



Mätnoggrannhet skördare

Analyser baserade på data från "Kvalitetssäkring skördare"

2026-10-02

Caroline Gelinder
Jacob Edlund
Lars Björklund

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	3
1 INLEDNING	4
1.1 Uppdraget	4
1.2 Bestämning av stocks volym.....	4
1.3 Kvalitetssäkrad mätning med skördare	6
1.4 Syfte och frågeställningar	7
2 MATERIAL OCH METOD	7
2.1 Data från revisionstillfällen.....	7
2.2 Metod.....	9
3 RESULTAT	10
3.1 Diamettermätning - skillnad mellan toppdiameter och övriga diametrar.....	10
3.2 Längdmätning – obetydliga avvikelser	11
3.3 Skördarens sektionsmätta volym jämfört med revisorns topprotmätta	12
3.4 Säsongsvariation i volymbestämningen	13
3.5 Variation mellan skördare.....	15
4 DISKUSSION	16
4.1 Avvikelser i längd- och diamettermätning.....	16
4.1.1 Systematiska avvikelser	16
4.1.2 Tillfälliga avvikelser (spridning) - jämförelser med studie vid Skogforsk	17
4.1.3 Eventuella mätfels direkta påverkan på volymen	18
4.2 Volymavvikelser sektionsmätning - topprotmätning.....	19
4.2.1 Funktionerna för topprotmätning har förändrats	19
4.2.2 Jämförelse med Biometrias kvalitetsrapporter 2022-2025.....	19
4.2.3 Barkfunktioner och rotdelsfunktion – två sätt att påverka volymen	20
4.2.4 Variationer mellan skördare	21
5 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER – FORTSATTA STUDIER	21
6 REFERENSER	22
Bilaga 1. Volym enligt rotdelsfunktion	23

Sammanfattning

Det har sedan 1990-talet funnits ett system för kvalitetssäkring av skördarnas längd- och diametermätning, där det idag är Biometrias kvalitetsledare som utför revisorsmätning (kontrollmätning). Systemet är en form av certifiering med kravnivåer för olika nyckeltal. Klaras kravnivåerna är maskinen godkänd (kvalitetssäkrad). Revisorsmätningen kompletteras 2021 med topprotmätning av diameter under bark (M4-mätning). Föreliggande rapport är den första större analysen av det data som insamlats sedan M4-mätningen infördes 2021.

Syftet med denna utvärdering var att få ökad förståelse för hur faktorer som trädslag, dimension, stocktyp och säsong (årstid) påverkar noggrannheten i skördarens mätning samt att belysa eventuella avvikelser mellan volym enligt skördarens sektionmätning respektive revisorns topprotmätning.

Studien avgränsades till tall och gran, och till data insamlat under perioden 2021-01-01 till 2024-12-31, dvs fyra år. De skördare som ingick i studien var under hela perioden ”godkända” enligt Biometrias instruktion ”Kvalitetssäkrad mätning med skördare” (Biometria 2026). I relativt många fall, storleksordningen 30 %, var M4-mätningen inte komplett. Data från sådana revisionstillfällen ströks. Stockarna delades upp i tre dimensionsklasser baserat på toppdiameter: Grova > 200 mm, mellan 140-200 mm och klena < 140 mm (motsvarande massaved). Totalt nyttjades data från 41 089 stockar från 923 skördare. Vissa analyser avgränsades till data från 2024 (8308 stockar). För topprotmätning används nya topprotfunktioner för sågtimmer och äldre topprotfunktioner för övriga sortiment. Resultaten baserades på alla stockar som producerats dvs motsvarar avverkningen de aktuella åren. Medeltal och systematiska avvikelser volymvägdes utifrån stockarnas volym.

Skördarnas längd- och diametermätning uppvisade mycket små avvikelser. Längdmätningen med skördare är jämförbar med stockmätning vid sågverk. Avvikelserna var något större för riktigt klena respektive riktigt grova stockar. Mätning av toppdiameter, särskilt på tall, överskattades jämfört med övriga diametrar.

Skördarnas sektionmätning på bark gav i genomsnitt 1,1 % större volym jämfört med revisorns topprotmätning på bark. Denna avvikelse var relativt lika för trädslagen och dimensionsklasserna. För volymen under bark var avvikelsen större, i genomsnitt 1,8 %. Avvikelsen var större för gran, 2,0 %, jämfört med tall, 1,5 %. För gran syntes ett tydligt diameterberoende med större överskattning för klena dimensioner, vilket kan bero på att barkfunktionerna drar för lite bark för det klena virket. För mätningen på bark syntes en viss säsongvariation med lägst avvikelse under sommaren och högst under vintern.

Att skördarna gav något högre volym kan även bero på:

- De nya topprotfunktioner som infördes 2022-2023 för sågbara sortiment av tall och gran. Dessa innebär att referensvärdet sänktes något.
- Att barktjockleksmätare används istället för att ta bort barken med yxa skulle kunna ge en underskattning. Metoden bör studeras och eventuella avvikelser dokumenteras.
- Rotdelsfunktionen som i tidigare studie, särskilt för tall, konstaterats ge för stor volym.

Generellt behövs mer fokus på skördarnas mätning av klena dimensioner. Särskilt viktigt om sortimentsvis skördardata ska kunna användas för betalning av virket. Exempelvis skulle kraven i Biometrias kvalitetssäkring kunna delas upp på dimensionsklasser, så som gjorts med analyserna i föreliggande rapport. För att främja ökad användning av skördardata bör det även läggas mer fokus på spridningen mellan skördare.

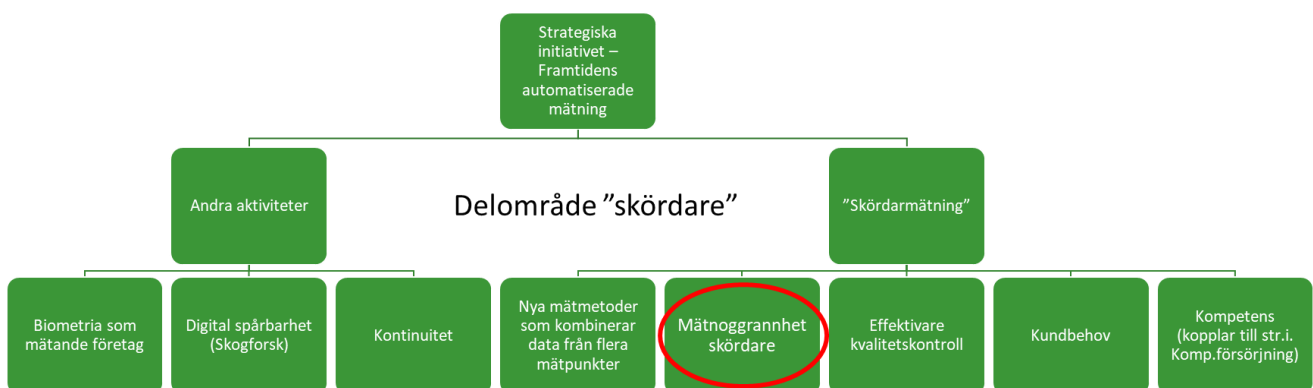
1 Inledning

1.1 Uppdraget

Det strategiska initiativet "Framtidens automatiserade mätning"

Inom det strategiska initiativet "Framtidens automatiserade mätning" finns temaområde "Skördarmätning" med aktiviteten "Mätnoggrannhet skördare". Denna aktivitet kopplar starkt till "Nya mätmetoder som kombinerar data från flera mätpunkter". Vid mätning med olika metoder och utrustningar förekommer såväl systematiska fel (avvikelser) som tillfälliga fel (spridning). Biometria som mätande företag strävar efter att kvantifiera och minimera dessa fel.

Om mätningen i skördarna ska användas tillsammans med annan mätning och bilda nya mätmetoder behövs en bättre förståelse för noggrannheten i denna. Uppdraget handlar om att beskriva noggrannhet vid mätning i skördare när skördaren avverkar stammar och upparbetar dessa till stockar, och sätta detta i relation till den mätning som sker vid industri.



Strukturen i denna bakgrundsbeskrivning

Kapitlet inleds med en beskrivning av olika metoder för bestämning av stocks volym samt hur dessa utvecklats fram till dagens situation. Därefter beskrivs hur "kvalitetssäkring skördare" vuxit fram.

1.2 Bestämning av stocks volym

Toppmätt volym respektive fastvolym (fub-volym)

I den tidiga virkesmätningen mättes mestadels toppmått volym, dvs toppcylinderns volym. Detta måttslag förblev dominerande för sågtimmer fram till 2000-talet.

Stocks verkliga volym benämns fastvolym och definieras i Biometrias instruktioner som stockens volym under bark (fub-volym) då avdrag för eventuella utbuktningar gjorts. Stocks fastvolym kan fås med flera metoder. Under en period fanns fyra godkända metoder; topprotmätning, mittmätning, sektionmätning och toppformtalsmatriser (matrisfub). Dessa beskrivs nedan.

Topprotmätning – äldre respektive nya funktioner

Topprotmätning innebär att stockens fastvolym bestäms med hjälp av två diametrar; en rotdiameter och en toppdiameter. En första version av topprotmätning kom ca 1950. I slutet av 1990-talet gjordes ett större utvecklingsarbete som resulterade i gemensamma funktioner för alla stockar (alla trädslag och dimensioner), men med olika koefficienter beroende på toppdiameter och stocklängd. För att kompensera för rotstockars rotansvällning mäts rotstockars rotdiameter 50 cm från rotändan. Dessa funktioner används idag för allt virke utom sågbara barrsortiment.

År 2018 infördes nya funktioner särskilt anpassade till topprotmätning av sågbara sortiment av tall och gran (Edlund et.al. 2018). Formlerna skiljer mellan trädslag (tall och gran) samt stocktyp. Med stocktyp avses rotstock och övrig stock där rotstock definieras baserat på avsmalningen nära rotändan. En ”biologisk” rotstock med låg rotavsmalning mäts då som övrig stock. Rotstockars rotdiameter mäts i detta fall 130 cm från rotändan. Dessa funktioner ersatte toppformtalsmatriser vid bestämning av fastvolym. När detta var fullt genomfört vid alla sågverk visade material från kontrollmätningar att de nya funktionerna gett en volymminskning med ca 1,5 % för både tall och gran.

I utredningar bör man följaktligen beakta trädslag, sortiment och stocktyp, samt att även vilka topprotfunktioner som använts. I föreliggande rapport beräknas revisors topprotmätta volymer enligt nya funktioner för dimensionsklasserna grova och mellan medan äldre funktioner tillämpats för klena stockar.

Sektionsmätning

Vid sektionsmätning bestäms stams eller stocks volym genom att dela in stammen/stocken i sektioner av viss längd. För varje sektion beräknas volymen utifrån sektionens längd och mittdiameter. Dessa volymer summeras.

Sektionsmätning (av stammar) i skördarna sedan begynnelsen

Med tanke på att skördarnas mätning utgick ifrån stammen, och att de kunde mäta diametern kontinuerligt längs stammen, föll det sig naturligt att bestämning av volym utgick från sektionsmätning med korta sektioner. Redan från början, och oförändrat fram till idag, mäter skördarna virkesvolymen med hjälp av 1-dm-sektioner. Skördarna mäter på bark och de kan inte mäta den allra nedersta delen av stammen. Av dessa anledningar är barkfunktioner och rotdelsfunktioner viktiga för volymbestämningen. Detta beskrivs närmare i kapitlet ”Data från revisionstillfällen”.

Sektionsmätning i mätramar som inte slog igenom

När intresset för betalning i fastvolym ökade fanns inledningsvis en tanke och förhoppning att utveckla sektionsmätning i sågverkens mätramar. Men utvecklingen visade sig svårare än vad man trott och metoden fick inget genomslag.

Mittmätning

Vid mittmätning bestäms stockens volym utifrån dess längd och mittdiameter. Mittmätning kan sägas vara en form av sektionsmätning med stockens längd som sektion. Mittmätning är internationellt sett en vanlig mätmetod, men tillämpas i mycket begränsad omfattning i Sverige och tas ej upp i analyserna i denna rapport.

Toppformtalsmatriser (matrisfub) kom och gick

Parallellt med de topprotfunktioner som infördes 1999 togs även omvandlingstal baserade på toppdiameter och stocklängd fram, så kallade toppformtalsmatriser. Dessa började användas för sågtimmer, först för produktionsuppföljning men efterhand alltmer vid betalning baserad på fastvolym. Begreppet matrisfub föddes och 2014 togs matrisfub med i den nationella instruktionen för stockmätning. Först i början av 2020-talet ersattes matrisfub med fastvolymmätning (topprotmätning, mätramfub) i mätramarna. Detta påhejats av att Skogsstyrelsen utfärdade ett förbud för affärer i första köpledd baserade på toppformtalsmatriser. Att den avskaffades har bidragit till ökat intresse för mätramfub vilket i sin tur har bidragit till ökat intresse för att jämföra denna med fub-mätning i skördare.

Branschens beslut 2011 att ha topprotmätning som referensmetod

Mot bakgrund av att flera metoder för fastvolymbestämning vuxit fram sågs behov av en referensmetod. Krav på denna var att den skulle kunna tillämpas i alla situationer där stockars fastvolym mättes. Den behövde med andra ord vara okomplicerad. År 2011 tog VMF/SDC beslut att topprotmätning skulle vara referensmetod för mätning av stocks fastvolym, oavsett metod i den ordinarie mätningen (SDC 2011). Det innebär att andra metoder, som exempelvis sektionsmätning, ska justeras så att den ger samma volym som topprotmätning. Det bestämdes även att vid kontrollmätning ska topprotmätning utföras som manuell korsklavning.

Situationen 2026

Situationen när denna rapport skrivs våren 2026 är alltså att virkets fastvolym bestäms via:

- Topprotmätning i all stockmätning
- Sektionsmätning av stammar i skördare

För topprotmätning finns två varianter: nya topprotfunktioner för sågtimmer och äldre topprotfunktioner för övriga sortiment. Manuell korsklavning är referensmetod.

1.3 Kvalitetssäkrad mätning med skördare

Teknisk utveckling sedan 1990-talet

Den tekniska utvecklingen rörande mätning i skördare av stockars längd och diameter sköt fart under 1990-talet. För att kalibrera (justera) mätningen slumpades kontrollstammar som mättes manuellt av skördarförarna. Tämligen omgående uppkom tanken att kvalitetssäkra mätningen med hjälp av oberoende revisorer (utförs inom Biometria av kvalitetsledare). Revisorerna skulle, dels via insända kontrolldatafiler följa skördarförarnas kontinuerliga arbete med att kalibrera mätningen, dels besöka maskinerna några gånger per år för att manuellt kontrollmäta några av de kontrollstammar som mätts av skördarföraren. Vi fick begreppen:

M1 = maskinens mätning

M2 = skördarförarens mätning

M3 = revisorns (kvalitetsledarens) mätning

Certifiering av skördarnas mätning på bark

Systemet för kvalitetssäkring utvecklades till en form av certifiering med kravnivåer för olika nyckeltal. Klarades kravnivåerna var maskinen godkänd (kvalitetssäkrad). Skördarens diametermätning, och systemet för kvalitetssäkring, baserades på den stam som upparbetades, inte de stockar som apterades. Eftersom skördaren bara kan mäta på bark var det bara mätningen på bark som kontrollerades. Diameter under bark erhöles med hjälp av barkfunktioner vilka utvecklades och godkändes i andra forum. Biometrias tjänst för kvalitetssäkring av skördare har idag mycket stor tillämpning med hög andel av landets skördare anslutna.

Ersättningsgrundande skördarmätning sedan 2005 - men låg tillämpning

Med inspiration från Finland väcktes intresse i Sverige för ersättningsgrundande skördarmätning. En första branschstandard (nationell mätninginstruktion) publicerades 2005. Den föreskrev att skördarna skulle vara kvalitetssäkrade. Mätningen avgränsades till "ej sortimentsuppdelad volym under bark" med prisräkning baserad på ett stampris. Metoden har allt sedan starten tillämpats i relativt liten omfattning.

Revisorsmätningen kompletteras 2021 med mätning av diameter under bark (M4-mätning)

Flera faktorer bidrog till att revisorsmätningen 2021 kompletterades med underbarksmätning i topp och rot av varje stock.

- Ökad insikt i betydelsen av att faktiskt kontrollera det mått, volym under bark, som all virkeshandel tillämpar
- Ökad topprotmätning med fub-volym i mätramarna på sågverken
- Kostnadseffektivt sätt att få data för fortsatt utveckling av barkfunktioner

Diametern under bark erhöles med hjälp av barktjockleksmätare. Detta till skillnad från annan stockmätning där kvalitetsledarna barkar måttställena med hjälp av yxa och sedan klavar den barkade stocken. Begreppen M1-M3 kompletterades med:

M4 = revisorns (kvalitetsledarens) topprotmätning på och under bark

Föreliggande rapport är den första större analysen av det data som insamlats sedan M4-mätningen infördes.

1.4 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna utvärdering var att få ökad förståelse för hur faktorer som trädslag, dimension, stocktyp och säsong (årstid) påverkar noggrannheten i skördarens mätning samt att belysa eventuella avvikelser mellan sektionmätning och topprotmätning.

Skördarens mätning kan jämföras med stockmätning i mätram. Både skördare och mätramar vid industri kan användas för ersättningsgrundande mätning varför det finns ett värde i att jämföra mätningen i dessa mätpunkter. Mätnoggrannheten i de av Biometria kvalitetssäkrade skördarna följs årligen i Biometrias kvalitetsrapporter. Den redovisningen avser dock stamvolymen medan föreliggande rapport fokuserar på analyser på stocknivå.

Frågor som behöver besvaras för att öppna för breddad användning av mätdata från skördare är bland annat:

- Noggrannhet i längd- och diamettermätning på och under bark
- Noggrannhet i, respektive avvikelser mellan, stocks volym via sektionmätning jämfört med topprotmätning. På och under bark.
- Variation mellan skördare
- Säsongsvariationer

2 Material och metod

2.1 Data från revisionstillfällen

Data från fyra år

Resultaten i denna rapport baseras på data från Biometrias tjänst för kvalitetssäkring av skördare. Tjänsten innefattar minst två revisionstillfällen i fält per år. Studien avgränsades till tall och gran, och till data insamlat under perioden 2021-01-01 till 2024-12-31, dvs fyra år. De skördare som ingick i studien var under hela perioden "godkända" enligt Biometrias instruktion "Kvalitetssäkrad mätning med skördare" (Biometria 2026). Utöver mätvärden finns även beskrivande variabler som plats, trädslag och datum.

Mätvärden från skördare respektive revisor (kvalitetsledare)

Från revisionstillfällena finns mätvärden från skördaren (M1), skördarföraren (M2), revisorn på bark (M3) samt revisorn under bark (M4). Skördarförarens mätningar (M2) analyseras inte i denna rapport. M1 mäts bara på bark, diametern under bark för dessa mätningar beräknas med hjälp av barkfunktioner som utvecklats av Skogforsk. För rotdelen skattas diametrar och volym med rotdelfunktion. För M4 mäts barktjockleken med barktjockleksmätare. Vid varje

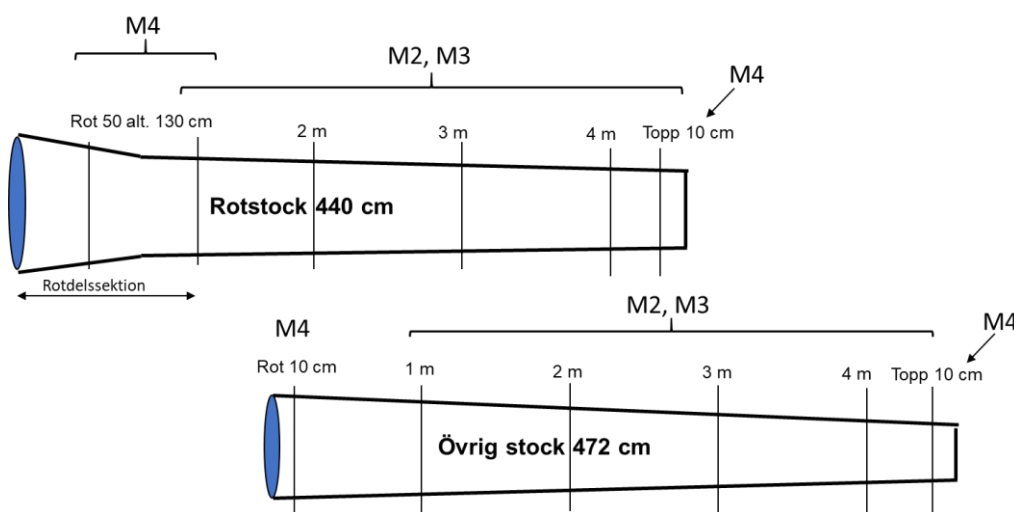
revisionstillfälle mäts 2-4 stammar vilket normalt motsvarar 10-15 stockar. Revisorns topprotmätning under bark följer branschens referensmetod för bestämning av stocks volym.

Mätvärden från skördare (M1) och revisor (M3/M4):

- Toppdiameter på bark och under bark
- Diameter på bark vid varje hel meter från stocks rotända (övriga diametrar)
- Diameter i brösthöjd (DBH) på rotstock, på bark och under bark (dvs samma som rot130)
- Revisorn mäter även rotdiameter på och under bark
- Stocklängd

Stockarna delades upp i dimensionsklasser enligt:

- Grov – toppdiameter under bark > 200 mm
- Mellan – toppdiameter under bark 140-200 mm
- Klen – toppdiameter under bark < 140 mm



Figur 1. Skördarförarens (M2) respektive revisorns (M3, M4) diatetermätningar på stam/stock. M2-M3 görs på bark och omfattar toppdiameter, rot 130 på rotstockar samt mätning vid varje hel meter. M4 görs under bark och omfattar topp- och rotmått.

Rotdelsfunktion

Skördaren mäter diameter med hjälp av kvistknivarna. Kvistknivarna befinner sig ca 50 cm ovanför sågbladet vilket gör att diametern på stammen inte kan mätas hela vägen från rotändan. Därför används en rotfelsfunktion för skattning av diameter och volym från rotändan upp till 130 cm. Denna funktion är till ursprunget finsk (Anon 2006) men är testad och utvärderad av Biometria (se bilaga 1).

Stocks längd mäts med skördaraggregatets matarhjul. Eftersom avståndet mellan sågblad och matarhjul är konstant kan även rotstockens längd bestämmas.

Bortfall av data samt filtreringar

Av olika anledningar har mätningen i relativt många fall, särskilt avseende M4-mätningen, inte blivit komplett. Data från sådana revisionstillfällen har strukits. Detta bortfall av data var i storleksordningen 30 %.

Stockar med stora avvikelser mellan skördarens respektive revisorns mätning har antagits vara outliers och exkluderats ur analysen. Följande gränser tillämpades:

- längd understigande 1 m

- avvikelse i toppdiameter > 30 mm
- avvikelse i längd > 10 cm
- stockar med volymavvikelse > 30 %

Även ett fåtal stockar med orimliga förhållanden mellan rot 10, rot 130 och/eller toppdiameter exkluderades. De på dessa grunder bortfiltrerade stockarna var färre än 1 %.

Antal skördare samt antal stockar som användes i analyserna framgår av tabell 1.

Tabell 1. Antal skördare samt antal stockar som ingick i studien. Vissa skördare var verksamma i flera landsdelar.

Södra Sverige	Antal skördare		Hela landet	2021	2022	Antal stockar		Totalt
	Mellan- Sverige	Norra Sverige				2023	2024	
296	430	246	923	10 225	11 764	10 792	8308	41 089

2.2 Metod

Medeltal baserade på skördarnas produktion

Medeltal för "alla stockar" respektive "tall och gran" baseras på alla stockar som producerats. Dvs det baseras på fler övriga stockar än rotstockar och fler granstockar än tallstockar. Medeltalen kan sägas representera den skördade volymen för perioden 2021–2024.

Medeltal och systematiska avvikelser är volymvägda utifrån stockarnas volym. I utvärderingen av säsongsvariation har först månadsvisa värden beräknats, därefter har genomsnittet av de fyra årens värde per månad räknats ut. Syftet med att använda flera år för utvärderingen av säsongseffekt är att få mer robusta resultat.

Längd- och diamettermätning

Längd- och diamettermätning analyseras separat för att belysa om eventuella volymavvikelser var mer kopplade till något av måtten. Alla avvikelser avser skördarens mätning gentemot revisorns manuella mätning. För diamettermätning analyseras toppdiameter och övriga diametrar separat.

I kapitel 3.1 och 3.2 visas avvikelser i diameter- respektive längdmätning i absoluta tal, dvs i mm respektive cm. För procentuell volymavvikelse, som visas i kapitel 3.3 – 3.5 är relativa avvikelser mer beskrivande. Ett visst mätfel ger större relativt fel vid klenare dimension.

Volymberäkningar

Stocks volym beräknades enligt följande alternativ:

Skördares sektionmätning (1-dm-sektioner):

- Mätning på bark
- Diameter under bark med Skogforsks barkfunktioner

Revisors manuella topprotmätning via korsklavning:

- Mätning på bark
- Diameter under bark med barktjockleksmätare
- Volymen beräknades med nya topprotfunktioner för dimensionsklasserna "grova" och "mellan", och med äldre topprotfunktioner för dimensionsklass "klen" (motsvarar massaved)

Jämförelse med industrimätning

För att utvärdera hur bra skördarna mäter jämfört med stockmätning i mätram vid industri användes data från 2024. Detta för att göra resultatet jämförbart med årsresultat från stockmätning på industrin. Det gäller tabellerna 4 och 5 samt figur 10. I övrigt i rapporten användes data från hela datainsamlingsperioden.

3 Resultat

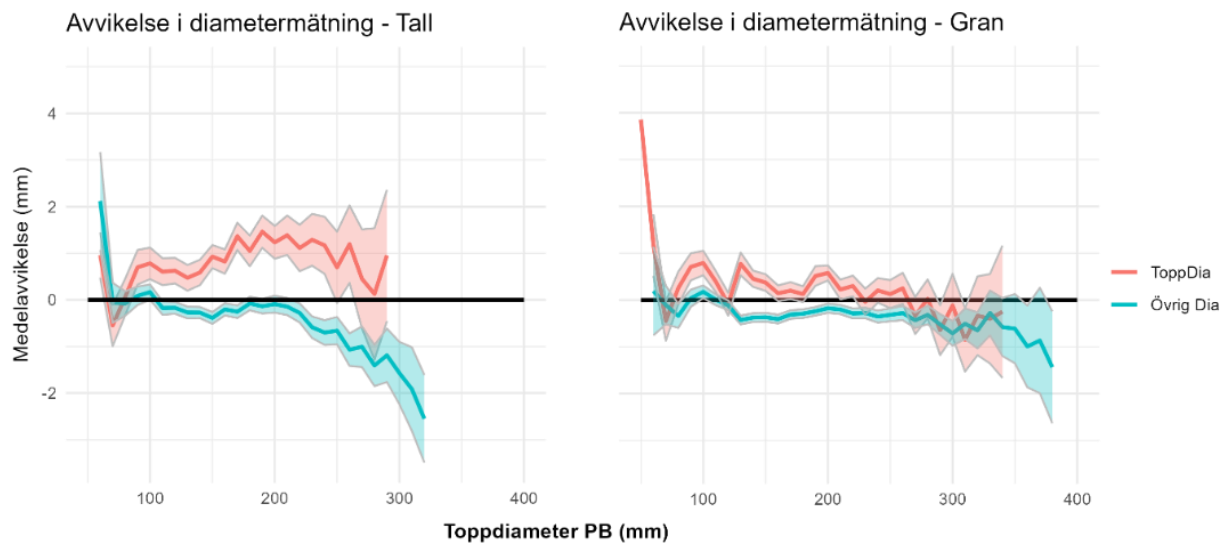
3.1 Diamettermätning - skillnad mellan toppdiameter och övriga diametrar

Skördaren överskattade toppdiameter på bark med 0,81 mm för tall respektive 0,28 mm för gran. Diameter under bark överskattades med 0,36 respektive 1,37 mm. Den större avvikelsen för gran under bark indikerar att granfunktionerna drar för lite bark. För övriga diametrar underskattade skördaren diametern på bark med ca 0,3 mm för både tall och gran. Observera att det för övriga diametrar saknas referensvärden under bark.

Tabell 2. Diameteravvikelse (mm), skördare jämfört med revisor, på bark respektive under bark 2021-2024.

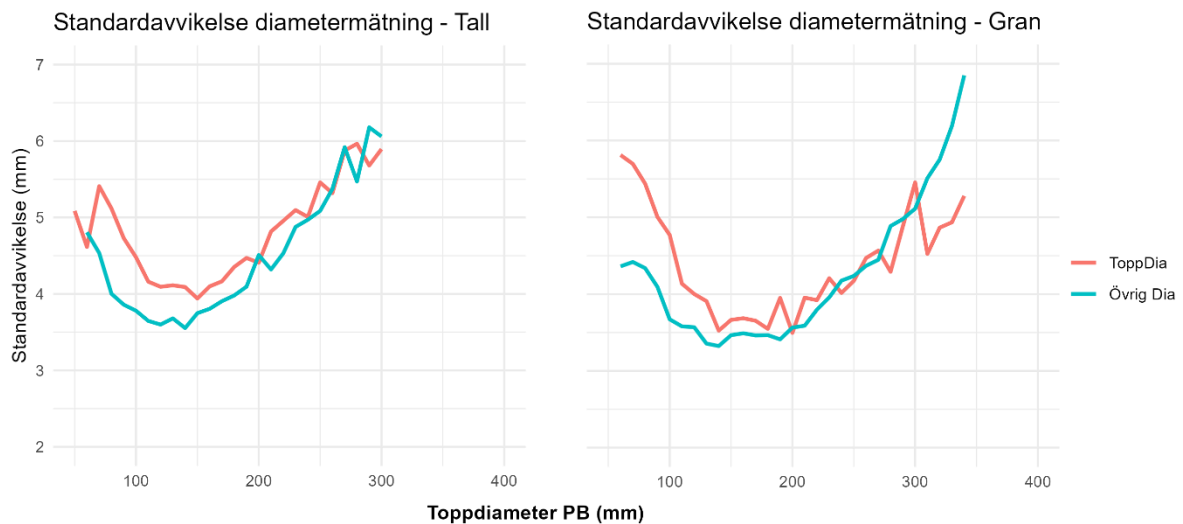
Diameter	Trädslag	Antal mått		Medelavvikelse (mm)		Standardavvikelse (mm)	
		Pb	Ub	På bark	Under bark	På bark	Under bark
Toppdiameter							
	Tall	13 198	11 362	0,81	0,36	4,55	5,15
	Gran	27 199	6576	0,28	1,37	4,19	5,01
Övriga diametrar							
	Tall	46 913	-	-0,32	-	4,27	-
	Gran	94 012	-	-0,29	-	3,95	-

För större delen av diameterintervallet påvisades en statistiskt säkerställd skillnad mellan mätning av toppdiameter jämfört med mätning av övriga diametrar. För gran var skillnaden mellan diametermåten ändå mycket liten, ca 0,6 mm medan den var större för tall, ca 1,2 mm.



Figur 2. Medelavvikelse, skördare jämfört med revisor, i mätning av toppdiameter respektive övriga diametrar, över olika grovlek på stock, inklusive konfidensintervall på 95%-nivån. Uppdelat på tall och gran.

Standardavvikelsen för toppdiameter på bark var 4,55 mm för tall respektive 4,19 mm för gran. Motsvarande under bark var 5,15 respektive 5,01 mm. Standardavvikelsen var marginellt lägre för övriga diametrar jämfört med för toppdiametern. För båda trädslagen och båda diamettermåtten fanns en u-formad trend i spridningen med en relativt hög spridning för de klenaste stockarna, lägst spridning för mellandimensioner och sedan en ökande spridning igen för de grövsta dimensionerna. Notera att standardavvikelsen visas i absoluta mått och inte i procent.



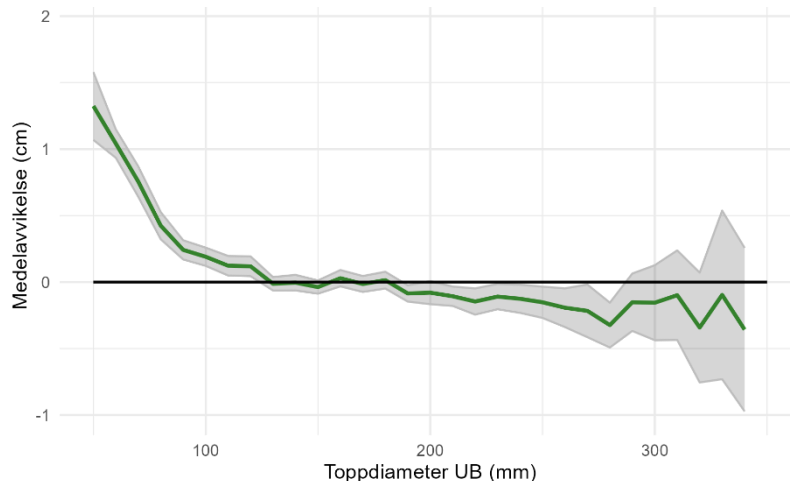
Figur 3. Spridning i diamettermätning över olika grovlek på stock, uppdelat på diametertyp och trädslag.

3.2 Längdmätning – obetydliga avvikelser

Den genomsnittliga avvikelsen i längdmätning, för båda trädslagen, var nära noll med standardavvikelse ca 1,7 cm (tabell 3). I Figur 4. illustreras att längden överskattades något för de allra klenaste stockarna, medan längden på de grövsta stockarna underskattades något.

Tabell 3. Skördares noggrannhet avseende längdmätning 2021-2024.

Trädslag	Antal stockar	Medel- längd (cm)	Medel- avvikelse (cm)	Standard- avvikelse (cm)
Tall och gran	40 397	425	0,1	1,7
Tall	13 198	431	0,2	1,6
Gran	27 199	421	0	1,7



Figur 4. Medelavvikelse i längdmätning över olika toppdiametrar, inklusive 95% konfidensintervall. Tall och gran sammanslagna.

3.3 Skördarens sektionsmätta volym jämfört med revisorns topprotmätta

Kapitel 3.3 baseras på data för 2024.

Systematisk avvikelse

Tabell 4 visar att skördarens sektionsmätning på bark i genomsnitt gav 1,1 % större volym jämfört med revisorns topprotmätning på bark. Denna avvikelse var relativt lika för trädslagen och dimensionsklasserna.

För volymen under bark var avvikelsen större, i genomsnitt 1,8 %. Avvikelsen var större för gran, 2,0 %, jämfört med tall, 1,5 %. För gran syntes ett tydligt diameterberoende med större avvikelser för kläna dimensioner. För kläna rotstockar av gran var avvikelsen så stor som 7,3 %. Att kläna gran överskattades mest kan bero på att barkfunktionerna drar för lite bark för det kläna virket.

Utöver det ovan nämnda syntes tendenser till skillnader mellan stocktyper såtillvida att för tall var överskattningen för "övriga stockar" större än för rotstockar medan förhållandet var det omvända för gran.

Tabell 4. Skördarens sektionmätning jämfört med revisorns topprotmätning (data för 2024).

Träd- slag	Dimension	Antal stockar			Volymavvikelse på bark %			Volymavvikelse under bark %		
		Alla	Rot	Övrig	Alla	Rot	Övrig	Alla	Rot	Övrig
Tall och gran	Alla	8308	2637	5671	1,1	1,1	1,2	1,8	1,9	1,8
	Grov	1474	895	579	0,8	1,0	0,5	0,7	1,3	-0,3
	Mellan	2878	977	1901	1,5	1,4	1,6	2,5	3,0	2,3
	Klen	3956	765	3191	1,1	0,4	1,3	2,7	2,5	2,7
Tall	Alla	3122	1095	2027	1,2	0,6	1,7	1,5	0,8	2,0
	Grov	398	251	147	0,8	0,6	1,2	0,8	0,8	0,7
	Mellan	1009	433	576	1,8	1,7	1,8	2,0	1,9	2,2
	Klen	1715	411	1304	0,8	-1,8	1,8	1,4	-1,5	2,5
Gran	Alla	5186	1542	3644	1,1	1,3	1,0	2,0	2,5	1,7
	Grov	1076	644	432	0,8	1,1	0,2	0,7	1,4	-0,6
	Mellan	1869	544	1325	1,4	1,2	1,5	2,8	3,9	2,3
	Klen	2241	354	1887	1,4	3,3	1,0	3,6	7,3	2,9

Dimensionsklasser baserat på toppdiameter under bark: Grov > 20 cm, Mellan 14-20 cm, Klen <14 cm.

Standardavvikelse (tillfälligt fel)

Standardavvikelsen var i storleksordningen 4-6 % för skördarens sektionmätning på bark och 5-7 % för motsvarande under bark. Den visade ett tydligt dimensionsberoende med lägst värden för grova stockar och högst för klena stockar.

Tabell 5. Standardavvikelse för stocks volym från skördarens sektionmätning jämfört med revisorns topprotmätning (data för 2024).

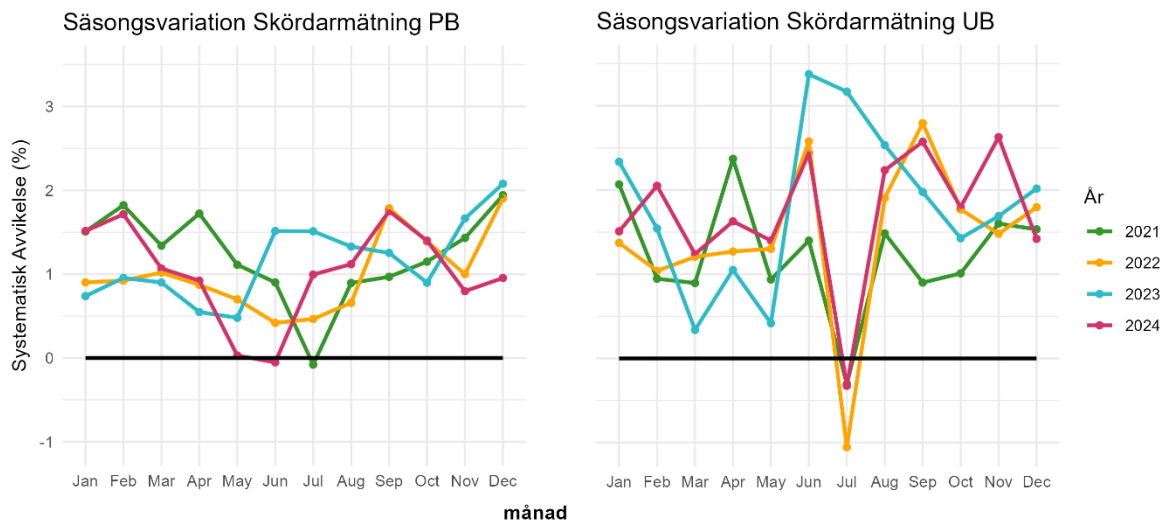
Träd- slag	Dimension	Antal stockar	Standardavvikelse %	
			På bark	Under bark
Tall och gran	Alla	8308	4,8	6,2
	Grov	1474	3,8	4,9
	Mellan	2878	4,1	5,5
	Klen	3956	5,7	6,8
Tall	Alla	3122	5,5	7,3
	Grov	398	4,1	5,9
	Mellan	1009	4,6	6,1
	Klen	1715	6,2	7,4
Gran	Alla	5186	4,5	5,7
	Grov	1076	3,6	4,5
	Mellan	1869	3,9	5,1
	Klen	2241	5,3	6,3

3.4 Säsongsvariation i volymbestämningen

Figurerna 5-9 baseras på data för perioden 2021-2024.

Variation i systematisk volymavvikelse över säsong och mellan år

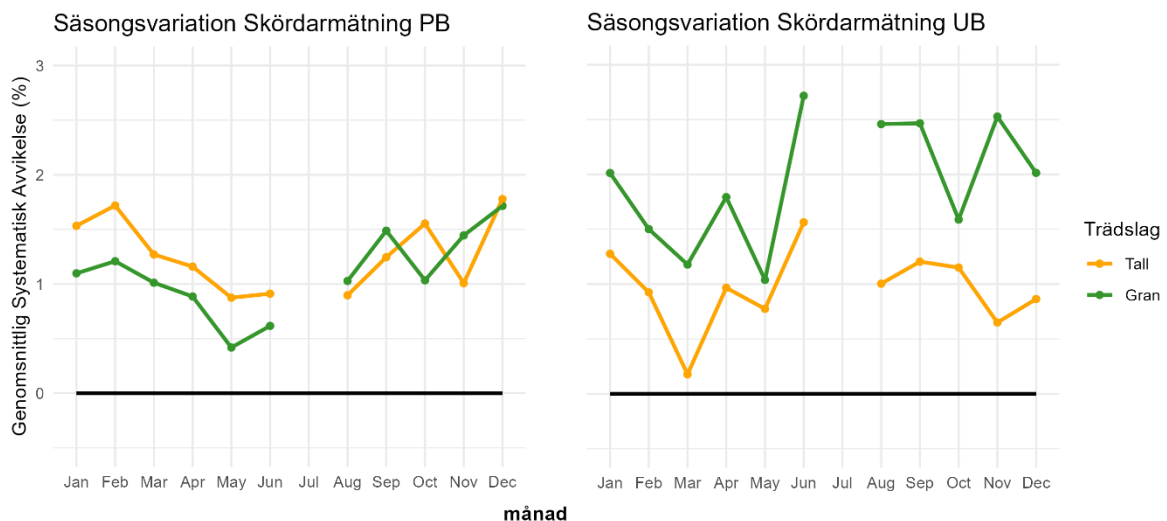
Figur 5. visar säsongsvariationen uppdelat på enskilda år. År 2023 skiljer mest från övriga år, men även utan det årets mätningar framträder ingen tydligare säsongsvariation. Juli månad 2023 avvek kraftigt mot övriga år avseende mätningen under bark. Som tidigare nämnts finns ett betydligt mindre underlag från den månaden. Av denna anledning exkluderas juli från övriga säsongsanalyser.



Figur 5. Säsongsvariation i systematisk avvikelse avseende skördarmätt volym per år för åren 2021-2024, på respektive under bark. Tall och gran sammanslaget.

Trädslagsvis säsongsvariation

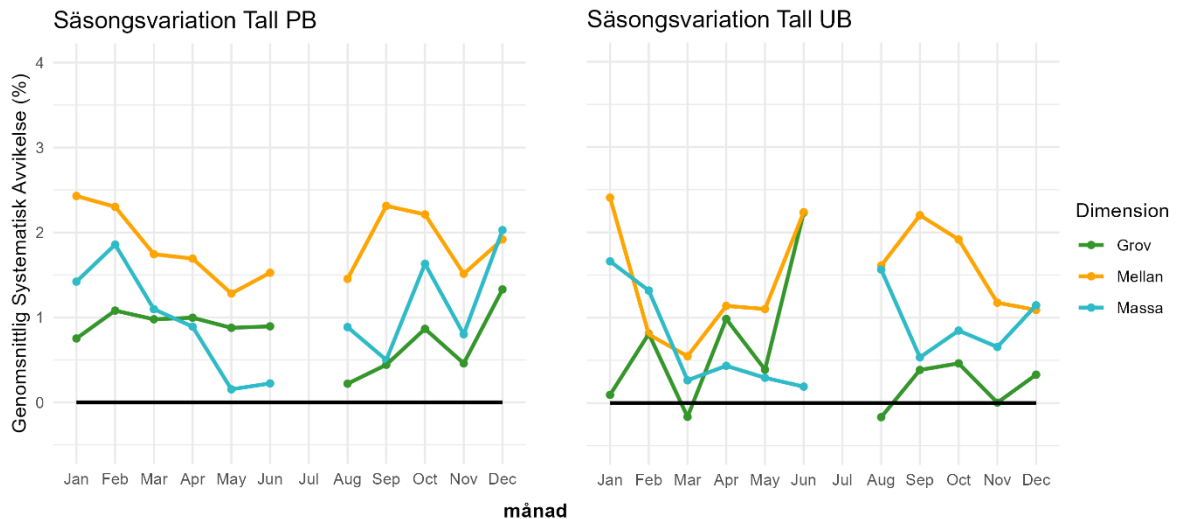
Figur 6. visar säsongsvariationen uppdelat på trädslag. För mätningen på bark syns en viss säsongsvariation med lägst avvikelse under sommaren och högst under vintern. För mätningen under bark är det svårare att utläsa någon säsongsvariation.



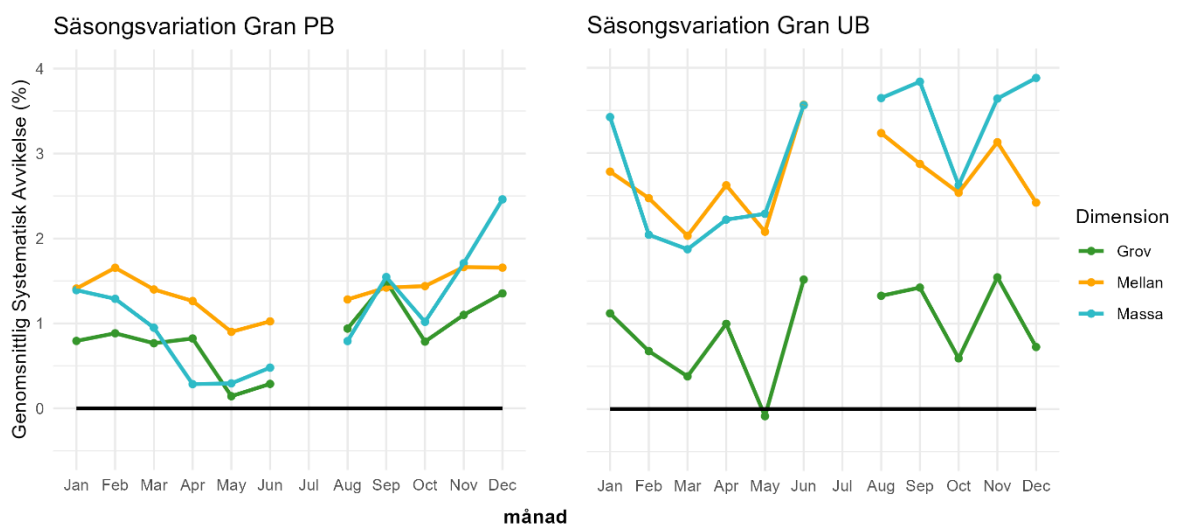
Figur 6. Variation i genomsnittlig systematisk volymavvikelse, på bark och under bark, över året för åren 2021-2024, uppdelat på trädslag.

Säsongsvariation per dimensionsklass

Figur 7. och Figur 8. avser dimensionsklasser. I jämförelse med figur 6 framgår att mätningen på bark av grova tallstockar låg på en jämn nivå över året. I övrigt syntes likartad säsongsvariation som i figur 6.



Figur 7. Säsongsvariation för volymavvikelse för tall, uppdelat på dimensionsklass.

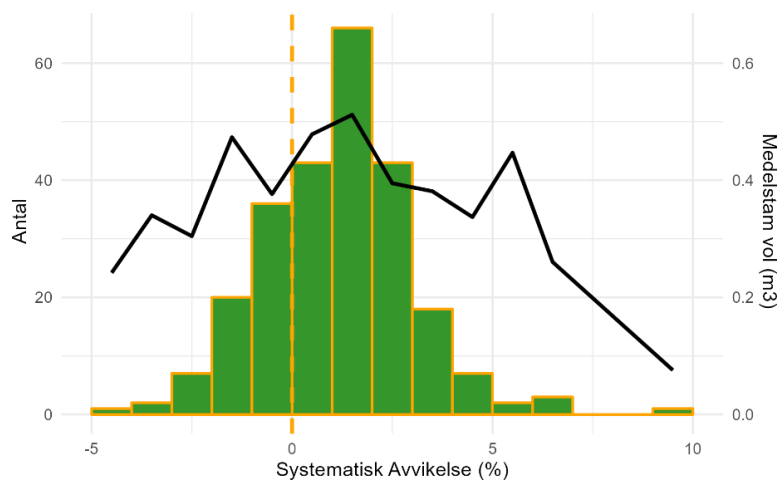


Figur 8. Säsongsvariation för volymavvikelse för gran, uppdelat på dimensionsklass.

3.5 Variation mellan skördare

För att undersöka om det fanns skördare som avvek kraftigt från övriga, beräknades avvikelsen mellan skördarens sektionmätning och revisorns topprotmätning per skördare. Av Figur 9. framgår att den systematiska avvikelsen inte orsakades av ett /fåtal skördare. Avvikelsen är normalfördelad och tydligt skjuten till höger om nollstrecket. Figuren visar en viss antydning till att medelstamsvolymen är något mindre för de skördare som har stor systematisk avvikelse, alltså både underskattande och överskattande.

Skördarna delades även upp i de gamla VMF-områdena Nord, Qbera och Syd för att se om avvikelserna var större inom något område. Resultatet visade att avvikelserna var likartade över hela landet.



Figur 9. Fördelning över enskilda skördares systematiska volymavvikelse 2024 samt medelstamsvolym för skördarna inom varje stapel.

4 Diskussion

4.1 Avvikelser i längd- och diamettermätning

4.1.1 Systematiska avvikelser

De systematiska avvikelser i det som skördarna mäter, dvs diameter på bark och stocklängd, var mycket små. För stocklängd var avvikelserna försumbara 0,1 cm med ett mycket svagt dimensionsberoende.

För diamettermätningen påvisades en signifikant skillnad mellan toppdiameter och övriga diametrar i det att toppdiametern överskattades av skördaren. För gran en mycket liten skillnad (0,6 mm), för tall något större, 1,2 mm. Detta kan måhända kopplas till att toppdiametern anses svårare att mäta jämfört med övriga måttställen, särskilt på tall med högre frekvens kvistvarvsbulor. Det kan vara svårare för skördaren att fullt ut tillämpa reglerna för att flytta till minsta diameter inom det längdintervall det ska sökas. Revisorn har bättre möjlighet att flytta måttstället.

En avvikelse på toppdiametern får försumbar betydelse för skördarens sektionsmätta volym men toppdiametern är i andra avseenden (aptering, sortering etc.) det viktigaste diamettermåttet. Huruvida den påvisade skillnaden är ett problem, och vad man skulle kunna göra åt det, återstår att utreda.

De påvisade avvikelserna är mycket låga i relation till kravnivåerna i Biometrias instruktion för "Kvalitetssäkrad mätning med skördare" (Biometria 2026).

Tabell 6. Kravnivåer för godkänd skördare vid driftsättning respektive fältkontroll (Biometria 2026).

	Krav vid driftsättning	Krav vid fältkontroll
	M2 – M3	M1 – M3/M4
Diameter på bark	< 2 mm	< 3 mm
Stocklängd	< 1,2 cm	< 2,0 cm
Volym m ³ fub	< 2 %	< 4 %

4.1.2 Tillfälliga avvikelser (spridning) - Jämförelser med studie vid Skogforsk

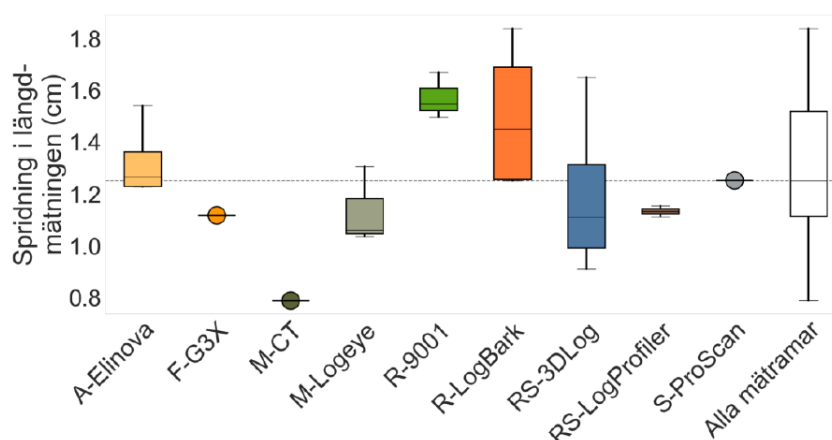
Skogforsk gjorde 2020 en större studie på de mätarmar som då fanns vid svenska sågverk. Som del av denna studie gjordes en jämförelse med 31 skördare i södra Sverige (Hyll & Nordström 2021). Samtliga skördare var kvalitetssäkrade genom Biometria. Jämförelsen visade att de flesta skördare i studien mätte längd och diameter med en spridning i nivå med, och ibland väsentligt mindre än, huvuddelen av de mätarmar som undersöktes i studien. Ingen skördare i materialet kunde dock matcha diametermätningen hos den allra mest avancerade mätarmen (3D-röntgen) som ingick i studien.

Nedan refereras och kommenteras de resultat avseende spridning mellan mätarmar som uppmättes i Skogforsks studie.

Längdmätning i mätarmar

Spridningen i mätarmarnas längdmätning var i snitt 1,3 cm dvs något lägre än vad som uppmättes för skördarna i föreliggande rapport (1,7 cm). Inverkan av träslag och årstid var obetydlig, dock en liten tendens till högre spridning med större dimension. Spridningen mellan enskilda sågverk var betydande.

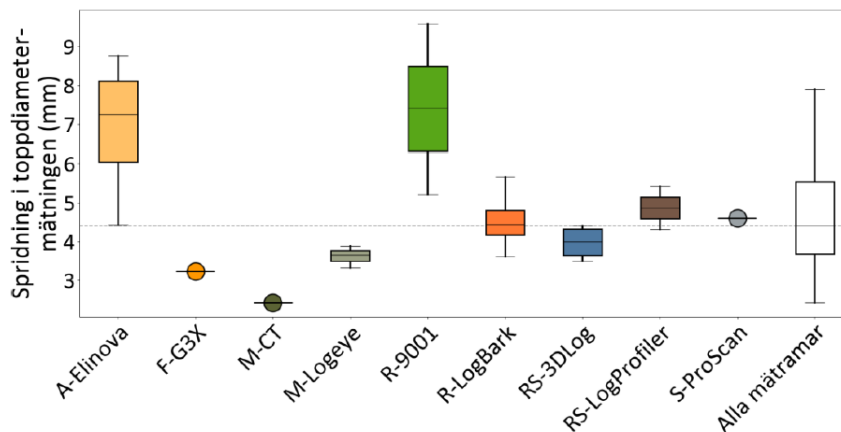
I rapporten påpekas att längdmätningens mätnoggrannhet är mer kopplad till anläggningens status än mätarmens tekniska egenskaper. Skicket på kerattbana, medbringare, pulsgivare och övrig mekanik är faktorer som påverkar. När dessa blir slitna eller går sönder kan stora problem uppstå. Sådana fel kan undgå upptäckt vid de dagliga tester med provkroppar som alltid görs. I rapporten påpekas vidare att en mätarm med tillfälliga problem med längdmätningen kan få större påverkan än en skördare, dels då den generellt mäter större volymer, dels då uppföljningen på kontrollstockar görs med glesare intervall jämfört med den dagliga kontrollen på skördare.



Figur 10. Boxdiagram över spridningen i längdmätning för olika mätarmar. Det svarta strecket inuti boxen visar medianen. Boxen innesluter 25:e till 75:e percentilen av spridningen. Felstaplarna visar lägsta och högsta värde (Hyll & Nordström 2021).

Diametermätning i mätramar

Spridningen för mätningen av toppdiameter under bark på mätramar var 4,7 mm för tall och 4,4 mm för gran. För de vanligaste 3D-mätramar var standardavvikelsen knappt 4 mm. För skuggmätramar var den högre. Detta att jämföra med föreliggande rapport där spridningen i skördarnas mätning under bark (via barkfunktioner) var drygt 5 mm. På bark var spridningen något lägre, 4,5 mm för tall och 4,2 mm för gran.



Figur 11. Boxdiagram över spridningen i mätning av toppdiameter för olika mätramar. Det svarta strecket inuti boxen visar medianen. Boxen innesluter 25:e till 75:e percentilen av spridningen. Felstaplarna visar lägsta och högsta värde (Hyll & Nordström 2021).

4.1.3 Eventuella mätfels direkta påverkan på volymen

Skördarnas längd- och diametermätning var så bra att direkta mätfel hade marginell inverkan på stockarnas volym. Den systematiska längdavvikelsen som registrerades har mycket liten inverkan på en stocks volym. På en 5 m lång stock betyder längdavvikelse 0,2 cm ca 0,04 % på volymen. Diameteravvikelse får större betydelse. På stock med 200 mm diameter ger 1 mm avvikelse 1 % volymavvikelse, 0,3 mm ger 0,3 % avvikelse. Dvs det som visas i figur 1 har viss betydelse. Olika avvikelser kan också ta ut varandra varför det kan sammanfattas med att de uppmätta systematiska mätfelen har en i sammanhanget låg betydelse.

Att skördaren överskattade toppdiametern, särskilt för tall, får ringa betydelse för skördarens sektionsmätta volym vilken baseras på tio mått per meter, dvs 30-50 diametrar på varje stock. För "övriga diametrar", vilka är ett sampel av skördarens sektionsdiametrar, visar resultaten att skördaren underskattade med ca 0,3 mm för både tall och gran. Detta borde resultera i att skördarens sektionsmätta volym blir lägre än revisorns topprotmätta volym. Men så blev det inte.

Det betyder att de skillnader som beskrivs i tabell 4 i högre grad beror på funktionerna för volymbereäkning. Måhända är skördarens mätning med 1-dm-sektioner det som kommer närmast nån form av "sann volym". Men branschen har på goda grunder bestämt att topprotmätning ska vara den standard mot vilken andra volymbestämningsmetoder ska kalibreras.

4.2 Volymavvikelser sektionmätning - topprotmätning

4.2.1 Funktionerna för topprotmätning har förändrats

Att branschens standard för bestämning av stocks volym är topprotmätning betyder inte att den är för evigt definierad. Tvärtom, funktionerna för topprotmätning har reviderats ett flertal gånger sedan de infördes i mitten av 1900-talet.

Den senaste förändringen var när nya funktioner för sågbara sortiment av tall och gran publicerades 2018. Biometria gjorde då omfattande studier med olika datakällor och olika modeller. Huvudsaklig datakälla för var stambanken (i CT-skanner mycket noggrant mätta stammar). De framtagna funktionerna justerades så att de inte avvek gentemot sektionmätning på stambanksdata. Även äldre dataset med klavade sektionsdata användes. Jämfört med dessa var volymskillnaden mellan äldre och nya funktioner låg.

Under 2023-2024 kom dessa nya funktioner att ersätta de toppformtalsmatriser som fram till dess dominerat vid mätningen vid sågverken. Omfattande kontrolldata visade då att de nya funktionerna gav ca 1,5 % lägre volym för både tall och gran. Denna förändring är i samma storleksordning som den nu påvisade skillnaden, där skördarnas sektionmätning gav högre volym än topprotmätningen. Dvs de nya funktionerna för topprotmätning, som tillämpades för dimensionsklasserna ”grova” och ”mellan” kan ha bidragit till den relativt höga volymavvikelsen 2024.

4.2.2 Jämförelse med Biometrias kvalitetsrapporter 2022-2025

Biometria publicerar årligen en kvalitetsrapport i vilken resultat från tjänsten ”kvalitetssäkring skördare” redovisas. Siffrorna för 2024 baseras på samma data som analyserna i föreliggande rapport. De ska alltså vara i princip lika, vilket de också är. Tabellen visar att man bör vara försiktig vad gäller långtgående slutsatser baserade på data från enskilt år. Särskilt vad gäller volymavvikelse under bark där 2024 har den högsta avvikelsen. Den sammantagna bilden blir ändå att skördarnas sektionsmätta volym är i storleksordningen 1 % högre än revisorernas topprotmätta volym.

Tabell 7. Systematisk avvikelse mellan skördares sektionsmätta stamvolym och revisors topprotmätta stockvolym. Biometrias kvalitetsrapporter 2022-2025.

Systematisk volymavvikelse		
	På bark %	Under bark %
2022	1,0	1,5
2023	0,4	0,2
2024	1,3	2,1
2025	1,2	0,9

Standardavvikelse (tillfälligt fel)

Standardavvikelsen för mätning av stocks volym uttrycker mätnoggrannhet och kan jämföras med resultat från industrimätningen. För skördarmätningen (föreliggande rapport) var den ca 6,0 % för tall (grov-mellan) och 4,8 % för gran (grov-mellan). Men den var, som förväntat, högre för klana stockar (massavedsdimension), 7,4 % respektive 6,3 %. Enligt Biometrias kvalitetsrapport för 2025, var standardavvikelsen för stockmätt volym av sågtimmer (normal- och klintimmer) 4,4 % för både tall och gran. Ungefär samma siffra syns i figur 12 (mätning av

toppdiameter i mätramar enligt Skogforsks rapport). Spridningen är alltså större i skördarnas mätning jämfört med industrimätningen.

Det kan påpekas att det i Biometrias kvalitetsrapport 2025 även finns uppgifter om standardavvikelse för skördarna volymmätning; 5,6 % för tall och 4,8 % för gran. Dvs något lägre än ovan redovisade skördarsiffror. Men dessa siffror utgår från stammar istället för stockar.

4.2.3 Barkfunktioner och rotdelsfunktion – två sätt att påverka volymen

Ovan sammanfattades att skördarnas sektionsmätta volym var i storleksordningen 1 % högre än revisorernas topprotmätta volym. En fråga blir då hur denna skillnad skulle kunna minskas. Nedan diskuteras två möjligheter som påverkar volymen under bark (fub-volymen); barkfunktioner och rotdelsfunktion. Båda dessa härrör från forskningsresultat.

Barkfunktioner (och barktjockleksmätning)

I skördarna används barkfunktioner framtagna av Skogforsk (Hannrup 2004). Funktionerna baseras på trädslag, diameter i brösthöjd, höjd i stammen samt latitud. De ger en funktion för hela stammen, dvs inte möjligt att differentiera per stock, och är i det avseendet mindre flexibla än den stockvisa bedömningen i barktypsklasser vid sågverken. Fördelen för skördarmätningen är att barken är relativt intakt och att man vet om stocken är rotstock vilket är positivt med avseende på användning av barkfunktioner. Samtidigt bör påpekas att allt fler sågverk tillämpar automatisk underbarksmätning som gör bedömningar och funktioner onödiga.

Av tabell 4 framgår att volym under bark överskattades mer än volym på bark. Överskattningen var störst för gran med ett tydligt samband att klenare stockar hade större överskattning. Barkfunktionen för gran bör därför ses över, något som även påtalats av Hannrup & Lundgren 2012. Vid en översyn bör data från flera år användas.

I ett sådant arbete bör man också se över den eventuella felkällan i revisorernas barkmätning. Vid kontroll av skördarmätning erhålls underbarksmåttet i topp och rot av praktiska skäl genom användning av barktjockleksmätare. Detta anses som något mindre tillförlitligt än att barka innan klavning som man gör vid industri. Även detta påpekades av Hannrup & Lundgren 2012.

Rotdelsfunktion

Att tillämpa generella funktioner istället för direkta mätningar ger oftast större osäkerhet. De första 130 cm av rotstockarna representerar en avsevärd andel av deras volym. Rotstockar svarar för ca 43 % av den totala volymen. Därvidlag blir rotdelsfunktionerna av stor betydelse och en möjlig källa till avvikelser.

Av tabell 1 framgår dock ingen nämnvärd skillnad i volymavvikelse mellan rotstockar och övriga stockar. Att volympåverkande avvikelser ändå kan finnas visades av Edlund 2011, se bilaga 1. Han sammanfattar:

Resultatet visar att diametrar och därmed volymer i tallrotstocks rotända beräknade med hjälp av rotdelsfunktion var större än areabaserade dito uppmätt i 3D-mätram eller baserade på stambanksdata. För gran var skillnaden mycket liten.

Det finns därför anledning att se över de 20 år gamla finska rotdelsfunktionerna. Särskilt för tall. I det sammanhanget bör man även fundera på om rotdelsfunktionen kunde göras kortare än 130 cm? Skördaren har möjlighet att mäta diameter från ca 50 cm över rotskåret. Med lite marginal inräknat kunde 80 eller 100 cm rot-del minska den schablonberäknade andelen av stockens volym.

4.2.4 Variationer mellan skördare

Av kapitel 3.5 framgår att det fanns en viss andel skördare med mer än 4 % systematisk volymavvikelse beräknat på de fältkontroller som gjordes 2024. Dvs de klarade inte kravet vid fältkontroll. Att de ändå inte registrerats som underkända kan bero på att man först utfärdar varningar och tar fram en åtgärdsplan innan underkännandet verkställs.

Variationer mellan skördare analyseras inte djupare i föreliggande rapport. Ska skördardata användas till mer än idag, exempelvis sortimentsvis ersättning, blir sådana studier mycket viktiga. Exempelvis behöver lagkrav rörande partivis noggrannhet beaktas.

5 Sammanfattande slutsatser – fortsatta studier

Skördarnas längd- och diamettermätning uppvisade mycket små avvikelser. Längdmätningen med skördare är jämförbar med stockmätning vid sågverk. Avvikelserna var något större för riktigt kläna respektive riktigt grova stockar. Mätning av toppdiameter, särskilt på tall, skiljde mot övriga diametrar. Hur stort problem detta är och vad man kan göra åt det återstår att utreda.

Den i studien uppmätta skillnaden i fub-volym mellan skördarens sektionmätning och revisorns topprotmätning, dvs 1,8 %, skulle betyda en dryg miljon m³ i svenska avverkningen (ca 64 miljoner m³fub 2025). Men observera att den siffran avser 2024. Enligt Biometrias kvalitetsrapporter var den betydligt lägre 2025. Sett över flera år, dvs vid jämförelser med kvalitetsrapporterna, pekar det på att mätningen i skördarna ger ca 1 % högre volym än revisorernas manuella topprotmätning.

Några möjliga orsaker till att skördarna gav något högre volym diskuteras:

- Införandet av nya topprotfunktioner 2022-2023 för sågbara sortiment av tall och gran resulterade i något lägre volym än tidigare toppformtalsmatriser. Kan även ha gett något lägre volym än tidigare topprotfunktioner.
- För i synnerhet kläna stockar och gran indikerar resultaten att barkfunktionerna drar för lite bark. Barkfunktionerna bör kunna ses över då de är viktiga av fler anledningar.
- Även metoden för att mäta barktjockleken, barktjockleksmätare istället för att ta bort barken med yxa, bör studeras och eventuella avvikelser dokumenteras.
- Rotdelsfunktionen som i tidigare studie, särskilt för tall, konstaterats ge för stor volym.

Sådana analyser, och eventuellt förändrade funktioner, skulle kunna resultera i att skördarens sektionsmätta volym sänktes med ca 1 %. Man kan också tänka sig en mer generell korrigeringsfaktor för att uppnå samma totalvolym i skördarna och vid industrimätning. Eller kanske är skillnaden så liten att det räcker för virkesmarknaden att ha kännedom om den?

För mätning på bark syntes en viss årstidsvariation med lägre volymavvikelse maj-juli och högst i december. För mätning på bark var resultaten spretigare och det gick inte att se någon årstidsvariation. Spridningen (osäkerheten) i mätning av stocks volym var något högre i skördarna, ca 5-7 %, jämfört med mätramar vid sågverken, ca 4-5 %.

Generellt behövs mer fokus på skördarnas mätning av kläna dimensioner. Särskilt viktigt om sortimentsvis skördardata ska kunna användas för betalning av virket. Exempelvis skulle kraven i Biometrias kvalitetssäkring kunna delas upp på dimensionsklasser, så som gjorts med analyserna i föreliggande rapport.

För att främja ökad användning av skördardata bör det även läggas mer fokus på spridningen mellan skördare.

6 Referenser

- Anon 2006. Funktioner för beräkning av diameter på bark i rotstocks rotända. Jord- och Skogsbruksministeriets "Förordning om mätning av volymen hos virke som upparbetas med avverkningsmaskin med hjälp av maskinens mätton", Förordning nr 15/06, Helsingfors, Finland.
- Biometria 2026. Kvalitetssäkrad mätning med skördare. Biometrias fältverksamhet.
- Biometria 2022-2025. Biometrias kvalitetsrapporter 2022-2025.
- Edlund 2011. Volym enligt rotdelfunktion. Intern utredning. SDC/VMU, Uppsala (Bilaga 1.)
- Edlund J., Björklund L. & Strömgren M. 2018. Topprotmätning anpassad för sågbara sortiment av tall och gran. SDC. Uppsala.
- Hyll K. & Nordström M. 2021. Kartläggning och utvärdering av mätramar och mätramsmiljöer i sågverk. Arbetsrapport 1093. Skogforsk. Uppsala.
- Hannrup B. 2004. Funktioner för skattning av barktjocklek hos tall & gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport 575, Skogforsk, Uppsala.
- Hannrup B. & Lundgren C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. Arbetsrapport 762, Skogforsk, Uppsala.
- SDC 2011. Princip för vad som ska fastställas i funktionskontrollen – resultat från knäckfrågegruppen. SDC internt dokument.

Bilaga 1. Volym enligt rotdelsfunktion

Jacob Edlund, SDC/VMU

2011-06-16

Inledning

I arbetet med att ta fram en ny instruktion för sektionmätning har det föreslagits att man ska använda en finsk rotdelsfunktion (som används för beräkning av rotdelen i de flesta skördare) för beräkning av volym av rotstocks rotända. Anledningen till att använda en rotdelsfunktion även i mätningar vid inmätningen är att rotdelen speciellt på tall, är svår att både mäta och att följa upp. Uppföljningen är problematisk eftersom ökad orundhet i rotsektionen leder till avvikelser mellan klavad diameter och areabaserad. I den ordinarie mätningen är automatisk barktjockleksmätning i rotstocks rotända svår då det krävs barkavskav för denna mätning och detta ofta saknas just i rotändan. För skattning av barktjockleken har nuvarande system för sektionmätning därför använt sig av Skogforsks barkfunktion. Denna har testats i olika sammanhang och ger väntevärdesriktiga resultat på oskadade stammar. Problemet för vederlagsmätning är dels att barktjockleken varierar mycket, dels att stockarna vid inmätningen kan vara radiellt delvis avskavda, dvs att bark finns på mantelytan men att den är tunnare än i skogen. Automaten drar i dessa fall full bark, då den inte kan detektera om barken är delvis avskavd i radiell riktning eller inte.

Vid mätning av stocks volym måste man göra vissa förenklingar och generaliseringar. Detta för att exempelvis kvistar, utbuktningar, inbuktningar och barkflagor och annat inte ska påverka volymen. Man har i dagens system för sektionmätning därför två filter. Dels tillåts inte stocken smalna av mot rotändan, dels har det lagts in ett filter för rotben. Med andra ord är datat påverkat för att få till en bra och enhetlig mätning. Målsättningen med den instruktion för sektionmätning som ska utarbetas är att den ska kunna ge stabila, repeterbara mätningar. Dessutom bör det system som tas fram ge väntevärdesriktiga resultat i jämförelse med facitmetoden som är topprot-mätning (dvs klavning). Det är därmed viktigt att undersöka hur rotdelsfunktionen skattar rotdelen jämfört med andra metoder och framförallt topprotmätningen.

Antagandet i studien är att volymen på rotstocks rotsektion ska skattas med hjälp av en finländsk rotdelsfunktion. Denna funktion utgår från brösthöjdsdiametern på bark (1,3 m från rotskåret) och skattar diameter på bark. Man behöver därefter dra bort bark från de diametrar som genereras, detta görs lämpligtvis med SkogForsks barkfunktion. För övrig del av stocken mäts diametrar med hjälp av det system som tidigare utarbetats, dvs med avsmalningsfilter.

Material

Några olika datakällor har använts för att belysa rotdelsfunktionens funktionalitet.

Åtvidaberg

Materialet som använts är 23 tallrotstockar som ingick i en utredning rörande sektionmätning våren 2010 på Remas mättram i Åtvidaberg. 10 av de 23 stockarna barkades innan mätning.

Följande data inhämtades:

- Mätningar i Remas 3D-mättram med automatmätt bark. I detta data är utbuktningar liksom större rotben bortfiltrerade.
- Klavning på och under bark vid 50 cm från rot (R50), 10 cm från topp (T10).

Stambank

Stambanksdatat bestod av diametrar från 197 tallstammar och 77 granstammar. För den nu aktuella studien "skapades" 4,5 m långa rotstockar. Diametrarna är beräknade med hjälp av data

från en tomograf, vilket kan beskrivas som en röntgen med hög upplösning i tre dimensioner. Diametrarna är areabaserade under bark och registrerade var 10:e cm längs stocken. Diametrarna är inte filtrerade varför beräknade volymer kan anses som en skattning av xylometermätt volym. Dock bör inte omfattningen av utbuktningar i rotdelen vara av den grad att den påverkar resultaten i denna rapport alltför mycket.

Metod

Den finska rotdelsfunktionen beräknar diameter på bark i sektionen 0-1,3 m från rotskåret. Ingående variabler i funktionen är diameter på bark vid 1,3 m från rotskåret, trädslag samt latitud. För analys användes latituden i Åtvidaberg för samtliga dataset. För att erhålla fub-volym under bark beräknades barktjockleken med Skogforsks barkfunktion.

Volym

Följande volymer jämförs för de aktuella rotstockarna:

- Sektionsmätning (Sek): Volym för varje 10 cm-sektion beräknades genom att använda diameter på måttstället från stambanken (SekSb) eller sektionsmättningsdata från mätram (SekMr). Sektionsvolymerna summerades per stock.
- Rotdelsfunktion (SekR): Sektionsmätning där rotdelen (0-1,3 m) beräknas enligt rotdelsfunktion. I övrigt samma förfarande som för sektionsmätning. SekRSb eller SekRMr)
- Topprotmätning, klavad (TRKl): Diametrarna R50 och T10 klavade i två riktningar av kontrollmätare.
- Topprotmätning (TR): Diametrarna (R50 och T10) hämtade från sektionsmätt diameter baserade på mätramsdata (TRMr) respektive stambanksdata (TRSb).

Resultat

Volym

Analysen innefattade några olika dataset varav stambanksdatat kan anses vara det mest omfattande och representativa.

Beräknad volym på tallstockar från stambanken blev högre då diametrar i rotdelen beräknades med hjälp av rotdelsfunktionen (SekRsb) i jämförelse med sektionsvolym (SekSb). För tall överskattades volymen med 1.6% (3,5 liter) och för gran överskattades volymen med 0.26% (0.7 liter). Även för Åtvidabergsdatat gav sektionsmätt volym beräknat med diametrar utifrån rotdelsfunktion (SekRMr) en högre volym. Standardavvikelsen för felen var större för topprotmätning (tall 6,1 gran 22,1) i jämförelse med rotdelsfunktion (tall 4,1 gran 9,9).

Volym topprotmätning (TR) blev nästintill samma som volym sektionsmätning (Sek), för alla dataset förutom gran där volym topprotmätning (TRSb) blev hela 3.3% (9 liter) högre. Volym topprotmätning (TRKl) beräknat utifrån klavade data på R50 och T10 blev högre än om motsvarande data hämtats från mätramen (TRMr).

Tabell 1. Volym (liter), antal stock för olika beräkningsalternativ och data

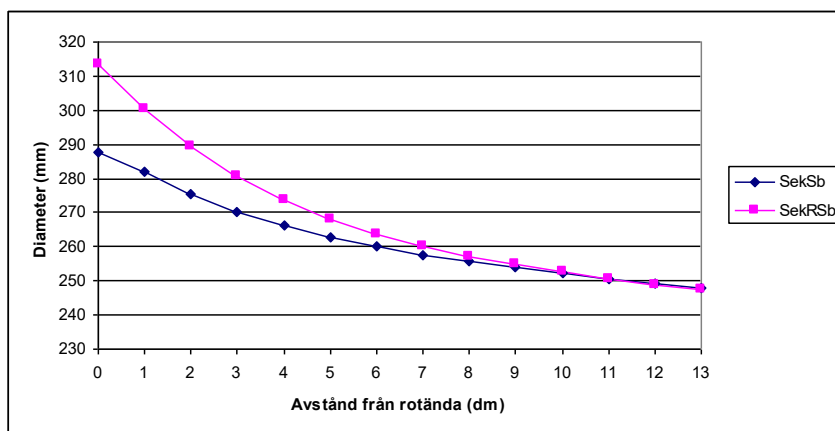
	Sektion (Sek)	Med rotdelsfunktion (SekR)	Topp-rot (TR)	Topp- rot klavat (TRKI)	Antal
Tallstambanken	220.5	224.0	221.1		197
Granstambanken	289.1	289.8	298.7		77
Åtvidaberg tall	220.4	225.3	218.5	220	15
Åtvidaberg tall barkat	177.5	178.0	179.5	183	10

Tabell 2. Diameter för olika beräkningsalternativ och data

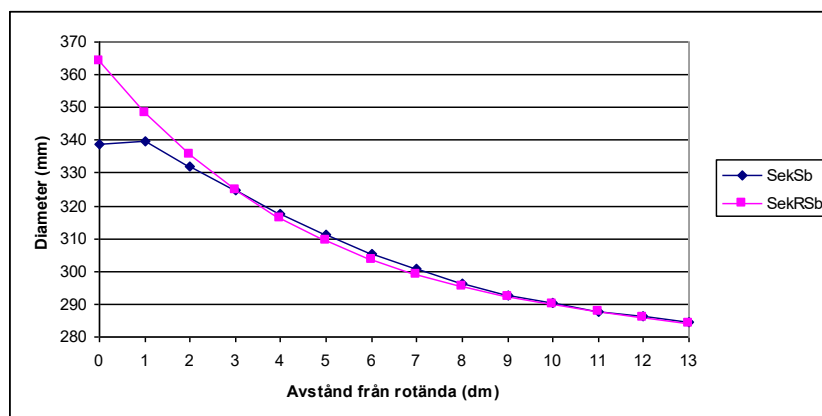
	R50 Uppmätta värden enligt sektionsdata	R50 Rotdelsfunktion	R50 Klavat
Tallstambanken	26.3	26.8	
Granstambanken	31.1	30.9	
Åtvidaberg tall	27.1	27.1	27.5
Åtvidaberg tall barkat	25.3	25.1	25.4

Diameter

Graferna visar att medeldiametern för tall beräknad med hjälp av stambanksdata var större nära roten för profiler beräknade med hjälp av rotdelsfunktion i jämförelse med sektionsdata. Detta bekräftas vid analys av datat från Åtvidaberg. För gran var medelvärde av de beräknade rotdelssektionsdiametererna nära medeldiametern för sektionsdata.



Figur 1. Tallstambank, medeldiameter för måttställen vs. avstånd från rotända



Figur 2. Granstambank, medeldiameter för måttställen vs. avstånd från rotända

Diskussion

Resultatet visar att diametrar och därmed volymer i tallrotstocks rotända beräknade med hjälp av rotdelsfunktion var större än areabaserade dito uppmätt i 3D-mätram eller baserade på stambanksdata. Studier av differensen mellan klavade diametrar och areabaserade diametrar i sektion 0–105 cm från rot har tidigare visat att skillnaderna mellan dessa mått kan vara i storleksordningen 3-5 mm för rotstockar av tall. En analys där sektionsdiametrarna justerats med +5 mm eliminerar följdriktigt skillnaderna i volym.

För gran är skillnaden mycket liten mellan rotdelsfunktion och sektionsmätning. För gran finns ingen analys av skillnader mellan klavad och areabaserad diameter i rotsektionen. Dock bör skillnaden mellan dessa mått bli mindre än för tall då granens orundhet är mindre. Studien visar att topprotvolymen baserad på stambanksdata blir högre än både sektionsvolym och sektionsvolym inklusive rotdelsfunktion. Denna skillnad är svår att förklara då indatat i alla tre fall är stambanksdata och att nämnvärda avvikelser mellan topprotvolym och sektionsvolym inte påträffats tidigare.

Slutsats

Denna studie visar att rotdelsfunktionen överskattar volymen på tallrotstockar vid jämförelser med topprotvolym. Denna överskattning har dock en logisk förklaring varför förfarandet med rotdelsfunktion bör kunna rekommenderas.

Studien visar vidare att volym beräknat med rotdelsfunktion på granrotstockar blir i stort sett identisk med sektionsmått volym. Vid jämförelser med topprotvolym underskattas dock volymen på ett svårförklarat sätt. Förfarandet med rotdelsfunktion bör dock även kunna rekommenderas för gran.