

ARBETSRAPPORT 1100–2021

# Formkvot för tall och gran

- En kartläggning med skördardata

Karin Ågren, John Arlinger, Nazmul Bhuiyan, Björn Hannrup,  
Johan J. Möller och Lars Wilhelmsson



Foto: Erik Viklund

# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>8</b>
<b>Syfte</b> .....	<b>10</b>
<b>Material och metod</b> .....	<b>10</b>
hprYield .....	11
Fördelning av stammar inom landet.....	12
<b>Resultat</b> .....	<b>17</b>
Korrektion på/under bark .....	17
<b>Diskussion</b> .....	<b>21</b>
Felkällor .....	21
Framtida studier .....	22
<b>Referenser</b> .....	<b>23</b>
<b>Bilaga 1. Bästa anpassning, slutavverkning</b> .....	<b>25</b>
Utan indelning i tall- resp grandominerat.....	28
<b>Bilaga 2. Bästa anpassning, gallring (förstagallring, sen förstagallring, senare gallring)</b> .....	<b>30</b>
<b>Bilaga 3. Bästa anpassning med variabler inom bestånd inräknade</b> .....	<b>33</b>



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 27 september 2021 av Maria Nordström, Bitr. programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den xx xx xxxx.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se  
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

# Förord

Den här rapporten är skriven inom ramen för projektet ”Nya prognosverktyg för stamform och stamskador för effektivare flödesstyrning, bättre beståndsregisterdata och ökat virkesvärde”, vilket i huvudsak är finansierat av Skogssällskapet.

Skogforsk vill tacka alla skogsföretag som hjälpt till med att bygga upp den databas som ligger till grund för analyserna. Vi vill också rikta ett särskilt tack till Skogssällskapet för det finansiella stödet och engagemanget för projektet.

Uppsala, 2021

Karin Ågren (projektledare)

# Sammanfattning

För att utveckla skogsbrukets förmåga att möta industrins ofta ökande krav på mer precisa leveranser av rundvirke är tillförlitliga prognoser om trädstammarnas form en viktig grund. Leveranssäkerhet till träindustrin, handlar i ökande grad om att tillgodose krav på rätt antal stockar i efterfrågade kombinationer av möjliga längder och diametrar av tillfredställande kvalitet och vid rätt tidpunkt. Trädens form, det vill säga förhållandet mellan höjd och diameter utmed enskilda tall- och granstammar, har stor inverkan på det möjliga utfallet av olika sågade produkter, liksom volymerna av både sågtimmer och massaved. Dessutom finns det samband mellan stammarnas form och olika virkesegenskaper. Dagens skördare ger tillgång till detaljerad mätinformation om de tillredda stammarnas form (löpande längd och diameter) och förarstyrd information om trädslag, manuella kap samt nedklassning av stockar på grund av skador, krökar och andra sortimentspåverkande fel. Skördarproduktionsfilerna öppnar upp för nya möjligheter att utveckla funktioner och metoder för att beräkna stamform hos stående träd och därigenom öka träffsäkerheten i utbytesprognoserna.

Syftet med denna rapport är att både kartlägga strukturen för variationen i stamform med avseende på geografiskt läge, trädslag och stamstorlek och att ge underlag för ökad precision i både utbytesberäkningar och karakterisering av olika virkesegenskaper. Formkvoten enligt Edgren & Nylinder (1949) är definierad som kvoten mellan trädets diameter vid 20 procent av trädhöjden och diametern vid 60 procent av trädhöjden. Variationen i stamform, samt brist på kunskap om hur den varierar, har visat sig kunna ge upphov till stora fel på beräknade volymer och fördelningar på timmerutfall i olika längd/diameterklasser i upprättade skogsbruksplaner. Vidare kan en felaktig bild av stammarnas verkliga avsmalning ge upphov till systematiska fel, då stamformen används för att beräkna tvärsnittens förväntade virkesegenskaper från rot till topp.

Genom detta arbete kan vi konstatera att dagens formkvot för såväl tall som gran är genomsnittligt lägre än vad som tidigare beräknats för de provträd som låg till grund för Edgren och Nylinders (1949) utveckling av funktioner för stamform för tall och gran. Formkvoten för tall beräknades i den nya studien till i genomsnitt 0,67, medan den genomsnittliga formkvoten för gran beräknades till 0,63 respektive 0,64 för norra respektive södra Sverige. En jämförelse av formkvoterna visar att för både tall och gran i såväl södra som norra Sverige har medelformkvoten sjunkit på de dryga 60 år som gått mellan studierna; för tall med drygt 0,05 och för gran cirka 0,03.

Vidare undersöktes ett mer omfattande material uppdelat i gallrings- och slutavverkningsmogen skog, samt tall- respektive grandominerade bestånd. Även dessa beräkningar bekräftade att dagens formkvot för såväl tall som gran är lägre än vad som tidigare redovisats för materialet bakom utvecklingen av formfunktionerna enligt Edgren och Nylinder (1949). Baserat på tidigare utförda detaljstudier på mindre provträdsmaterial antas tillförlitliga uppgifter om trädens brösthöjdsålder (antal årsringar i brösthöjd) i förhållande till trädhöjder kunna medföra högre precision vid beräkning av stamform. Genom denna mer utförliga studie kunde vi också konstatera att givna förklarande variabler, såsom höjd, brösthöjdsdiameter, temperatursumma samt volym och stamantal per area gav underlag för att minska medelfelet kring beräknade medelformkvoter genom beräkning av aktuell formkvot på objektsnivå med mellan 12 och 37 procent beroende på beståndstyp. Motsvarande minskning av medelfelet för enskilda träd var mellan 7 och 26 procent. Under de senaste åren har stora dataflöden i

kombination med så kallad imputering öppnat nya möjligheter att förbättra utbytesprognoserna genom "spegling" av utbytet från likartade, redan skördade bestånd och efter utveckling även enskilda träd och tillredda stammar. Beroende på syfte och förutsättningar för utbytesberäkningar, apteringssimulering och apteringsanalys är såväl linjära, blandade modeller (med både fixa och slumpmässiga effekter) som vidare utveckling av imputering och databasteknik av intresse.

# Summary

More reliable forecasts of tree stem taper are required if forestry is to meet the growing demands of industry for more precise deliveries of roundwood. Delivery reliability to the wood industry increasingly concerns satisfying requirements for the right number of logs in requested combinations of lengths and diameters of satisfactory quality and at the right time.

The stem form, or stem tapering, is the degree to which a tree's stem decreases in diameter from ground to top. The relationship between height and diameter along individual pine and spruce stems, has a great influence on the possible yield of various sawn products, as well as volumes of both saw timber and pulpwood. In addition, there is an association between stem form and various timber properties. Modern harvesters give access to detailed measurement information about the stem form (diameter at different lengths) and operator-controlled information about tree species, manual cuts, and downgrading of logs because of damage, crooked stems, and other defects that affect the assortments. Harvester production files bring new opportunities to develop functions and methods for calculating stem form on standing trees, and thereby increase the precision of yield forecasts.

The aim of this report is to both map the structure of the variation in stem form in terms of geographical position, species, and stem size, and to provide information that will allow greater precision in both yield calculations and characterisation of various timber properties. Edgren & Nylinder (1949) define the form quotient as the ratio between the diameter at 20 percent of the tree height and the diameter at 60 percent of the height. The variation in stem form, and lack of knowledge about how it varies, has been shown to cause large errors in estimated volumes and distribution of timber yield in different length/diameter classes in harvest plans. Furthermore, incorrect information about the stems' actual tapering can lead to systematic errors, as the stem form is used to calculate the expected timber properties in the cross-section from root to top.

This study revealed that today's form ratio for both pine and spruce is, on average, lower than that previously calculated for the sample trees that formed the basis of Edgren and Nylinder's work on functions for stem form of pine and spruce in 1949. In this new study, the form ratio for pine was calculated to be an average of 0.67, while the average form ratio for spruce was calculated to be 0.63 for northern Sweden and 0.64 for southern Sweden. A comparison between today's form ratios and those calculated by Edgren and Nylinder shows that, for both pine and spruce in both southern and northern Sweden, the average form ratio has decreased in just over 60 years between the studies – for pine by just over 0.05 and for spruce approximately 0.03.

More comprehensive data was examined, divided into thinning forest, final felling forest, and pine- and spruce-dominated stands. These calculations also showed that today's form ratio for both pine and spruce is lower than that previously reported for the tree data on which Edgren and Nylander's work on form functions was based. Based on previous detailed studies of smaller sample tree data, reliable information about tree age at breast height (number of annual growth rings at breast height) in relation to tree height is assumed to improve precision when calculating stem form. This more extensive study enabled us to observe that given explanatory variables, such as height, breast height diameter, temperature sum, and volume and stem total per area, provided data that reduced standard errors regarding calculated average form ratio. By calculating current

form ratio at stand level, standard error could be reduced by between 12 and 37 percent, depending on stand type. The corresponding standard error for individual trees was reduced by between 7 and 26 percent.

In recent years, large data flows in combination with imputation have generated new opportunities to improve yield forecasts by 'mirroring' yields from similar, already harvested stands and, after refinement, also from individual trees and processed stems. Depending on the purpose and conditions for yield calculations, bucking simulation, and bucking analysis, both linear mixed models (with both fixed and random effects) and further development of imputation and database technology are of interest in future studies.

# Bakgrund

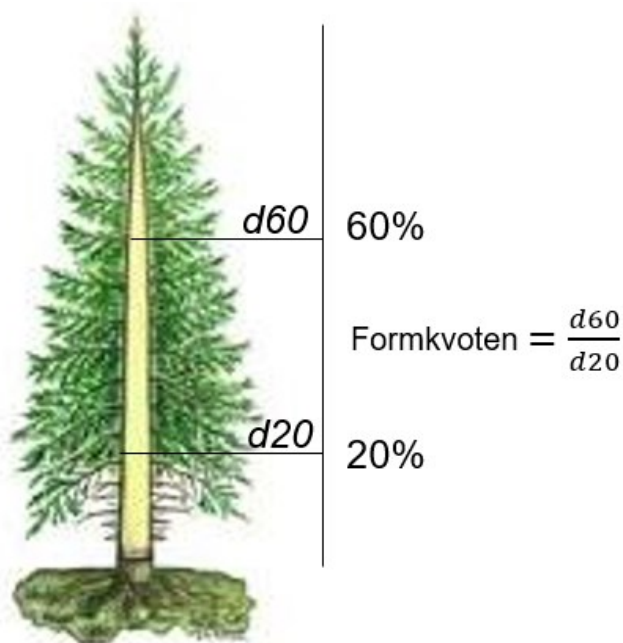
Dagens skogsbruk behöver utvecklas för att möta högre krav på leveranserna till kunderna i industrin. För leveranser till sågverk kan det handla om att kunna leverera rätt antal stockar per kombination av längd och diameterklasser i rätt tidsintervall. Detta får till följd att det blir allt viktigare med förbättrade utbytesberäkningar, med syftet att redan innan avverkning kunna ge en tillförlitlig prognos för olika möjligheter att skörda och tillreda olika produkter.

Produktionsdata från skördare och skotare är idag den primära datakällan för produktionsrapportering och flödesstyrning av skogsråvara. Från att förut varit begränsade till att visa aggregerad information om stockdimensioner per sortiment och avverkningsobjekt är det idag standard att redovisa produktionsdata på stocknivå. Att få detaljerad information om varje träd öppnar helt nya möjligheter för att utveckla nya funktioner för stamform och därigenom öka träffsäkerheten i utbytesprognoserna. En utbytesprognos är en förutsägelse om vilka produkter och kvantiteter som beräknas kunna produceras i de tilltänkta avverkningsobjekten. Ett problem inom skogsbruket är dock att prognosfelen för enskilda objekt kan summera till volymavvikelse på upp till 30 procent från verklig skörd (Ståhl, 1992) och ännu större fel i kvantitet och dimensioner för enskilda produkter. Ytterligare osäkerhet tillkommer om aktuell industrikund ställer krav på olika virkesegenskaper. Förbättrade utbytesprognoser kan öka virkesvärdet och minska miljöbelastningen genom bättre anpassning och leveranssäkerhet till olika kundkrav, minskat spill, och genom effektiviserad skörd och transport.

För den enskilde skogsägaren, liksom för den operativa drivnings- och transportplaneringen, är det också viktigt att kunna skatta den sammanlagda virkesvolymen rätt på objektsnivå. En bra och samlad bild av de träd som ska avverkas är grundläggande för att kunna göra bra utbytesprognoser. Träden behöver vara beskrivna med trädslag, diameter, höjd och stamform, samt egenskaper som påverkar det förväntade utfallet av stockar per sortiment. Vidare är det viktigt att få en bild av andelar och orsaker till nedklassningseffekter på grund av stamskador och fel. Detaljerade utbytesberäkningar utgår sedan från simulerad skörd och tillredning av enskilda stammar baserad på samma apteringslogik (värde- eller längd/diameterstyrd tillredning av stockar) som är standard i dagen skördare. Vid verklig aptering/tillredning påverkas produktionsresultatet även av manuella, förarstyrda kortnings- och nedklassningsbeslut. Vid simulerad aptering anges i stället frekvenser sortimentspåverkande fel (baserat på produktionsstatistik, beräkningar eller antaganden), fördelade längs stammen med hjälp av en slumpningsfunktion beroende på typ av fel. De tillredda produkterna/stockarna summeras slutligen på objekts- eller flödesnivå. För att en detaljerad analys av olika tillredningsalternativ ska kunna ge användbara resultat är det av stor vikt att trädstammarna är beskrivna med god detaljupplösning. Rättvisande fördelning på trädslag, brösthöjdsdiametrar, trädhöjder och stamform från rot till topp per trädslag är grundläggande för alla sådana analyser. Vid utbytesberäkningar och apteringssimulering av enskilda träd enligt Edgren och Nylinder (1949) är korrekta formkvoter ( $d_{60}/d_{20}$ , se nedan) avgörande för att prognostisera en genomsnittligt korrekt stamform inom olika diameter och höjdklasser.

Formkvoten (Edgren och Nylinder, 1949) är definierad som kvoten mellan trädets diameter vid 60 procent av trädhöjden och diametern vid 20 procent av trädhöjden, se Figur 1. Ju högre formkvot desto mer cylindrisk är trädets form. En perfekt cylinder erhåller enligt denna definition en formkvot på 1.





Figur 1. Formkvoten definieras som diametern vid 60 % av trädhöjden över diametern vid 20 % av trädhöjden.

Variationen i stamform, samt brist på kunskap om hur den varierar, har visat sig kunna ge upphov till stora fel på beräknade volymer i upprättade skogsbruksplaner. Inom projektet Flexwood genomförde Skogforsk, Foran och CGI, med stöd av Billerud-Korsnäs och Bergvik Skog ett arbete där laserskanning och skördarstatistik för manuella så kallade tvångskap och stamfelsesved användes med syfte att förbättra träffsäkerheten i utbytesberäkningarna (Barth m.fl., 2014). Detta arbete visade att variationen i stamform är en viktig komponent för att kunna utveckla träffsäkra och produktbaserade utbytesprognoser. Felaktiga antaganden om stammarnas avsmalning kan påverka såväl resultatet för stockarnas dimensioner efter apteringssimuleringen som totalvolymen i utbytesberäkningarna. Den beräknade totala volymen överskattades med knappt 6 procent jämfört med den detaljerade uppföljningen av total skördad volym enligt skördarproduktionsfilerna. Produktionsuppföljningen byggde på data från enskilda stammar från skördardata med väl kalibrerade diameter- och längdmätningssystem och omfattade 16 avverkade bestånd. Underskattningen av trädens avsmalning ledde också till en relativ överskattning av timmervolymen på bekostnad av massavedsvolymen.

I en simuleringsförstudie (Wilhelmsson & Arlinger 2014) av formkvoters betydelse vid beräkning av stamform med Edgren och Nylinders (1949) stamformsfunktioner, som normalt används i dagens apteringssimulatorer, erhöles stora skillnader i tvärsnittsdiamentrar. Som exempel kan nämnas att ett fel på 34 mm vid 150 mm tvärsnittsdiamentrar gav ett volymfel för stocken på cirka 50 procent och ett diamentrefel på 20 mm vid 200 mm tvärsnittsdiamentrar ett volymfel för stocken på cirka 20 procent. Den totala volymsavvikelsen för summan av alla avverkade sortiment i simuleringsalternativen blev drygt 11 procent. Med rätt anpassad formkvot ger dock Edgren och Nylinders funktion goda möjligheter att beräkna stamformen (Spångberg m. fl., 2001). Vidare visade Wilhelmsson (2006) samband mellan trädålder, tillväxthastighet och form som kan komma att utnyttjas för utveckling av funktioner för anpassad formkvot. Blandade statistiska prediktionsmodeller (mixed linear models) med både fixa

och slumpmässiga effekter ger ökade möjligheter att beräkna inverkan av kontrollerbara effekter och göra variationen mer verklighetsanpassad. Detta genom att lägga på slumpmässig (normalt ej förutsägbara skillnader mellan enskilda träd med sinsemellan lika ingångsdata för de fixa effekterna). Med stora datamängder från skördarnas mätning av stamform i olika typer av bestånd kan så kallad imputeringsteknik (t.ex. Malinen m. fl. 2018) öppna nya möjligheter att genom ”spegling” av mätt form från redan skördade träd som vuxit i likartade bestånd kunna höja noggrannheten i prognostiserat utbyte från stående skog inför planerad skörd.

## Syfte

Syftet med projektet är att utvärdera och kartlägga variationen i stamform utifrån olika parametrar som exempelvis trädslag, geografiskt läge och stamstorlek, samt att analysera möjligheterna att beräkna den så kallade formkvoten för ökad noggrannhet vid praktisk tillämpning av formfunktioner enligt Edgren och Nylinder (1949).

## Material och metod

Edgren och Nylinder (1949), utnyttjade diametermätningar under bark från rot till topp hos enskilda träd av tall och gran i norra och södra Sverige. Dessa data hämtades från den Stora produktionsundersökningen (Näslund, 1940 och 1947). Med dessa mätdata anpassade författarna flexibla funktioner för stamform hos båda trädslagen baserat på en kombination av två funktionstyper vilka ”skarvas” beräkningstekniskt genom bestämning av den så kallad formkvoten. Studien resulterade i en uppsättning avsmalningstabeller. För en känd formkvot kan tabellerna användas för att beräkna trädets avsmalning längs stammen. För att beräkna formkvoten används en funktion baserad på trädets diameter, höjd och ett formtal. Formtalsbestämningen görs med hjälp av givna formtalsfunktioner (Näslund, 1940; Näslund, 1947).

Erfarenhetsmässigt har de resulterande formkvoterna enligt Edgren och Nylinders publikation (1949) behövt justerats nedåt för att ge ett korrekt utfall vid volymsberäkningar. Tolkningen av detta har varit att avsmalningen per löpmeter i genomsnitt har varit högre i dagen skördade skogar än i de skogar som låg till grund för datainsamlingen bakom utvecklingen av formkvotstabellerna (Edgren & Nylinder, 1949). Produktionsdata från skördare är idag den primära datakällan för produktionsrapportering och flödesstyrning av skogsråvara. Dagens skördare rapporterar produktionsdata på stocknivå, vilket innebär att alla träd som avverkas och kapas i efterhand kan återskapas. Som ett första led i arbetet utnyttjades insamlade skördardata från avverkningar som genomförts de senaste åren för att kunna genomföra analys av stamform och formkvot på samma sätt som publicerats av Edgren och Nylinder (1949) Till detta kunde vi nu utnyttja jämförelsevis stora mängder stamdata från Skogforsks skördardatabas (figur 2–10). I ett nästa steg användes ett utökat dataset för att undersöka hur formkvoten varierade mellan slutavverkning och gallring i tall- respektive grandominerade bestånd.

## hprYield

hprYield är ett beräkningsverktyg från Skogforsk (Bhuiyan m.fl. 2022) som använts under projektet för att automatiskt dela upp mätta, beräknade och förarregistrerade träddata från skördarnas detaljerade produktionsfiler (hpr-filer enligt StanForD2010). Här delas produktionen upp på olika trädslag, sortiment, delområden, ståndortsindex med mera, för beräkning av olika nyckeltal. Modulen baseras på de standardiserade produktionsfilerna (hpr). Under databearbetningsfasen går hprYield igenom hpr-filerna och sammanställer stam-, stock-, produkt- och trädslagsdata. I nästa steg delas objekten upp i mindre beräkningsytor. Detta sker genom att avverkad areal beräknas, och objektets geografiska utbredning analyseras. I denna process identifieras olika delområden, så kallade beräkningsytor, genom att finna mönster i övre höjd och stamdiametrar.

När beräkningsytorna är skapade är beräkningsmodulen redo att beräkna nyckeltal för de analyser som efterfrågas. De nyckeltal som använts i denna studie finns beskrivna i tabell 1.

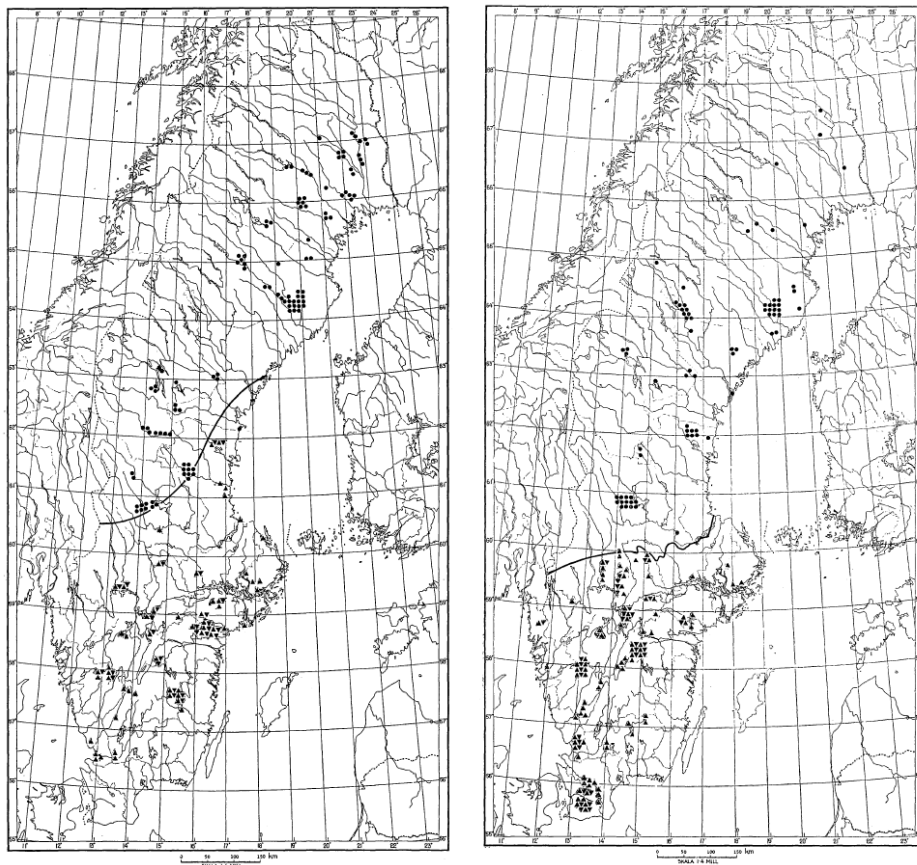
Tabell 1. Nyckeltal från hprYield med förklarande text.

Nyckeltal	Enhet	Förklaring
DominantHeight	m	Övre höjd för beräkningsyta
TemperatureSum	dygnsgrader	Temperatursumma, beräknas utifrån latitud och höjd över havet
DBH_ca	mm	Grundtyevägd DBH för beräkningsyta
Height_ca	cm	Grundtyevägd höjd för beräkningsyta
MeanStemVolumeSub	m <sup>3</sup> /ha fub	Medelstam per beräkningsyta
VolumeSob_area	m <sup>3</sup> fub/ha	Volymen per area (ha)
Stems_area	st/ha	Antal stammar per area (ha)
hojd_[trädslag]	m	Grundtyevägd medelhöjd för det angivna trädslaget
DBH_[trädslag]	mm	Grundtyevägd DBH för det angivna trädslaget
Andel_[trädslag]	%	Andel av det givna trädslaget

En detaljerad beskrivning av algoritmer från och funktionalitet hos hprYield finns i Möller m.fl. (*in prep.*)

## Fördelning av stammar inom landet

Edgren och Nylinder (1949) utvecklade separata formfunktioner och formkvotstabeller för tall och gran i norra och södra Sverige, se figur 2. För att kunna jämföra resultaten från vår studie med resultaten från Edgren och Nylinder (1949) delades materialet i vår studie upp på motsvarande områden. Det resulterade i fyra dataset; tall norr, tall söder, gran norr och gran söder.



Figur 2. Provtammarnas fördelning över landet för tall (vänster) och gran (höger) i studie av Edgren och Nylinder (1949). De svarta cirkeln och trianglarna visar provtytor eller bestånd varifrån provstammar insamlats. Gränsen mellan norra och södra Sverige visas med en heldragen linje.

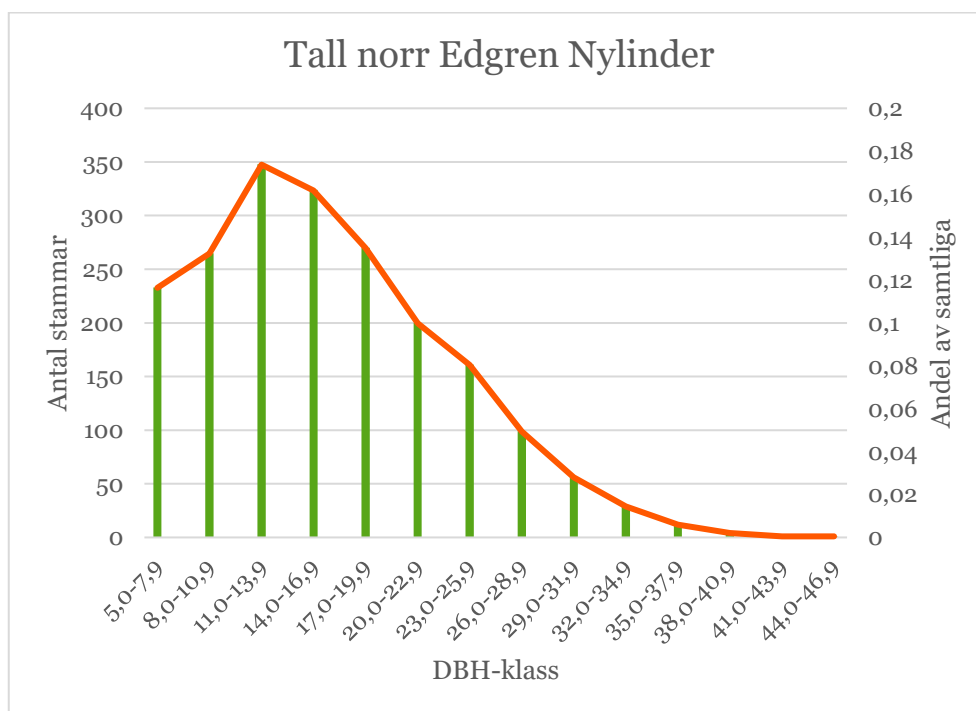
Tabell 2 visar hur många stammar i respektive dataset som legat till grund för denna studie, innan de filtrerats och anpassats för att matcha samma diameterfördelning i brösthöjd som för datamaterialet som användes av Edgren och Nylinder (1949).

Tabell 2. Skördardata i trädslag och regioner.

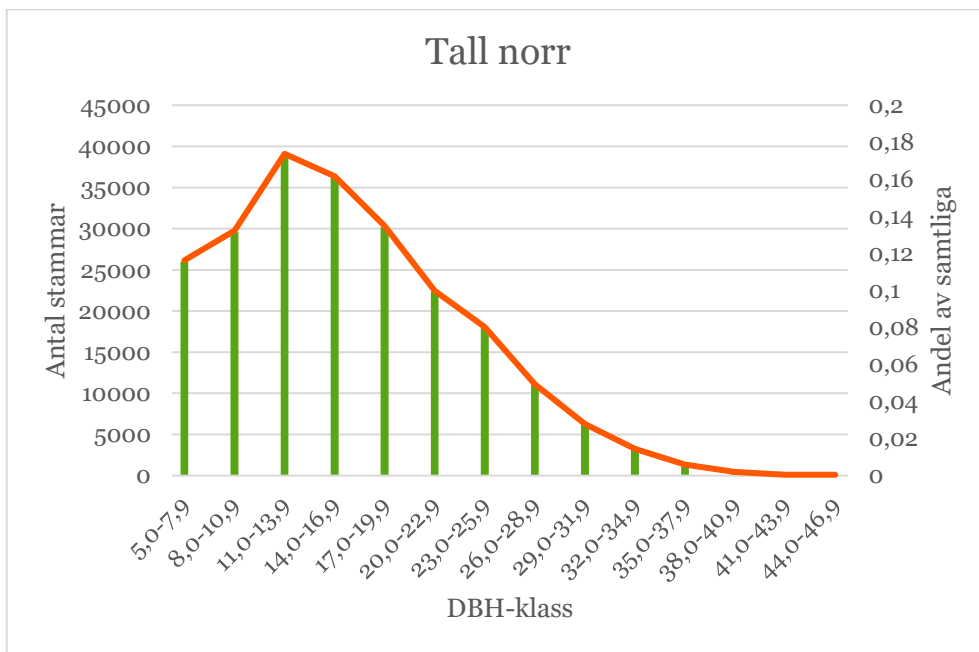
	Tall norr	Tall söder	Gran norr	Gran söder
Totalt antal stammar	1 308 081	1 182 706	324 616	1 318 718

Vid fortsatt bearbetning av data delades stammarna upp i DBH-klasser. Återigen följdes i princip samma tillvägagångssätt som beskrivits av Edgren och Nylinder (1949) för att underlätta en jämförelse mellan studierna. Träd med orimligt förhållande mellan diameter och höjd filtrerades bort. Detta gjordes genom att  $dbh [mm] / trädhöjd [cm]$ , beräknades. I de fall som inte uppfyllde  $0,06 < dbh / trädhöjd < 0,2$  togs trädet bort från fortsatta beräkningar. En tydligt avvikande form enligt detta beror mest sannolikt på att längdmätningen hos skördaren inte fungerat, vilket exempelvis kan bero på att mätthjulet slirat. Denna filtrering resulterade i att några promille av tillgängliga data föll bort från fortsatt bearbetning.

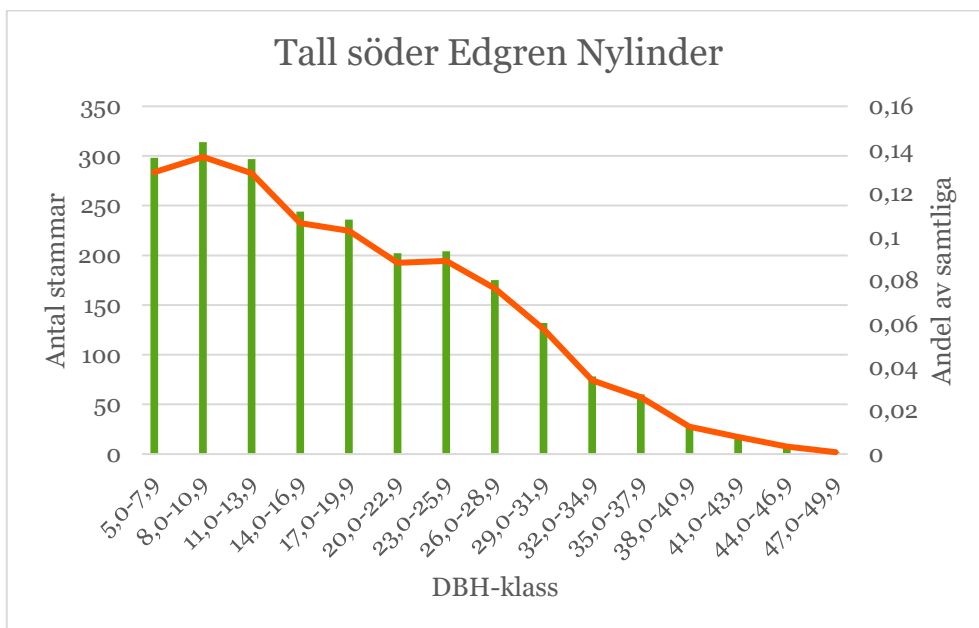
Med utgångspunkt i Edgren och Nylinders dataset, korrigerades antal stammar i varje DBH-klass så att den relativa fördelningen av olika diameterklasser blev lika för de båda studierna. För "gran norr" saknades dock tillgång till skördardata från träd i de grövsta diameterklasserna för att kunna matcha diameterklasserna materialet från Edgren och Nylinder (totalt 167 stammar motsvarande cirka 0,6 procent av det totala antalet analyserade stammar i datasetet gran, norra Sverige). Övriga dataset är slumpvis sammansatta helt i enlighet med Edgren och Nylinder (1949). Figurerna 3 till 10 visar antalet faktiska stammar (staplar), samt andel av totalt antal stammar (linje) för Edgren och Nylinders samt denna studies underliggande material.



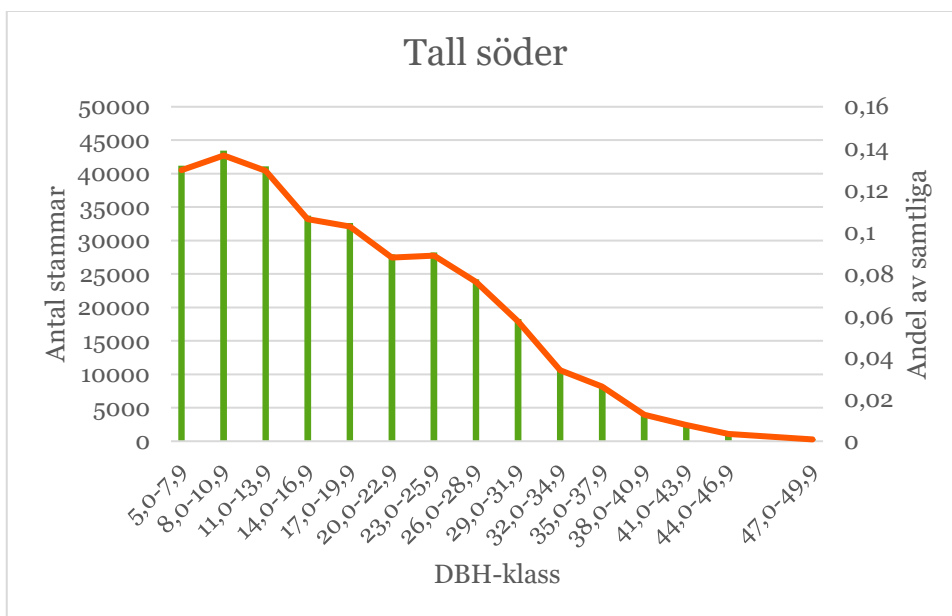
Figur 3. Antal stammar av tall från norra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i Edgren och Nylinders (1949) studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.



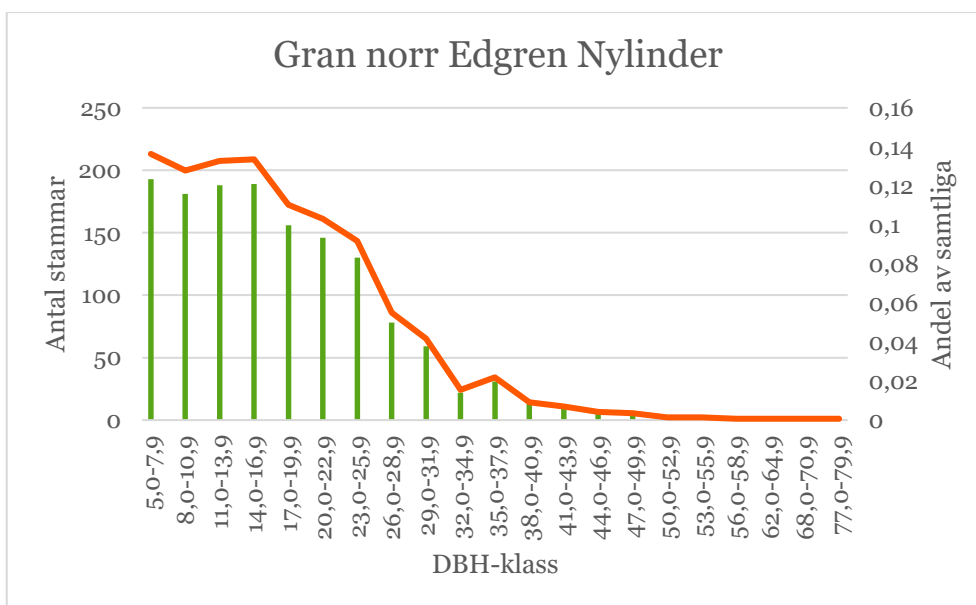
Figur 4. Antal stammar av tall från norra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i denna studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.



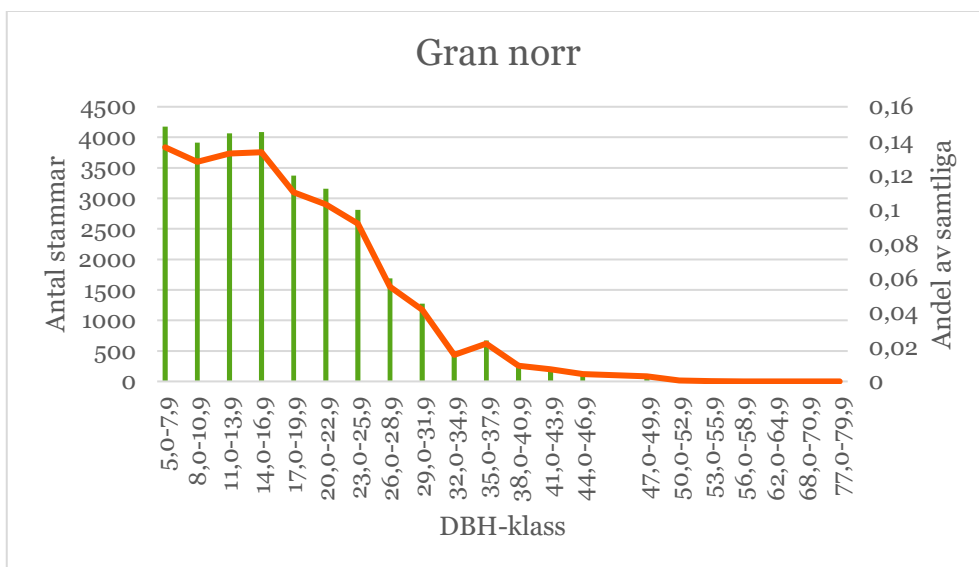
Figur 5. Antal stammar av tall från södra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i Edgren och Nylinders studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.



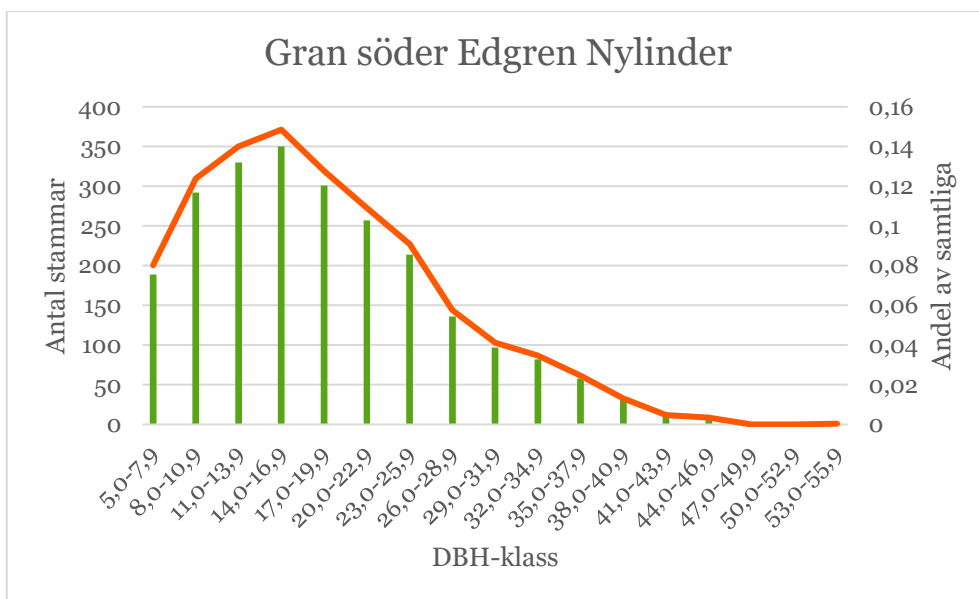
Figur 6. Antal stammar av tall från södra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i denna studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.



Figur 7. Antal stammar av gran från norra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i Edgren och Nylinders studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.

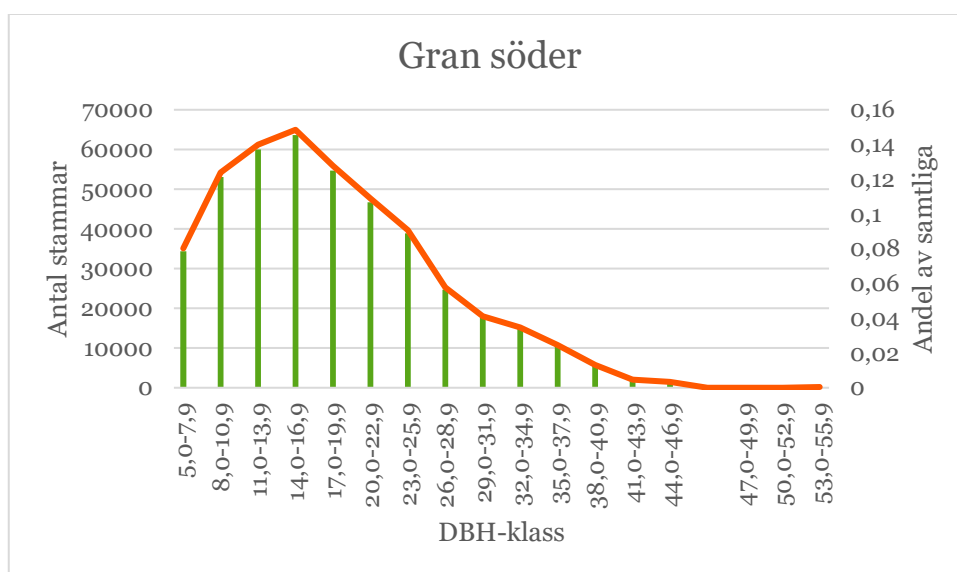


Figur 8. Antal stammar av gran från norra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i denna studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.



Figur 9. Antal stammar av gran från södra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i Edgren och Nylinders studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.





Figur 10. Antal stammar av gran från södra Sverige (gröna staplar) i de skilda DBH-klasserna i denna studie. Den orange linjen visar hur stor andel av det totala antalet stammar dessa utgör.

## Resultat

### Korrektion på/under bark

Då diametermätningarna från skördarnas aggregat sker på bark, medan den tidigare studien av Edgren och Nylinder (1949) utgick från mätvärden under bark, transformerades mätvärdena från skördarna för att medge beräkning av formkvoter under bark. Transformationen genomfördes efter en systematisk undersökning av skillnader på och under bark hos 512 tallar och 818 granar, (tabell 3), där diametrarna under bark beräknades med Skogforsks barkfunktioner (Hannrup, 2004). Resultatet blev att formkvoten hos tall beräknad med mätvärden på bark ska ökas med 0,006 och formkvoten hos gran ska minskas med 0,007 för att skördarnas mätvärden (D60/D20, på bark) ska ge transformering till stamform under bark utan systematiska fel.

Tabell 3. Genomsnittlig diameter vid 20 % och 60 % av trädhöjden, samt genomsnittlig formkvot på (fq, pb) och under bark (fq, ub) för tall och gran.

Tall (512 st)				Gran (817 st)			
d20, pb [mm]	d60, pb [mm]	fq, pb [-]	fq, ub [-]	d20, pb [mm]	d60, pb [mm]	fq, pb [-]	fq, ub [-]
185,61	126,85	0,664	0,670	207,37	134,89	0,637	0,630

Tabell 4 nedan visar en jämförelse mellan de beräknade formkvoterna från denna studie mot Edgren och Nylinders studie, för tall och gran i södra respektive norra Sverige. En korrigerings från formkvoter på bark till under bark är utförd.

En jämförelse av formkvoterna påvisar att för både tall och gran i såväl södra som norra Sverige har medelformkvoten sjunkit på de dryga 60 år som gått mellan studierna; för tall drygt 0,05 och för gran i snitt någonstans runt 0,03.

Tabell 4. Jämförelse mellan formkvoter från denna studie med resultat från Edgren och Nylinder, 1949.

<b>Trädslag och region</b>	<b>Medelformkvot Edgren och Nylinder</b>	<b>Medelformkvot Denna studie</b>	<b>Differens</b>
Tall norr	0,719	0,667	0,052
Tall söder	0,723	0,670	0,053
Gran norr	0,659	0,631	0,028
Gran söder	0,683	0,643	0,040

I ett nästa steg utökades datamängden till knappt 30 000 beräkningsytor,<sup>1</sup> spridda över hela landet. Materialet delades upp, i slutavverkning och gallring (förstagallring, sen förstagallring och senare gallring), och i talldominerade respektive grandominerade bestånd.<sup>2</sup> Detta fick till följd att medelformkvoterna fördelade sig enligt tabell 5 nedan.

---

<sup>1</sup> 28 973 stycken.

<sup>2</sup> Tall- resp grandominerat bestånd är definierat som ett bestånd där 65% eller högre andel av beståndet består av det aktuella trädslaget.

Tabell 5. Medelvärden och standardavvikelser. Formkvoter för tall respektive gran i slutavverkning och gallring uppdelad på talldominerade respektive grandominerade bestånd, samt medelfelet (RMSE) och R<sup>2</sup>-värdet för beräkning av formkvoten enligt modellerna i bilaga 1.

	Slutavverkning		Gallring	
	Formkvot tall	Formkvot gran	Formkvot tall	Formkvot gran
<b>Talldominerat bestånd, medelvärde</b>	0,675	0,609	0,648	0,625
Standardavvikelse	0,018	0,021	0,021	0,029
Medelfel modell (RMSE)	0,015	0,018	0,015	0,024
Minskning av medelfelet med stöd av modell	19%	16%	29%	18%
R <sup>2</sup> -värde	0,34	0,29	0,50	0,33
<b>Grandominerat bestånd, medelvärde</b>	0,678	0,624	0,653	0,637
Standardavvikelse	0,023	0,016	0,032	0,021
Medelfel modell (RMSE)	0,020	0,011	0,028	0,013
Minskning av medelfelet med stöd av modell	12 %	31 %	12 %	37 %
R <sup>2</sup> -värde	0,23	0,52	0,23	0,60

Analysen visade att flera variabler hade betydande inverkan på formkvoten och att en del av dessa varierade såväl mellan som inom avverkningstyp. DBH och höjd hos de enskilda stammarna av det dominerande trädslaget, volymen fub/area(beräkningsyta), samt beräkningsytans/beståndets beräknade temperatursumma utgjorde statistiskt säkerställda fixa effekter. Dessa (oberoende) variabler förklarade motsvarande R<sup>2</sup>\*100 procent av variationen i trädens formkvoter per beståndstyp. För mer detaljer runt detta, se bilaga 1 och 2.

För slutavverkning undersöktes påverkan av att ta bort uppdelningen i tall- respektive grandominerat bestånd. Detta fick till följd att slutavverkning fick en formkvot för tall på 0,678 och för gran på 0,617, se tabell 6 nedan. En uppdelning efter beståndstyp kan således öka noggrannheten i beräknad formkvot. För gallring gjordes analysen om med senare gallringar, det vill säga förstagallring, exkluderad. Detta ledde dock inte till någon

förändring i formkvoterna, förutom för tall i grandominerat bestånd som ökade med 0,001 till 0,653.

Tabell 6. Formkvoter för tall respektive gran i slutavverkning, samt medelfelet (RMSE) och R<sup>2</sup>-värdet för beräkning av formkvoten enligt modellerna i bilaga 2.

	Slutavverkning	
	Formkvot tall	Formkvot gran
Samtliga bestånd, medelvärde	0,678	0,617
Standardavvikelse	0,020	0,019
Medelfel modell (RMSE)	0,017	0,014
R <sup>2</sup> -värde	0,29	0,44

I ovanstående beräkningar används nyckeltal på beräkningsytanivå. I ett vidare steg undersöktes påverkan av att lägga till variabler inom bestånd, såsom kvoten mellan brösthöjdsdiameter på aktuellt träd med medelbrösthöjdsdiameter. Även trädhöjd undersöktes och såväl höjd över dominerande höjd, som höjd över medelträdhöjd inkluderades. Medelformkvoterna som resulterade av detta redovisas i tabell 7. För mer detaljer, se bilaga 3.

Tabell 7. Genomsnittliga beräknade formkvoter för tall respektive gran i slutavverkning och gallring med stöd av signifikanta träd och beståndsvariabler.

Slutavverkning		Gallring	
Formkvot tall	Formkvot gran	Formkvot tall	Formkvot gran
0,679	0,628	0,668	0,654

Tabell 7 uppvisar högre formkvoter, framför allt för gallring. Båda tillvägagångssätten bekräftar dock resultaten ovan och vi kan konstatera att dagens genomsnittliga formkvoter för såväl tall som gran är lägre än vad som tidigare beräknats av Edgren och Nylinder (1949). Vi kan också konstatera att givna beståndsvariabler såsom höjd, brösthöjdsdiameter, temperatursumma med mera inte är tillräckliga för att på ett enkelt sätt kunna beräkna aktuell formkvot med hög noggrannhet. Men om funktioner för beräkning av genomsnittlig form per beräkningsyta tillämpas på ett flöde kan det genomsnittliga utfallet förbättras jämfört med att använda fixa formkvoter per trädslag inom ett större område.

# Diskussion

Denna studie bekräftar att formkvoterna på såväl tall som gran har blivit lägre sedan den studie som gjordes på 1940-talet.

Det är svårt att ge en enhetlig förklaring till varför formkvoten är lägre idag än för sjuttio år sedan. En underbyggd hypotes är att de till en betydande del ogallrade homogena äldre bestånd som utgjorde bakgrundsmaterialet till Edgren och Nylinders (1949) formfunktioner (Näslund 1941, Pettersson 1955) i genomsnitt vuxit i tätare förband, men också till en högre ålder. Effekterna av detta skulle bli högre upphissade kronor och därmed ett högre formtal (bättre form) än vad som är det beräknade genomsnittet från träden i vår undersökning. Vad gäller förädling av skogarna är det troligt att detta lett till att höjdtillväxten är mer förändrad än diametern, vilket vid jämförbar höjd skulle leda till en lägre formkvot. Å andra sidan skulle en snabbare ungdomstillväxt hos träden i stället kunna leda till relativt sett fler årsringar på en högre höjd i träden, och därmed förutsättningar att vid samma ålder som i skogarna hundra år tillbaka i tiden nå en högre formkvot hos dagens genomsnittliga träd. En förklaring till varför formkvoten har gått ner jämfört med Näslunds (1940; 1947) och Edgren och Nylinders (1949) resultat kan vara att förbanden har blivit glesare, samt att träden skördats vid en yngre ålder. En samlad analys av resultaten från olika undersökningar och framtagna modeller visar att stammarnas formkvoter kan påverkas av hur skogarna är skötta, men också på variationen mellan enskilda träd och grupper av träd är betydande. Genom att beräkna formkvoter med hjälp av de framtagna modellerna kan medelfelet för enskilt träd, objekt eller flöden minskas något (Tabell 5–7). Imputering baserad på likartad skog och/eller adaptiv beräkning inom objekt ger liknande möjligheter. Vilken metod som ger bäst resultat under olika förutsättningar och den praktiska effekten av att göra apteringssimuleringar med högre noggrannhet är dock föremål för ytterligare studier och analyser.

## Felkällor

Det finns ett antal felkällor som kan ha påverkan på de resultat som redovisas i denna studie. Omräkningen från diametrar på bark till diametrar under bark, se sid 15 är en sådan faktor. Barkfunktionen för tall har enligt Hannrup (2004) ett skattat (slumpmässigt) medelfel på 2,8 mm för enskild mätpunkt. Materialet i innehåller slumpmässigt utvalda stammar från kvalitetssäkrade skördare, vilket medför att slutavverkningar sannolikt är något överrepresenterade. Trots kvalitetssäkringen går det inte att utesluta förekomst av mindre, systematiska fel i vissa diameterklasser/stamavsnitt som kan påverka kvoten  $d_{20}/d_{60}$ . De slumpmässiga medelfelen i enskilda diametermätvärden på bark utmed skördarmätta stammar beräknas vara i storleksordningen 4–5 mm (Möller m.fl. 2008). För att öka träffsäkerheten bör korrektion för barktjocklek räknas fram för slutavverkning och gallring separat.

En annan möjlig felkälla är att skördarna inte mäter stockdiametern kontinuerligt, utan att dessa uppgifter räknas fram utifrån närmaste mätpunkt/närmaste kap, vilket för en enskild skördare skulle kunna ge upphov till en systematisk över- eller underskattning.

## **Framtida studier**

Denna studie genomfördes 2018, och även om analysen baserades på ett mer omfattande datamaterial jämfört med originalstudien från Edgren och Nylinder (1949), så finns det idag möjlighet att nyttja skördardatabaser för att genomföra ytterligare analyser med ett betydligt högre antal stammar. Vi rekommenderar att vidare analyser genomförs, med fokus på att jämföra, beräkna eller imputera formen hos enskilda respektive grupper av stammar med stöd i deras identifierbara tillväxtförutsättningar vid beräkningstillfället. Detta med syftet att höja noggrannheten i detaljerade utbytesberäkningar genom rätt stamform och bättre prediktion även av inre ved – och fiberegenskaper.

# Referenser

- Barth, A., Möller, J.J., Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hedberg, R. & Söderman, U. 2014. A Swedish case study on the prediction of detailed product recovery from individual stem profiles based on airborne laser scanning. *Annals of Forest Science* 72, 47–56.
- Edgren, V. & Nylinder, P. 1949. Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut nr 38, Stockholm, 81s.
- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport 575. Skogforsk, Uppsala.
- Malinen, J. Kilpeläinen & H. Verkasalo, E. 2018. Validating the predicted saw log and pulpwood proportions and gross value of Scots pine and Norway spruce harvest at stand level by Most Similar Neighbour analyses and a stem quality database. *Silva Fennica* vol. 52 no. 4 article id 9972.
- Möller, J. J. & Arlinger, J. 2007. Praktiskt test av automatisk kvalitetssättning vid betalningsgrundande skördarmätning hos Södra skogsägarna i Götaland och Sveaskog i Bergslagen. Arbetsrapport 643. Skogforsk, Uppsala, 46s.
- Möller, J.J. Arlinger, J. Hannrup, B. Jönsson & P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse 5. Skogforsk, Uppsala, 63 s.
- Möller, J. J., Arlinger, J., Bhuiyan, N., Eriksson, I & Söderberg, J. 2017. Utbytesprognoser baserade på skogs- och skördardata – modell- och systembeskrivning för skapande av stambanker och imputerat utbyte. Arbetsrapport 961. Skogforsk, Uppsala.
- Möller, J.J., Bhuiyan, N., Arlinger, J., Eriksson, I., Söderberg, J. & Hannrup, B. 2022, *hprYield – beräkningsmodul för generering av geografiskt uppdelade nyckeltal baserat på skördardata*, Arbetsrapport Skogforsk [opublicerat manuskript].
- Näslund. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk. Medd. Stat. Skogsförs.-anst. H. 32:4.
- Näslund. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige och i hela landet. Medd. Stat. Skogsforskn.-inst. Bd 36:3.
- Ogemark, T. & Sondell, J. 1997. Avverkningsprognoser på stocknotenivå – baserade på inventering och simulering. Resultat nr 21, Skogforsk, Uppsala, 4 pp..
- Pettersson, H. 1955. Barrskogens volymproduktion. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut. Stockholm. Band 45:1: 391 s.
- Söderberg, J., Willén, E., Möller, J., J., Arlinger, J. & Bhuyian, N. 2017. Utvärdering av utbytesprognoser med skogliga laserskattningar och skördardata – resultat från tre fallstudier. Arbetsrapport 937. Skogforsk, Uppsala.
- Wilhelmsson, L. 2006. Two Models for Predicting the Number of Annual Rings in Cross-sections of Tree Stems. *Scand. J. For. Res.* 21 (Suppl 7.), pp 37–47.
- Sonesson, J., Arlinger, J., Barth, A., Eriksson, B., Frisk, M., Jönsson, P., Möller, J., Svenson, G. & Thor, M. 2008. Wilhelmsson, L. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning. Arbetsrapport 654. Skogforsk, Uppsala, 34 pp.

Ståhl, G., 1992, En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlas med subjektiva inventeringsmetoder. Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 24, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 127 s.

Spångberg, K., Arlinger, J., Wilhelmsson, L., Lundqvist, S O., Hedenberg, Ö. Taper functions for *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. in Sweden, Arbetsrapport 491, Skogforsk, Uppsala, 20 pp., 2001.

Wilhelmsson, L. och Arlinger J., 2014, Simulering av formkvotens inverkan på funktioner för beräkning av stamform med formfunktioner utvecklade av Edgren och Nylinder. Genomsnittligt utfall i stamvolym och tvärsnittsdiamentrar i olika höjdsegment, Arbetsmaterial från preliminära analyser av simulerade bestånd av tall och gran.

Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B., Nordström, M., Øvrum, A., Gjerdrum, 2011, Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality, Arbetsrapport 750, Skogforsk, Uppsala 67 s.



# Bilaga 1. Bästa anpassning, slutavverkning

Tabell 1. Nyckeltal från hprYield med förklarande text.

Nyckeltal	Enhet	Förklaring
DominantHeight	m	Övre höjd för beräkningsyta
TemperatureSum	dygnsgrader	Temperatursumma, beräknas utifrån latitud och höjd över havet
DBH_ca	mm	Grundytevägd DBH för beräkningsyta
Height_ca	cm	Grundytevägd höjd för beräkningsyta
MeanStemVolumeSub	m <sup>3</sup> /ha fub	Medelstam per beräkningsyta
VolumeSob_area	m <sup>3</sup> fub/ha	Volymen per area (ha)
Stems_area	st/ha	Antal stammar per area (ha)
hojd_[träds slag]	cm	Grundytevägd medelhöjd för det angivna träds laget
DBH_[träds slag]	mm	Grundytevägd DBH för det angivna träds laget
Andel_[träds slag]	%	Andel av det givna träds laget

**Tall i talldominerat bestånd**

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.6552	0.007819	1939	83.80	<.0001
<b>DominantHeight</b>	-0.00250	0.000646	1939	-3.86	0.0001
<b>VolumeSob_area</b>	0.000062	0.000013	1939	4.79	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	6.918E-6	1.975E-6	1940	3.50	0.0005
<b>Stems_area</b>	-0.00002	5.128E-6	1939	-4.73	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000074	6.808E-6	1939	10.92	<.0001
<b>DBH_Tall</b>	-0.00029	0.000023	1940	-12.51	<.0001

**R-Square Coeff Var Root MSE formkvot\_tall Mean**

0.349032 2.159282 0.014585 0.675434

**Gran i talldominerat bestånd**

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.5727	0.002489	1687	230.11	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	8.761E-6	2.378E-6	1687	3.68	0.0002
<b>hojd_gran</b>	0.000072	2.911E-6	1687	24.62	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00047	0.000020	1687	-23.09	<.0001

**R-Square Coeff Var Root MSE formkvot\_gran Mean**

0.293205 2.911489 0.017744 0.609432

*Gran i grandominerat bestånd*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.5952	0.005081	2503	117.15	<.0001
<b>VolumeSob_area</b>	0.000070	6.192E-6	2503	11.27	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000027	1.362E-6	2503	19.56	<.0001
<b>Andel_gran</b>	0.02243	0.002362	2503	9.50	<.0001
<b>Stems_area</b>	-0.00002	2.709E-6	2503	-6.06	<.0001
<b>hojd_gran</b>	0.000048	2.341E-6	2503	20.61	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00051	0.000014	2503	-36.88	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_gran</b>	<b>Mean</b>
0.522954	1.813435	0.011309		0.623633

*Tall i grandominerat bestånd*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.6139	0.004415	1239	139.05	<.0001
<b>DominantHeight</b>	-0.00133	0.000217	2366	-6.16	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000022	2.532E-6	2082	8.71	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000056	2.719E-6	2352	20.52	<.0001

### Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
DBH_Tall	-0.00019	0.000013	2154	-14.41	<.0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	formkvot_tall Mean
0.228572	2.898849	0.019649	0.677820

## Utan indelning i tall- resp grandominerat

*Tall, slutavverkning*

### Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
Intercept	0.6202	0.002740	6439	226.38	<.0001
DominantHeight	-0.00102	0.000175	6713	-5.84	<.0001
TemperatureSum	0.000011	1.199E-6	6714	9.24	<.0001
Andel_tall	0.006139	0.000907	6713	6.77	<.0001
MeanStemVolumeSub_ar	0.004602	0.001236	6713	3.72	0.0002
hojd_tall	0.000061	1.808E-6	6714	33.73	<.0001
DBH_Tall	-0.00023	8.462E-6	6647	-26.92	<.0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	formkvot_tall Mean
0.291723	2.505925	0.016979	0.677573

*Gran, slutavverkning*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.5812	0.001809	3885	321.21	<.0001
<b>DominantHeight</b>	-0.00049	0.000143	6601	-3.43	0.0006
<b>VolumeSob_area</b>	0.000033	3.475E-6	6583	9.43	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000014	0	0	.	.
<b>Andel_gran</b>	0.01213	0.000735	6605	16.49	<.0001
<b>hojd_gran</b>	0.000065	1.606E-6	6607	40.75	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00046	8.634E-6	6591	-53.64	<.0001

**R-Square Coeff Var Root MSE formkvot\_gran Mean**

0.442969 2.230000 0.013760 0.617031

## Bilaga 2. Bästa anpassning, gallring (förstagallring, sen förstagallring, senare gallring)

### *Tall, talldominerat bestånd*

#### Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	0.5873	0.006277	3620	93.56	<.0001
<b>VolumeSob_area</b>	0.000360	0.000028	3620	13.03	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000011	1.088E-6	3609	9.71	<.0001
<b>Andel_tall</b>	-0.00937	0.002436	3619	-3.85	0.0001
<b>Stems_area</b>	-0.00002	2.004E-6	3621	-11.18	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000108	2.454E-6	3613	44.11	<.0001
<b>DBH_Tall</b>	-0.00068	0.000026	3620	-26.00	<.0001

**R-Square Coeff Var Root MSE formkvot\_tall Mean**

0.499664 2.286412 0.014822 0.648247

### *Gran, grandominerat bestånd*

#### Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	0.5874	0.006996	1775	83.96	<.0001
<b>DominantHeight</b>	0.001929	0.000420	1774	4.60	<.0001

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>VolumeSob_area</b>	0.000221	0.000042	1774	5.27	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000022	2.021E-6	1767	10.69	<.0001
<b>Andel_gran</b>	0.01059	0.002956	1774	3.58	0.0003
<b>MeanStemVolumeSub_ar</b>	-0.03847	0.009446	1774	-4.07	<.0001
<b>Stems_area</b>	-8.68E-6	3.407E-6	1774	-2.55	0.0110
<b>hojd_gran</b>	0.000074	4.738E-6	1765	15.70	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00084	0.000030	1774	-28.29	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_gran</b>	<b>Mean</b>
0.598590	2.037424	0.012979		0.637024

*Gran, talldominerat bestånd*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.5626	0.003711	322	151.61	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000022	1.733E-6	1096	12.92	<.0001
<b>hojd_gran</b>	0.000096	3.058E-6	3124	31.40	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00064	0.000020	2887	-32.50	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_gran</b>	<b>Mean</b>
0.334214	3.877549	0.024248		0.625334

**Tall, grandominerat bestånd**

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.5919	0.003826	167	154.71	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000084	3.524E-6	1821	23.81	<.0001
<b>DBH_Tall</b>	-0.00037	0.000022	1824	-17.01	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_tall</b>	<b>Mean</b>
0.236801	4.286396	0.027999		0.653195



## Bilaga 3. Bästa anpassning med variabler inom bestånd inräknade

Här testas påverkan av att lägga till variabler inom bestånd, såsom kvoten mellan brösthöjdsdiameter på aktuellt träd och medelbrösthöjdsdiameter (DBH\_over\_DBH), kvoten mellan höjden av aktuellt träd och medelhöjden (hojd\_over\_medel), samt kvoten mellan höjden av aktuellt träd och övre höjden för beräkningsytan (hojd\_over\_dom).

### Tall, slutavverkning

Solution for Fixed Effects					
Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	0.4802	0.01809	19E3	26.55	<.0001
<b>h</b>	-0.00005	8.249E-6	19E3	-5.48	<.0001
<b>DominantHeight</b>	0.006073	0.000781	19E3	7.78	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	6.853E-6	1.917E-6	19E3	3.58	0.0004
<b>Stems_area</b>	-0.00002	2.136E-6	19E3	-7.35	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000041	3.499E-6	19E3	11.75	<.0001
<b>DBH_Tall</b>	-0.00028	0.000011	19E3	-25.31	<.0001
<b>DBH_over_DBH</b>	-0.04452	0.001787	19E3	-24.91	<.0001
<b>hojd_over_dom</b>	0.002260	0.000208	19E3	10.89	<.0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	formkvot_trad Mean
0.126655	5.749256	0.039054	0.679295

*Gran, slutavverkning*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.4806	0.005240	2E4	91.71	<.0001
<b>DominantHeight</b>	0.002771	0.000364	22E3	7.61	<.0001
<b>VolumeSob_area</b>	-0.00009	7.601E-6	26E3	-12.26	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	-6.7E-6	1.47E-6	21E3	-4.56	<.0001
<b>Andel_gran</b>	0.01852	0.001290	34E3	14.36	<.0001
<b>MeanStemVolumeSub_ar</b>	-0.00608	0.001184	34E3	-5.14	<.0001
<b>Stems_area</b>	0.000053	3.051E-6	34E3	17.30	<.0001
<b>hojd_gran</b>	0.000067	3.769E-6	22E3	17.90	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00035	0.000014	31E3	-25.22	<.0001
<b>DBH_over_DBH</b>	-0.1508	0.001430	34E3	-105.49	<.0001
<b>hojd_over_dom</b>	0.000928	0.000155	19E3	6.00	<.0001
<b>hojd_over_medel</b>	0.07266	0.01379	2E4	5.27	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_trad</b>	<b>Mean</b>
0.300425	5.687240	0.035721		0.628093

*Tall, gallring*

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>Intercept</b>	0.4814	0.01427	11E3	33.75	<.0001
<b>h</b>	-0.00010	9.514E-6	22E3	-10.17	<.0001

**Solution for Fixed Effects**

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>dbh</b>	0.000498	0.000035	2E4	14.04	<.0001
<b>DominantHeight</b>	0.009562	0.000808	24E3	11.83	<.0001
<b>VolumeSob_area</b>	-0.00029	0.000028	24E3	-10.23	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000021	2.309E-6	389	9.28	<.0001
<b>Andel_tall</b>	-0.00811	0.001209	23E3	-6.71	<.0001
<b>Stems_area</b>	0.000025	3.186E-6	19E3	7.73	<.0001
<b>hojd_tall</b>	0.000041	5.359E-6	22E3	7.64	<.0001
<b>DBH_Tall</b>	-0.00057	0.000029	24E3	-19.36	<.0001
<b>DBH_over_DBH</b>	-0.2216	0.005909	19E3	-37.50	<.0001
<b>hojd_over_dom</b>	0.002226	0.000166	18E3	13.42	<.0001
<b>hojd_over_medel</b>	0.1203	0.01199	3018	10.03	<.0001

R-Square Coeff Var Root MSE formkvot\_trad Mean  
 0.307846 6.079994 0.040596 0.667701

**Gran, gallring**

**Solution for Fixed Effects**

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
<b>Intercept</b>	0.4759	0.007613	13E3	62.51	<.0001
<b>h</b>	-0.00004	4.581E-6	33E3	-9.77	<.0001
<b>DominantHeight</b>	0.002350	0.000439	33E3	5.36	<.0001

**Solution for Fixed Effects**

<b>Effect</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>DF</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>VolumeSob_area</b>	-0.00042	0.000022	32E3	-18.63	<.0001
<b>TemperatureSum</b>	0.000024	2.088E-6	1E4	11.33	<.0001
<b>Stems_area</b>	0.000051	2.437E-6	2E4	20.88	<.0001
<b>hojd_gran</b>	0.000151	4.332E-6	33E3	34.89	<.0001
<b>DBH_GRAN</b>	-0.00083	0.000018	33E3	-45.53	<.0001
<b>DBH_over_DBH</b>	-0.1853	0.001294	33E3	-143.15	<.0001
<b>hojd_over_dom</b>	0.000749	0.000102	29E3	7.33	<.0001
<b>hojd_over_medel</b>	0.1755	0.009052	31E3	19.39	<.0001

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>formkvot_trad Mean</b>
0.451503	5.869503	0.038374	0.653784