

SKOG ▲ FORSK

Norsk institutt for  
skogforskning  
Høgskolevn. 8  
N-1432 Ås  
Tlf. 64 94 90 00  
Fax. 64 94 29 80  
E-post;  
post@skogforsk.no

## Oppdragsrapport 2/05

Barkfunksjon for sagtømmer av gran og  
furu til bruk i hogstmaskiner

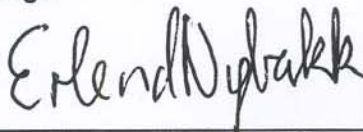
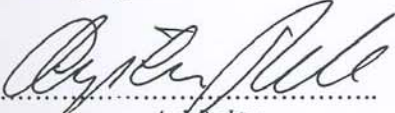
Erlend Nybakk og Arne Steffenrem



# OPPDRAGRAPPORT fra Norsk institutt for skogforskning (SKOGFORSK)

Høgskoleveien 8, 1432 Ås

Telefon 64 94 90 00 Telefax 64 94 29 80

<b>Tittel:</b> Barkfunksjon for sagtømmer av gran og furu til bruk i hogstmaskiner	<b>Serienr.:</b> OR 2/05	<b>Dato:</b> 18.10.05
	<b>Antall sider:</b> 30	<b>ISBN:</b> -
<b>Forfatter:</b> Erlend Nybakk og Arne Steffenrem		<b>Sign.</b> 
<b>Oppdragsgiver:</b> Norsk Virkesmåling	<b>Arkiv nr. - kontraktsdato:</b> 04/00085 14.05.2004	<b>Tilgjengelig:</b> Lukket: <input type="checkbox"/> Begrenset: <input type="checkbox"/> Åpen: <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Sammendrag:</b> Barkfunksjonene som benyttes i hogstmaskinene i dag, ble laget for fratrekk av barkvolum ved oppgjørsmåling på sagbrukene. De var ikke tiltenkt brukt til aptering av tømmerstokken ved kappeprosessen på hogstmaskiner. Likevel brukes funksjonene til å estimere diameter under bark ved aptering og kapping i hogstmaskiner. Denne rapporten evaluerer bruken av barkfunksjoner i hogstmaskiner og foreslår forbedringer av funksjonene til framtidig bruk. Datagrunnlaget for rapporten er samlet inn fra ca 5000 furustokker og 9500 granstokker. Målingene er foretatt på sagbrukstomt i forbindelse med tømmeroppgjør.  Dagens bruk av barkfunksjoner for furu i hogstmaskiner ser ut til å være en kilde til systematisk feilestimering. Rapporten foreslår nye funksjoner for beregning av furubark. Disse funksjonene bruker også informasjon om hvorvidt stokken er rotstokk eller ikke. Dette er basert på at sannsynligheten er større for at en rotstokk skal inneholde overgang- eller skorpebark enn en stokk lenger opp på stammen. Stokker lenger opp på stammen vil med større sannsynlighet inneholde glansbark som er betydelig tynnere.		
<b>Emneord</b> <b>Norsk:</b> Barkfunksjon, hogstmaskin <b>Engelsk:</b> Barkfunction, Harvester		
<b>Ansvarlig signatur</b>  ..... Avd. direktør		

## **Forord**

I forbindelse med prosjektet ”Rasjonelle barkfunksjoner for skogbruket og trelastindustrien” fikk Skogforsk i oppdrag å bistå vedrørende statistisk analyse og beregninger. Denne oppdragsrapporten er analyser av et datamateriale som ble planlagt og innsamlet av Norsk Virkesmåling i 2003. Målingene ble gjennomført ved 29 måleplasser på ulike sagbruk i Norge.

Skogforsk fikk et ferdig innsamlet materiale og har gjennomført litteraturstudie og statistiske analyser. Øystein Dale, Peder Gjerdrum og Kjell Andreassen har bidratt med faglige innspill.

Bakgrunnen for prosjektet er at det på sagbrukenes måleanlegg og i hogstmaskiner fastsettes barktykkelsen ved bruk av matematiske funksjoner med utgangspunkt i stokkdiameter målt utenpå bark. Dersom diameter målt etter barking, avviker fra den diameter som var grunnlaget for oppdeling av stammen i skogen og for dimensjonssorteringen på sagbruket, fører dette til at råstoffet ikke blir utnyttet optimalt.

Det er dermed behov for barkfunksjoner som bedre kan reflektere sammenhengen mellom geografiske variasjoner i skogforhold og barktykkelse.

Det statistiske materialet som grunnlag for nye barkfunksjoner består av stokkdata samlet inn av Norsk Virkesmåling. Jon Bjørnstad og Trygve Enger fra Norsk Virkesmåling har bidratt med faglige innspill og gjennomlesning av rapporten.

## ***Innholdsfortegnelse***

Forord .....	1
Sammendrag .....	5
Innledning .....	6
Materiale og metode .....	6
Databehandling og statistiske analyser .....	9
Resultat .....	11
Eksisterende barkfunksjoner .....	11
Evaluering av forklaringsvariabler .....	13
Forslag til nye funksjoner for dobbel barktykkelse .....	14
Diskusjon .....	20
Evaluering av dagens bruk av barkfunksjoner i hogstmaskiner .....	20
Konklusjon .....	22
Referanser .....	23
Vedlegg .....	24

## **Sammendrag**

Barkfunksjonene som benyttes i hogstmaskinene i dag, ble laget for fratrekk av barkvolum ved oppgjørsmåling på sagbrukene. De var ikke tiltenkt brukt til aptering av tømmerstokken ved kappeprosessen på hogstmaskiner. Likevel brukes funksjonene til å estimere diameter under bark ved aptering og kapping i hogstmaskiner. Denne rapporten evaluerer bruken av barkfunksjoner i hogstmaskiner og foreslår forbedringer av funksjonene til framtidig bruk. Datagrunnlaget for rapporten er samlet inn fra ca 5000 furustokker og 9500 granstokker. Målingene er foretatt på sagbrukstomt i forbindelse med tømmeroppgjør.

Rapporten avdekker stor variasjon i dobbel barktykkelse hos både gran og furu på lik diameter. Diameter er altså ikke tilstrekkelig som forklaringsvariabel ved bruk av funksjoner til å estimere barktykkelse. Spesielt hos furu, der barktype betyr mye, vil det være rom for store systematiske feilestimeringer ved bruk av funksjoner som kun baserer seg på diameter. Men også hos gran er variasjonen svært stor, og andre forklaringsvariabler for å redusere funksjonenes middelfeil bør undersøkes.

Dagens bruk av barkfunksjoner for furu i hogstmaskiner ser ut til å være en kilde til systematisk feilestimering. Rapporten foreslår nye funksjoner for beregning av furubark. Disse funksjonene bruker også informasjon om hvorvidt stokken er rotstokk eller ikke. Dette er basert på at sannsynligheten er større for at en rotstokk skal inneholde overgang- eller skorpebark enn en stokk lenger opp på stammen. Stokker lenger opp på stammen vil med større sannsynlighet inneholde glansbark som er betydelig tynnere.

Funksjonene som beregner barkens tykkelse for gran ved aptering i hogstmaskiner i dag, ser ut til å være godt tilpasset den delen av materialet som kommer fra Sør-Norge. For Norge nord for Dovre vil disse funksjonene systematisk underestimere barktykkelsen med ca 1 mm. Det er derfor foreslått ny barkfunksjon for Norge nord for Dovre basert på dette materialet.

Fra avvirkning i skogen til målingene av barktykkelse er foretatt på sagbruk, har det skjedd en betydelig barkslitasje. Ved bruk av funksjoner som baserer seg på data samlet inn på sagbruk, vil barktykkelse i skogen bli underestimert. Fremtidige undersøkelser bør derfor baseres på målinger i skogen.

## ***Innledning***

Hogstmaskiner i Norge måler stokkens diameter med bark. Ved hjelp av barkfunksjoner estimeres så barktykkelse og stokkens diameter under bark. Stokkens estimerte diameter under bark brukes til å beregne hvordan stokken skal apteres. Feil estimering av barktykkelse kan følgelig føre til at stokken apteres feil. Dette har betydning både for tømmeroppgjør for skogeier og for sagbrukenes mulighet til å produsere de dimensjoner markedet etterspør på en effektiv måte.

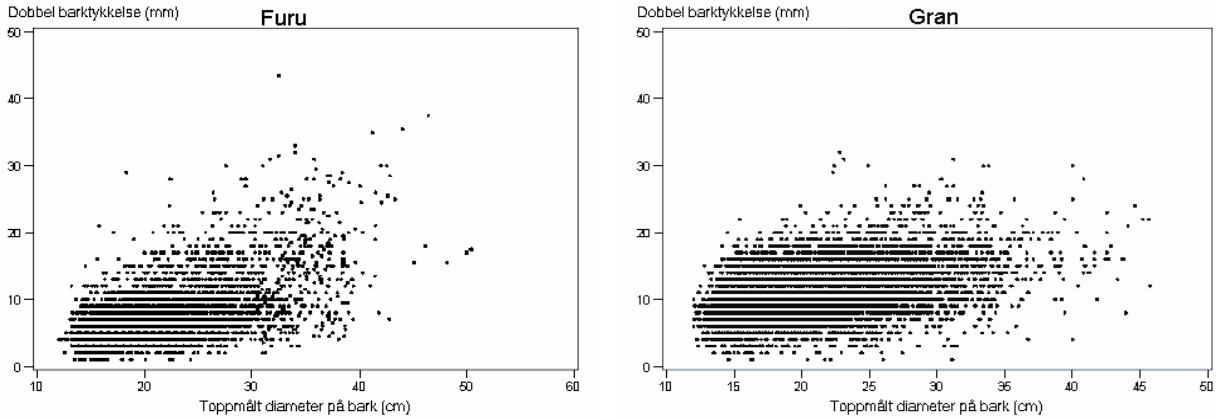
1. Er dagens bruk av barkfunksjoner ved aptering i hogstmaskiner tilfredsstillende? Hvilke parametere bør inngå i en barkfunksjon til bruk i hogstmaskiner?
2. Er det mulig å lage en bedre barkfunksjon med nytt innsamlet materiale?

## ***Materiale og metode***

Forsøksplanlegging og innsamling ble i sin helhet gjennomført av Norsk Virkesmåling. Hovedmaterialet er samlet inn fra 29 sagbruk, fordelt over store deler av landet gjennom et helt år. Målingene er foretatt på tømmer som ble kappet i skogen før det ble transportert til sagbruk og målested. Til sammen er det samlet inn data fra 9482 stokker av gran og 4314 stokker av furu. Registreringene ble gjennomført på alle-, eller et utvalg av kontrollstokkene fra hvert enkelt av Norsk Virkesmålings automatanlegg. Der bare et utvalg av kontrollstokkene ble tatt med, ble barken målt hver annen uke eller hver tredje uke. Målingene ble gjort så snart som mulig etter den ordinære målingen for å unngå endringer i barken. Tømmeret ble lagt ut på bakken for å få sikrest mulige målinger uten å redusere anleggets kapasitet unødig.

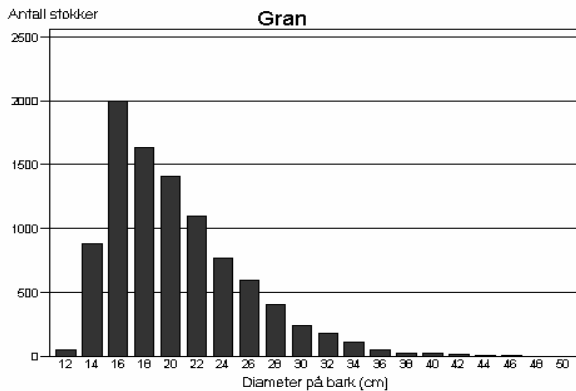
Diameter på bark ble målt i millimeter med klave, 10 cm fra toppenden av stokken. Det ble ikke foretatt noen form for korreksjon som følge av barkslitasje. Hvis barken i sin helhet var slitt av på en av sidene, ble målepunktet flyttet en meter lenger ned på stokken. Under bark ble målingen gjort på akkurat samme sted og retning, men etter at barken var fjernet med barksag. Andre data som ble samlet inn, var opprinnelig kommune, fylke, automålt diameter, diameter 1 og 2 m fra stokkens topp, barktype og hvorvidt stokken var rotstokk eller ikke. Registreringene av barktype i hovedmaterialet ble brukt for å korrigere for andre feil som påvirker volumet. Denne variabelen er utsatt for systematiske feil og kunne derfor ikke brukes til å kalibrere funksjoner.

Det ble samlet inn et ekstramateriale for grove furudimensjoner på 230 stokker. Dette var for å forbedre modellens prediksjon på grove dimensjoner. Dette materialet hadde gode registreringer av barktype. Det kunne derfor også brukes som testmateriale for å se hvorvidt funksjonene estimerte de forskjellige barktypene riktig. Datasettet inneholdt stokker med toppmålt diameter mellom 30 og 50 cm, med gjennomsnitt på 36 cm.

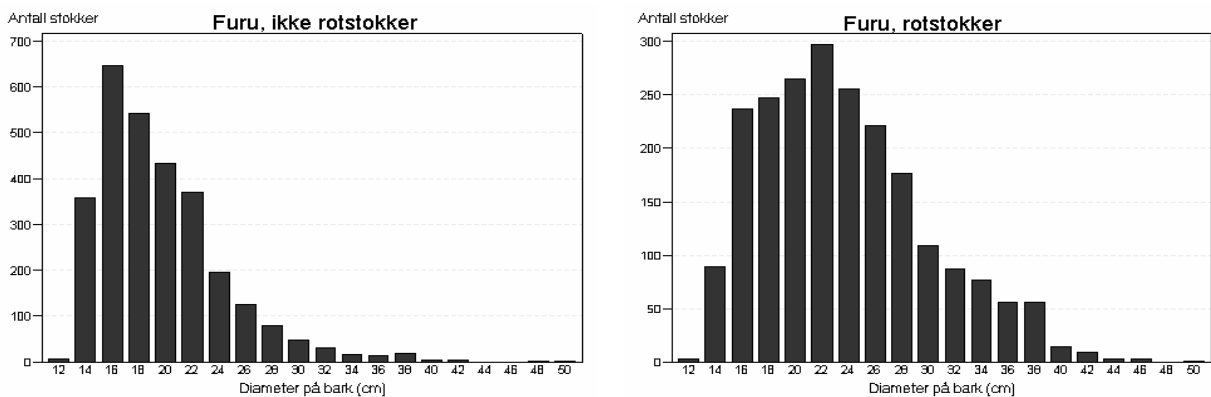


Figur 1. Observerte verdier av dobbel barktykkelse mot stokkenes toppdiameter på furu (t.v.) og gran (t.h.).

Av figur 1 ser man at det er stor variasjon i dobbel barktykkelse på lik toppdiameter både hos furu og gran.



Figur 2. Oversikt over fordelingen av granstokker i diameterklasser. Av praktiske årsaker er x-aksen delt inn i diameterklasser på 2 cm.



Figur 3. Oversikt over fordelingen av furustokker i diameterklasser. Ikke rotstokker (t.v.) og rotstokker (t.h.). Av praktiske årsaker er x-aksen delt inn i diameterklasser på 2 cm.

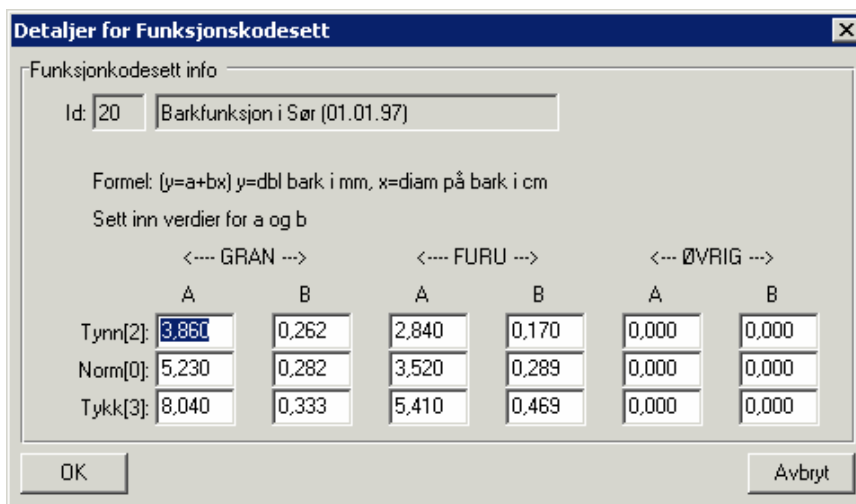
Av figurene 2 og 3 kommer det tydelig frem at hovedtyngden i materialet både for furu og gran ligger på mindre stokkdimensjoner.

I hogstmaskiner i dag brukes barkfunksjoner fra Okstad (1996). Disse lineære funksjonene ble regnet ut fra eldre funksjoner som var spredt over flere materialer og rapporter. Okstad koblet sammen funksjonene gjennom prosentvis vektig av funksjonenes koeffisienter. Til sammen ble det i rapporten fra 1996 laget 57 funksjoner. De funksjonene som er implementert i hogstmaskiner i dag er gitt i tabell 1. Rapporten fra 1996 angir også en andregrads samlefunksjon for de tre barktypene hos furu, og en lineær samlefunksjon for barktypene hos gran (samlet -96).

Tabell 1: Funksjoner til beregning av dobbel barktykkelse (Okstad 1996).  $Db\_bark$  = dobbel barktykkelse (mm),  $Tdiam$  er toppmålt diameter på bark (cm).

Furu	
Skorpebark -96	$Db\_bark = 5,410 + 0,469 * Tdiam$
Overgangsbark -96	$Db\_bark = 3,520 + 0,289 * Tdiam$
Glansbark -96	$Db\_bark = 2,840 + 0,170 * Tdiam$
Samlet -96	$Db\_bark = 5,700 - 0,200 * Tdiam + 0,0156 * Tdiam^2$
Gran	
Tynn bark -96	$Db\_bark = 3,860 + 0,262 * Tdiam$
Normal bark -96	$Db\_bark = 5,230 + 0,282 * Tdiam$
Tykk bark -96	$Db\_bark = 8,040 + 0,333 * Tdiam$
Samlet -96	$Db\_bark = 3,680 + 0,345 * Tdiam$

Figur 4 viser hvordan funksjonene er implementert i hogstmaskinene. I praksis skiller ikke hogstmaskinfører mellom de forskjellige barktypene. Derfor blir funksjonen indikert med Norm[0] som er normalbarkfunksjonen (normal bark -96) for gran og overgangsbarkfunksjonen (overgangsbark -96) for furu brukt som samlefunksjoner for alle barktyper.



Figuren 4: Funksjonene som brukes til å estimere barktykkelse i hogstmaskinene i region sør. Funksjonsettet har mulighet for å differensiere mellom tynn, tykk og normal bark.



## Databehandling og statistiske analyser

For å evaluere dagens modeller ble enkle todimensjonale figurer laget der funksjonenes estimat sammenlignes med faktisk observert dobbel barktykkelse i gitt diameterklasse. Dette gir ikke noe mål på hvor mye av variasjonen funksjonen forklarer, eller hvor stor spredningen er rundt funksjonen. Figurene er laget slik for å evaluere hvorvidt funksjonene estimerer gjennomsnittet riktig eller om funksjonene kan forårsake systematiske feil i estimeringen. Materialet for furu er delt inn i henholdsvis rotstokker og ikke rotstokker. Dette er fordi det antas at rotstokkene kan inneholde skorpebark, mens de andre stokkene har større sannsynlighet for å inneholde overgang- og glansbark.

For å analysere landet bør deles i to sør og nord for Dovre, regioner etter NIJOS sin inndeling og rotstokk/ikke rotstokk bidro til å forklare noe av den variasjonen som ikke stokkdiameter forklarer, ble det laget en kombinert variansanalyse – regresjonsmodell i prosedyren GLM i SAS (SAS inst. 1990). Den generelle modell for variansanalysen var:

$$y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 x + \tau_i + \delta_j + \rho_{k(j)} + \beta\tau_{(i)} + \beta\delta_{(j)} + \varepsilon_{ijk}$$

der,  $\beta_0$  = Interseptet  
 $x$  = Toppmålt stokkdiameter på bark, kontinuerlig variabel  
 $\tau_i$  = Rotstokk eller ikke ( $i = 1, 2$ )  
 $\delta_j$  = Sør for Dovre vs nord for Dovre ( $i = 1, 2$ )  
 $\rho_{k(j)}$  = Region etter NIJOS inndeling ( $k = 1, 2, \dots, 4$ )  
 $\beta\tau_{(i)}$  = Samspillseffekt mellom stokkdiameter og evt. rotstokk  
 $\beta\delta_{(j)}$  = Samspillseffekt mellom stokkdiameter og sør/nord Dovre.  
 $\varepsilon_{ijkn}$  = Tilfeldig og normalfordelt feil med gjennomsnitt = 0 og varians =  $\sigma^2$ .

Parametere som bonitet og uttrykk for geografisk variasjon (høyde over havet, breddegrad, nærhet til kyst) ble ikke vurdert i og med at det innsamlede materialet ikke inneholdt denne informasjonen. Parameteren avstand fra rotavskjær ble heller ikke tatt med, da heller ikke denne foreligger i datamaterialet.

Ut fra erfaringene fra variansanalysen ble barkfunksjonene laget ved hjelp av lineær regresjon i prosedyren REG i SAS (SAS inst. 1990). Lineære og ikke-lineære 2. gradsfunksjoner ble undersøkt.

Hovedmaterialet inneholdt ingen gode data på barktype. Det kunne derfor ikke brukes deler av dette til å verifiser funksjonene. Derimot inneholdt datasettet med grove dimensjoner av furustokker innsamlet i ettertid, verdifull informasjon om barktype. Stokkene ble delt inn i rotstokker / ikke rotstokker, og barktykkelse ble beregnet etter de funksjonene som denne rapporten foreslår. Dette datasettet ble også brukt til å evaluere modellene for furu fra Okstad (1996). Til evaluering av nye modeller ble statistikken RMSE og BIAS benyttet. RMSE er et mål på spredningen rundt funksjonen (modellens standardfeil). BIAS er modellens gjennomsnittlige feilestimering i forhold til de observerte verdiene. RMSE og BIAS oppgis her i millimeter.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (obs - pred)^2}{n}}$$

$$\text{BIAS} = \frac{\sum (obs - pred)}{n}$$

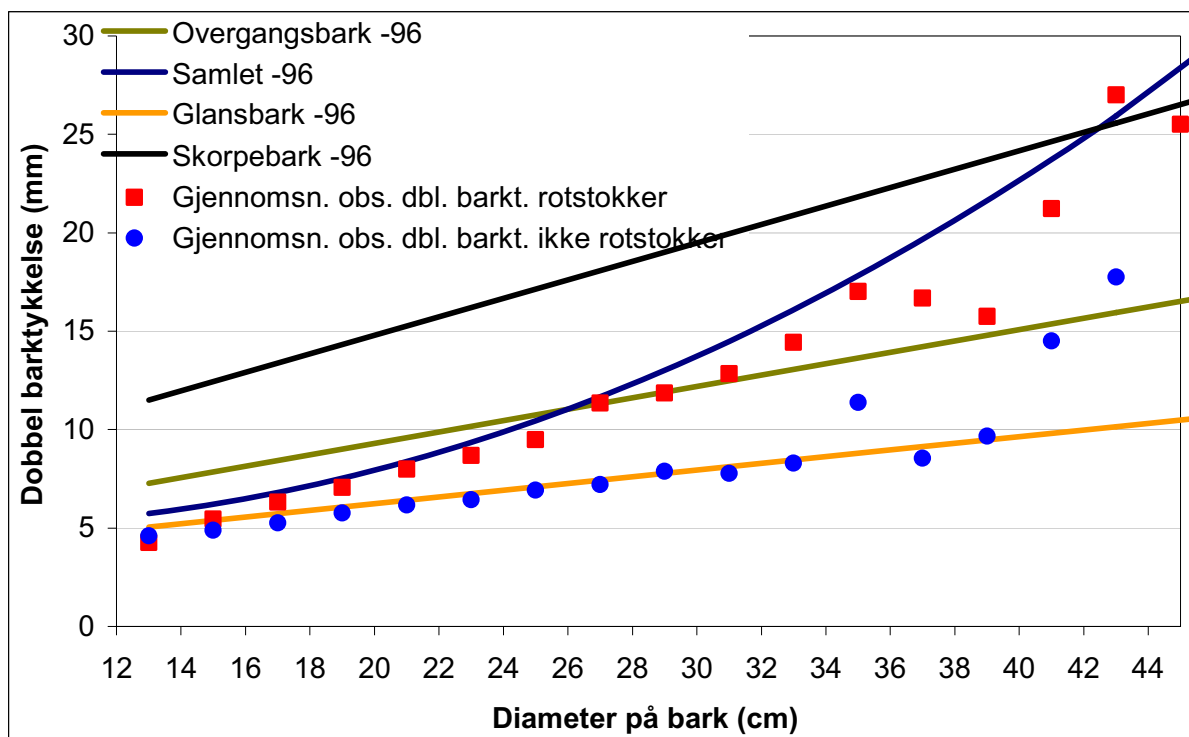
## Resultat

### Eksisterende barkfunksjoner

#### Furu

I figur 5 er gjennomsnittlig observert barktykkelse for hver enkelt diameterklasse på furustokker som er rotstokker og ikke rotstokker, lagt inn som punkter. Fire eksisterende funksjoner for estimering av dobbel barktykkelse (Okstad 1996) på furu er lagt inn for å illustrere hvorvidt disse tilfredsstillende ville estimere gjennomsnittlig barktykkelse i det nye materialet. I hogstmaskinene er det funksjonen "Overgangsbark -96" som benyttes.

For stokker som ikke er rotstokker vil "overgangsbark -96" i gjennomsnitt overestimere barktykkelse med 3 – 4 mm på stokker som har lavere toppdiameter enn 35 cm. For disse stokkene er det helt klart at glansbarkfunksjonen estimerer gjennomsnittet med minst systematisk feil. For stokker over 40 cm i toppdiameter er materialet svært begrenset, og en bør være forsiktig med å legge for stor vekt på disse registreringene.



Figur 5: Observert gjennomsnittlig dobbel barktykkelse for furu rotstokker (røde firkanter) og furu ikke rotstokker (blå punkter), og estimert verdi (kurver og linjer) etter Okstad (1996). Materialet er fra hele landet samlet. Funksjonene er gitt i tabell 1.

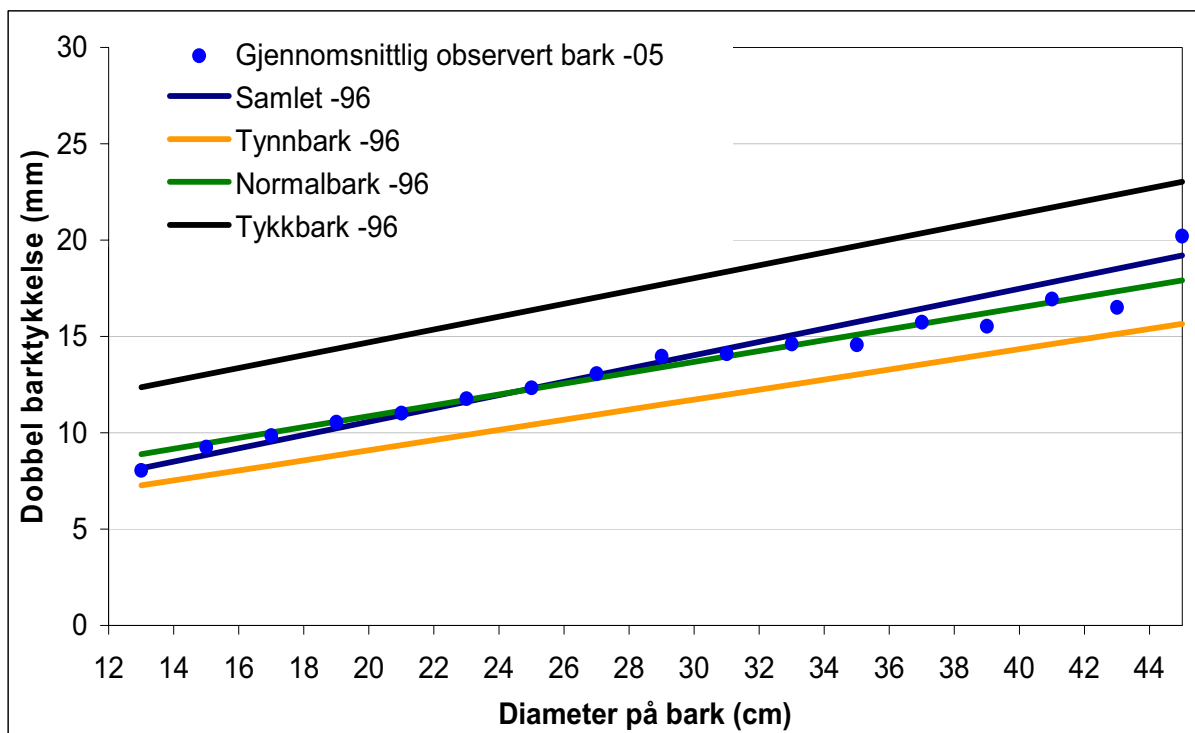
For rotstokkene (røde firkanter) klarer heller ikke "overgangsbark -96" å estimere gjennomsnittet så godt. Funksjonen overestimerer systematisk på små dimensjoner, samtidig som den underestimerer barktykkelsen på grove dimensjoner. Den funksjonen som ser ut til å estimere gjennomsnittet for rotstokkene best, er "samlet -96".

For rotstokker er materialet noe sterkere på dimensjoner over 40 cm i toppmålt diameter. Det kan se ut som sammenhengen mellom diameter og barktykkelse har et ikke-lineært forløp på grovere dimensjoner.

### Gran

Dagens brukte funksjoner for beregning av dobbel barktykkelse (Okstad 1996) på gran er vist i figur 6, sammen med observert gjennomsnittlig dobbel barktykkelse for hver diameterklasse fra det nye innsamlede materialet. I hogstmaskinene er det funksjonen "normalbark -96" som benyttes. Av figuren kommer det frem at dagens barkfunksjon på gran (normalbark -96) estimerer gjennomsnittlig dobbel barktykkelse i det nye materialet bra for alle dimensjoner. Det samme gjelder "samlet -96" fra Okstad (1996).

Materialet er noe begrenset for stokker over 38 cm i toppmålt diameter (figur 3). Hver diameterklasse i disse dimensjonene er representert av ca 15 - 20 stokker.



Figur 6: Observert gjennomsnittlig dobbel barktykkelse (blå punkter) på stokker av gran. Materialet er fra hele landet samlet. Til sammenligning er lineære funksjoner (Okstad, 1996) som brukes i hogstmaskiner i dag, lagt inn. Funksjonene er gitt i tabell 1.

## Evaluering av forklaringsvariabler

Regionene kunne deles inn på flere nivåer. NIJOS opererer med 4 regioner; ”lavlandet på Østlandet”, ”dalstrøkene på Østlandet og Sørlandet”, ”Vestlandet” og ”trøndelagsfylkene og Nordland”. I tillegg deler NIJOS disse regionene inn i 4 høydelag. Høydelag er ikke registrert i barkdataen og ble derfor ikke tatt med. Variansanalyse (tabell 2) viste at denne regionsinndelingen ikke hadde noen signifikant effekt for furu ( $p=0,82$ ). Videre ble landet delt inn i Østlandet sør, Østlandet nord, Sørlandet, Vestlandet og Nordenfjelske etter barkstudiene fra Okstad i 1981 og 1982 (analyse ikke vist). Heller ikke dette ga noe signifikant utslag for furubark ( $p>0,05$ ). Varansanalysen 2 viser heller ingen signifikant effekt av en geografisk inndeling i nord og sør for Dovre på furu ( $p=0,09$ ). På gran var det signifikante forskjeller mellom NIJOS inndelte regioner i Sør-Norge ( $p<0,0001$ ), men i praksis var denne forskjellen bare 0,3 mm mellom lavlandet på Østlandet og dalstrøka på Østlandet/Sørlandet. Forskjellen mellom Øst- og Vestlandet var stor, ca 2 mm tynnere bark på Vestlandet, men datamaterialet fra Vestlandet var for tynt (161 observasjoner) til konkludere med statistisk sikkerhet om dette. For gran var det også signifikante forskjeller mellom nord og sør for Dovre ( $p=0,004$ ). Denne forskjellen utgjorde ca 1 mm.

Forklaringsvariablene toppmålt diameter på bark, rotstokk/ikke rotstokk, region nord/sør og NIJOS region-inndeling er evaluert ved hjelp av en GLM variansanalyse. Frihetsgrader, F-verdier og P-verdier for furu og gran er gitt i tabell 2.

Tabell 2: Statistikk fra GLM variansanalyse. Tdiam er toppmålt diameter på bark (cm).

	DF	F-Verdi	Pr > F
<b>Furu</b>			
Tdiam	1	2,72	0,095
Rotstokk	1	94,5	<,0001
Region nord/sør	1	2,87	0,0903
NIJOS regioner	151	0,19	0,82
Tdiam*rotstokk	1	212	<.0001
Tdiam*reg nord/sør	1	1,63	0.20
<b>Gran</b>			
Tdiam	1	1273	<.0001
Rotstokk	1	0,14	0.71
Region nord/sør	1	8,39	0.0038
NIJOS regioner	2	45,94	<.0001
Tdiam*rotstokk	1	0,30	0.58
Tdiam*reg nord/sør	1	3,08	0.05

I denne analysen er ikke toppmålt diameter videre diskutert. For furu var det signifikante forskjeller mellom barktykkelse på rotstokk og ikke rotstokker når disse sammenlignes på lik diameter. Samspillseffekten mellom toppmålt diameter og rotstokk/ikke rotstokk viser at barktykkelsen varierer forskjellig med toppmålt diameter, om stokken er rotstokk eller ikke. For gran var det ingen signifikante forskjeller mellom rotstokker og ikke rotstokker på lik diameter.

### **Forslag til nye funksjoner for dobbel barktykkelse**

Av tabell 3 ser man oversikt over forslag til nye barkfunksjoner for furu og gran til bruk i hogstmaskiner. Barkfunksjonen for furustokker som ikke er rotstokker ("1 Furu – ikke rotstokk) kan se ut til å ha en noe lav forklaringsverdi ( $R^2=0,16$ ). Men standardavviket til modellen er derimot også forholdsvis lavt (RMSE=2,4). Dette standardavviket er betydelig lavere enn for funksjonen "3 Furu samlet" der RMSE=3,6. Dette taler for å bruke separate funksjoner for rotstokker og øvrige stokker. Barkfunksjonen for furu rotstokker har en betydelig bedre forklaringsgrad ( $R^2=0,37$ ). Men her er også standardavviket høyere (RMSE=4,4). Det økte standardavviket her skyldes nok at rotstokker kan ha både glansbark, overgangsbark og skorpebark i toppen. Å skille mellom rotstokker og ikke-rotstokker gir altså kun en begrenset gevinst med tanke på å forbedre estimeringen av barktykkelsen på grove rotstokker.

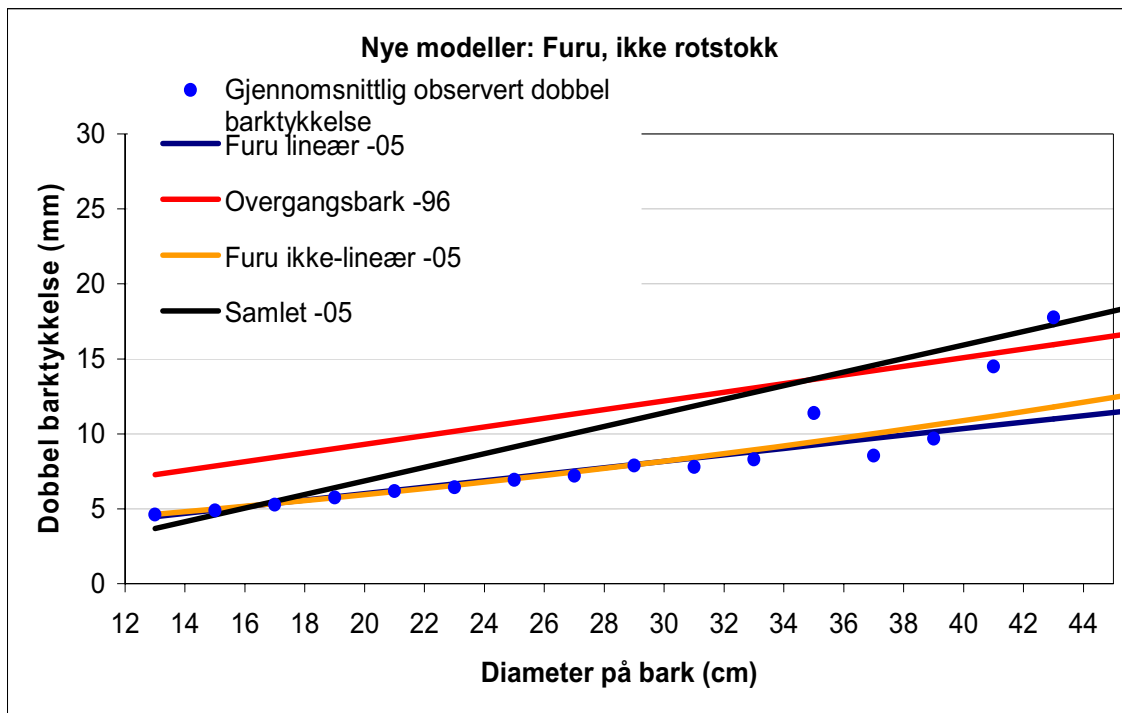
Variansanalysen i tabell 2 indikerer at det kan være grunnlag for å lage egne funksjoner for hver av de regionene som NIJOS deler landet inn i. Dessverre var det for få stokker fra Vestlandet til å vurdere egne funksjoner for den regionen (kun 161 observasjoner). Det bør bemerkes at barktykkelsen ser ut til å være betydelig lavere i materialet fra Vestlandet (ca 2 mm). Forskjellen mellom de to regionene på Sør- og Østlandet var sterkt signifikant, men i praksis var forskjellen i dobbel barktykkelse bare 0,3 mm på lik diameter. Det ble derfor bestemt at en felles funksjon for hele Sør-Norge burde være tilstrekkelig. I tillegg til en samlefunksjon for gran i Norge, er det foreslått separate funksjoner for området sør- og nord for Dovre. I dette datamaterialet er barken gjennomsnittlig ca 1 mm tykkere nord for Dovre sammenlignet med sør for Dovre på lik stokk diameter.

Tabell 3. Barkfunksjoner beregnet fra nytt datamateriale. DBL\_bark er dobbel barktykkelse (mm). Tdiam er stokkens toppdiameter over bark (cm). Funksjon merket med \* er ikke-lineære andregradsfunksjoner.

	<b>Funksjon</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>RMSE</b>
<b>Furu</b>			
<b>1 Ikke rotstokk</b>	$DBL\_bark = 1,591 + 0,219 Tdiam$	0,16	2,4
<b>2 Rotstokk, lineær</b>	$DBL\_bark = -3,080 + 0,530 Tdiam$	0,38	4,3
<b>3 Furu samlet, lineær</b>	$DBL\_bark = -2,250 + 0,454 Tdiam$	0,35	3,6
<b>4 Ikke rotstokk. 2. gr*</b>	$DBL\_bark = 2,802 + 0,107 Tdiam + 0,002 Tdiam^2$	0,16	2,4
<b>5 Rotstokk, 2. gr*</b>	$DBL\_bark = 1,522 + 0,148 Tdiam + 0,007 Tdiam^2$	0,38	4,3
<b>Gran</b>			
<b>6 Samlet</b>	$Y = 4,550 + 0,312 Tdiam$	0,19	3,3
<b>7 Sør for Dovre</b>	$Y = 4,417 + 0,310 Tdiam$	0,19	3,2
<b>8 Nord for Dovre</b>	$Y = 4,854 + 0,346 Tdiam$	0,19	3,5

## Ny modell - Furu

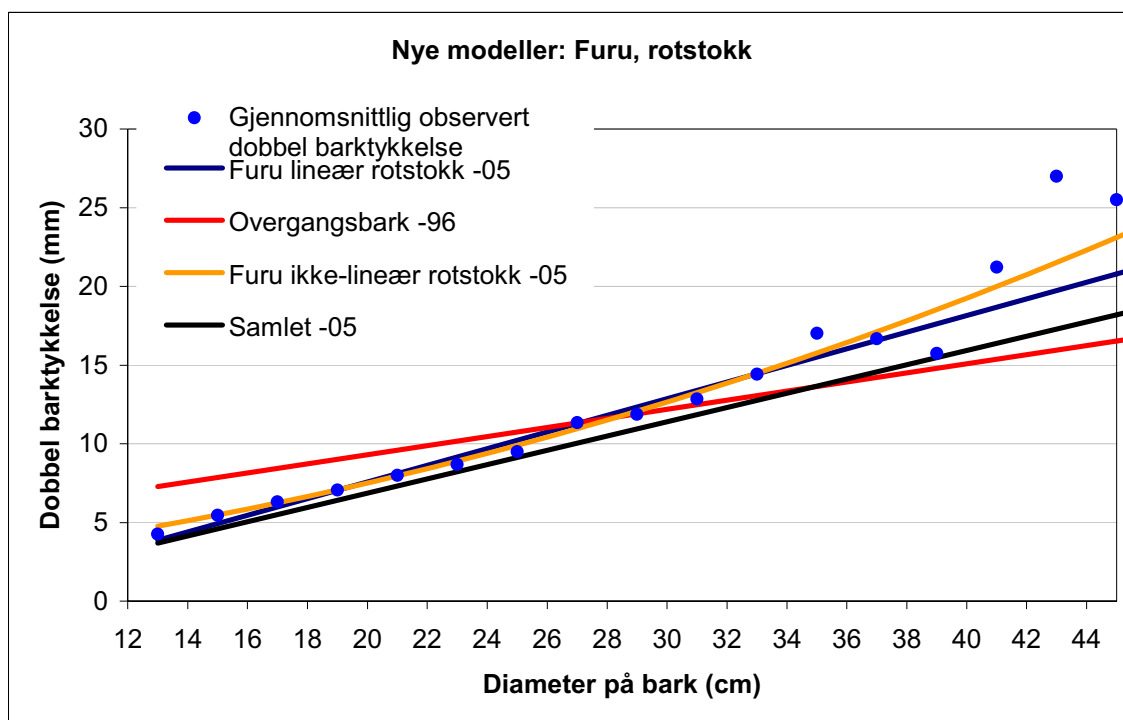
Innsamlet data på furu ble delt inne i rotstokker (figur 8) og øvrige stokker (figur 7).



Figur 7: Gjennomsnittlig dobbel barktykkelse for furu unntatt rotstokk, i hver diameterklasse, er plottet med blå prikker. Nye funksjoner for dobbel barktykkelse er lagt inn til sammenligning sammen med barkfunksjonen som brukes i dag (Okstad 1996).

Av figur 7 ser man at de nye barkfunksjonene estimerer barktykkelsen bedre enn ”overgangsbark -96” for disse stokkene. Spesielt på dimensjoner mellom 12 – 35 cm er de nye funksjonene overlegne. Datamaterialet inneholder svært få observasjoner av stokker som er over 40 cm i toppmålt diameter. I figuren er derfor disse dimensjonene representert av få observasjoner, og de blå prikkene i figuren er svært usikre. Selv om modellene ser ut til å estimere noe dårlig i disse dimensjonene bør en være forsiktig med å legge for stor vekt på disse punktene.

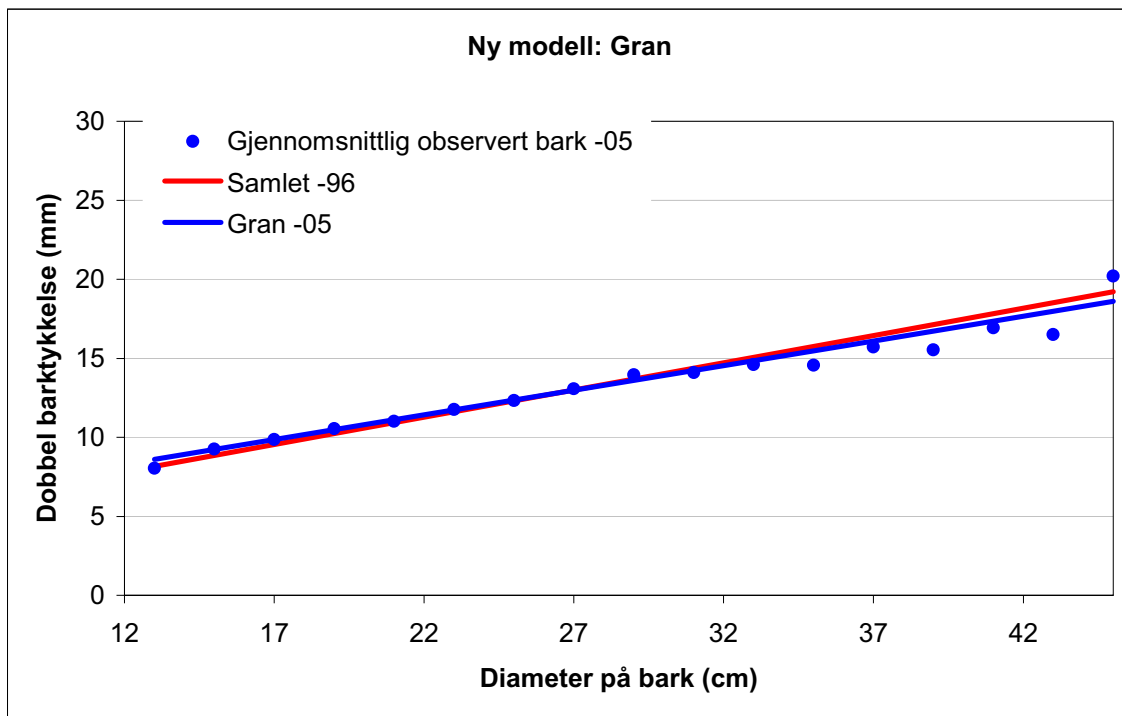




Figur 8: Gjennomsnittlig dobbel barktykkelse for furu rotstokk i hver diameterklasse er plottet med blå sirkler. Nye funksjoner for dobbel barktykkelse er lagt inn til sammenligning, sammen med barkfunksjonen som brukes i dag (Okstad 1996).

Av figur 8 ser man at dagens mest brukte funksjon overestimerer barktykkelsen på mindre dimensjoner av rotstokker (under 27 cm i topp-diameter), og underestimerer på større dimensjoner av rotstokker (fra 27 cm i topp-diameter). Både lineære og ikke-lineære funksjoner ser ut til å følge observerte verdier bra opp til 40 cm i toppdiameter. Utvalget av barkregistreringer på furustokker med over 40 cm i toppdiameter er begrenset, og funksjonen blir derfor usikker i dette intervallet. De få registreringer som er gjort indikerer ikke-lineær sammenheng mellom diameter og barktykkelse på grove dimensjoner. Ikke-lineær funksjon ser altså ut til å predikere best for alle dimensjoner. Dette har en begrenset praktisk betydning da en liten andel av tømmeret vil ha en toppdiameter på over 40 cm i Norge. "Overgangsbark -96" er beregnet for overgangsbark, men brukes i hogstmaskiner til å predikere all type furubark.

## Ny modell - Gran



Figur 9 Gjennomsnittlig dobbel barktykkelse for gran i hver diameterklasse er plottet med blå sirkler. Ny samle-funksjon for dobbel barktykkelse er lagt inn til sammenligning sammen med barkfunksjonen som brukes i dag (Okstad 1996). De separate funksjonene sør- og nord for Dovre er ikke vist.

Av figur 9 ser man at både dagens og den nye barkfunksjonen på gran godt følger innsamlet materiale. Forskjellen på eksisterende (Samlet -96) og ny (Gran -05) barkfunksjonen er marginal.

### Verifisering av modellene fra Okstad (1996)

Datasettet med store stokkdimensjoner ble brukt for å se hvorvidt modellene for furu fra Okstad (1996) var i stand til å predikere barktykkelsen riktig (tabell 4). Når funksjonene for skorpebark, overgangsbark og glansbark brukes på stokker som henholdsvis har denne type bark, er den systematiske feilberegningen lav (BIAS nær 0), og standardfeilen minimal for dette materialet (RMSE lav). Samlefunksjonen overestimerer barktykkelsen systematisk med ca 4 mm når man ser hele materialet under ett. Men hvis materialet deles inn i barktyper, er overestimeringen stor for glansbark med 11 mm, middels for overgangsbark med 5 mm, mens skorpebarken blir noe underestimert med 2,5 mm.

Funksjonen for overgangsbark blir i dag brukt for alle barktyper i hogstmaskiner. De røde tallene viser at denne modellen overestimerer tykkelsen på glansbarken med nesten 7 mm, mens den underestimerer skorpebarken med 8 mm.

Tabell 4: Gjennomsnittlig feilestimering (BIAS i mm) og funksjonens standardfeil (RMSE i mm) av store furudimensjoner for funksjoner fra Okstad (1996) som brukes i hogstmaskiner i dag. Antall observasjoner som danner grunnlaget for statistikken står i parentes under BIAS.

	Alle samlet		Glansbark		Overgangsbark		Skorpebark	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
Skorpebark -96							0.5 (79)	5.2
Overgangsbark -96	-1.1 (230)	7.26	6.79 (50)	7.2	0.4 (101)	4.9	-8.0 (79)	9.53
Glansbark -96			1.9 (50)	2.9				
Samlet -96	3.9 (230)	8.1	11.2 (50)	11.7	5.3 (101)	7.3	-2.5 (79)	6.1

### Verifisering av forslagene til nye modeller (tabell 3)

Forslagene til nye funksjoner ble testet mot datasettet med store stokkdimensjoner.

Gjennomsnittlig feilestimering (BIAS) og funksjonenes standardfeil (RMSE) er gitt i tabell 5. Antall stokker som danner grunnlag for beregningen er satt i parentes under BIAS.

Funksjonene for rotstokk ble brukt på rotstokker, mens funksjonene for ikke rotstokk ble brukt på stokker som ikke var rotstokker. Samlefunksjonen ble brukt på alle stokkene.

Analysere man funksjonenes evne til å estimere barktykkelsen for alle barktyper under ett, er BIAS nær 0 og RMSE er relativt lav.

En analyse av alle barktyper avslører ingen systematiske feil. Men hvis en derimot analyserer funksjonene mot hver enkelt barktype ser vi at det foreligger tydelige systematiske feil i estimeringen med høy BIAS og høy RMSE. Den systematiske feilestimeringen er spesielt stor for rotstokker som har glansbark ved målepunkt for diameter. Her er den systematiske feilen over 8 mm. Barktykkelsen blir generelt underestimert med 5 – 12 mm på stokker med skorpebark med de nye funksjonene.

Tabell 5: Gjennomsnittlig feilestimering (BIAS i mm) og funksjonens standardfeil (RMSE i mm) av store furudimensjoner for forslagene til nye funksjoner for beregning av dobbel furubark. Antall observasjoner som danner grunnlaget for statistikken står i parentes under BIAS.

	Alle barktyper		Glansbark		Overgangsbark		Skorpebark	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
1 Ikke rotstokk, lineær	-0.2 (49)	4.7	2.4 (27)	3.1	-2.5 (20)	5.2	-12.2 (2)	12.3
2 Rotstokk, lineær	-0.5 (181)	6.9	8.4 (23)	8.8	2.0 (81)	5.2	-5.7 (77)	7.8
3 Furu samlet, lineær	-0.9 (230)	7.2	6.8 (50)	7.3	0.6 (101)	4.8	-7.7 (79)	9.3
4 Ikke rotstokk. 2.gr.funksj.	-0.4 (49)	4.7	2.2 (27)	3.0	-2.6 (20)	5.2	-12.3 (2)	12.5
5 Rotstokk, 2. grads funksj.	-0.5 (181)	6.9	8.2 (23)	8.6	1.9 (81)	5.2	-5.7 (77)	7.7

## Diskusjon

### Evaluering av dagens bruk av barkfunksjoner i hogstmaskiner

Barkfunksjonene (Okstad 1981, Okstad 1982, Okstad 1996) ble laget for fratrekk av barkvolum ved oppgjørsmåling på sagbruk og var i utgangspunktet ikke tiltenkt bruk ved aptering av tømmer under kapping av hogstmaskiner. For Øst-Norges Tømmermåling og Tømmermåling Sør ble det laget tre funksjoner for furu; glans-, overgangs- og skorpebark, og tre funksjoner for gran; tynn-, normal- og tykkbark. I tillegg ble det laget en felles funksjon for furu og en for gran. Siden man ikke differensierer etter barktype på enkelttre i hogstmaskinene er det valgt en funksjon som skal representere alle barktypene. I den grad man ønsker å bruke barkfunksjoner fra Okstad (1996) til bruk ved aptering i hogstmaskiner, vil det være naturlig å bruke den funksjonen som i utgangspunktet var ment som felles barkfunksjon for alle barktyper. Hvorfor dette ikke er gjort er ikke dokumentert. For furu brukes funksjonen for overgangsbark som samlefunksjon. Ut fra de data denne rapporten baserer seg på, overestimerer denne funksjonen barktykkelsen systematisk. For gran ser det derimot ikke ut til å være noen betydelig feilestimering ved bruk av normalbarkfunksjonen som i dag brukes som samlefunksjon.

Det er rimelig å anta en viss barkslitasje fra tømmeret er kvistet til det ligger på industritomt (Gjerdrum 2001). Dette er det ikke tatt høyde for ved bruk av barkfunksjoner som er utviklet ved målinger på sagbruket. De nye funksjonene foreslått i denne rapporten tar heller ikke høyde for barkslitasje. Dette vil føre til en systematisk underestimering av barktykkelse i hogstmaskinene ved bruk av disse funksjonene. Dette er vist i en rapport fra Silvinova (2001). I følge denne rapporten ser den systematiske underestimeringen på grunn av barkslitasje ut til å være i størrelsesorden 3 – 6 mm. Rapporten konkluderer med at dette kan gi en volumfeil på ca 2 %.

Datasettet med grove furustokker ble brukt i et forsøk på å verifisere eldre og nye funksjoner for barktykkelse. Datasettet representerer en svært begrenset del av diameterklassene da det kun inneholder stokker mellom 30 og 50 cm i toppmålt diameter på bark. Verifiseringen av funksjonene må derfor sees i lys av dette, og den er ikke gyldig på stokker av andre dimensjoner. Verifiseringen av funksjonene fra Okstad (1996) viser at funksjonene for hver enkelt barktype beregner barktykkelsen med svært liten systematisk feil (tabell 4). Det forutsetter at barktype registreres. Hvis samlefunksjonen brukes vil tykkelsen på glansbarken bli overestimert og skorpebarken underestimert.

I hogstmaskiner brukes overgangsbark-96 som samlefunksjon for alle barktyper. Ved verifisering av denne modellen foreligger en grov overestimering av barktykkelsen hos stokker med glansbark og en enda grovere underestimering av stokker med skorpebark (tabell 4).

De nye modellene som denne rapporten foreslår, inneholder rotstokk / ikke rotstokk som en forklaringsvariabel. Verifiseringen av disse modellene (tabell 4) viser at barken på grove ikke rotstokker med glans- eller overgangsbark, blir estimert med relativt lav systematisk feil (+- 2 mm). Den store feilestimeringen oppstår hvis det skulle finnes stokker som ikke er rotstokker men som allikevel har skorpebark. I verifiseringsdataene gjaldt dette bare 2 av 230 stokker. For rotstokker med glansbark (23 av 230 i datasettet) ble barktykkelsen estimert med stor systematisk feil. De relativt store systematiske feilene må tolkes slik at rotstokk / ikke rotstokk er ikke helt tilstrekkelig som forklaringsvariabel når en vil ta høyde for barktypene

hos furu. Utgangspunktet for å bruke denne variabelen var at rotstokker hadde større sannsynlighet for å ha overgang- eller skorpebark. For de rotstokkene som har glansbark blir da feilen stor.

For gran og mindre dimensjoner av furu foreligger ingen data for verifisering av de nye funksjonene. Allikevel bør likheten mellom de nye funksjonene som er foreslått i denne rapporten, og de eldre funksjonene (Okstad 1996), kunne gjelde som en gjensidig verifisering. Hvis riktig funksjon fra Okstad (1996) brukes er den godt tilpasset det datasettet som er grunnlaget for denne rapporten.

Ved oppgjørsmåling bedømmer man enkeltstokker etter tynn-, normal- og tykkbark hos gran og glans-, overgangs- og skorpebark hos furu. Dette har bidratt til en større nøyaktighet ved estimering av dobbel barktykkelse (Gjerdrum 2001). Dette har trolig større konsekvens for furu, der barktykkelsen sammenlignet med gran, er mer avhengig av barktype. Studier ved SLU i Sverige viser at man kan oppnå høyere nøyaktighet ved å bruke ulike funksjoner for skorpe- og for glansbark hos furu. Dette forutsetter at hogstmaskinfører markerer overgangen mellom barktypene (Lundgren 2000). Jonsson og Nylinder (1990) ved SLU har utviklet en funksjon der parameteren avstand fra rotavskjær i tillegg til målt diameter utenpå bark, inngår. Denne funksjonen gir nesten like gode resultater og fungerer uten at hogstmaskinfører trenger å gjøre inngrep for hver enkelt stamme (Gjerdrum 2001). Hannrup (2004) har foreslått en ikke-lineær modell der høyde innen stamme og breddegrad inngår i tillegg til diameter. Denne modellen viser lovende resultater for furu med relativt lave middelfeil (RMSE 3,2 – 6,0 avhengig av materiale).

I denne rapporten er det foretatt en variansanalyse av barktykkelse i de forskjellige regioner materialet er samlet inn. Det er blitt gjennomført en rekke studier av sammenhenger mellom barktykkelse, bonitet og geografiske variabler (høyde over havet, breddegrad, nærhet til kyst). Disse viser at man kan øke forklaringsgraden ved å implementere flere forklaringsvariabler i en barkfunksjon (Brantseg 1969, Söderberg 1992, Bjørklund og Walfridsson 1993, Gjerdrum, 2001, Hannrup 2004). Gjerdrum (2001) analyserte dette arbeidet og konkluderte med at man reduserte usikkerheten i modellen ved å ta med slik informasjon, men at modellen antageligvis ville bli for komplisert for praktisk bruk. Studier ved Silvinova (2002) fant signifikante sammenhenger mellom bonitet og barktykkelse. Derimot fant de ingen signifikante sammenhenger mellom barktykkelse og høyde over havet.

For gran var det signifikante forskjeller mellom barktykkelse nord og sør for Dovre. Forskjellen utgjør ca 1 mm på lik diameter. Da hovedvekten av datamaterialet som er grunnlaget for samlefunksjonen (funksjon 6) kommer fra Norge sør for Dovre, vil det kunne forekomme en systematisk feilestimering ved bruk av samlefunksjonen nord for Dovre. Egen funksjon til bruk nord for Dovre er derfor foreslått (funksjon 8).

Metoden for måling av barktykkelse bør evalueres nøye før arbeid med å samle inn nye data starter. Det kan være en stor tilfeldig målefeil forbundet med målinger, slik de er foretatt ved innsamling av dette materialet. En slik målefeil vil ikke nødvendigvis gi feil funksjon, da gjennomsnittet ved mange observasjoner blir estimert uten systematisk feil. Men målefeilen vil gi feil inntrykk av hvor nøyaktig funksjonen klarer å estimere barktykkelse, siden stor målefeil er forbundet med lav  $R^2$  og høy RMSE.

## **Konklusjon**

Barkfunksjonene (Okstad, 1996) ble laget for oppgjørmåling på sagbrukene og var aldri ment for hogstmaskiner. Siden man i hogstmaskinene ikke differensierer etter barktype på enkelttre velger man ut en funksjon som skal representere alle barktypene. I den grad man ønsker å bruke barkfunksjoner fra rapporten "Barktykkelse ved automatmåling av sagtømmer" (Okstad, 1996) til bruk i hogstmaskiner, ville det være naturlig å bruke barkfunksjonen for alle barktyper. Hvorfor dette ikke er gjort er ikke dokumentert. Dagens anvendelse av barkfunksjoner i hogstmaskiner kan derfor gi en innoptimal utnyttelse av kjent kunnskap. Dette kan være med på å gi systematiske feil ved fratrekk av bark under aptering, kapping og volumberegning. Spesielt gjelder dette for furu, der barktypene betyr mye for barktykkelsen. Her kan den systematiske feilen bli stor.

Ut fra litteraturstudie og analyser i denne rapporten vil det være en klar anbefaling å bytte ut dagens barkfunksjoner for furu til bruk i hogstmaskiner. Rotstokk er en parameter som allerede registreres i hogstmaskinen, og denne bør benyttes inntil eventuelt nye funksjoner er utviklet. Men heller ikke denne variabel er tilstrekkelig til å ta høyde for variasjonen i barktype.

Ut fra analysene i denne rapporten anbefales det at på furu brukes barkfunksjon "1 Furu – ikke rotstokk" og "2 Furu – rotstokk" (tabell 3). Det kan se ut til at en 2.gradsfunksjon kan estimere noe bedre på større dimensjoner Men et begrenset datagrunnlag i disse dimensjonene gir ikke mulighet for klare anbefalinger for bruk av disse.

Dagens bruk av barkfunksjoner på gran ser ikke ut til å medføre noen systematisk feilestimering i Sør-Norge. Samlet -96 eller Normalbark -96 fra Okstad (1996) kan fortsatt brukes. Disse funksjonene er i god overensstemmelse med datasettet som foreligger for denne rapporten. Nytt forslag til granbarkfunksjon er "6 – Gran Samlet", "7 – Gran sør for Dovre" og "8 – Gran nord for Dovre". Da barktykkelsen ser ut til å være systematisk tykkere nord for Dovre på lik diameter, bør en bruke modell 8 i dette området for å unngå systematisk underestimering av barktykkelsen.

For furu har regionsinndelingen til NIJOS med 4 regioner; "lavlandet på Østlandet", "dalstrøkene på Østlandet og Sørlandet", "Vestlandet" og "trøndelagsfylkene og Nordland" ikke noen signifikant effekt. Heller ikke inndeling i Østlandet sør, Østlandet nord, Sørlandet, Vestlandet og Nordenfjelske, har noe signifikant utslag til bruk i funksjoner for furu.

Litteraturstudier antyder at avstand fra rotavskjær og bonitet øker forklaringsgraden for barkfunksjoner for furu. Det vil spesielt være viktig å få funksjoner som bedre beskriver barktypene hos furu. Framtidig forskning bør konsentreres om å samle inn data slik at også disse variablene blir tatt med i barkfunksjonene.

Funksjonene i denne rapporten tar ikke høyde for barkslitasjen fra avvirkning til sagbruk. Dette kan være kilde til en systematisk underestimering ved bruk av disse funksjonene i størrelsesorden 3 – 6 mm. Framtidige undersøkelser bør foreta målinger av bark ved avvirkning i bestand for å unngå denne barkslitasjen. Framtidige undersøkelser bør også vurdere hvorvidt barktykkelsen kan måles med større nøyaktighet.

## Referanser

- Björklund, L og Walfridsson, E. 1993. Tallvedens egenskaper i Sverige – torr- rådensitet, Kärnvedhalt, fuktighet och barkhalt. Rapport 234, Inst. F. virkeslära, SLU. ISSN 0348-4599.
- Brantesg, A 1969. Furu sønnafjells. Produksjonstabeller. Medd. NISK XXVI.
- Gjerderum, P og Nitteberg, M. 2001. Nøyaktighet ved måling i hogstmaskin. Oppdragsrapport 8-9/01, Skogforsk.
- Hannrup, B. 2004. Funksjoner for skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport nr 575, Skogforsk, Uppsala. 34 s. ISSN 1404-305X.
- Jonsson, L og Nylinder, M 1990. Tallbarkens tjocklek längs stamen – Funtioner för aptering. Rapport 212, Inst. F. virkeslära, SLU. ISBN 91-5764145-5.41.
- Lundgren, C. 2000. Barkfunksjoner för träd – utveckling av nya funksjoner och tester av befintliga. Upubl.notat, Inst. För Skogshushållning, SLU.
- Okstad, T. 1981. Barktykkelse hos skurtømmer, I Gran. Rapport 3/81, Avd f skogteknologi, NISK. ISSN 0333-001X.
- Okstad, T. 1982. Barktykkelse hos skurtømmer, II Furu. Rapport 1/82, Avd f skogteknologi, NISK. ISSN 0333-001X.
- Okstad, T. 1996. Barktykkelse ved automatmåling av sagtømmer. Upubl. Notat, Seksjon Treteknologi, NISK
- Silvinova, 2001. Strategisk bruk av stammedatafiler og data om bark som virkemiddel i planlegging av virkestilgangen. Upubl. Notat (Sluttrapport), Silvinova AS og Moelven Eidsvold Værk AS.
- Söderberg, U. 1992. Funkskjoner för skoginndelning – höjd, formhöjd och barktjocklek för enskilda träd. Rapport 52. Inst. f. skogstaxering, SLU. ISBN 0348-0496.

## Vedlegg

Furu  
Statistikk og residualplot  
(Tdiam = MBARK)  
Ikke rotstokk

<i>Number of Observations Read</i>	2888
<i>Number of Observations Used</i>	2888

*Analysis of Variance*

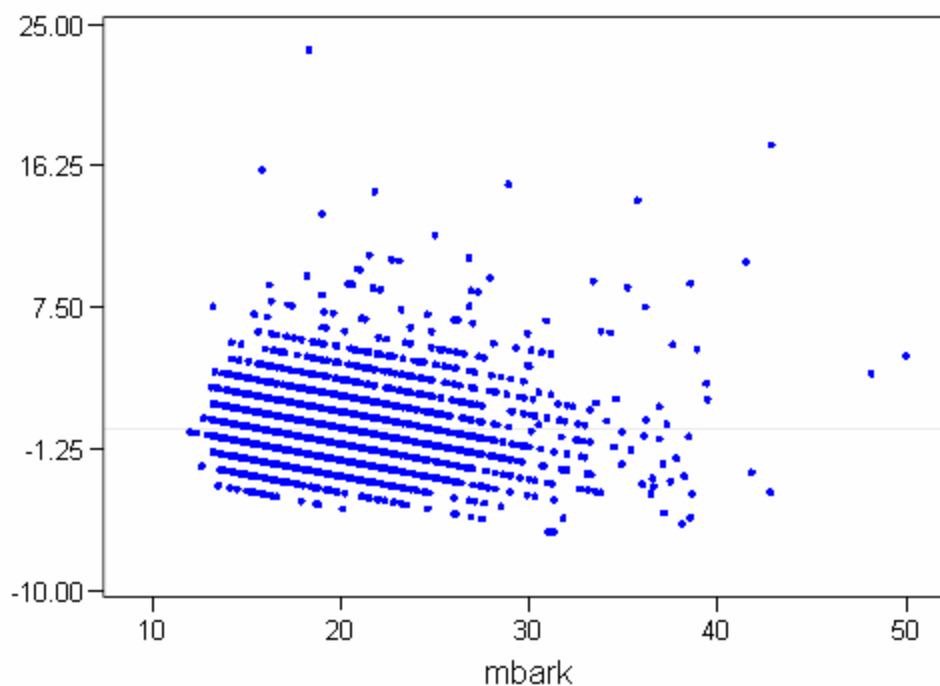
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr &gt; F</i>
<i>Model</i>	1	3144.01433	3144.01433	530.16	<.0001
<i>Error</i>	2886	17115	5.93026		
<i>Corrected Total</i>	2887	20259			

<i>Root MSE</i>	2.43521	<i>R-Square</i>	0.1552
<i>Dependent Mean</i>	5.87725	<i>Adj R-Sq</i>	0.1549
<i>Coeff Var</i>	41.43454		

*Parameter Estimates*

<i>Variable</i>	<i>Label</i>	<i>DF</i>	<i>Parameter Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>	<i>95% Confidence Limits</i>	
<i>Intercept</i>	Intercept	1	1.59146	0.19157	8.31	<.0001	1.21583	1.96709
<i>MBARK</i>	mbark	1	0.21894	0.00951	23.03	<.0001	0.20029	0.23758

Residual of bark





Furu  
 Statistikk og residualplot  
 (Tdiam = MBARK)

Rotstokk

<i>Number of Observations Read</i>	2199
<i>Number of Observations Used</i>	2199

*Analysis of Variance*

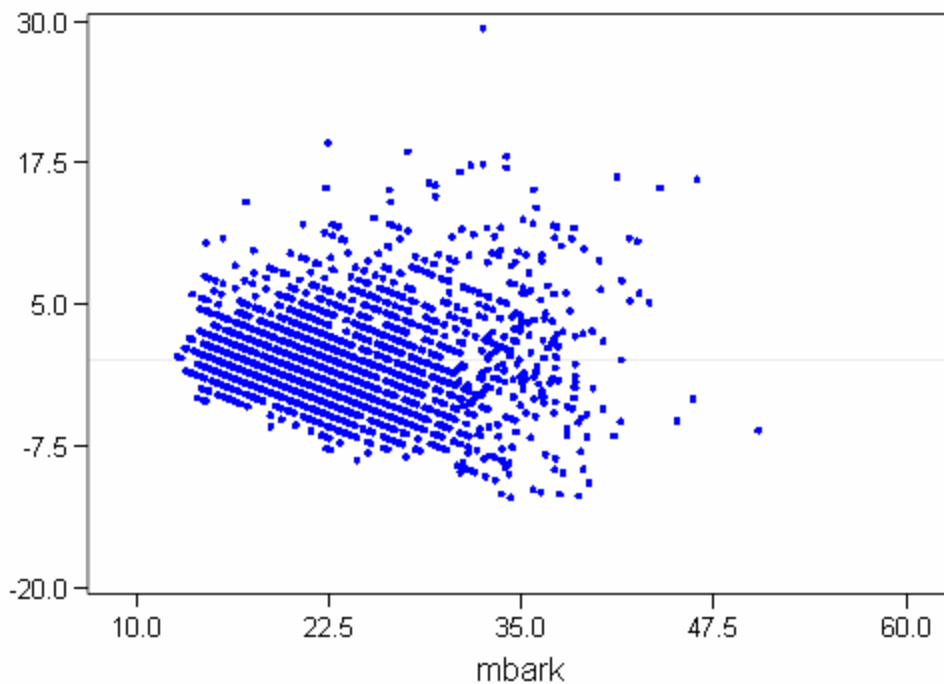
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr &gt; F</i>
<i>Model</i>	1	24298	24298	1337.18	<.0001
<i>Error</i>	2197	39922	18.17096		
<i>Corrected Total</i>	2198	64220			

<i>Root MSE</i>	4.26274	<i>R-Square</i>	0.3784
<i>Dependent Mean</i>	9.44361	<i>Adj R-Sq</i>	0.3781
<i>Coeff Var</i>	45.13889		

*Parameter Estimates*

<i>Variable</i>	<i>Label</i>	<i>DF</i>	<i>Parameter Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>	<i>95% Confidence Limits</i>	
<i>Intercept</i>	Intercept	1	-3.08010	0.35434	-8.69	<.0001	-3.77498	-2.38522
<i>MBARK</i>	mbark	1	0.53047	0.01451	36.57	<.0001	0.50203	0.55892

Residual of bark



Furu  
 Statistikk og residualplot  
 (Tdiam = MBARK)

Samlet modell

<i>Number of Observations Read</i>	5087
<i>Number of Observations Used</i>	5087

*Analysis of Variance*

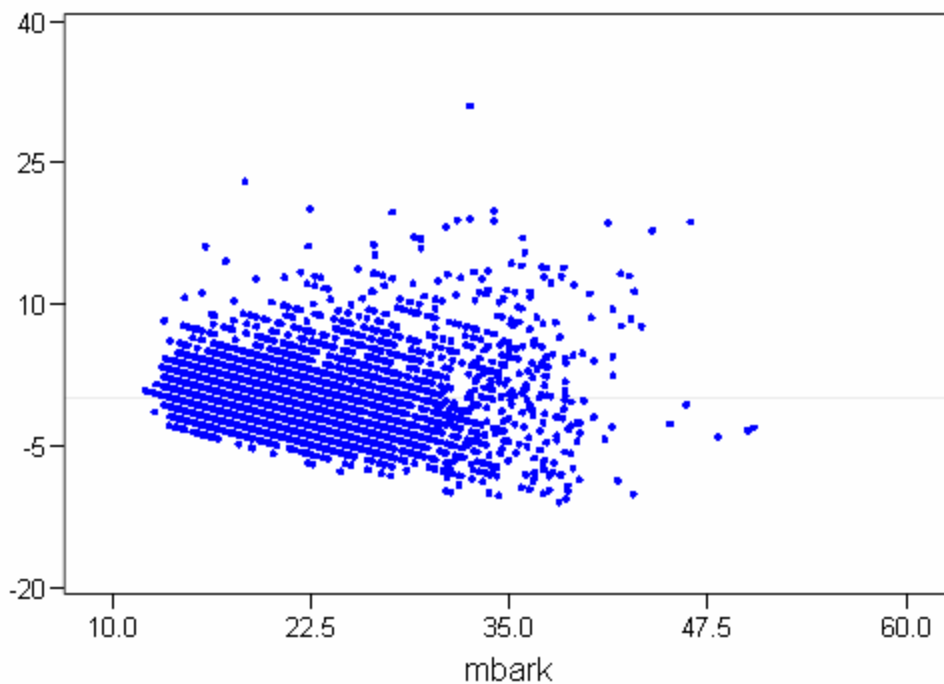
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr &gt; F</i>
<i>Model</i>	1	35432	35432	2775.07	<.0001
<i>Error</i>	5085	64925	12.76793		
<i>Corrected Total</i>	5086	100357			

<i>Root MSE</i>	3.57322	<i>R-Square</i>	0.3531
<i>Dependent Mean</i>	7.41891	<i>Adj R-Sq</i>	0.3529
<i>Coeff Var</i>	48.16372		

*Parameter Estimates*

<i>Variable</i>	<i>Label</i>	<i>DF</i>	<i>Parameter Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>	<i>95% Confidence Limits</i>	
<i>Intercept</i>	Intercept	1	-2.25026	0.19026	-11.83	<.0001	-2.62326	-1.87726
<i>MBARK</i>	mbark	1	0.45355	0.00861	52.68	<.0001	0.43667	0.47043

Residual of bark



Furu  
 Statistikk og residualplot  
 (Mbark = Tdiam)

2. gradsfunksjon, ikke rotstokker

<i>Number of Observations Read</i>	2888
<i>Number of Observations Used</i>	2888

*Analysis of Variance*

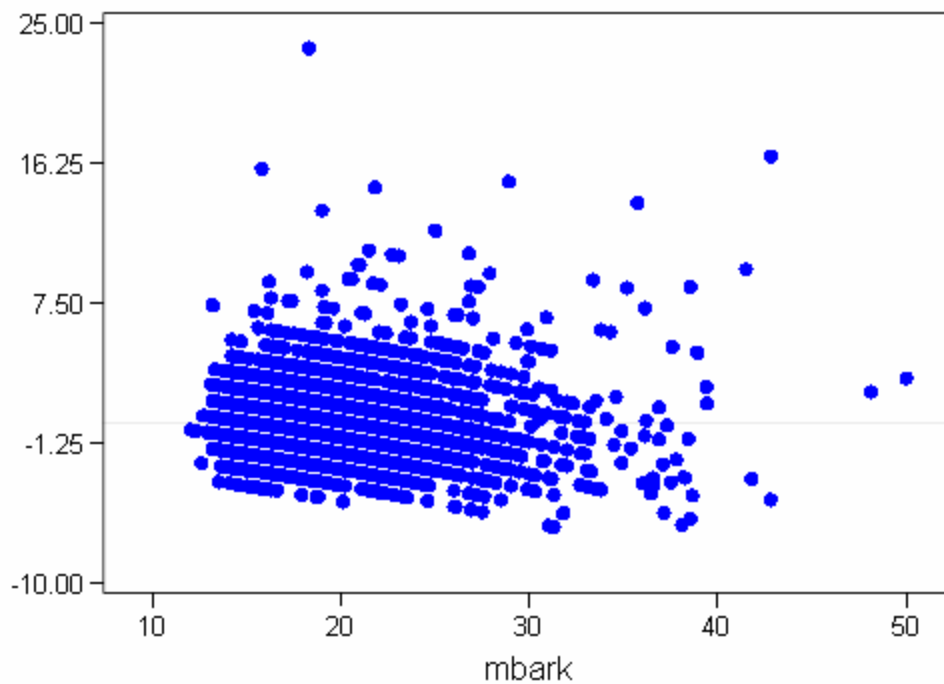
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr &gt; F</i>
<i>Model</i>	2	3170.37596	1585.18798	267.62	<.0001
<i>Error</i>	2885	17088	5.92317		
<i>Corrected Total</i>	2887	20259			

<i>Root MSE</i>	2.43376	<i>R-Square</i>	0.1565
<i>Dependent Mean</i>	5.87725	<i>Adj R-Sq</i>	0.1559
<i>Coeff Var</i>	41.40979		

*Parameter Estimates*

<i>Variable</i>	<i>Label</i>	<i>DF</i>	<i>Parameter Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>
<i>Intercept</i>	Intercept	1	2.80184	0.60484	4.63	<.0001
<i>MBARK</i>	Mbark	1	0.10693	0.05394	1.98	0.0475
<i>mbark2</i>		1	0.00242	0.00115	2.11	0.0350

Residual of bark



Furu  
 Statistikk og residualplot  
 (Mbark = Tdiam)

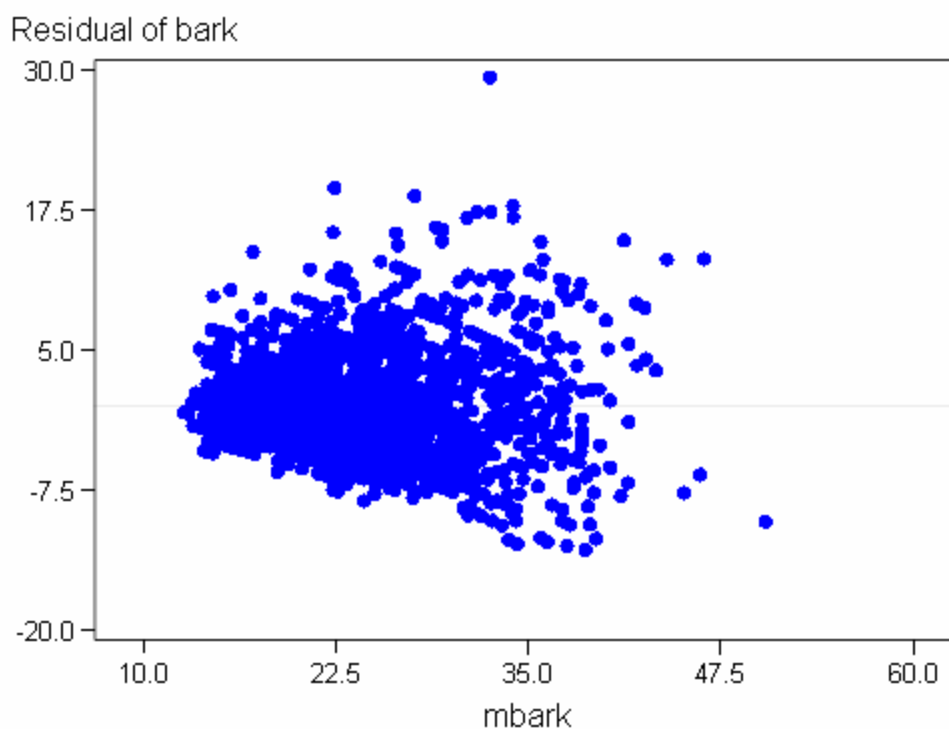
2. gradsfunksjon, rotstokker

<i>Number of Observations Read</i>	2199
<i>Number of Observations Used</i>	2199

<i>Analysis of Variance</i>					
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr &gt; F</i>
<i>Model</i>	2	24593	12296	681.42	<.0001
<i>Error</i>	2196	39627	18.04506		
<i>Corrected Total</i>	2198	64220			

<i>Root MSE</i>	4.24795	<i>R-Square</i>	0.3829
<i>Dependent Mean</i>	9.44361	<i>Adj R-Sq</i>	0.3824
<i>Coeff Var</i>	44.98224		

<i>Parameter Estimates</i>						
<i>Variable</i>	<i>Label</i>	<i>DF</i>	<i>Parameter Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Value</i>	<i>Pr &gt;  t </i>
<i>Intercept</i>	Intercept	1	1.52204	1.19238	1.28	0.2019
<i>MBARK</i>	Mbark	1	0.14819	0.09570	1.55	0.1216
<i>mbark2</i>		1	0.00741	0.00183	4.04	<.0001



Gran samlet  
Statistikk og residualplot  
(Mbark=Tdiam)

Number of Observations Read 9482

Number of Observations Used 9482

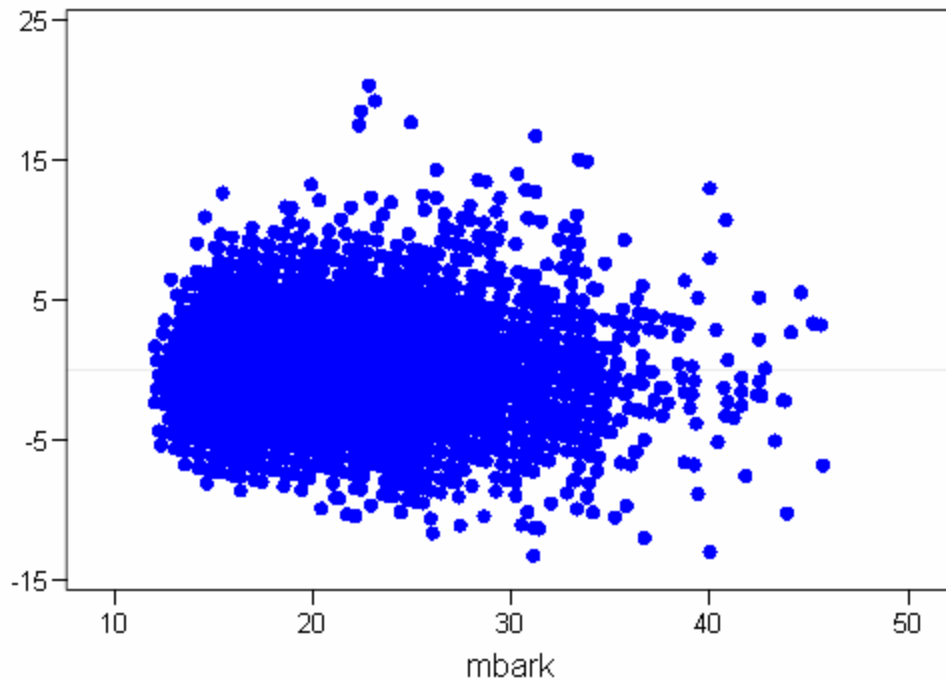
*Analysis of Variance*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	23637	23637	2186.50	<.0001
Error	9480	102482	10.81033		
Corrected Total	9481	126119			
Root MSE	3.28791	R-Square	0.1874		
Dependent Mean	10.88146	Adj R-Sq	0.1873		
Coeff Var	30.21568				

*Parameter Estimates*

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	95% Confidence Limits
Intercept	Intercept	1	4.54991	0.13955	32.60	<.0001	4.27636 4.82346
MBARK	mbark	1	0.31225	0.00668	46.76	<.0001	0.29916 0.32533

Residual of bark



**Gran sør for Dovre**

**Mbark=Tdiam**

**Number of Observations Read**                      7635

**Number of Observations Used**                    7635

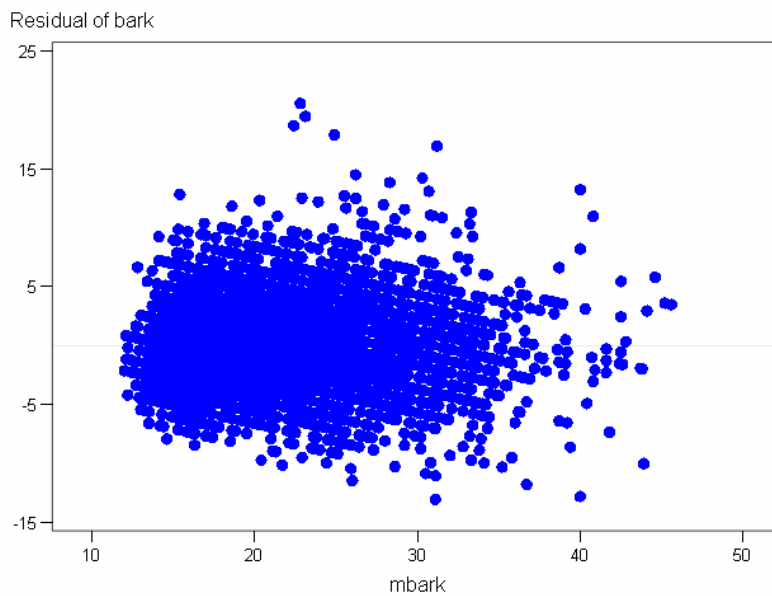
**Analysis of Variance**

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Model</b>	1	18831	18831	1831.19	<.0001
<b>Error</b>	7633	78496	10.28370		
<b>Corrected Total</b>	7634	97327			

<b>Root MSE</b>	3.20682	<b>R-Square</b>	0.1935
<b>Dependent Mean</b>	10.72010	<b>Adj R-Sq</b>	0.1934
<b>Coeff Var</b>	29.91408		

**Parameter Estimates**

<b>Variable</b>	<b>Label</b>	<b>D F</b>	<b>Parameter Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>t Value</b>	<b>Pr &gt;  t </b>	<b>95% Confidence Limits</b>	
<b>Intercept</b>	Intercept	1	4.41652	0.15181	29.09	<.0001	4.11893	4.71411
<b>MBARK</b>	mbark	1	0.30962	0.00724	42.79	<.0001	0.29544	0.32380



Gran nord for Dovre

**Mbark=Tdiam**

**Number of Observations Read** 1559

**Number of Observations Used** 1559

**Analysis of Variance**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
<b>Model</b>	1	4582.40810	4582.40810	371.17	<.0001
<b>Error</b>	1557	19223	12.34598		
<b>Corrected Total</b>	1558	23805			

<b>Root MSE</b>	3.51368	<b>R-Square</b>	0.1925
<b>Dependent Mean</b>	11.68377	<b>Adj R-Sq</b>	0.1920
<b>Coeff Var</b>	30.07321		

**Parameter Estimates**

Variable	Label	D F	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	95% Confidence Limits	
<b>Intercept</b>	Intercept	1	4.85346	0.36553	13.28	<.0001	4.13648	5.57045
<b>MBARK</b>	mbark	1	0.34554	0.01794	19.27	<.0001	0.31036	0.38072

