommer i samband med virkesmätning är den direkta kostnaden för virkesmätare samt indirekta logistikkostnader i form av stilleståndstid för virkesbilar i kö samt under mätning. Andra kostnadsposter utgörs av kapitalkostnader för mätutrustning, traktorhantering av stickprovstravar samt avgifter till SDC och övriga licenser etc. Kostnadernas relativa fördelning skiljer sig mellan olika typer av travmätning (mätning från brygga, volymsskattning via vikt, fjärrmätning eller GPV Mabema) samt storleken på mätplatsen (Figur 21–23). De olika kostnadsposterna undersöks i mer detalj i kommande avsnitt och presenteras i tabellform i (Bilaga 3).

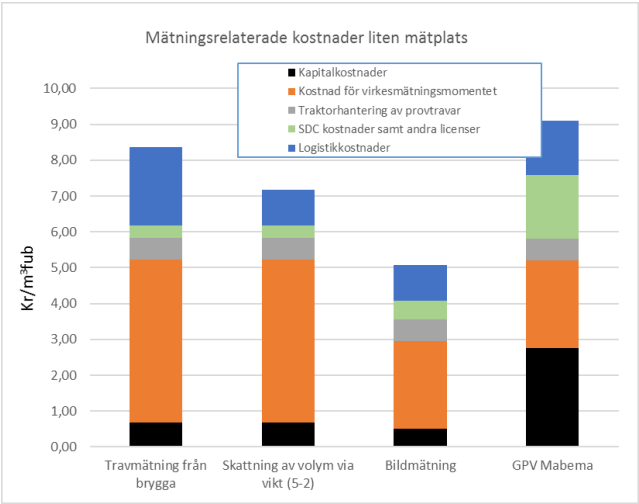
Kostnadsnivåerna som anges här förutsätter väl fungerande mätplatser. Är till exempel layout eller dimensionering av mätstationen inte ändamålsenligt anpassad så får man fort stora kostnader förknippade med köbildning för lastbilarna.



Figur 21.
Mätningsrelaterade kostnader, stor mätplats.



Figur 22.
Mätningsrelaterade kostnader, mellanstor mätplats.

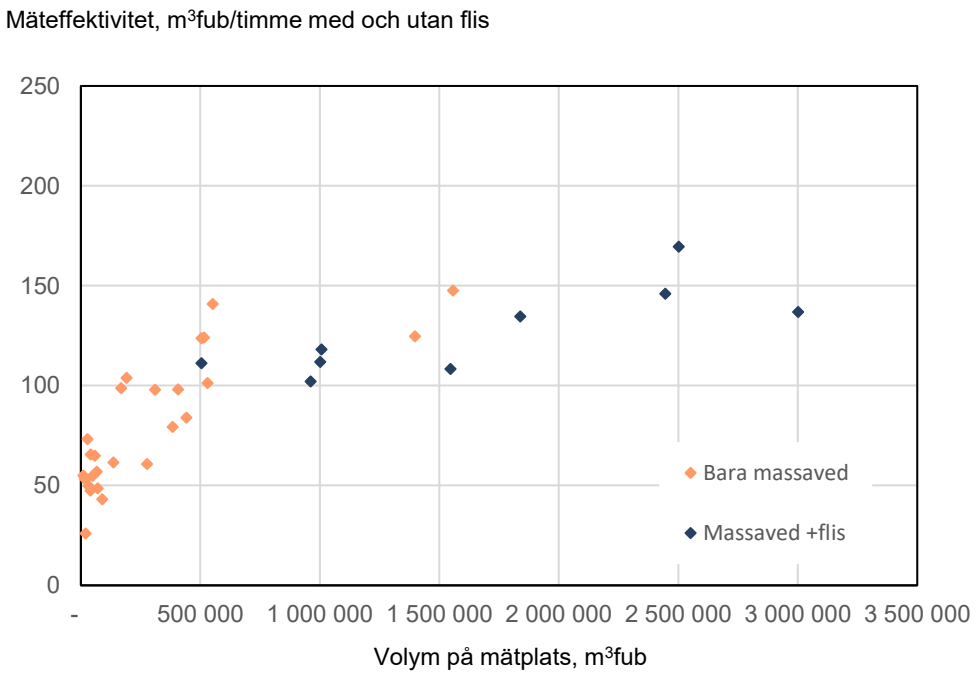


Figur 23.
Mätningsrelaterade kostnader, liten mätplats.

Kostnader för mätningsmomentet

Kostnader för mätning med traditionella metoder

(Figur 24) visar den genomsnittliga produktiviteten, som mätt kvantitet per arbetad timme, för mätplatser inom VMF Nord och Norsk Virkesmåling (NVM) under 2014 samt mätplatser inom VMF Qbera under 2009. I produktiviteten inkluderas ordinarie mätning samt mätning av stickprovstravar i VMF Nord och VMF Qbera respektive egenkontrolltravar i NVM. Materialet uppvisar en klar korrelation mellan hanterad kvantitet och produktivitet, där större mätplatser är mer produktiva än mindre. Det tar inte kortare tid att mäta in en lastbil på en stor mätplats jämfört med en liten – men med en större kvantitet kan man utnyttja virkesmätarna mer effektivt och därmed ökar produktiviteten.



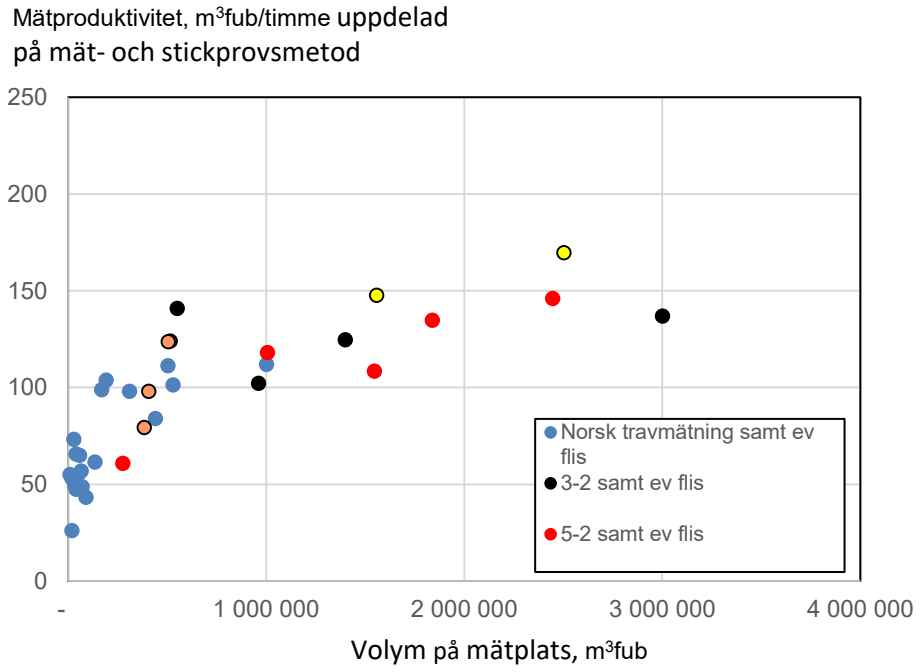
Figur 24.
Totalt antal registrerade timmar fördelade på total inmätt kvantitet per mätplats. Materialet inkluderar mätplatser inom VMF Nord (2014), VMF Qbera (2009) samt NVM (2014).

På de flesta terminaler hanteras bara rundved, vid industrierna hanteras ofta flis i tillägg. Trots att en flisbil går betydligt snabbare att mäta in än en rundvedsbil går det inte att urskilja att mätplatser med båda sortimenten skulle ha markant högre produktivitet. En möjlig förklaring till att mätplatser med en viss andel flis inte uppvisar större produktivitet än rena rundvedsmätplatser är att provtagning av flis och provanalyser tar en viss tid.

(Figur 25) visar samma dataset som (Figur 4) men redovisat på huvudmätmetod. Värt att notera är att mätplatser med den snabba metoden 5–2 (skattning av volum via vikt) inte ger en markant högre produktivitet än den betydligt långsammare 3–2 metoden (travmätning). 5–2 tar cirka 3 minuter per lastbil (T. Näslund, pers. medd., 2016.), vilket ger en teoretisk produktivitet på cirka 700 m^3fub/timme, medan den långsammare 3–2 tar cirka 7 minuter (Orvér, 1998), vilket ger en teoretisk produktivitet på cirka 300 m^3fub/timme. Huvudförklaring till det stora gapet mellan teoretisk produktivitet och faktisk

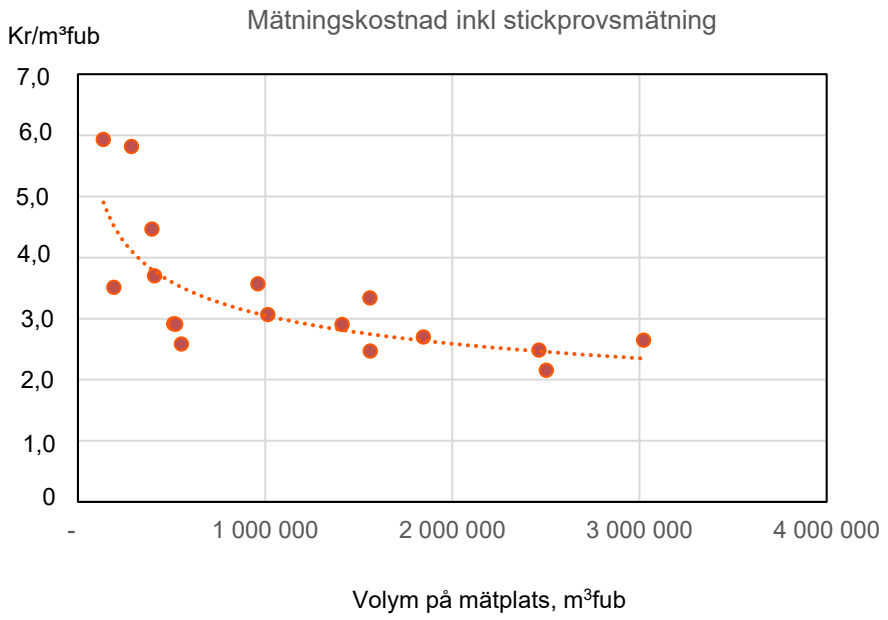
produktivitet är att lastbilarna inte kommer jämnt fördelade över arbetsdagen. Bemanningen dimensioneras i stor utsträckning efter inkörningstopparna på morgonen och efter lunch – man överdimensionerar därför i allmänhet mätstationens kapacitet för att den inte ska bli en flaskhals i logistiken. Detta ger lägre nyttjande av mätarnas kapacitet under lugnare perioder av dagen. I analysen antogs samma produktivitet för 5–2 som för 3–2.

Virkesmätarna har även andra uppdrag på mätplatsen än ren mätning, de utför ofta lagerinventeringar, kan ha ansvar för lagerlogistik m.m. Arbete med tilläggsuppdrag görs i regel under de lite lugnare perioderna på dagen. Kostnaden för sådant arbete ingår inte i denna analys.



Figur 25.
Totalt antal registrerade timmar fördelat på totalt inmätt kvantitet per mätplats, uppdelat på huvudmätmetoder för rundved.

I (Figur 26) har produktivitetstalen från de föregående figurerna omräknats till kostnad för mätningsmomentet. Omräkningen har skett efter VMF Nords prislista för 2015. Timkostnaden i VMF Nords prislista inkluderar kostnader för organisationens administration och kontrollmätningen.



Figur 26.
Mätningskostnad hos VMF Nord under 2013 för travmätningsplatser. (Produktivitetsdata från VMF Nord och timkostnad enligt VMF Nords prislista)

Tabell 1.
Beräknad kostnad för mätningsmomentet för traditionell bryggmätning och för mätmetod 5–2.

	Stor, 1 500' m³fub			Mellan, 500' m³fub			Liten, 150' m³fub		
Mätningskostnader	m³fub/h	Kr/h	Kr/m³fub	m³fub/h	Kr/h	Kr/m³fub	m³fub/h	Kr/h	Kr/m³fub
Travmätning från brygga	140	380	2,71	105	365	3,48	80	365	4,56
Skattning av volym via vikt % (5–2)	140	380	2,71	105	365	3,48	80	365	4,56

Kostnader för mätning med fjärrmätningsmetoder

Drivkraften bakom utveckling av den nya bildmätningsmetoden har främst varit att effektivisera logistiken runt mätplatsen. Då en bildmätningscentral kan serva flera mätplatser kan man med bildmätningsmetoden erbjuda dygnetrunt-öppet också på små mätplatser. Med bildmätning kan virkesmätarna mottagningskontrollera lastbilar under rusningstid och mäta in leveranserna under lugnare perioder – därigenom får virkesmätarna en jämnare arbetsbelastning och en högre produktivitet. VMF Nord bedömer att en virkesmätare kan mottagningskontrollera och mäta cirka en halv miljon m³fub per år, vilket motsvarar en produktivitet på cirka 290 m³fub/timme (Bjurulf, 2016).

För fjärrmätningsmetoderna beräknades kostnaden för fjärrmätning och kostnaden för provtravemätning separat. Provtravemätningen står för en relativt stor andel av kostnaden – speciellt på små mätplatser. Hur stor relativ kostnad som stockmätningen av provtravar står för beror på kollektivstorlek och dimensionering av antalet provtravar per kollektiv. Dessa principer analyseras i kapitlet om kostnadsdrivare. I våra beräkningar nedan utgår vi från VMF Nords principer för kollektivindelning.

I vårt räkneexempel nedanför utgår vi från 1 procent medelfel på samtliga kollektiv och vi utgår från att vi har en standardavvikelse för bruttovolym på 6 procent. Då blir antalet provtravar per kollektiv och år 36 stycken. För de nyutvecklade mätmetoderna (bildmätning och Mabema GPV) kan kanske standardavvikelsen ändras något då de väl är intrimmade – då ändras också antalet stickprov och därmed också behovet av antal provtravar. Denna aspekt behandlas i kapitlet om kostnadsdrivare.

För den stora mätplatsen räknar vi med 9 kollektiv. Med 9 kollektiv, 36 provtravar per kollektiv och år samt cirka 14 m^3fub per provtrave blir total volym som ska stockmätas:

$$9 \times 36 \times 14 = 4\,536\, m^3 fub$$

I fallet mellanstora mätplats går vi ner i antal kollektiv till 6 stycken och får då:

$$6 \times 36 \times 14 = 3\,024\, m^3 fub$$

För mätplats liten sätter vi fyra kollektiv. Total volym som ska stockmätas blir:

$$4 \times 36 \times 14 = 2\,016\, m^3 fub$$

Svensk stockmätning görs av två personer som topp-rotmätning. Produktiviteten på stockmätning är cirka 4–6 m^3fub/timme oavsett mätplatsens storlek (VMF Nord). Intressant är att produktiviteten i Norge ligger på ungefär samma nivå, trots att man har en helt annan stockmätningsmetod. I Norge sker provtravemätningen som mittmätning av en person, med en produktivitet av cirka 4–6 m^3fub/timme (F. Nossum, pers., medd., 2014).

Andelen travar som blir uttaget till stickprov sjunker radikalt med storlek på mätplats och därmed också stickprovskostnadens andel av den totala m^3fub-kostnaden.

Tabell 2.
Beräknad produktivitet vid bildmätning (enkel mätning är mottagningskontroll + travmätning i bild, noggrann mätning är stockmätning av provtravar).

	Stor, 1 500' m^3fub per år			Mellan, 500' m^3fub per år			Liten, 150' m^3fub per år		
	m^3fub	Timmar per år	m^3fub/h	m^3fub	Timmar per år	m^3fub/h	m^3fub	Timmar per år	m^3fub/h
Enkel mätning	1 500 000	5 172	290	500 000	1 724	290	1 500 000	517	290
Noggrann mätning	4 536	907	5	3 024	605	5	2016	403	5
Total produktivitet	1 500 000	6 079	**247**	500 000	2 329	**215**	150 000	920	**163**

(Tabell 2) visar beräknad produktivitet för bildmätning. Också den andra nya mätmetoden – Mabema GPV (automatiserad travmätning med linjelasrar) – skulle kunna utvecklas mot mätcentraler som jobbar på distans, med de logistiska och produktivitetsfördelar detta kan ge. Under första årets mätning med GPV Mabema har metoden haft samma produktivitet som travmätning från brygga. Den första GPV-installationen är layoutmässigt felaktig och produktiviteten har inte kunnat trimmas in. GPV-konceptet ska dock utvecklas mot

fjärrmätningsmöjlighet och bör då via organisering i mätcentraler kunna nå liknande produktivitet som bildmätningen. I våra beräkningar har vi därför förskotterat utvecklingen av fjärrmätningsegenskaper för GPV och antagit samma produktivitet som för bildmätning.

(Tabell 3) visar beräknad kostnad för bildmätning och för GPV.

Tabell 3.
Mätningskostnad för de två fjärrmätningsmetoderna för olika storlekar på mätstationer. Mätkostnaden inkluderar stickprovsmätning och kontrollmätning.

	Stor, 1 500' m³fub rundved			Mellan, 500' m³fub rundved			Liten, 150' m³fub rundved		
Mätningskostnader	m³fub/h	Kr/h[3]	Kr/m³fub	m³fub/h	Kr/h[2]	Kr/m³fub	m³fub/h	Kr/h[1]	Kr/m³fub
Bildmätning	247	400	1,62	215	400	1,86	163	400	2,45
GPV/Mabema	247	400	1,62	215	400	1,86	163	400	2,45

Kapitalkostnader för mätutrustning

I (Tabell 4) summeras de skattade kapitalkostnaderna för nödvändig mätutrustning för travmätning från brygga, skattning via vikt (5–2), bildmätning samt Mabema GPV, Den bakomliggande kalkylen visas i (Bilaga 4). Kapitalkostnaderna sjunker med ökad hanterad volym. Den mest kapitalintensiva metoden är GPV Mabema, den är i första hand framtagen för stora mätplatser och får därför höga kapitalkostnader vid små flöden.

För fjärrmätningsmetoderna, bildmätning och GPV Mabema, har vi inte lagt in någon mätstation eller mätbrygga, mätarna antas sitta lokaliserade till en fjärrmätningscentral. För bildmätning är detta en realitet och utvecklarna på Mabema håller på att ta fram en version där fjärrmätning är möjligt också för GPV-metoden (Grönkvist, 2016). Lokalkostnaden hanteras i denna analys som en extra kostnad för mätmomentet enligt prislista från VMF Nord 2015 (Bilaga 1).

Tabell 4.
Kapitalkostnad (kr/m³fub) för mätutrustning för fyra olika travmätningsmetoder.

	Stor, 1 500' m³fub	Mellan, 500' m³	Liten 150' m³fub rundved	
Travmäning från brygga	0,11	0,38	0,67	Våg, brygga, mätstation
Skattning av volym via vikt (5-2)	0,11	0,38	0,67	Våg, brygga, mätstation
Bildmätning	0,04	0,15	0,50	Våg, bildmätningsrigg
GPV Mabema	0,27	0,83	2,75	Våg, Mabema-rigg

SDC-kostnader och licenser

En mätplats måste ha ett mätplatssystem vilket kostar 2 790 kronor per månad, detta innefattar dator, skrivare och kommunikation (N. Flemström, pers. medd., 2016). När en mätplats blir lite större behövs en extra klient (ytterligare en dator) för 687 kronor per månad och eventuellt en extra skrivare för 373 kronor per månad. Ansluten utrustning, till exempel en våg eller en förarterminal, kostar 229 kronor per månad. Överfört till de här använda tre storlekarna på mätplatser medför det:

- Stor mätplats: dator, 2 klienter, 2 extra skrivare, 2 vågar och 2 förarterminaler = 5 826 kronor per månad.
- Mellanstor mätplats: dator, klient, våg och förarterminal = 3 935 kronor per månad.
- Liten mätplats: endast en dator = 2 790 kronor per månad.

När det gäller redovisningskostnaden antas att en genomsnittlig redovisningsenhet är 40 m^3fub, och att varje insänd mätning kostar 4,64 kronor (N. Flemström, pers. medd., 2016) Ett lastbilslass är ofta en redovisningsenhet, men då måste hela lasset komma från samma säljare.

Detta ger:

1 500 000 m^3 fub	>37 500 redovisningsenheter	> 174 000 kronor
500 000 m^3fub	> 12 500 redovisningsenheter	> 58 000 kronor
150 000 m^3fub	> 3 750 redovisningsenheter	> 17 400 kronor

I de fall där det finns en avlämningsregistrering (aktuellt vid bildmätning och stockmätning) så kostar även den 4,64 kronor per redovisningsnummer.

För bildmätning och GPV-mätning tillkommer licenskostnad/driftskostnad till teknikleverantörerna.

Tabell 5.
Skattade SDC-kostnader och licenser per mätplatsstorlek och mätmetod.

Typ av kostnad		Stor 1 500' m^3fub	Mellan 500' m^3fub	Liten 150'm^3fub
Hyra av mätplatssystem m.m.	Kr/år	69 912	47 220	33 480
Redovisningskostnad, 464 kr/mätning	Kr/år	174 000	58 000	17 400
Avlämningsregistrering fjärrmätning, 464 kr/mätning	Kr/år	174 000	58 000	17 400
Licenser (bildmätning)	Kr/år	10 000	10 000	10 000
Licenser (Mabema GPV)	Kr/år	200 000	200 000	200 000
Travmätning från brygga	Kr/m^3 fub	0,16	0,21	0,34
Skattning av volym via vikt (5-2)	Kr/m^3 fub	0,16	0,21	0,34
Travmätning via bild	Kr/m^3 fub	0,29	0,35	0,52
Travmätning via GPV/Mabema	Kr/m^3 fub	0,41	0,73	1,79

Kostnader för traktorhantering av stickprovstravar

Tiden för en traktorförare att hantera en provtrave på 14 m³fub är cirka en timme. Traktor med förare kostar cirka 600 kronor per timme och kostnaden blir därmed cirka 40 kronor per m³fub (M. Sundelin, pers. medd., 2016).

Hanteringskostnaden för provtravar antas vara proportionell mot antalet provtravar. Antal provtravar per kollektiv är detsamma som vid beräkning av kostnaden för mätningsmomentet.

För den stora mätplatsen med 9 kollektiv och 36 provtravar per kollektiv blir den totala hanteringskostnaden för provtravar därmed:

$$9 \times 36 \times 600 = 195\,000\ kr\ eller\ 0{,}13\ kr/m^3 fub$$

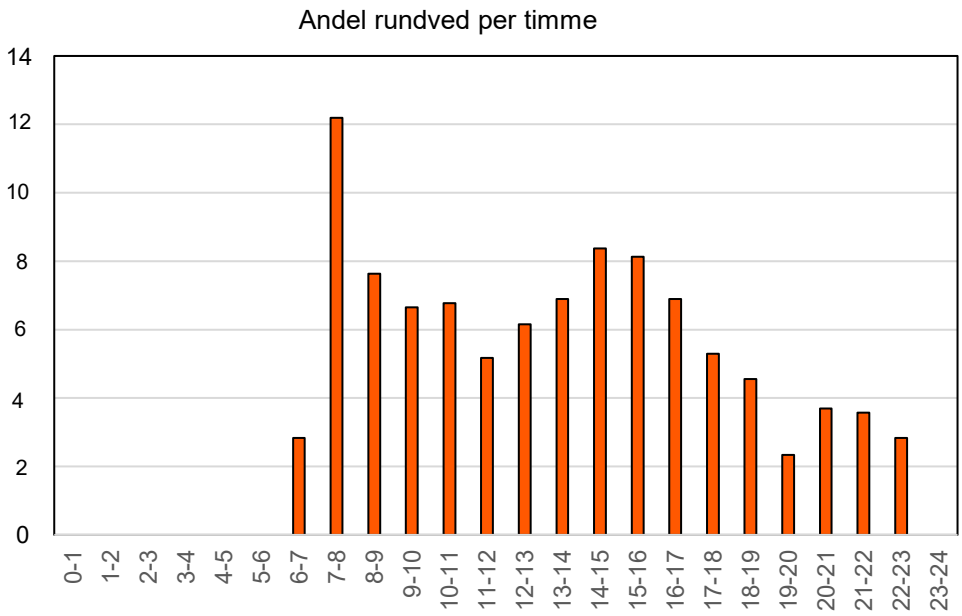
Motsvarande beräkningar gjordes för den mellanstora mätplatsen med 6 kollektiv och den lilla mätplatsen med fyra kollektiv. Resultaten presenteras i (Tabell 6).

Tabell 6.
Kostnad för traktorhantering av provtravar vid olika stora mätplatser.

	Stor 1 500' m³fub	Mellan 500' m³fub	Liten 150' m³fub
Traktorkostnad/m³fub	0,13	0,25	0,60

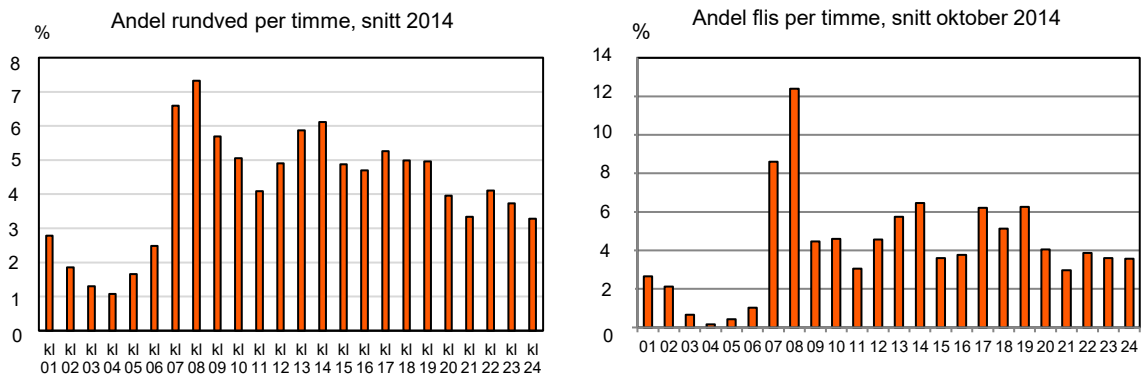
Kostnader kopplade till mätplatsens logistik

Belastningen på en mätstation varierar vanligen över dygnet. Det är inte ovanligt att det är kö av bilar när en mätstation öppnar på morgonen (Figur 27). Efter morgonrusningen är det lite lugnare och nästa högtryck kommer efter lunch när bilarna kommer med vända nummer två.



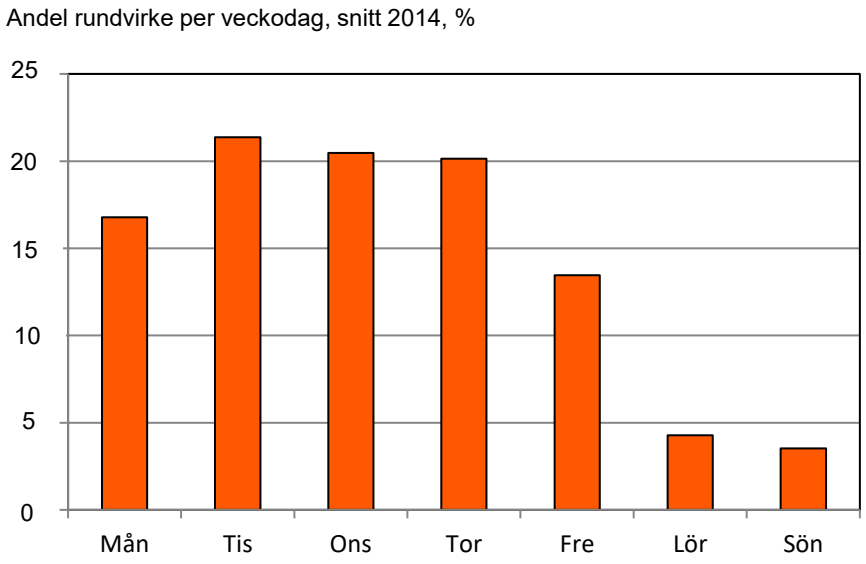
Figur 27.
Inkörningsmönster på en stor mätplats i Norge med tvåskift (Norsk Virkesmåling).

Vid de mätstationer som har nattöppet jämnas inkörningen till viss del ut över dygnet, även om mönstret med belastningstoppar på morgonen och omkring lunchtid fortfarande finns kvar (Figur 28, till vänster). På de flesta massa- och pappersbruk mäts också flis. (Figur 28 till höger) visar att flisbilarna kan ha inkörningstoppar precis samtidigt som massavedbilarna, vilket ytterligare förstärker problematiken med köbildning.



Figur 28.
Inkörningsmönster för rundved respektive flis på en stor mätplats i Sverige med nattöppet (M. Sundelin, pers. medd., 2016).

De allra största mätplatserna har helgöppet, under helgen är dock intransportstakten lägre (Figur 29). Oftast är det stängt natten mellan lördag och söndag.



Figur 29.
Inkörningsmönster per veckodag på en stor mätplats i Sverige med helgöppet (M. Sundelin, pers. medd., 2016).

Här behandlas tre aspekter av mätningens påverkan på logistikkostnaderna.

- Lastbilsstopp under mätningsmomentet.
- Kötid före mätning (flaskhalsproblematik).
- Kötid beroende på begränsad öppningstid.

Lastbilsstopp under mätningsmomentet

Traditionell travmätning bedöms i normalfallet ta cirka 7 minuter per lastbil (Orvér, 1998; J.G. Heggestad, pers. medd., 2016; A. Øvrum, pers. medd., 2015; T. Näslund, pers. medd., 2016), vilket ger en genomströmningshastighet på 9 bilar i timmen. 5–2 mätning tar cirka 3 minuter (T. Näslund, pers. medd., 2016), vilket ger 20 bilar i timmen. I vanlig travmätning tillkommer, utöver stoppet vid mätbryggan, ett stopp för invägning på cirka 45 sekunder. Samma gäller 5–2 mätningen.

Erfarenhet från första årets bildmätning visar att lastbilens stopptid för mätning är drygt 3 minuter då virkesmärkningen är bra och då det enbart är ett redovisningsnummer per bil (20 bilar i timmen) (T. Näslund, pers. medd., 2016). Det långsiktiga målet är att komma ned mot en minuts stopptid (M. Hedin, pers. medd., 2016). Vid bildmätning tas bilderna då lastbilen står på vågen, så det tillkommer inget speciellt stopp för invägning.

I Mabema-mätning är det först ett stopp på 45 sekunder för invägning, ytterligare 45 sek för registreringen före tältet, en minut för att köra genom mättältet samt 40 sekunder för databearbetning efter mättältet (då det görs på väg till mätbryggan tas denna tid inte med) och till sist stoppet vid mätbryggan. Stoppet vid mätbryggan för klassning av kvalitetsparametrarna och kontroll av virkets märkning bedöms ta cirka 2,5 minuter (S. Backman, pers. medd., 2016). Detta ger en genomströmningshastighet på cirka 24 bilar i timmen.

Tabell 7.
Stopptid och kostnad för stillestånd av lastbilen för de aktuella mätmetoderna. Räknat på 45 m³fub per lastbil. Stilleståndskostnad cirka 14 kronor per minut (M Brindbergs, pers., medd., 2016).

	Stopptid för mätning, minuter/bil	Stilleståndskostnad, kronor per lastbil	Stilleståndskostnad, kronor per m³fub
Mätning från brygga	7 minuter + 45 sekunder	100	2,20
5–2 mätning	3 minuter + 45 sekunder	45	1,00
Bildmätning	3,5 minuter	45	1,00
Mabema GPV	45 sekunder +45 sekunder +1 minut.+ 2,5 minuter	70	1,50

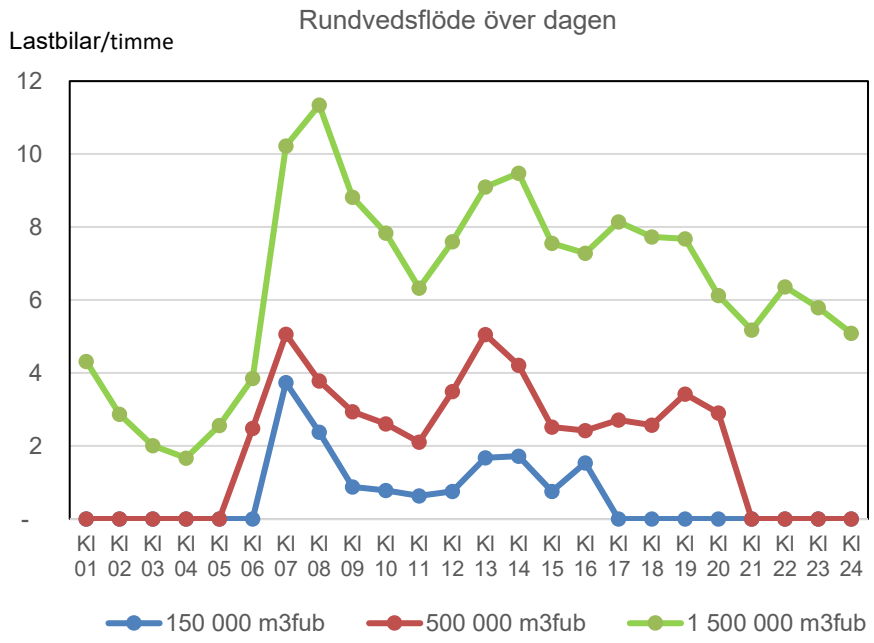
Kötid före mätning

(Tabell 8) visar beräknade genomströmningstider för lastbilar vid olika mätmetoder.

Tabell 8.
Genomströmningstid för aktuella mätmetoder.

	Genomströmning, minuter/bil	Flödeskapacitet, bilar/timme
Mätning från brygga	7	9
5–2 mätning	3	20
Bildmätning	3,5	17
Mabema GPV	2,5	24

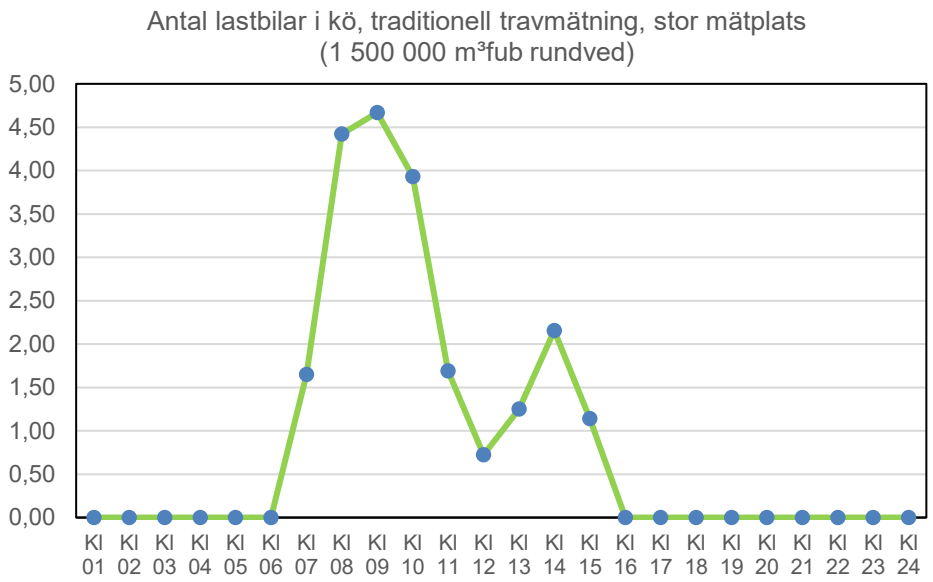
(Figur 30) är en bearbetning av materialet i (Figur 28). För fallet stor mätplats är den rakt konverterad från flödesandel per timme till lastbilar per timme. För fallen mellanstor och liten är den omräknad till tvåskift respektive enkelskift.



Figur 30.
Modellerat inkörningsmönster över dygnet för de tre storlekarna på mätplats.

Om vi ser på flödeskapaciteterna i (Tabell 8) kan vi se att flödeskapaciteten för tre av de fyra mätmetoderna väsentligt överstiger toppflödena i (Figur 30).

Enda fallet då det uppstår problem är för traditionell travmätning på en stor mätplats vid volymtopparna på morgonen och mitt på dagen. Vi har gjort en enkel simuleringsmodell och beräknat antal lastbilar som står i kö över dagen (enkel mätbrygga, sju minuters stilleståndstid vid mätbrygga och lastbilsflöde som i (Figur 30), stor mätplats). Resultatet av simuleringen visas i Figur 31.



Figur 31.
Simulering av antal lastbilar i kö över dygnet.

En situation som den i Figur 31 genererar en summerad kötid på 23 timmar per dag, där varje minuts stillestånd på lastbil kostar 14 kronor (M. Brindbergs 2016), vilket utslaget på antalet m^3fub över dagen ger en snittkostnad på 2,80 kronor per m^3fub. Hade det varit en dag med 30 procent högre flöde än normalt hade snittkostnaden den dagen blivit 5,30 kronor per m^3fub och med ett 30 procent mindre flöde blir det ingen kötid.

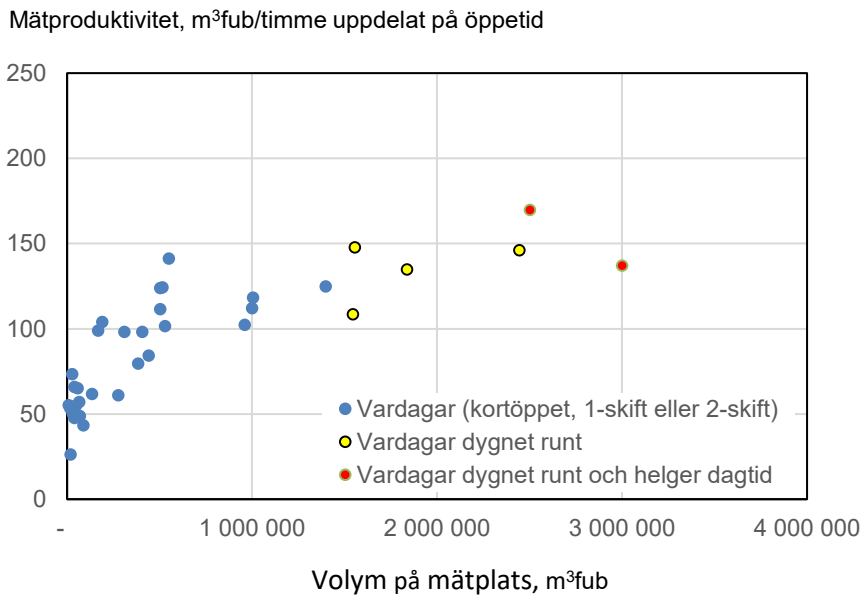
Genom att bygga flera parallella mätningslopp så kan man alltid öka mätningskapaciteten, förutsatt att det finns utrymme och tillgängliga mätare. En tumregel är att överdimensionera kapaciteten med minst 30 procent (M. Brindbergs, pers. medd., 2016). Ett vanligt sätt att dubblera mätkapaciteten är att bygga mätstationer med dubbla bryggor, hade vi haft det i vårt case ovan skulle kapaciteten med traditionell travmätning dubbleras och vi hade inte heller fått någon kö.

I fallet med stor mätstation så har vi i tillägg till rundvedsbilarna också flisbilar som kan komma väldigt ojämnt (se Figur 28). Invägning av flisbilar går väldigt fort. På en mätstation med ansträngd inkörning bör man ha ett eget lopp för flisbilar med en separat våg.

Eventuell köbildning på en mätstation beror alltså på mätplatsens dimensionering och bemanning. Köer kan alltid byggas bort genom att dimensionera upp med ytterligare mätningslopp (läs en brygga till). Detta blir en avvägning mellan att ha lagom bemanning över dagen kontra att överbemanna för att kunna klara topparna. Med denna bakgrund har vi valt att inte inkludera en kostnad för kötid i totalkostnaden.

Kostnader kopplade till mätplatsens öppettider

För att ge transportorganisationerna stor flexibilitet så önskas så lång öppethållandetid som möjligt. Lång öppethållandetid har dock en kostnad. Nattetid är flödet väsentligt reducerat och produktiviteten låg. Långa öppettider kräver därför stora virkesvolymer. I (Figur 32) visas samma material som i (Figur 24 och 25) men här med redovisning om mätplatsens öppettider. Hade man på de stora mätplatserna reducerat öppettiden, till exempel haft nattstängt, så skulle produktiviteten på de stora mätplatserna varit något högre.



Figur 32.
Produktivitet för travmätningsplatser hos Norsk Virkesmåling och hos VMF Nord under 2013.
(Data från NVM och VMF Nord).

Vid traditionell travmätning håller alltså bara de största mätplatserna öppet dygnet runt.

Vid bildmätning mäts bilder över internet, därigenom öppnas möjligheten att en mätcentral servar flera mätstationer. Möjligheten för lång öppethållandetid, också på små mätstationer var också en av drivkrafterna bakom utvecklingen av bildmätning (Bjurulf, 2016).

Första anläggningen med Mabema GPV fungerar operativt ungefär som en traditionell travmätningsstation med fast personal, men de två anläggningarna som beställda för leverans i 2016 kommer bli levererade med distansmätnings-möjlighet.

De flesta mätplatser samt ägarna av lastbilar är i dagsläget inte organiserade för att till fullo utnyttja möjligheten att leverera virke till mätplatserna dygnet runt.

Ett kontinuerligt inflöde av virke under dygnet kan ha fördelar för hela flödet vid industrin utöver att flaskhalsen inmätningen minskas. I en jämförelse av kontinuerlig drift av mätstationen vid en stor massaindustri med drift i två skift (kostnad för mätning, transport och internlogistik) var vinsten med att hålla öppet dygnet runt totalt cirka 10 kronor per m^3fub (M. Brindbergs, pers. medd., 2016). Den största effekten av det kontinuerliga inflödet låg i att en mindre andel virke måste dubbelhanteras på vedplan, en stor del av virket kunde i detta fall läggas direkt från lastbil på inmatningsbordet till renseriet. Generellt ökar fördelarna med lång öppettid med storleken på mottagningsplats. Kostnader kopplade till mätplatsers öppettider varierar stort beroende på mätplatsägarens organisering av vedplansarbetet. Med denna bakgrund har vi valt att inte inkludera en kostnad för kötid i totalkostnaden.

Diskussion

VARIANSANALYS OCH MÄTNOGGRANNHET

I studien har vi skattat variationen för olika faktorer såsom mätare, kollektiv och mätplats vid travmätning hos de tre virkesmätningsföreningarna. Vi har sedan beräknat noggrannheten i skattningarna av volym på trav-, leverans-, parti-, kollektiv- och mätplatsnivå. Data kommer från de mätningar och beräkningar som rutinmässigt görs av virkesmätningsföreningarna. Faktorerna i dessa data är inte helt oberoende av varandra på ett sätt som de skulle kunna vara om studien varit upplagd som ett experiment för att därifrån skatta variansen för olika faktorer. Detta gör att det kan finnas ett beroende mellan olika faktorer som påverkar varianskomponenterna. Vi har i modellerna varit begränsade till att inkludera sådana faktorer som registrerats av virkesmätningsföreningarna. Det kan finnas faktorer som påverkar variationen men som inte ingår i modellerna. Detta kan göra att variation för faktorer som inte ingår i modellen fördelas på andra faktorer som finns med i modellen.

Resultaten visar något större variation i norra Sverige än i södra Sverige. Standardavvikelsen för avvikelsen mellan travmätt och stockmätt volym ligger mellan 6 och 8 procent för samtliga sortiment, trädslag och virkesmätningsföreningar. Från de data vi har tillgång till går det inte att uttala sig om vad denna skillnad beror på. Det kan vara större variation i någon eller några av de faktorer som påverkar fastvolymprocenten. Det kan också bero på att mätarna har mindre tid för sina bedömningar av traven. För den enskilda traven ligger huvuddelen av mätningarna hos alla tre föreningarna inom ±20 procent avvikelse från medelvärdet för kollektivets samtliga enkelt mätta travar.

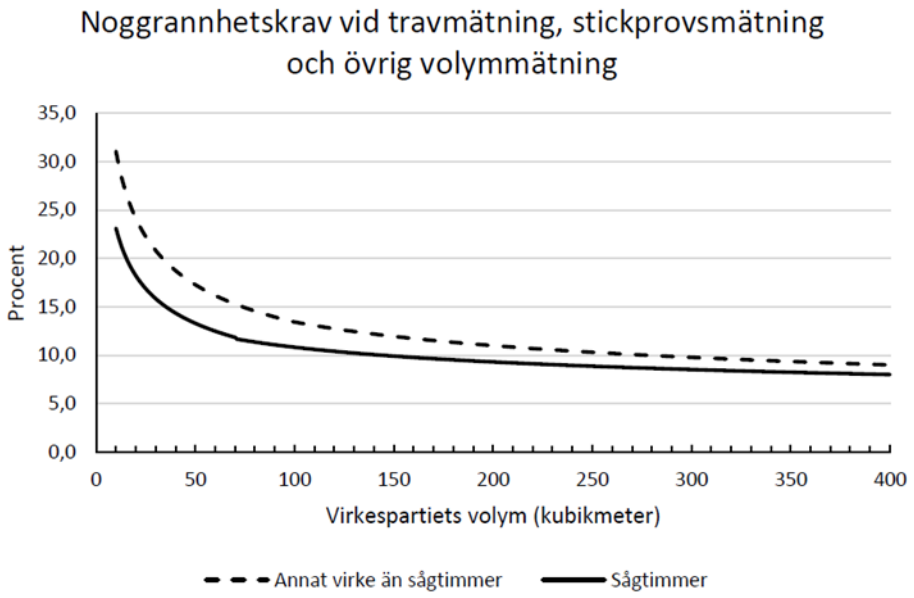
För massaved är variationen lägst för gran, sedan följer barr medan löv har störst variation. Timmer har överlag lägre residualvariation än massaved och för timmer är variationen i stort sett densamma för gran och tall.

Den enskilt största variationen är residualvariansen, d.v.s. den slumpmässiga variationen som återstår när variationen för andra faktorer i modellen tagits bort. Residualvariansen beror på mätmetodens osäkerhet när det gäller virkesmätarnas skattning av travens höjd, bredd, längd och fastvolymprocent. Någon form av hjälpmedel för mätarna skulle kunna minska denna variation. Det finns också en viss variation mellan mätare, medan variationen mellan kollektiv ofta inte är statistiskt signifikant. Med 6 till 8 procent standardavvikelse och ett

stickprov på 40 travar som stockmätts får man ett 99-procentigt konfidensintervall på ±2,4 till ±3,3 procent på volymen i kollektivet. Med denna noggrannhet i skattningen kan man förvänta sig att omräkningstalet för ett kollektiv kommer att variera från en period till en annan.

Uppskattningen av nettovolymen visar större variation än bruttovolymen. En anledning till detta kan vara att det är svårt att i traven se vrak och att variationen därmed blir större för netto- än för bruttovolymen.

Skattningarna av noggrannhet baserat på data i denna studie visar att Skogsstyrelsens krav uppfylls baserat på de varianskomponenter som skattats från data i denna studie. Skogsstyrelsens krav på noggrannhet vid travmätning illustreras i (Figur 33) (SKSFS 2014:11). För ett virkesparti som är större än 10 m³ får den vid travmätning, stickprovsmätning eller övrig volymmätning bestämda totala fastvolymen eller toppcylindervolymen avvika från partiets volym med högst det procenttal som framgår av kurvan i (Figur 33). För virkesparti som är större än 400 m³ och består av sågtimmer får avvikelsen vara högst 8 procent, för övriga virkespartier får motsvarande avvikelse vara 9 procent. Våra skattningar visar att noggrannheten ligger inom dessa gränser.



Figur 33.
Noggrannhetskrav vid travmätning enligt Skogsstyrelsens föreskrifter (från SKSFS 2014:11).

För VMF Nord har vi även data från mätmetod 5–2 (skattning av volym via vikt i första steget och stockmätning i andra steget) och kan därför jämföra med mätmetod 3–2 (travmätning i första steget och stockmätning i andra steget). Mätmetod 5–2 ger överlag lägre residualvariation och variationen mellan mätare är obetydlig, vilket man också kan förvänta sig av en objektiv metod. Till skillnad från 3–2 har granen i 5–2 mätning större variation än barr och löv. Vad detta beror på är oklart men kan ha att göra med variation i fukthalt och/eller densitet.

Förutom mätare, kollektiv och mätplats har vi testat att ta med några ytterligare faktorer i modellen. Som ett uttryck för leverantör har HKODK (huvudkod köpare) och URSPLED1 (ursprung, d.v.s. egen skog, rotpost etc.) testats i modellen. När dessa faktorer, med eller utan samspel med andra faktorer, tas med i modellen förs en del av variationen över till dessa från andra faktorer i modellen. Faktorerna är inte oberoende av varandra utan hänger samman och beskriver delvis samma sak. Med ett statistiskt uttryck beskrivs detta som att faktorerna är ”confounded”. Även kollektiv och mätplats är ”confounded” i de fall ett kollektiv omfattar en mätplats – det går då inte att separera effekterna av de båda faktorerna.

KOSTNADSDRIVARE

Bemannad mätplats eller fjärrmätning

Valet mellan att ha fast personal på mätplatsen eller mäta med fjärrmätning har stor betydelse för de totala kostnaderna. Kostnaden för mätningsmomentet är cirka 3 kronor per m^3fub för mätning med fast personal och drygt 1,50 med fjärrmätningsmetoder. Till fjärrmätningsmetoderna räknas här både bildmätning och Mabema GPV (GPV-systemet är under vidareutveckling för att kunna användas med fjärrmätning).

Att mäta en lastbil från mätbrygga tar cirka 7 minuter, vilket ger en ren produktivitet på cirka 350 m^3fub/timme. I verkligheten är dock produktiviteten i snitt kanske en tredjedel av detta. Orsaken är att lastbilarna inte kommer jämnt över dagen utan man dimensionerar bemanningen efter topparna. Man kan uttrycka det som att virkesmätningsföreningarna säljer bemanning snarare än enbart mättjänsten.

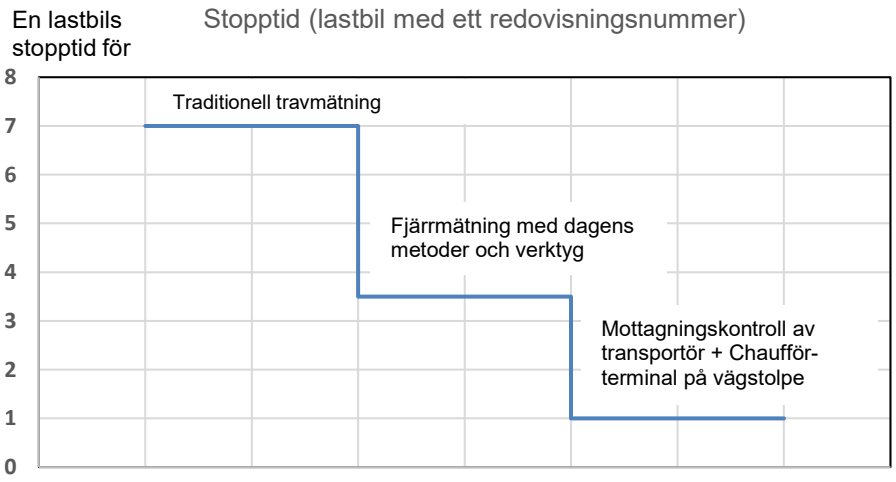
Vid fjärrmätning kan en virkesmätare serva flera mottagningsplatser och med större volym ökar produktiviteten per m^3fub. I tillägg kan man vid fjärrmätning separera mottagningskontroll och mätning, sätta mer resurser på mottagningskontroll vid tidpunkter med stor inkörning och mäta på bilderna under perioder då inkörningen är lugnare. Detta gör att fjärrmätningsmetoderna har en nästan dubbelt så hög produktivitet som bryggmätningsmetoden. I tillägg pågår teknikutveckling som kommer öka produktiviteten, kanske ytterligare en fördubbling (Bjurulf, 2016).

Logistikapparaten önskar så lång öppningstid som möjligt. För mätningsmetoder som kräver fast personal på mottagningsplatsen ökar kostnaderna med förlängning av öppettiden. Fjärrmätningsmetoder är mindre känsliga för kontinuerlig öppettid, nattetid kan man ju minska bemanningen men fortfarande betjäna alla mottagningsplatser.

Virkesbilarnas tid för stillestånd vid mätning

En lastbil som står stilla kostar pengar. Vid traditionell travmätning görs både mottagningskontroll och mätning när lastbilen står vid mätbryggan, lastbilen startar inte förrän mätningen är klar. Vid fjärrmätning delas momenten mottagningskontroll och mätning upp. När mottagningskontrollen är klar kan lastbilen åka, mätningen kan göras i efterhand. Detta halverar i stort sett lastbilens stopptid.

Det pågår utveckling av system för att tillåta chauffören att själv utföra mottagningskontrollen – d.v.s. gå i god för att virkets märkning stämmer med virkesordernummer, att kvaliteten på virket håller avtalade krav och att det inte är främmande föremål i lasset (sten, metall, plast m.m). Detta i kombination med att chaufförsterminalen flyttas till vågstolpen så att chauffören inte behöver lämna hytten vid ankomst kan ytterligare minska stopptiden (Figur 34). Översatt i pengar betyder detta en kostnadsminskning för lastbilens stopptid från cirka 2 kronor per m^3fub med traditionell travmätning till cirka 35 öre per m^3fub när mottagningskontrollen görs av chauffören och travarna mäts med fjärrmätning.



Figur 34.
Beräknad stopptid (minuter) för virkesbil vid traditionell travmätning respektive dagens och morgondagens fjärrmätning (Bjurulf, 2016).

Layouten av en mätplats är viktig. Placering av våg(ar), fjärrmätningsutrustning, brygga(or) i förhållande till varandra och i förhållande till infart och avlastningsplats kan påverka köbildning. Det gäller såväl traditionell travmätning som fjärrmätning.

Mätning med eller utan kollektivomräkning

Själva travmätningen utförs likadant vare sig man använder metod 3 eller 3–2. Den kan utföras som bryggmätning, bildmätning eller med hjälp av Mabema GPV. För metod 3–2 tillkommer kostnaden för stockvis kontrollmätning av slumpvis valda stickprovstravar och för metod 3 tillkommer mätning av kontrolltravar. I tillägg mäts det kontrollstockar i metod 3–2. Andelen travar som slumpas ut för stockmätning är alltså en stor kostnadsdrivare. Ju större kollektiv desto lägre andel provtravar. Bilaga 5 visar en teoretisk känslighetsanalys av kostnaden som funktion av kollektivstorlek.

(Tabell 9) visar en beräkning på antalet kollektiv i VMF Qbera respektive VMF Nord.

Tabell 9.
En översikt över kollektiv till massabruk och terminaler i VMF Qbera och VMF Nord. Båt och tågkollektiv är inte med och inte heller kollektiv till energiverk (personlig information från VMF Qbera respektive VMF Nord).

VMF Nord	Antal kollektiv totalt	Antal kollektiv per mätplats	VMF Qbera	Antal kollektiv totalt	Antal kollektiv per mätplats
9 bruk	82	9,1	15 bruk	30	2,0
15 terminaler	68	4,5	7 terminaler	18	2,6
	150	6,3		48	2,2

Med 36 provtravar per kollektiv blir det 5 400 provtravar i Nord och 1 728 i Qbera. Enligt VMF Syds årsrapport 2014 hade de 837 kontrolltravar.

Vad är då kostnaden för att stockmäta en provtrave? Produktiviteten vid manuell stockmätning kan antas vara lite drygt 5 m^3fub/timme. Med en timkostad på 365 kronor per timme (VMF Nord, 2015) blir kostnaden cirka 80 kronor per m^3fub. Om kostnaden för hantering av provtravar med traktor om cirka 40 kronor per m^3fub läggs till blir den totala kostnaden då cirka 120 kronor per m^3fub vid traditionell stockmätning av stickprov (på mätbänk). I VMF Qbera har man en rationellare mätning av stickproven med den så kallade MASen. MAS står för mobil automatisk stockmätning och bygger på samma princip som de automatiska stockmätningssystemen i sågverken, men monterad på en lastbil. Den har hög produktivitet då den är under mätning men då den flyttas mellan mätplatser får den en relativt låg teknisk utnyttjandegrad. Den rena mätningskostnaden per m^3fub blir därför relativt hög. Med denna metod behöver man dock inte ha samma traktorhantering av provtravarna och den totala kostnaden per hanterad m^3fub ligger därmed i samma storleksordning som traditionell stockmätning av provtravar (M. Hansson, pers. medd., 2015).

En beräkning baserad på antal provtravar enligt ovan, 14 m^3fub per provtrave och en kostnad på 120 kronor per m^3fub samt massavedsvolymer enligt VMF Qbera och Nords årsredovisningar ger en total kostnad för stickprovstravar om:

$$VMF\ Nord: 150 \times 36 \times 14 \times 120 = 9\ 000\ 000\ kr$$

$$VMF\ Qbera: 48 \times 36 \times 14 \times 120 = 3\ 000\ 000\ kr$$

$$VMF\ Syd: 837 \times 14 \times 120 = 1\ 500\ 000\ kr$$

I tillägg till stickprovstravarna har VMF Nord och VMF Qbera en kostnad för stockmätning av provstockar och kollektivadministration på cirka 0,10 kronor per m^3fub (bedömning utifrån VMF Nords Årsrapport, 2015).

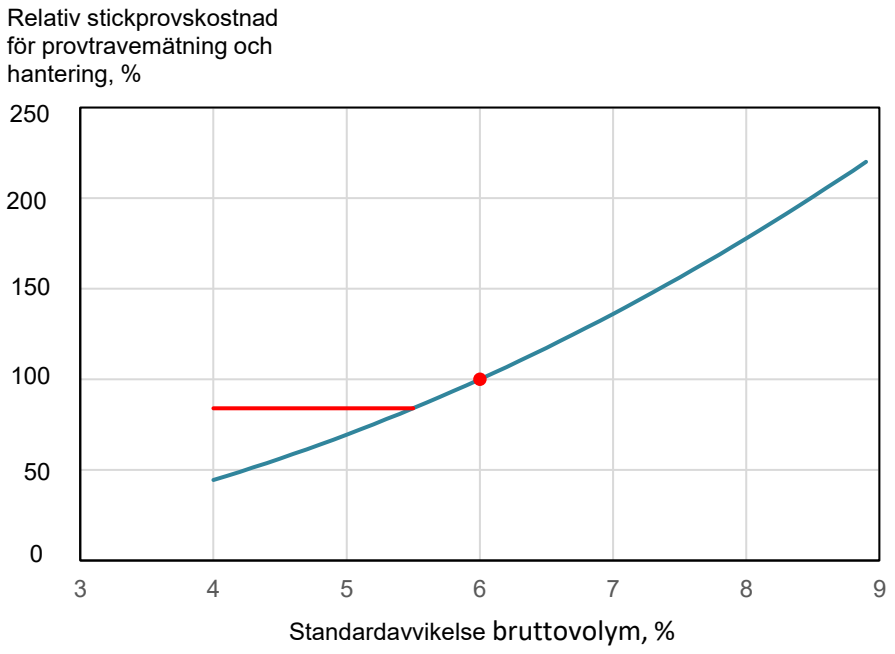
Massavedsvolymen i årsrapporterna till VMF NORD, VMF Qberas respektive VMF Syds årsredovisning var 12,4 miljoner, 13,5 miljoner respektive 9,7 miljoner m^3fub. Utslaget på hela årsvolymerna blir kostnaden för stockmätning och traktorhantering av provtravar på 0,73 kronor per m^3fub för VMF Nord, 0,22 kronor per m^3fub för VMF Qbera och 0,14 kronor för VMF Syd (Tabell 10).

Tabell 10.
Beräknad kostnad för mätning, hantering och administration av provtravar och provstockar.

	Med Kollektivomräkning (3–2)		Utan (mätmetod 3)
	VMF Nord Köpar/säljarkollektiv	VMF Qbera Köparkollektiv	VMF Syd Kontrollkollektiv
Stockmätning travar	0,73	0,22	0,14
Stockmätning stockar + kollektivadm.	0,10	0,10	
Summa:	**0,83**	**0,32**	**0,14**

Mätmetodens noggrannhet

Kostnaden för stickprovsmätning är proportionell mot antalet provtravar. Hur stort stickprovet behöver vara för ett kollektiv avgörs av kravet på säkerhet i volymsskattningen (vanligen ett medelfel på 1 procent för kollektivet) och mätmetodens inneboende noggrannhet. I (Figur 35) visas att kostnaden för stickprov sjunker med lägre nivå på standardavvikelsen i volymsskattningen, vilket hänger samman med att stickprovet då kan minskas med bibehållen säkerhet i skattningen. En praktisk gräns går dock vid 5,5 procent standardavvikelse eftersom antalet provtravar per kollektiv inte bör understiga 30 stycken (SDC, 2015b). Denna nivå illustreras i (Figur 35) med en orange linje och motiveras av att ett tillräckligt stort antal travar behövs för att ge återkoppling till virkesmätarna på varje mätplats.



Figur 35.
Relativ kostnad för provtravemätning och provtravehantering beroende på standardavvikelse. Observera att X-axeln börjar vid 3.

Erfarenhet så långt av den nya tekniken bildmätning tyder på att den har en standardavvikelse i nivå med traditionell travmätning från brygga – d.v.s. en standardavvikelse på bruttovolym i nivån 5–7 procent. Fjärrmätning kräver alltså lika stort stickprov per kollektiv. Storleken på kollektivet kan dock ökas, vilket minskar kostnaden per m^3fub.

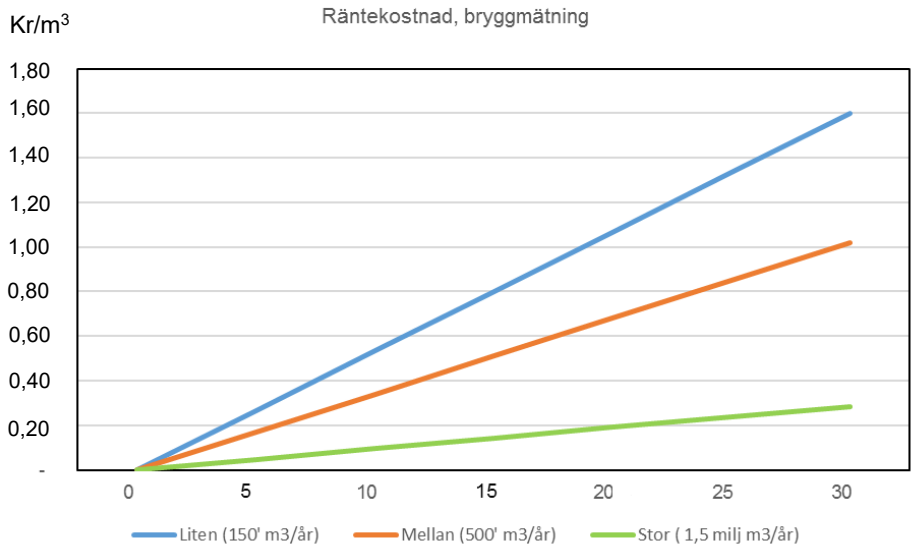
Erfarenheter för Mabema GPV inskränker sig fram till nu till en mätplats och ett urval av sortiment på den mätplatsen. Studier och erfarenhet hittills indikerar dock att Mabema GPV kan ha en lägre standardavvikelse än traditionell travmätning. Skulle GPV ha en standardavvikelse som är 1 procent lägre än traditionell travmätning blir kostnadsreduktionen för provtrave-mätning/-hantering, enligt resonemanget tidigare i detta kapitel, cirka 27 procent motsvarande 0,05 – 0,20 kronor per m^3fub beroende på storlek på kollektivet, den lägre nivån för Qberas stickprovsstratifiering och den högre som i VMF Nords stickprovsstratifiering som ju resulterar i fler provtravar.

Räntenivå

I våra kalkyler har vi räknat med en räntenivå på 5 procent. Detta är historiskt relativt lågt, men används av industriföretag i dag. Industrin har tidvis använt betydligt högre räntekrav för sina investeringar. (Figur 36) visar hur räntekostnaderna per m^3fub varierar med ränteläget och storlek på mätplatsen.

Med dagens låga räntor kan man göra relativt dyra investeringar också på små mätplatser. Dessa betalas ju av över lång tid (cirka 20 år) och räntekostnaden blir därför relativt låg. Med ökat räntekrav ökar kapitalkostnaden dramatiskt, framför allt på mätplatser med mindre volymflöde.

Investeringar på stora mätplatser är inte lika känsliga då kostnaden fördelas på en större virkeskvantitet.



Figur 36.
Exempel på räntekostnad beroende på räntekrav. Metoden för kalkylerna finns beskriven under avsnittet Material och metoder.

Kostnad för risk

Har marknaden dåligt förtroende för en mätmetod så genererar denna osäkerhet, vilket skapar kostnader för att kompensera för denna osäkerhet. Bedömningen är dock att denna typ av kostnader i dagsläget är marginella. Kostnader för risk skulle t.ex. kunna vara att säljaren begär ett högre pris eller att det uppkommer kostnader för att lösa tvister mellan köpare och säljare. I förlängningen skulle detta kunna leda till att valet av mätmetod kan bli ett konkurrensmedel på virkesmarknaden så att en köpare som erbjuder en tryggare mätmetod kan få en konkurrensfördel. Värderingen av risken i en virkesaffär bör vara inbakat i virkespriset och är därför svår att kvantifiera.

Tvister om mätningsresultat är ovanliga i Sverige och Norge, trots mätmetoder med relativt stora slumpmässiga fel. Att virkesmätningen i dessa länder sker av opartiska virkesmätningsföreningar är sannolikt en bidragande orsak.

Vid införandet av nya mätmetoder, såsom de senaste årens bildmätning och Mabema GPV, kan det uppstå osäkerhet i marknaden. Osäkerhet kan komma av funderingar kring metoderna, t.ex. att mätarna inte kan se in i lassen vid mätning i bild som de kan då de fysiskt står vid en trave. Erfarenheten är dock att marknaden relativt snabbt fått förtroende för dessa mätmetoder då standardavvikelsen på dessa metoder i Sverige visar sig ligga på samma nivåer som travmätningen från brygga. I Norge har bildmätningen 1 procent högre standardavvikelse än bryggmätning, trots det har marknaden accepterat metoden utan några större diskussioner.

Incitament för kostnadseffektivitet i virkesmätningen

I Sverige är det mätplatsägaren som betalar för virkesmätningen, även logistikkostnaden står oftast köparen för. Det innebär i princip att det enbart är köparen som har direkt incitament att rationalisera mätningen. Om rationaliseringen innebär en mindre noggrann mätning så blir risken dock större för både köpare och säljare, allra störst dock för de mindre säljarna, ofta enskilda skogsägare.

I Norge är det mätplatsägaren som står för de fasta kostnaderna för mätutrustning samt kostnader för traktorhantering av provtravar. Själva mätningen samt kostnader för nödvändiga licenser och liknande delas mellan köpare och säljare. Logistikkostnaden hamnar på den som ansvarar för transporten.

I praktiken bör det dock inte vara ett stort hinder för rationalisering av virkesmätningen att inte alla i handelskedjan har direkta kostnader förknippade med samtliga kostnadselement. Lägre kostnader i värdekedjan ger en bättre betalningsförmåga för virket, vilket bör gynna både köpare och säljare.

Alternativ för ökad kostnadseffektivitet i mätningen med minst bibehållen noggrannhet

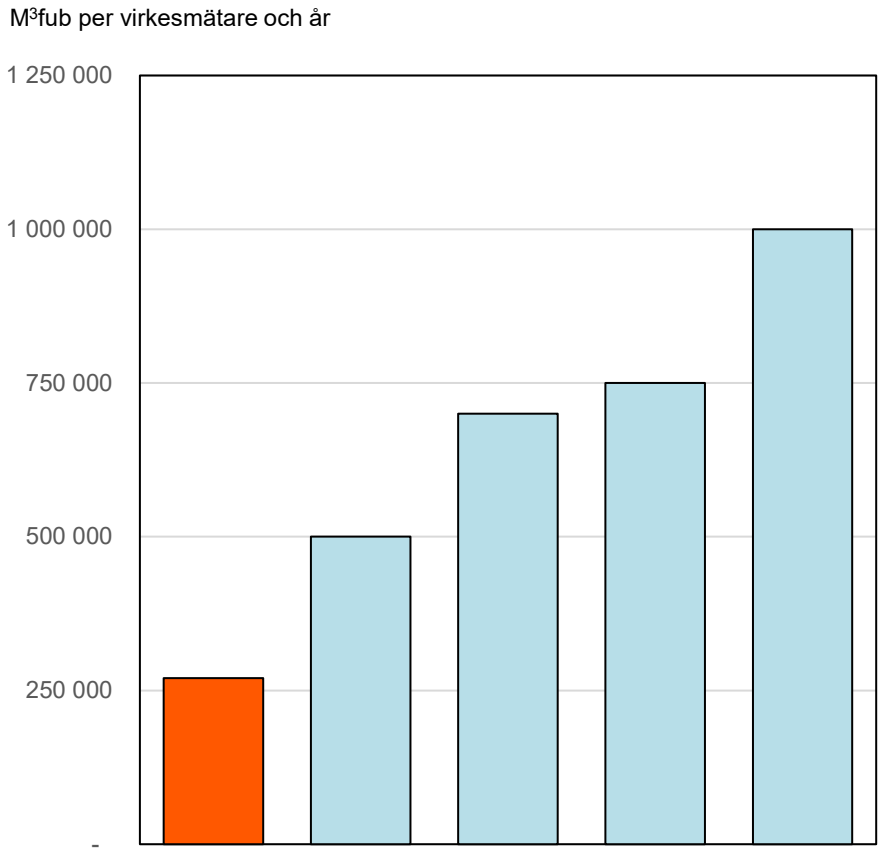
För att nå målet om en mer kostnadseffektiv virkesmätning där noggrannheten i mätningen samtidigt är minst bibehållen på partinivå kan man se en rad olika vägar framåt. I vägvalet bör särskild hänsyn tas till den mindre leverantören som är extra utsatt för osäkerheten i mätmetoden. För den större leverantören kommer slumpmässiga fel ta ut varandra över tid.

VOLYMBASERAD TRAVMÄTNING

Det finns en rad förbättringar att göra inom ramarna för den volymbaserade travmätningen för att minska kostnaden för mätningen. Genom att tillämpa additiva statistiska modeller ökar robustheten i den statistiska metodiken. Dessutom möjliggör det användning av standardmässiga metoder för kvalitetskontroll av mätningen.

Utveckling av fjärrmätningsmetoder

Utveckling av metoder som gör det möjligt för virkesmätaren att mäta virket på distans har en stor potential att rationalisera virkesmätningen. Ett första steg är införandet av bildmätning. När mätningen utförs i större utsträckning på fjärrmätningscentraler i stället för på varje mätplats kan virkesmätarnas tid användas mer effektivt. En utredning av framtida produktivitetsutveckling baserat på fjärrmätning förutspår en fördubbling av produktiviteten för mätmetod 3 när mätningen sker via bildmätning i stället för vid brygga (Bjurulf, 2016a). Ytterligare produktivitetsvinster finns att hämta i en automatisering av volymbestämningen, förenklade kvalitetskrav på virket samt om chaufförsavlämning införs (Figur 37). Totalt bedöms produktiviteten kunna fyrdubblas jämfört med dagens travmätning vid brygga.



Figur 37.
Bedömning av möjlig produktivitetsutveckling med nya metoder och teknisk utveckling för fjärrmätning. Med trimning av dagens bildmätning räknar man med att nå 0,5 miljoner m^3 per år och mätare. Med ytterligare metodutveckling och teknisk utveckling bedömer man att kunna fördubbla produktiviteten ytterligare. För sortiment/mätplatser med mätningsinstruktioner som avviker från standardinstruktionerna blir produktiviteten betydligt lägre. (Bjurulf, 2016a).

Förbättrad logistik på mätplatsen

Förutsättningarna för att optimera logistiken på mätplatsen har stor betydelse för hur effektiv både mätningen och den industriella produktionen kan göras. För travmätning vid mätbrygga och 5–2 mätning bedöms lastbilens stopptid vid mätningsmomentet ytterligare kunna reduceras genom införande av ny teknik som digital leveransavisering, elektroniskt mätkvitto och RFID-tagg på vältlapp (M. Hedin, pers. medd., 2016). Denna största effekten av en optimerad logistik på mätplatsen nås för fjärrmätningsmetoderna där virkesbilarna inte behöver vänta på att en mätare ska blir tillgänglig.

Beslutstöd för virkesmätare baserade på skördardata

Dagens metoder för virkesmätning inkluderar flera moment med manuell skattning av variabler och/eller bedömning av kvalitetsparametrar m.m. Genom att utveckla beslutsstöd för virkesmätaren finns potential att förbättra noggrannheten i mätningen, alternativt frigöra tid för mätaren att mer noggrant bedöma de parametrar som är svåra att få fram på annat sätt än genom en manuell mätning. Genom användning av detaljerade skördardata från aktuellt objekt finns potentialen att förbättra/underlätta skattningen av t ex virkets medellängd och fastvolymprocenten i en trave (Möller m.fl., 2017). Tidsstämplar i skördardata ger även värdefull information om avverkningsdatum, vilket kan användas för att beräkna virkets färskhet.

Mer robusta statistiska modeller och kvalitetskontroll

I delprojektet "Statistisk virkesmätning" (Thierfelder, 2017) har en genomlysning av den statistiska metodik som används inom travmätning gjorts och rekommendationer kring alternativ metodik har tagits fram. Rekommendationerna innebär i korthet att:

- Dagens multiplikativa statistiska modell med omräkningstal bör ersättas med en additiv modell. En additiv modell ger fördelarna att den, utöver att vara metodologiskt väldefinierad, är mer logisk och robust än en multiplikativ modell. Detta blir särskilt viktigt när slumpfaktorer finns med i modellerna.

- För att säkerställa de mindre leverantörernas representation i stickprovet bör en stratifierad samplingsteknik övervägas där de mindre leverantörerna ges en högre vikt i inslumpningen till stickprovet än de större leverantörerna. Detta betyder att de enskilda leverantörerna deltar med hela sin leverans till stickprovet medan de större deltar med en omvänt storleksviktad andel som hos de verkligt stora leverantörerna sannolikt kan reduceras till en bråkdel av dagens stickprovsstorlek utan att nämnvärd precision går förlorad. Detta möjliggör en mätmetod i tre steg där första steget är fastställande av antalet leveranser, andra steget är kvantifiering av leveransen innehåll utifrån en modell baserad på utfallet av ett stickprov av travmätta leveranser och det tredje och sista steget är stockvis kontrollmätning av ett urval av de travmätta leveranserna.

- Ovan nämnda additiva metoder är en förutsättning för att kunna tillämpa klassisk kvalitetskontroll. Denna syftar till att minimera källan till osäkerhet i en mätmetod genom att bryta ner ett flöde i sina komponenter och mäta hur varje komponent bidrar till den totala spridningen. Genom att systematiskt angripa varje komponent kan mätningsprocessen homogeniseras, med färre extrema avvikelser och därmed mindre variation i mätningsprocessen.

- Robusta mätningsmodeller i kombination med ett samplat uttag av travar ur virkeskolelktivet, och en homogeniserad mätningsprocess bedöms kunna få stora effekter på mätningsprocessens kostnadseffektivitet.

Nedan visas exempel på hur additiva modeller (Thierfelder, 2017) skulle kunna användas i virkesmätningen. Beräkningarna är gjorda med analysverktyget SAS, hela resultatet redovisas i Bilaga 6. Resultaten från dessa modeller jämförs här med hur resultatet hade blivit om omräkningstal i stället hade använts. För att kunna generalisera resultaten måste modellerna testas på fler kollektiv och större datamängder.

Tre olika modeller har testats:

1. Omräkningstal enligt nuvarande metod $o = \frac{\sum SV}{\sum(TV \cdot V\%)}$
2. Enkel regression $SV = \alpha_1 TV + \alpha_2 V\% + e$
3. Logaritmisk regression $\ln(SV) = \beta_0 + \beta_1 \ln(TL) + \beta_2 \ln(TH) + \beta_3 \ln(SL) + \beta_4 \ln(V\%) + e$

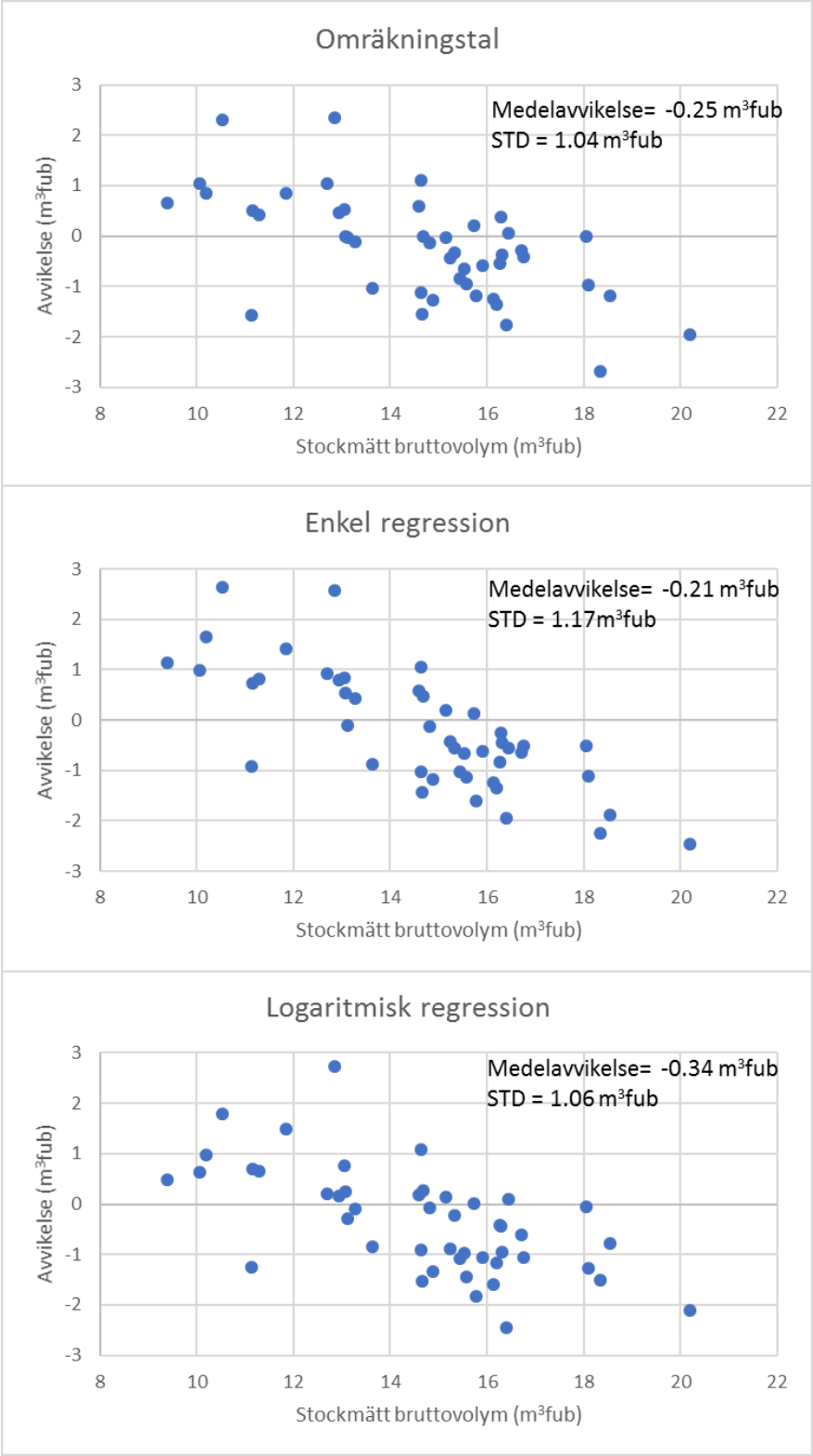
Där:

SV = Stockmätt volym.
TV = travmätt volym beräknad som TL x TH x SL.
TL = Virkestravens längd.
TH = Virkestravens höjd.
SL = Virkestravens bredd.
V% = Fastvolymprocent.
e = Residual.

Beräkningarna gjordes på följande sätt:

1. Modellens regressionskoefficienter skattades för ett slumpvis valt kollektiv från VMF Qbera 2014/15 med 41 stockmätta travar.
2. Modellen användes sedan för att beräkna den omräknade ersättnings-grundande volymen på följande års (2015/16) stockmätta travar för samma kollektiv.
3. Avvikelsen mellan modellens skattning och den stockmätta volymen beräknades som:
   Avvikelse = beräknad travvolym med respektive modells regressions-koefficienter minus stockmätt travvolym.

Resultatet redovisas i (Figur 38) där avvikelsen plottats mot den stockmätta trav-volymen. Den stockmätta volymen får här betraktas som den ”sanna” volymen. I den logaritmerade modellen har resultatet återtransformerats till ursprunglig skala. Anledningen till att vi använt följande års data för att beräkna avvikelsen mellan modell och kontroll är för att få ett oberoende stickprov att testa modellen på. Användning av omräkningstal ger i exemplet inte en helt rättvis bild eftersom omräkningstalen under praktiska förhållanden omräknas antingen månadsvis (F-kollektiv) eller baserat på hela volymen som ingår i kollektivet (R-kollektiv). Regressionsmetoderna ger i exemplen ganska likvärdiga resultat som omräk-ningstalen när det gäller standardavvikelse, men skiljer sig från multiplikativa omräkningstal genom att vara mera logiska, mera metodologiskt väldefinierade och mera robusta i ett slumpperspektiv. För att kunna generalisera resultaten måste modellerna testas ytterligare. Den tendens till systematisk överskattning av volymen hos små travar och underskattning av volymen hos stora travar som noterats i det stora datamaterialet kvarstår för de här testade additiva modellerna.



Figur 38.
Jämförelse av de tre metodernas omräkningstal, enkel regression och logaritmisk regression för att justera den travmätta volymen. Omräkningstal och regressionskoefficienter har skattats på ett års data och sedan har modellerna testats på följande års stockmätta travar. STD betyder standardavvikelse. Observera att X-axeln börjar vid 8.

BETALNINGSGRUNDANDE VOLYMMÄTNING MED SKÖRDARE

Den industriella produktionen startar redan i skogen där noggrann mätning av stammens längd och diameter ligger till grund för apteringsbeslutet i skördaren. Skördarföraren gör även bedömningar gällande stammens kvalitet. Data om varje producerad stock rapporteras kontinuerligt i standardiserat format. Genom att använda sig av skördardata som grund för betalning av skogsägaren öppnas stora möjligheter till rationalisering av mätningen som behövs som betalningsgrund i senare handelsled där aktörerna vanligen hanterar stora volymer. Betalning baserat på skördardata möjliggör kortare ledtider i affären med skogsägaren, vilket håller nere kostnaden för köparens administration.

Mätnoggrannheten för bruttovolym hos kvalitetssäkrade skördare är bättre än för travmätningsmetoderna, vilket är till fördel framför allt för den mindre leverantören. En utvärdering av den av skördaren mätta stockvolymen i m^3fub mot en revisorsmätt topp-rot-volym visade på en standardavvikelse på stam-nivå om cirka 4 procent (Möller m fl., 2017.)

En övergång till betalningsgrundande skördarmätning innebär en ny modell för fördelning av risken i virkesaffären där risker kopplade till verksamheter efter skördaren flyttas över till affärsledet avverkningsorganisation-industri i stället för att som i dag, till största delen ligga på den lilla leverantörens sida. Kostnaden för risken hanteras i prissättningen av virket i båda affärsmodellerna.

Betalningsgrundande skördarmätning växer i omfattning framför allt i södra Sverige där Södra skogsägarna har infört metoden. Att introduktionen inte går fortare än den gör beror sannolikt på den osäkerhet som marknaden kan antas känna inför en ny mätmetod. I ett inledningsskede har därför mätning vid industri skett parallellt för att utvärdera systemet, vilket innebär att den fulla rationaliseringsvinsten i andra handelsledet inte har kunnat hämtas hem ännu.

VIKTBASERADE METODER

Vägning är rationellt, snabbt, billigt och har hög noggrannhet. Ett system med vägning kombinerat med visuell kvalitetsbedömning har potential att vara mycket effektivt. Detta förutsätter dock att virkesmarknaden är villig att gå över till att betala för vikt i stället för volym för utvalda sortiment/produkter.

I många länder är vägning en stor mätmetod för massaved. Det är i praktiken två varianter som används:

- Betalning utifrån råvikt: Premierar snabb intransport av färskt virke (innan det hinner torka och mista vikt), denna mätmetod är mycket enkel och rationell.
- Betalning utifrån torrvikt: Ger för fiberindustrin ett direkt samband mellan den kvantitet man betalar för och den kvantitet massa/papper som man producerar. Förutsätter en bra metod för att mäta torrhalten i virket.

Ur ett svenskt perspektiv skulle en övergång till viktbetalning kunna tänkas få en del konsekvenser:

- Skogsägaren kan kanske få svårt att förstå priset på massaved om skogsbruksplanen anger innehavet i m^3sk för ett bestånd, vad blir det i ton? Vad har massaveden för densitet?
- Skogsägaren kan kanske få svårt att jämföra priset för olika sortiment, sågtimmer betalt i kronor per m^3fub och massaved efter vikt.

Viktbaserade metoder är antagligen mest intressanta i sista handelsled, kanske i kombination med skördarmätning i första handelsled.

Slutsatser

De huvudsakliga slutsatserna från projektet som helhet är:

- Dagens metoder för att skatta volymen på rundved i trave har en spridning, uttryckt som standardavvikelse, om cirka 6–8 procent. Spridningen är i snitt större i norr än i söder.
- Den största källan till variationen i mätmetoden är slumpfaktorer som inte kan förklaras med de data som projektet haft tillgång till. Mätare samt kollektivtillhörighet förklarar endast mindre delar av variansen.
- Osäkerheten i bestämningen av de omräkningstal som används för kollektivomräkning gör det tveksamt om det är motiverat att göra indelningen i kollektiv på mer detaljerad nivå än sortiment per mätplats. Större kollektiv innebär en lägre kostnad för hantering av stickprov.
- De största kostnadsposterna för dagens travmätningsmetoder är timkostnaden för virkesmätaren samt kostnader kopplade till virkesbilens stillestånd under mätning. Dessa kostnader har potential att minskas genom att gå över till fjärrmätningsmetoder, optimera logistiken på mätplatsen samt överväga nya arbetssätt som t.ex. chaufförsavlämning inför mätning.
- En övergång från multiplikativa till additiva statistiska modeller för att bestämma virkesvolymen genom stickprovsmetoder rekommenderas då additiva modeller är mer robusta och ger möjligheter till minimering av variationen genom klassisk kvalitetskontroll.
- Stor potential till rationalisering av virkesmätningen med minst bibehållen noggrannhet i mätningen för den mindre leverantören ligger i en övergång till betalningsgrundande skördarmätning i första handelsledet. Andra handelsledet (stora aktörer) kan då använda betydligt mer rationella mätmetoder. Detta ber kortare ledtider för affären med skogsägaren i kombination med större flexibilitet för köparen.
- Detaljerade skördardata kan också bidra med annan värdefull information till virkesmätare och industri gällande virkets medellängd, skattad fastvolymprocent i en genomsnittlig trave samt virkets färskhet.

Behov av vidare studier

Framöver bedöms följande studier vara intressanta som beslutsunderlag när framtidens virkesmätning utformas:

- Test och utvärdering av de rekommenderade additiva modellerna under praktiska förhållanden.
- Utöka den statistiska analysen med ytterligare data, som t.ex. bedömingsfaktorer för fastmasseprocenten i en trave för att identifiera var utvecklingsinsatser bör sättas in och lägga grunden för klassisk kvalitetskontroll.
- Arbeta med ny teknik- och IT-baserade beslutsstöd för att förse virkesmätarna med moderna hjälpmedel som stöd för bättre bedömningar.

Referenser

Bjurulf, A. 2016a. Utredning av Optimal organisation av fjärrmätning i Sverige, Optima Wood 2016-04-30.

Bjurulf, A. 2016b. Studie av tillgänglighet och mätningskvalitet för Mabema GPV. VMF Qbera 2016.

Bjurulf, A. & Nordström, M. 2017. Kartläggning av dagens metoder för mätning av rundved i trave. Skogforsk. Opublicerat.

Möller, J. J. 2017. Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. Betalningsgrundande eller betalningsstödjande mätning med skördare. Skogforsk. Opublicerat.

Orvér, M. 1998. Om virkesmätningens effektivitet och kostnader vid VMF Nord.

SDC. 2015a. VMK-nämndens verksamhetsberättelse 2014.

SDC. 2015b. Instruktioner för virkesmätning ”Normer för kontroll av virkesmätning och virkesredovisning”, 2015-03-18.

Thierfelder, T. 2017. Statistiska metoder för virkesmätning. SLU/Skogforsk. Opublicerat.

VMF Nord. 2016. Årsredovisning för verksamhetsåret 2015.

VMF Nords prislista. 2015. (http://www.vmfnord.se/om-vmf-nord/prislista-virkesmaetningsuppdrag/).

Personliga meddelanden

Backman, S. 2016. VMF Qbera.

Brindbergs, M. 2016. M³bSweden.

Flemström, N-E. 2016. SDC.

Flemström, N-E. 2016. SDC.

Granberg, J. 2016. VMF Nord.

Grönkvist, J. 2016. Mabema.

Haglund, L. 2016. VMF Nord.

Hansson, M. 2015. VMF Qbera.

Hedin, M. 2016. SDC.

Heggestad, J.G. 2016. (NVM).

Johansson, N. 2016. VMF Qbera

Nossum, 2014. NVM.

Näslund, T. Årtal in! VMF Nord och Heggestad JG (NVM).

Näslund, T., (VMF Nord), Hansson, M., (VMF Qbera) & Adolfsson, J. 2016.

Olofsson, T. 2016. VMF Nord.

Sundelin, M. 2016. SCA.

Yngvesson, M. 2016. SCA 2016.

Øvrum, A. 2015. NVM.

Bilaga 1

VMF Nord prislista 2015

VMF NORD **PRISLISTA 2015-05-01**

PRISLISTA FÖR VIRKESMÄTNINGSUPPDRAG MM

Gällande fr o m 1 maj 2015	Medlemmar [1]	Övriga kunder
	kr/tim	kr/tim
Virkesmätning (stockmätning och mottagningsmätning)	365	475
Virkesmätning vid ej fast bemanning [2]	440	570
Inventering och inventeringsredovisning	440	570
Serviceuppdrag (ex.vis sortering vid sågverk)	335	435
Serviceuppdrag vid ej fast bemanning [2]	395	520
Särskilda uppdrag (ex.vis utbildning, apt.uppföljn., kvalitetssäkring skördare.)	495	645
Permittering för inställt mätningsuppdrag (orsakad av beställaren) [3]	280	365
Helgtillägg vid schemalagda uppdrag	175	225
Helgtillägg vid icke schemalagda uppdrag	475	615
Tillägg för nattarbete mellan kl. 00.00 – 05.00	120	155
Tillägg för stockmätning bänk (med dataklave)	10	15
Tillägg för bildmätning –fasta kostnader vid bildmätningskontor [4]	20	25
Rättning virkesorder och korrigering	495	645
Funktionskontroll (utöver ordinarie)	495	645
Registrering av mätning mm [5]	35 kr/redovisn.nr.	
Begärd kontroll (om betalningsansvar åligger beställaren, se cirkulär C 01)	2 000 kr/st	2 000 kr/st
Resekostnader bil (vid utbildningsuppdrag, apt.uppföljn., kvalitetssäkring mm)	38 kr/mil	38 kr/mil
Rese- och logikostnader (vid utbildningsuppdrag, apt.uppföljn., kvalitetssäkring mm)	självkostnad	självkostnad

- Guldkortsutbildning för avverkningslag: 10 000 kr/kurs, >4 deltagare tillkommer 2 500 kr/deltagare
- Guldkortsutbildning för transportörer: 8 000 kr/kurs, >4 deltagare tillkommer 2 000 kr/deltagare

- Digital Kvalitetshandbok via internet med uppdateringsbesked via e-post 200 kr/år

1) Timpriserna avser arbetstider enligt gällande virkesmätningsavtal. Vid kortare arbetstidsvecka pga. ex.vis skiftarbete som inrymmer schemalagt arbete på veckans alla dagar (vid 36- el. 37-timmars arbetsvecka), justeras timpriset i motsvarande mån. ca +5,3% vid 36 tim/arb.vecka resp. ca +2,6% vid 37 tim/arb.vecka.

2) Virkesmätning och serviceuppdrag ej fast bemanning, avser mätplatser där VMF Nord inte har schemalagd beställning av virkesmätning uppgående till heltidstjänster enligt gällande virkesmätningsavtal. Ej fast bemanning avser även tillfällig ökning av bemanning under en viss period, ex.vis extra skift.

3) Permittering för inställt mätningsuppdrag faktureras uppdragsgivaren vid stängning av hela skift eller delar av skift på mätplatser med fast bemanning.
Permittering för inställt mätningsuppdrag faktureras beställaren om återbud för ex.vis ej schemalagd importmätning lämnas efter kl. 12.00 vardag före helg (vanligtvis fredag).

4) Tillägget avser beräknade fasta självkostnader såsom hyror av kontor- och mätplatsutrustning etc. vid VMF Nords bildmätningskontor i Östersund. Kostnaderna fördelas på basis av antalet redovisningar per mätplats.

5) Avser registrering åt annan uppdragsgivare än mätplatsägaren.

Denna prislista fastställdes av styrelsen vid VMF Nord den 28 maj 2015.

VMF Nord ek för

Jörgen Granberg

PRISLISTA - specifikation

Uppdr.nr	Benämning	Medlem Normal Prislista Kr/tim	Medlem 37 tim Prislista Kr/tim	Medlem 36 tim Prislista Kr/tim	Övriga kunder Kr/tim
199	VMF - tid (199)	0	0	0	0
201/ 281	Mottagningsmätning (201), Mottagningsmätning i bild (281)	365/385	375/395	385/405	475/500
202/ 282	Mottagningsmätning, natt kl. 00-05 (202), i bild (282)	485/505	500/520	510/530	625/650
203/ 283	Mottagningsmätning, helg schemalagd tid (203), i bild (283)	540/560	555/575	570/590	695/720
211	Stockmätning timmer bänk (211)	375			490
221	Stockmätning timmer keratt (221)	365	375	385	435
222	Stockmätning timmer keratt, natt kl. 00-05 (222)	485	500	510	585
223	Stockmätning timmer keratt, helg schemalagd tid (223)	540	555	570	655
231	Stockmätning mav bänk (231)	375			490
241/ 291	Ej fast mottagningsmätning (241), Ej fast mottagningsmätn i bild (291)	440/460	450/470	465/485	585/610
242/ 292	Ej fast mottagningsmätning, natt kl. 00-05 (242), i bild (292)	560/580	575/595	590/610	735/760
243/ 293	Ej fast mottagningsmätn., helg utanför schemalagd tid (243), i bild (293)	915/935	940/960	965/985	1185/1210
251	Ej fast stockmätning timmer bänk (251)	450			595
252	Ej fast stockmätning timmer bänk, helg utanför schemalagd tid (252)	925			1 210
261	Ej fast stockmätning timmer keratt (261)	440	450	465	585
262	Ej fast stockmätning timmer keratt, natt kl. 00-05 (262)	560	575	590	735
263	Ej fast stockmätning timmer keratt, helg utanför schemalagd tid (263)	915	940	965	1 185
264	Ej fast stockmätning timmer keratt, helg schemalagd tid (264)	615	630	650	805
271	Ej fast stockmätning mav bänk (271)	450			610
272	Ej fast stockmätning mav bänk, helg utanför schemalagd tid (272)	925			1 210
301	Serviceuppdrag (301)	335	345	355	435
302	Serviceuppdrag, natt kl. 00-05 (302)	455	465	480	585
303	Serviceuppdrag, helg schemalagd tid (303)	510	525	540	655
311	Ej fast serviceuppdrag (311)	395	405	415	520
312	Ej fast serviceuppdrag, natt kl. 00-05 (312)	515	530	545	670
313	Ej fast serviceuppdrag, helg utanför schemalagd tid (313)	870	905	930	1 120
501	Permittering för inställt mätningsuppdrag (501)	280	290	295	365
701	Inventering (701)	440			585
702	Inventering, helg utanför schemalagd tid (702)	915			1 185
801	Särskilda uppdrag (801)	495			635
802	Särskilda uppdrag, helg utanför schemalagd tid (802)	970			1 235
811	Kvalitetssäkring skördare (811)	495			635
812	Kvalitetssäkring skördare, helg utanför schemalagd tid (812)	970			1 235
821	Uppföljning virkestillredning (821)	495			635
822	Uppföljning virkestillredning, helg utanför schemalagd tid (822)	970			1 235
831	Installationsuppdrag åt SDC - Doris mpl.-system	495			635

Bilaga 2

Genomsnittliga varianser och standardavvikelser för barrmassaved och granmassaved, per virkesmätningsförening

Tabell B2–1.
Medelvärden av varianser samt standardavvikelse per sortiment och virkesmätningsförening för bruttorespektive nettovolym baserat på procentuell avvikelse.

			Varianser					
			Kollektiv	Mätplats	Mätare	Residual	Total varians	Standardavvikelse
Barrmassaved	**Brutto**	Syd		0,10	1,43	37,41	38,94	6,24
		Qbera	1,35		1,95	38,22	41,52	6,44
		Nord	1,49		4,54	43,29	49,32	7,02
	Netto	Syd		0,00	1,38	44,95	46,33	6,81
		Qbera	1,25		2,41	45,84	49,50	7,04
		Nord	2,19		5,11	53,44	60,74	7,79
Granmassaved	**Brutto**							
		Syd		0,00	0,00	34,54	34,54	5,88
		Qbera	0,37		4,03	36,89	41,29	6,43
		Nord	1,62		6,85	39,19	47,66	6,90
	Netto	Syd		0,00	0,00	42,91	42,91	6,55
		Qbera	0,40		3,99	43,16	47,55	6,90
		Nord	2,10		8,88	47,00	57,98	7,61

Bilaga 3

Kostnader för mätning av rundved i trave, per mätmetod och storlek på mätplats

Tabell B3–1.
Sammanställning av kostnader för mätning av rundvirke med trave som enhet.

	Stor mätplats, 1 500 000 m^3fub				Mellan mätplats, 500 000 m^3fu				Liten mätplats, 150 000 m^3fub			
	Travmätning från brygga	Skattning av volym via vikt (5-2)	Bildmätning	GPV Maberna	Travmätning från brygga	Skattning av volym via vikt (5-2)	Bildmätning	GPV Maberna	Travmätning från brygga	Skattning av volym via vikt (5-2)	Bildmätning	GPV Maberna
Kapitalkostnader	0,11	0,11	0,04	0,27	0,38	0,38	0,15	0,83	0,67	0,67	0,50	2,75
Kostnad för mätningsmomentet*	2,71	2,71	1,62	1,62	3,48	3,48	1,86	1,86	4,56	4,56	2,45	2,45
Utläggning provtravar	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,60	0,60	0,60	0,60
SDC kostnader samt andra licenser	0,16	0,16	0,29	0,41	0,21	0,21	0,35	0,73	0,34	0,34	0,52	1,79
Logistikkostnader	2,20	1,00	1,00	1,50	2,20	1,00	1,00	1,50	2,20	1,00	1,00	1,50
Summa	**5,31**	**4,11**	**3,08**	**3,93**	**6,52**	**5,32**	**3,61**	**5,17**	**8,37**	**7,17**	**5,07**	**9,09**

*Mottagningskontroll, travmätning, provtravemätning, kontrollmätning

Bilaga 4

Kapitalkostnadskalkyl för investering i mätutrustning, per mätmetod och storlek på mätplats

Tabellen visar en kalkyl på kapitalkostnader för mätningsutrustning för tre olika storlekar på mätplatser.

Den stora mätplatsen har i tillägg till rundvedsflödet också flisflöde och flisen tar i kalkylen sin del av kapitalkostnaderna för den utrustning som används till både flis och rundved.

Tabell B4–1.
Kapitalkostnad för mätutrustning för tre olika storlekar på mätplatser. Den lilla mätplatsen motsvarar inte en komplett mätstation utan en enklare mätbod. Räntekrav 5 procent.

Kapitalkostnad, stor mottagningsplats								
Rundved, m3	1 500 000	Livslängd	Investerings	Rundveds-	Rak avskrivning (rundvedsvolymen)		Årlig räntekostnad (rundveden)	
Flis, m3	500 000	(år)	kostnad	andel	Kr per år	Kr per m3fub	Kr per år	Kr per m3fub
Våg		20	500 000	75 %	18 750	0,01	9 375,00	0,01
Brygga		20	300 000	75 %	11 250	0,01	5 625,00	0,00
Mätstation med flislabb		40	3 000 000	75 %	56 250	0,04	56 250,00	0,04
Bildmätningsrigg		20	500 000	100 %	25 000	0,02	12 500,00	0,01
Mabema GPV		20	5 000 000	100 %	250 000	0,17	125 000,00	0,08

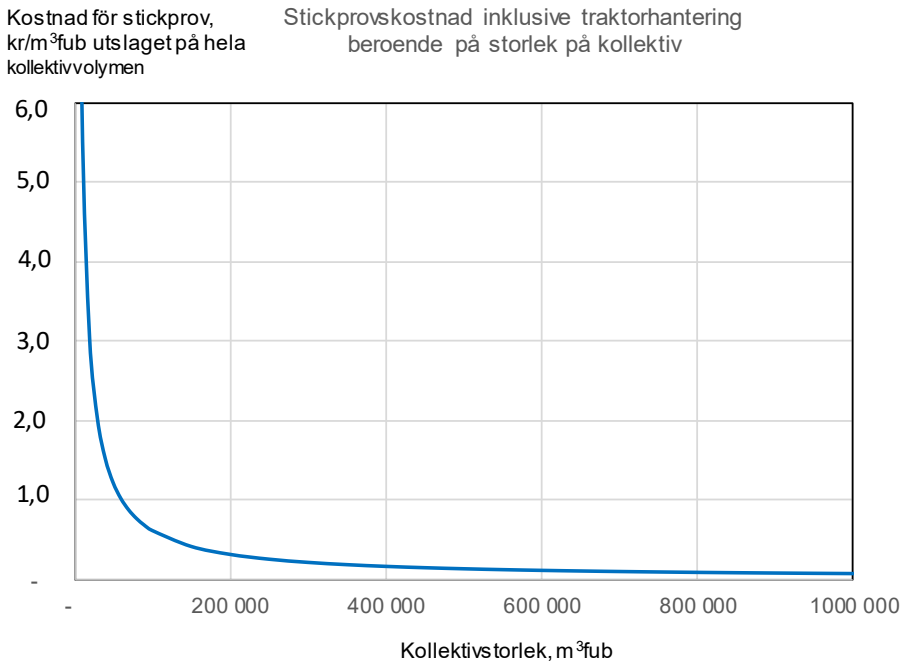
Kapitalkostnad, mellanstor mottagningsplats								
Rundved, m3	500 000	Livslängd	Investerings	Rundveds-	Rak avskrivning (rundvedsvolymen)		Årlig räntekostnad (rundveden)	
Flis, m3	-	(år)	kostnad	andel	Kr per år	Kr per m3fub	Kr per år	Kr per m3fub
Våg		20	500 000	100 %	25 000	0,05	12 500,00	0,03
Brygga		20	300 000	100 %	15 000	0,03	7 500,00	0,02
Mätstation		40	2 600 000	100 %	65 000	0,13	65 000,00	0,13
Bildmätningsrigg		20	500 000	100 %	25 000	0,05	12 500,00	0,03
Mabema GPV		20	5 000 000	100 %	250 000	0,50	125 000,00	0,25

Kapitalkostnad, liten mottagningsplats								
Rundved, m3	150 000	Livslängd	Investerings	Rundveds-	Rak avskrivning (rundvedsvolymen)		Årlig räntekostnad (rundveden)	
Flis, m3	-	(år)	kostnad	andel	Kr per år	Kr per m3fub	Kr per år	Kr per m3fub
Våg		20	500 000	100 %	25 000	0,17	12 500,00	0,08
Brygga		20	300 000	100 %	15 000	0,10	7 500,00	0,05
Mätbod		40	800 000	100 %	20 000	0,13	20 000,00	0,13
Bildmätningsrigg		20	500 000	100 %	25 000	0,17	12 500,00	0,08
Mabema GPV		20	5 000 000	100 %	250 000	1,67	125 000,00	0,83

Bilaga 5

Analys av kollektivstorlekens betydelse för mätningskostnaden

Figuren nedan visar beräknad kostnad för stockmätning av provtravar beroende på storlek på kollektiv. Räknat på 36 provtravar per kollektiv, 14 m^3fub per provtrave samt 120 kronor per m^3fub i stockmätnings och hanteringskostnad för provtravarna.



Figur B5–1.
Kostnad för stockmätning av provtravar, kronor per m^3fub utslaget på hela kollektivets volym.

Bilaga 6

Resultat av regressionsanalyser i SAS

Resultat av regressionsanalyser gjorda i SAS,

Modell: $SV = \alpha_1 TV + \alpha_2 V\% + e$

The REG Procedure
Model: Linear_Regression_Model
Dependent Variable: Bruttovolym Bruttovolym

Trädslag=0

Number of Observations Read	41
Number of Observations Used	41

Note: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7992.02522	3996.01261	6625.70	<.0001
Error	39	23.52122	0.60311		
Uncorrected Total	41	8015.54645			

Root MSE	0.77660	R-Square	0.9971
Dependent Mean	13.88930	Adj R-Sq	0.9969
Coeff Var	5.59136		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|	Type I SS	Type II SS	Standardized Estimate	Squared Semi-partial Corr Type I	Squared Partial Corr Type I	Squared Semi-partial Corr Type II	Squared Partial Corr Type II	Tolerance	Variance Inflation
TV	TV	1	0.51176	0.04573	11.19	<.0001	7991.54112	75.51568	0.92486	0.99701	0.99701	0.00942	0.76250	0.01101	90.79212
FVPROC		1	0.01839	0.02053	0.90	0.3758	0.48410	0.48410	0.07405	0.00006040	0.02017	0.00006040	0.02017	0.01101	90.79212

Collinearity Diagnostics

Number	Eigenvalue	Condition Index	Proportion of Variation TV	Proportion of Variation FVPROC
1	1.99448	1.00000	0.00276	0.00276
2	0.00552	19.00436	0.99724	0.99724

Modell: $\ln(SV) = \beta_0 + \beta_1 \ln(TL) + \beta_2 \ln(TH) + \beta_3 \ln(SL) + \beta_4 \ln(V\%) + e$

The REG Procedure
Model: Linear_Regression_Model
Dependent Variable: Ln_Bruttovolym Ln_Bruttovolym

Trädslag=0

Number of Observations Read	41
Number of Observations Used	41

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.49826	0.12456	53.86	<.0001
Error	36	0.08326	0.00231		
Corrected Total	40	0.58152			

Root MSE	0.04809	R-Square	0.8568
Dependent Mean	2.62418	Adj R-Sq	0.8409
Coeff Var	1.83268		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|	Standardized Estimate	Squared Semi-partial Corr Type I	Squared Partial Corr Type I	Squared Semi-partial Corr Type II	Squared Partial Corr Type II	Tolerance	Variance Inflation
Intercept	Intercept	1	-2.78277	1.25758	-2.21	0.0333	0	.	.	.	.	.	0
Ln_LGD	Log Längd	1	0.74800	1.24591	0.60	0.5520	0.04247	0.17500	0.17500	0.00143	0.00991	0.79493	1.25797
Ln_HJD	Log Höjd	1	1.03623	0.08148	12.72	<.0001	0.87065	0.60725	0.73605	0.64333	0.81795	0.84867	1.17831
Ln_BREDD	Log BREDD	1	0.49203	0.17724	2.78	0.0087	0.17612	0.03645	0.16739	0.03065	0.17632	0.98811	1.01203
Ln_FVPROC	Log Fastvolymprocent	1	0.78061	0.25214	3.10	0.0038	0.20333	0.03812	0.21027	0.03812	0.21027	0.92207	1.08452

Collinearity Diagnostics (intercept adjusted)

Number	Eigenvalue	Condition Index	Proportion of Variation			
			Ln_LGD	Ln_HJD	Ln_BREDD	Ln_FVPROC
1	1.47667	1.00000	0.25930	0.20063	0.00502	0.10098
2	1.08641	1.16586	0.00061188	0.08052	0.50641	0.28797
3	0.88165	1.29418	0.00127	0.20153	0.48791	0.37012
4	0.55527	1.63076	0.73882	0.51732	0.00065480	0.24092

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

År 2016

Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.

Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.

Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost *(Thekopsora areolata)* med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection *(Thekopsora areolata)* by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.

Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.

Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.

Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.

Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.

Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppf följning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.

Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.

Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.

Nr 902 Enström, J., Asmomarp, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.

Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.

Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.

Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning. – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.

Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en littera turstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.

Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.

Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.

Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.

Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundstrm 2016. Prestation och kostnader för slut-avverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.

Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.

Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacityet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.

Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.

Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. .– Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.

Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.

Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.

Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.

Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk., M., Flisberg, P.atrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.

Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.

Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.

Nr 923 Mohtashami, S. & Willèn, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.

Nr 924 Mörk, A., Englund, M. & Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 17 s.

Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergkvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.

Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.

Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.

Nr 928 Friberg, G., Berlin M., Johannesson, T. & Eliasson, L. 2017. Lutnignsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.

Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.

Nr 930 Flisberg, P., Frisk, M., Mikael, Rönnqvist, M. & Willén, E. 2017. Turordnings-planering – Sequencing in operational planning. 28 s.

Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg .– Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.

Nr 932 Englund, M., Mörk, A., Andersson, H. & Manner, J. 2017. Delautomatiserad skotarkran. – Utveckling och utvärdering i simulator. – Semi-automated forwarder crane. – Development and evaluation in a simulator. 28 s.

Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.

Nr 934 Bjurulf, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström,M. 2017. Utvärderig av metoder för mätning av rundved i trave -en statistisk och ekonomisk analys. – Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis 72 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

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogens samhällsnyttor

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. 934–2017

SKOGFORSK

www.skogforsk.se

SKOGSBRUKETS FORSKNINGSINSTITUT · THE FORESTRY RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN
Uppsala Science Park, SE-751 83 UPPSALA, Sweden Ph. +46 18 18 85 00 skogforsk@skogforsk.se http//www.skogforsk.se