



# Älgbetets påverkan på tallens tillväxt och virkeskvalitet

---

*Effect of moose browsing on the growth and quality of Pinus sylvestris*

Johan Mansikka

Examensarbete/Självständigt arbete • (30 hp)

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för skogsvetenskap

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2024:4

Umeå 2024





# Älgbetets påverkan på tallens tillväxt och virkeskvalitet

*Effect of moose browsing on the growth and quality of Pinus sylvestris*

Johan Mansikka

**Handledare:** Tomas Nordfjell, Sveriges Lantbruksuniversitet, institution för skogens biomaterial och teknik  
**Examinator:** Dimitris Athanassiadis, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknik

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E  
**Kurstitel:** Masterarbete i skogsvetenskap, A2E – Skogens biomaterial och teknologi  
**Kurskod:** EX0956  
**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogens biomaterial och teknik

**Utgivningsort:** Umeå  
**Utgivningsår:** 2024  
**Serietitel:** Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi  
**Delnummer i serien:** 2024:4

**Nyckelord:** Barrskog, förstagallring, älgstam, Scots pine, moose

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för skogsvetenskap

## Sammanfattning

Älgstammens storlek är något som diskuteras kraftigt i dagsläget. Skogsägare som är emot betesskador vill se en minskning av älgstammen, medan jägare vill ha en kraftig älgstam för jaktens skull. Syftet med detta arbete var att ta reda på hur fyra olika storlekar på älgstammen kan påverka skogen, där det är 0, 10, 30 eller 50 älgar per 1000 hektar som jämförs. Påverkan är kopplad till tillväxt och virkeskvalitet, som undersöks genom inventering av områden där praktiska försök gjorts i sju upprepningar med konstgjord betning som motsvarar de olika storlekarna av älgstammen. En simulerad förstagallring visade att urvalet och volymen för gallringen försämras desto högre densitet det är på älgstammen. En marginell förbättring (0–7%) av beståndens andel skadade träd kunde göras vid gallring. Studien påvisar en negativ påverkan på tillväxt och virkeskvalitet för tall med en ökad densitet på älgstammen. En jämförelse av volymen visar att 10, 30 och 50 älgar per 1000 hektar i genomsnitt minskar volymen med 5%, 16% respektive 53% jämfört med kontrollparcellerna där inget bete är simulerat, medan volymen utanför inhägnaderna i genomsnitt var 20% lägre än kontrollparcellerna. För tre av inhägnaderna kunde det visas att ökad älgtäthet ger lägre diameter med statistiskt signifikant resultat, där även de fyra resterande inhägnaderna hade negativ trend med ökad älgtäthet men med något högre p-värde. Studien visar därmed att en högre älgtäthet ger sämre förutsättningar för bestånden gällande kvalitet, tillväxt samt vid skötsel genom gallring. Genom att jämföra de olika älgtätheterna inom inhägnaderna med det utanför inhägnaderna blir resultatet att bestånden i verkligheten är utsatt för samma påverkan som en älgtäthet mellan 30 och 50 älgar per 1000 hektar. Hur stor den optimala älgtätheten är i verkligheten beror på hur stor tillväxtförlust och andel skador som accepteras, där värdena från denna studie kan användas som riktmedel.

Nyckelord: Barrskog, förstagallring, älgstam, hjortdjur

## Abstract

*The size of the moose population in Sweden is a topic that is highly discussed today. The forest owners want a reduced population to lower the damages from grazing, while the hunters want an increased size of the population for the hunting. The purpose of this study was to find out how four different sizes of the moose population (0, 10, 30 or 50 moose per 1000 hectares) can impact the forest. The impact is connected to growth and quality of the stems. This was studied by inventorying seven enclosures where practical trials were made with artificial pruning intensity, corresponding to the sizes of the moose population. A simulated first thinning showed that the selection of trees and the thinning volume decreased the higher the density of the moose population was. A marginal improvement (0-7%) of the number of damaged trees in the forest stands could be made when thinning. The study shows a negative impact on growth and stem quality for pine with an increased density of the moose population. A comparison of the volume shows that 10, 30 and 50 moose per 1000 hectares in average decreased the volume with 5%, 16% respective 53% compared with the control plot. For three of the enclosures, it could be shown that an increased moose population gives a decrease in diameter with statistical significance result. The other four enclosures also showed a negative trend for diameter with increased moose population but with a slightly higher p-value. The study therefore shows that a higher moose population gives worse conditions for the stands regarding quality, growth and management by thinning. By comparing the stands with different moose populations inside the enclosures with the stands outside the enclosures, it shows that stands in reality are affected similarly as the ones with a moose population of between 30 and 50 moose per 1000 hectares. How big the optimal moose population is in reality depends on how big loss in growth and how much damage that is acceptable; values from this study can be used as a guideline to decide that.*

**Keywords:** Boreal Forest, thinning, moose population, deer

## Förord

Studien är ett samarbete mellan institutionen för skogens biomaterial och teknologi samt institutionen för vilt, fisk och miljö.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Tomas Nordfjell på intuitionen för skogens biomaterial och teknologi som sina ovärderliga kunskaper och stora engagemang stöttat mig och gjort genomförandet av denna studie möjlig.

Riktat även ett tack till Fredrik Widemo på institutionen för vilt, fisk och miljö som även han varit till hjälp vid studien med viktiga synpunkter och råd.

Denna studie har utförts med medel från SLU Skogsskadecentrum.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>10</b>
1.1. Älgar i skogen .....	10
1.2. Gallring .....	11
1.3. Syfte .....	12
<b>2. Material och metoder</b> .....	<b>14</b>
2.1. Material .....	14
2.2. Fältarbete .....	16
2.3. Analys .....	19
<b>3. Resultat</b> .....	<b>24</b>
3.1. Tillväxt .....	24
3.2. Kvalitet .....	29
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>33</b>
4.1. Tillväxt .....	33
4.2. Virkeskvalitet .....	34
4.3. Påverkande för studien .....	35
4.4. Modellen .....	36
4.5. Utanför inhägnaden .....	36
4.6. Slutsatser .....	38
<b>Referenser</b> .....	<b>40</b>
<b>Bilaga 1 - Lögdåberget</b> .....	<b>42</b>
<b>Bilaga 2 - Mörtsjöstavaren</b> .....	<b>44</b>
<b>Bilaga 3 - Ralberget</b> .....	<b>46</b>
<b>Bilaga 4 – Rönnäs</b> .....	<b>48</b>
<b>Bilaga 5 – Selsberget</b> .....	<b>50</b>
<b>Bilaga 6 – Skatan</b> .....	<b>52</b>
<b>Bilaga 7 – Åtmyrberget</b> .....	<b>54</b>
<b>Bilaga 8 – Tabell över inhägnader utan gallringsbehov</b> .....	<b>56</b>
<b>Bilaga 9 – Skattad grundyta gallring</b> .....	<b>58</b>
<b>Bilaga 10 – Skattad volym inhägnader i behov av gallring</b> .....	<b>59</b>
<b>Bilaga 11 – Skattad volym som kan skördas</b> .....	<b>60</b>

<b>Bilaga 12 – Skattad volym efter gallring .....</b>	<b>61</b>
<b>Bilaga 13 – Höjdutvecklingskurvor tall .....</b>	<b>62</b>
<b>Bilaga 14 – Höjdutvecklingskurvor gran .....</b>	<b>63</b>
<b>Bilaga 15 - Höjdutvecklingskurvor björk .....</b>	<b>64</b>
<b>Bilaga 16 – Tvåvägs anova skattad volym.....</b>	<b>65</b>





# 1. Inledning

## 1.1. Älgar i skogen

Älgpopulationen i Sverige är uppskattad till omkring 263 000 individer sommaren 2023 (Wallgren 2023). Med Sveriges skogsmarksareal på ungefär 28,1 miljoner hektar (ha) leder detta till ett genomsnitt på ungefär 9 älgar per 1000 ha (SCB 2021). Det är dock inte så enkelt som att säga att det finns 9 älgar per 1000 hektar över hela arealen med skogsmark. Istället kan älgstammen vara grupperad och det kan uppstå koncentrationsområden, vilket innebär att det uppstår skillnader i älgdensitet med färre älgar än genomsnittet på vissa ytor och fler älgar på andra ytor (Ericsson et al. 2005). Hur stor populationen bör vara är dock osäkert, då det pågår en konflikt mellan skogsägare som vill ha en lägre population jämfört med jägarna som vill ha en större population (Widemo 2021). Med detta uppstår följande fråga, hur stor älgpopulation klarar skogen egentligen av?

Det är känt från tidigare studier att en högre älgdensitet ökar graden av betesskador. Även trädslagsandelen påverkar betetrycket på enskilda trädslag. Vid en ökad densitet av älgar påverkas tallarna mer med ett högre bete, men vid en högre andel tallar minskas betetrycket eftersom tillgången på tallfoder är högre (Månsson et al. 2008). Detta visas även i en studie gjord av Bergqvist, Bergström & Wallgren (2014) där andelen tall var största förklarande variabeln till andelen bete. Älgarnas föredragna föda varierar under årets gång. Under vintern är det i första hand lövträd av asp, ek, rönn och sälg som föredras, därefter är björk och tall föredragna före al och gran som älgen äter minst av. Under vår, sommar och höst är det däremot främst ris, ljung, blad och örter som föredras. Under vintertid kan betet från älgar därmed bli problematisk för bestånden i skogen, då fokus läggs på träden som föda. Detta då bete av både kvistar samt toppskott sker, och även stambrott kan bli en effekt då älgen bryter ned stammen om den inte kan nå toppen. Betet kan därmed leda till stora tillväxtförluster och även nedsättning i virkeskvalitet. Virkeskvaliteten kan bli kraftigt påverkad då skador av älg förekommer på en höjd av cirka 1,5 - 2 meter, och kan innebära sprötkvist vilket sänker kvalitetsklass men även delad stam kan bli ett resultat. I de fall skadan sker mitt på rotstocken, som ska hålla timmerkvalitet, kan det i värsta fall leda till nedklassning från timmer (Bergquist, Björse, Johansson & Langvall 2002). Ytterligare ett problem med detta bete från älg är att återväxten från tidigare betat träd tros vara extra eftertraktat av älgen. Detta på grund av att denna återväxt är extra lättsmält för älgen, och därmed betar älgarna på samma träd upprepade gånger (SLU 2022). Älgarna kan även göra stamskador i form av fejning och slag med hornen på stammarna (Berggren & Möller 2006). Effekten av detta är

därmed att ett högre tryck av älgstammen på skogen leder till ekonomiska konsekvenser för både förlorad produktion, samt förlust i kvalitet (Ingemarson, Claesson & Thuresson 2007).

Det finns få studier där älgarnas påverkan på tillväxt och virkeskvalitet studeras i fält. De studier som är utförda har skett genom att simulera, vilket tyder på en brist på analyser som sker baserat på inventering i fält med olika betetryck. (Kalén & Månsson 2004). Ett försök som däremot har utförts i fält är i Västerbotten. I det försöket blev total 8 hägn upprättade på olika lokaler med tallföryngring. I dessa hägn utfördes kontrollerad klippning för att simulera älgbete baserat på olika populationsstorlekar, där vegetationen på marken inventerades för att se effekten (Persson, Danell & Bergström 2005). Resultatet från denna studie kring år 2012 påvisade skillnader i markprocesser och påverkan på biologisk mångfald vid olika älgdensiteter. Det finns dock fortfarande kunskapsluckor angående hur länge dessa påverkningar står i sig, eftersom både tillväxt och produktion påverkas (Lavsund, Nygrén & Solberg 2003).

## 1.2. Gallring

En gallring i skogen innebär att en utglesning av skogen görs, samtidigt som virket från utglesningen tillvaratas. I kommersiellt skogsbruk utförs en gallring främst för ekonomiska anledningar. Detta då bland annat omloppstiden är lång i nordiska skogar, och en gallring därmed innebär ekonomiskt tillskott innan slutavverkningen. Förutom ekonomiska anledningar så kan även en gallring utföras för att gynna särskilda trädslag samt oskadade stammar av dessa, som ett exempel av flertalet andra anledningar. Det innebär därmed att träd som är särskilt önskvärda av markägaren kan gynnas efter en gallring, då övriga träd som hämmar dessa träd kan tas bort (Skogsstyrelsen 2015a).

Då träd med önskvärda egenskaper sparas vid en gallring, innebär det att träd som är skadade eller är av annat trädslag än önskat kan tas bort. Då det i Sverige är tall och gran som är de mest dominerande trädslagen, blir det även dessa trädslag som mest sparas vid en gallring (Skogsdata 2021). Att ha ett blandbestånd med exempelvis tall och björk kan ha fördelar för både kvalitet och ekonomi. Det är dock enbart rekommenderat att ha en inblandning av 20-40% björkstammar under som mest de 50 första åren, därefter är det mest optimalt med ren tallskog (Rytter 2019). Problematiken som kan uppstå med björkar inblandat i barrskogen är att deras kvistar är mjuka och rör sig mycket i vinden. Det har som påföljd att grenarna kan slå mot andra träd och därmed orsaka mekaniska skador som liknar piskning. Denna problematik är som värst då barrträden precis når upp till björkarnas kronor, där resultatet kan bli skador på toppskottet. Dock är denna påverkan inte lika

allvarlig då barrträden är högre än kronan på björkarna (Skogsstyrelsen 2015b). Det kan därmed rekommenderas att ta bort björkar vid gallring av barrskog, och särskilt ifall björkarna har en högre höjd än barrträden.

Frågan som dock kvarstår för gallring av barrskog är hur möjligheterna för åtgärden påverkas av varierad mängd älgbetete. Syftet med gallringen kan, som ovan nämnt, vara att ta bort träd med defekter för att behålla de träd som har önskvärda egenskaper. För att detta ska lyckas måste det däremot finnas ett utbud av oskadade träd att behålla. Hur denna andel med oskadade träd påverkas vid olika älgdensiteter, och hur effekten av gallringen blir, är däremot okänt.

### 1.3. Syfte

Syftet med studien är att jämföra hur olika populationstätheter av älg kan påverka tillväxten samt virkeskvaliteten för tallbestånd. Detta genom att beskriva hur bestånden, då älgbetete har skett i ungskogsfasen i olika grader, ser ut då skogen är redo för förstagallring.

Frågeställningen är:

- Innebär en högre älgdensitet en lägre tillväxt för skogarna?
- Innebär en högre älgdensitet en försämrad virkeskvalitet?
- Förändras beståndssammansättningen vid olika densitet på älgpopulationen?

Baserat på den litteratur som är genomgången innan utförandet av studien formulerades några hypoteser. Detta över hur resultatet antas bli för den frågeställning som är satt. Första hypotesen är att en högre älgdensitet kommer att påverka tillväxten i hög grad. Därefter tros det även att virkeskvaliteten kommer lida av en högre älgdensitet, och att det därmed antas vara svårt att få ett bra bestånd där älgdensiteten är som högst. Beståndssammansättningen antas även att bli förändrad, då älgarna har en föredragen föda antas det att de mest eftertraktade trädslagen kommer bli väldigt hårt utsatta där älgdensiteten är hög. Granen som är lägre ner på rangordningen tros därmed ha tagit över i dessa bestånd.

För att besvara frågeställningen sattes en nollhypotes ( $H_0$ ) och en alternativhypotes ( $H_A$ ) upp, vilka var:

$H_0$ : Diameter för tall påverkas inte av älgtäthet

$H_A$ : Diameter för tall påverkas av älgtäthet

Samt även en nollhypotes ( $V_0$ ) samt en alternativhypotes ( $V_A$ ) vilka var:

$V_0$ : Skattad volym påverkas inte av älgthet

$V_A$ : Skattad volym påverkas av älgthet

Projektet är avgränsat till att enbart gälla talldominerade skogar som står inför första gallring.

## 2. Material och metoder

### 2.1. Material

Inventeringen utfördes på sju av de inhägnader inom 90 km från Umeå i Västerbotten som anlades 1998 (cf. Persson, Danell & Bergström 2005) (Figur 1). Inhägnaderna har en yta på 70 x 70 meter, där det i varje inhägnad finns fyra delytor på 25 x 25 meter. Dessa ytor består av försök för att simulera bete av 10, 30 och 50 älgar per 1000 hektar samt en kontrollyta där ingen åtgärd gjorts. I de ytor som representerar olika älgtätheter utfördes åtgärder för att simulera effekter av betetryck samt andra effekter som älgar kan ha på området. Vid försökets början år 1999 skattades ståndortsindex, medelålder och höjd över havet på varje inhägnad (Tabell 2). Betetrycket simulerades genom att manuellt klippa levande grenar på en höjd av minst 50 cm från marken, där medeldiametern för grenarna baserades på observerade värden för älgar i området och var 2,5 mm för björk och 4,0 mm för tall. Antalet grenar i medel och frekvensen av toppskottsbetning på träden baserades på fältstudier av naturligt älgbete. Betet baserades på att en älg i snitt konsumerar 5 kg torrmassa per dygn under vintern och 10 kg per dygn under sommaren. Andra effekter som älgarna kan ha på ytorna är gödslingseffekt. För att simulera detta spreds både älgavföring i en viss mängd beroende på älgtätheten som simulerades, samt konstgjort älgurin som blandades baserat på studier över innehållet i riktigt älgurin. Mängden som spreds ut var enligt studier för olika älgtätheter. Dessa åtgärder utfördes ett visst antal gånger till år 2008 då kontrollytorna samt ytorna med 10 älgar per 1000 hektar började växa ur beteshöjd, vilket var ungefär 5 meter (Persson, Bergström & Danell 2007). Efter detta är ingen åtgärd utförd på inhägnaderna, vilket innebär att det är oskött jämfört med ”vanliga” kommersiella skogar. Inhägnaderna har även stått kvar sedan dess, vilket innebär att bland annat älgar inte haft tillträde till dessa bestånd och att det därmed är obetat sedan 2008.



*Figur 1: Karta över inhägnadernas lokalisering.  
Figure 2: Map of the location of the enclosures.*

De sju hägnen återinventerades i slutet av oktober och början av november år 2021 (Figur 1). Efter inventeringen användes datat för att utföra en simulerad gallring, där skattat utfall jämfördes.

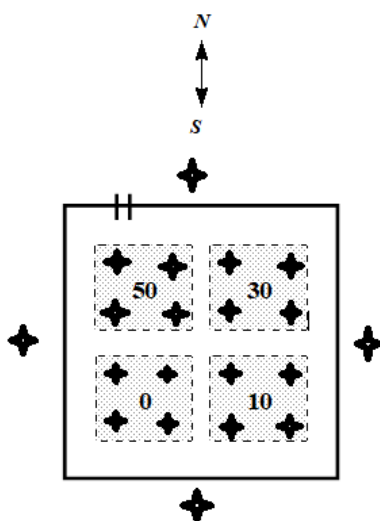
## 2.2. Fältarbete

Fältarbetet genomfördes genom att göra fyra provytor på varje parcell i inhägnaderna. Provytorna placerades systematiskt i ett kvadratisk förband med en radie på 5,64 meter. Placeringen av provytorna utfördes genom att första provytan hade provyfeförbandet dividerad med 2 från det sydvästra hörnet i öst-väst riktning och sedan samma avstånd i nord-syd riktning. Formel 1 och Beräkning 1 gav ett provyfeförband på 12,5 meter. Vilket innebar att första provytan placerades  $12,5/2 = 6,25$  meter från sydvästra hörnet österut, och sedan 6,25 meter norrut från parcellens gräns (Figur 2). Därefter placerades övriga provytor i ett kvadratisk förband med ett förbandsavstånd på 12,5 meter från första provytan. Mätning av förbandsavstånd gjordes med stegning, där kompass användes som riktmedel. Då parcellerna i inhägnaderna var utformade enligt inhägnaden, så ställdes kompassen in enligt inhägnadens riktning. För att kunna göra jämförelser med en icke inhägnad skog skapades en femte parcell på varje område som var utanför inhägnaden. Denna parcell fick samma bredd som övriga parceller (25 meter), men var runt hela inhägnaden. Även i den femte parcellen placerades fyra provytor med samma radie som tidigare nämnt. Dessa provytor sattes däremot ut subjektivt på representativa områden längs varje kant runt inhägnaden, där det var en provyta per kant. Varje provyta påbörjades i nordlig riktning där startpunkten markerades och gjordes sedan medurs, för att avslutas vid markeringen så att inte dubbelmätning skulle förekomma.

$$\text{Formel 1: Provyteförband (m)} = 100 * \sqrt{\frac{\text{Beståndsarea (ha)}}{\text{Antal provytor}}}$$

Beräkning 1: Provyteförbandet i meter räknades ut genom formel 1. Vilket därmed innebär att provyteförbandet i detta försök blir  $(100 * \sqrt{\frac{(25*25)/10000}{4}} = 12,5 \text{ meter})$  (Holm 2012).





Figur 3: X markerar provytornas placering i parceller samt utanför hägnet. Siffrorna avser simulerat bete av 0 (kontroll), 10, 30 och 50 älgar per 1000 hektar.  
 Figure 4: X marks the location of the sample plots in the parcels and outside the enclosure. The numbers refer to simulated grazing of 0 (control), 10, 30 and 50 moose per 1000 hectares.

I dessa provytor insamlades data för följande variabler, där samtliga träd med en brösthöjdsdiameter (1,3 meter ovan marknivå) på 5 cm eller mer ingick:

- Diameter i brösthöjd
- Grundyta
- Medelhöjd
- Övre höjd
- Huvudstam vid gallring
- Trädslagsfördelning
- Kvalitetsklassning på huvudträd

För hela inhägnaden registrerades:

- Markvegetation
- Markfuktighet
- Jorddjup

- Eventuellt nytillkomna spår av älg (avföring, spår, skador på hägn, spår av beten)

Diametergränsen för träden vid datainsamlingen sattes enligt ovan då det ansågs att dessa ger ett utfall vid gallring, medan träd med mindre diameter ansågs vara undervegetation. Mätningarna utfördes med hjälp av en dataklave (Haglöfs Digitech Professional) samt en höjdmätare (Haglöfs Vertex IV). Genom att klava diametern på träden kunde bland annat grundytan fås ut för provytorna. En provträdkvot på 15% användes i klaven för att få en höjdmätning över alla diameterklasser, där medelhöjden för provytorna sedan kunde skattas. Om klaven inte skulle ge ett provträd för höjdmätning på en provyta, på grund av exempelvis för få träd på provytan, så mättes höjden på det sista trädet som klavades. Även övre höjden mättes genom höjdmätning av de två högsta träden på varje provyta, där ett medel sedan kan beräknas för parcellen.

För att välja huvudstam vid gallring antogs att huvudstammen skulle vara primärt tall, samt i bäst skick av möjliga stammar, för att klara kraven som sågtimmer i kommande avverkning efter gallring. Därmed valdes de tallar med högsta brösthöjdsdiametern samt bästa kvalitetsklassning som huvudstammar. Skattningen av skada gjordes baserat på Biometrias nationella kvalitetsbestämmelser för sågtimmer av tall och gran, från 2021-04-11 (Biometria u.å.). Dessa kvalitetsbestämmelser användes på grund av att det i Sverige är oberoende mätning av virke vid industrin, där det är Biometria som vanligtvis sköter detta (Hyll & Nordström 2020). På grund av tidsåtgången för inventeringen kunde inte alla kvalitetskrav klassas för alla träd i fält och för hela trädet. Därmed gjordes avgränsningar för inventeringen. Detta ledde till att kvalitén för tallar och granar som ingick i provytan klassades från rot till en höjd som kändes säker att skatta utan mätning, vilket blev 3 meters höjd. Skadorna som därefter registrerades var de som ansågs viktiga för timmerstock.

Då de krav som framstår som viktigast enligt Biometria är dimensionerna och rakheten på en stock så ansågs dessa viktigast att bedöma i fält. Dimensionerna är kopplade till längd och diameter på en stock, där minimum på längden är 280 cm och minimum på diameter är 100 mm under bark. Det som ansågs påverka dimensionerna främst var toppbrott, där detta sågs som plötsligt kraftigare minskning av diameter på en viss höjd. En faktor som kan påverka detta är exempelvis älgbete av toppskottet på trädet. Vid inventeringen antecknades höjden där diameterminskningen uppstod, då det försämrar chansen för stocken att uppnå timmerkvalitet. Kravet med rakhet på stocken innebär att större krökar på stocken inte får uppstå, då detta leder till utbytesförluster. Därmed antecknades det vid inventeringen på den höjd där en krök uppstod som skulle innebära utbytesförlust. Slutligen antecknades även på den höjd som övrig synlig stamskada uppstod, detta

var lyra, sprötkvist och insekt- eller fågelhål. Dessa skador fastställdes och identifierades med hjälp av skogsskötselserien skador på skog del 1 samt 2 från Skogsstyrelsen (2017a) & Skogsstyrelsen (2017b). För att underlätta analysen av data antecknades och sammanställdes enbart höjden för skadan, och inte vilken sorts skada det var. Med detta kan jämförelser göras mellan de olika parcellerna angående hur många stammar per hektar som finns och hur många av dessa som är oskadade av trädslaget tall. Detta kan därefter kopplas till den simulerade gallringen, där det går att se hur möjligheten för ett bra tallbestånd efter gallring påverkas av älgdensiteten.

För hela inhägnaderna registrerades markvegetation, markfuktighet och jorddjup, enligt Skogsstyrelsens fälthäfte för bonitering i Västerbottens län, för att därefter ståndortsboniteras med ståndortsegenskaper i häftet (Skogsstyrelsen 1985a). Det vid återinventeringen bedömda ståndortsindexet för inhägnaderna användes därefter i övriga delar i studien.

Inventeringen utfördes av en och samma person för alla inhägnader. Detta för att minimera risken för påverkan av den mänskliga faktorn, där bedömning av de insamlade variablerna annars kan variera från person till person.

För att vidare kunna jämföra skillnader mellan parceller gällande luckigheter och virkets kvalitet togs foton på varje parcell. Detta gjordes genom att stå i centrum på varje parcell och ta ett foto i nordlig riktning och ett foto i sydlig riktning. För att få en ännu bättre vy över luckigheter togs även foto med drönare. Drönaren stod centrerad över hägnet, i hägnets nordligaste riktning, på 120 meters höjd med kameran vinklad rakt nedåt i 90 grader. Detta för att få med hela inhägnaden på fotot.

### 2.3. Analys

Det insamlade datat lagrades på dataklaven och fördes därefter över till dator efter varje arbetsdag där sammanställningar gjordes i Excel. Ytterligare data som insamlades men som inte kunde lagras i klaven antecknades på papper och skrevs därefter in i sammanställningen på Excel. Dessa data var övre höjd, vegetation, markfuktighet, jorddjup, skick på hägn och eventuella spår av älgar som tillkommit nyligt. Med detta kunde exempelvis trädslagsfördelning, medelhöjd, medeldiameter, grunddyta, volym och skick på huvudstam sammanställas för varje parcell.

Sammanställningarna i Excel kunde därefter användas för skattning av gallringsbehov. Genom skattning av ståndortsindex (Tabell 2) samt övre höjd och

grundyta (Bilaga 8), kunde gallringsbehovet skattas med hjälp av gallringsmall för norra Sverige (Skogsstyrelsen 1985b). Skattning av gallringsbehov för en inhägnad baserades på parcellen med 0 älgar per 1000 hektar. Om det fanns ett gallringsbehov så bestämdes lämpligt uttag med hjälp av mallen, och därefter blev beståndet efter simulerad gallring målet för övriga parceller i samma inhägnad. För att bestämma lämpligt uttag i en eventuell gallring utgicks det ifrån Skogsskötselseriens avsnitt om gallring utgiven av Skogsstyrelsen (2015a). Där anges ett intervall, för en förstagallring, på gallringsstyrkan som är mellan 20–40% av grundytan. Lägre gallringsstyrka blir mest troligt oekonomiskt, medan en högre gallringsstyrka leder till högre risk för bland annat stormskador. Därmed valdes en gallringsstyrka på 30% av grundytan för de inhägnader som uppnår gallringsbehov, där den beräknade grundytan består av alla stammar med brösthöjdsdiameter på minst 5 cm. Vid varje inhägnad användes parcellen med kontrolllyta som inmatning i gallringsmallarna. Därefter sattes målet för gallringen på övriga parceller enligt utfallet från gallringsmallen för kontrolllytan. Ett urval av huvudstam vid gallringen baserades därefter på den bestämda gallringsstyrkan, där de grövsta träden och de mest utseendemässigt fina träden valdes som huvudstam av de lämpliga kandidaterna från inventeringen, baserat på en rangordning av de träd som eftertraktas. Rangordningen var i tio nivåer där tall utan skada var bäst och nummer ett i prioritering, övrigt löv med höjd högre än högsta tallen var lägst prioriterad och nummer tio i prioritering. Primärt väljs därmed tall som huvudträd, i de provytor där för få tallar finns så väljs huvudträd bland övriga trädslag enligt rangordningen (Tabell 1). Volymen före och efter gallring beräknades med hjälp av grundyta för träden, skattad höjd samt formkvot för de olika trädslagen. Formkvoten baseras på studien av Ågren et al. (2021) som var en ny skattning av formkvot jämfört med andra studier av Edgren & Nylinder (1949) samt Brandel (1994). I denna studie användes formkvoten för trädslagen tall och gran. För att underlätta beräkningar användes formkvoten för gran även på björk och övrigt löv då det ansågs att specifikt formtal för dessa trädslag inte var nödvändigt och hade påverkat denna studie väsentligt. Därmed används formkvoten 0,664 för tall och formkvoten 0,637 för övriga trädslag, baserat på mätning av diametern i brösthöjd på bark (Ågren et al. 2021). De björkar som sparades efter gallring skulle inte ha en skattad höjd som var högre än högsta skattade höjden på tall. Detta då sparandet av sådana björkar kan leda till skador på närliggande tallar (Skogsstyrelsen 2015b). Undantag från denna begränsning gjordes då provytan inte innehöll tall, eftersom det då inte fanns tallar som kunde skadas av björkarna, och att björkarna bestod av mer än 50% av grundytan. Vid sådana fall bedömdes det att gallring bäst skedde genom att gynna björkbeståndet när det oavsett inte fanns någon tall att gynna.

Tabell 1: Rangordning för träd att spara vid urval för gallring

Tabel 2: Ranking of trees to save in selection for thinning

---

Prioritering	Träd
1	Tall utan skada
2	Tall med skada på max 1 meters höjd
3	Tall med skada på max 2 meters höjd
4	Tall med skada på max 3 meters höjd
5	Gran utan skada
6	Gran med skada
7	Björk med skattad höjd <max skattad höjd för tall
8	Övrigt löv med skattad höjd <max skattad höjd för tall
9	Björk med skattad höjd >max skattad höjd för tall
10	Övrigt löv med skattad höjd >max skattad höjd för tall

---

För att göra det möjligt att skatta höjden på träden utformades höjdkurvor för de olika inhägnaderna. Detta gjordes genom att de provträd som registrerats i klaven med trädslag, diameter och uppmätt höjd var grunden till höjdkurvorna. På varje inhägnad användes alla provträd som blivit uppmätta på de olika parcellerna, och därmed kunde höjdkurva för tall, gran och björk utformas. Mängden övrigt löv som blev uttaget som provträd ansågs vara för litet, och saknades helt på vissa inhägnader och därmed användes höjdkurvan för björk på dem. Höjdkurvan gjordes i Excel, de olika trädslagen separerades från varandra och därefter gjordes linjära ekvationer baserat på diametern samt uppmätta höjden. Detta gav en ekvation som kunde användas på alla klavade träd där diameter och trädslag är känt, medan höjden kunde skattas.

Vid de fall där grundytan med exempelvis träd från prioritering ett inte uppnådde målet av grundytan för en yta, medan träd från prioritering två innebar ett överstigande av grundytan, togs träd av mindre diameter bort från urvalet av prioritering ett. Detta för att exempelvis gynna tall med grov diameter och en skada, och ta bort tallar utan skada med låg diameter. På så vis gynnas grövre träd samtidigt som målet för grundytan kan nås lättare. Urvalet sker därmed alltid från

prioritering ett till tio och tar med så många prioriteringar som krävs, därefter kontrollerades ifall det kan tas bort träd av lägre diameter från näst sista prioriteringen som användes för att nå målet av grundytan mer exakt.

För att sedan analysera om älgbetet påverkar tillväxten på tall användes linjär regression i programmet R. Analysen utfördes genom att använda diametern för tall och koppla till den parcell som tallen stod i på inhägnaden. Därmed kunde det skapas en linjär modell för varje inhägnad som beskriver påverkan på diametern med olika älgdensiteter. Linjära regressionen utfördes baserat på tidigare angivna hypoteser,  $H_0$  och  $H_A$ .

För denna linjära regression användes signifikansnivån (P-värdet) 0,05 som är den vanliga nivån (Murtaugh 2014). Huruvida modellen var bra eller inte bestämdes med  $R^2$  värdet samt residualerna för modellen.  $R^2$  värdet beskriver hur bra den observerade variationen kan förklaras av det som ingår i modellen. Ett värde på 1 för  $R^2$  är det högsta och innebär att det som ingår i modellen förklarar variationen fullt ut, medan ett värde på 0 innebär att det som ingår i modellen inte förklarar variationen alls. Residualerna är, i detta fall, differensen mellan den skattade diametern för tall från den linjära modellen och det verkliga observerade diametern är. Det är därmed bättre med så låga värden som möjligt för residualerna då detta innebär att modellen prickar in de verkliga observerade värdena exakt (Greenland et al. 2016).

Ytterligare analyser gjordes gällande volym för inhägnaderna. Detta gjordes med hjälp av tvåvägs anova, där volym var den faktor som undersöktes ifall den påverkades av älgtäthet för de olika inhägnaderna. Detta utfördes för att jämföra ifall mängden älgar per 1000 hektar påverkar volymen som står i skogen för alla inhägnader samt volymen som kan tas ut vid gallring eller volymen som är kvar efter gallring för de inhägnaderna med gallringsbehov. Datat som användes var filtrerat likt den linjära regressionen där parcellen utanför inhägnaden var borttagen, dock användes här medlet för den skattade totala volymen som stod på de fyra ytorna i varje parcell före gallring. Därefter användes medlet för den totala skattade volymen i uttag på de fyra ytorna i varje parcell för de inhägnader med gallringsbehov, samt därefter medlet för den totala volym som skattas vara kvar efter simulerad gallring för de inhägnaderna med gallringsbehov. Den volym som skattades vara kvar efter gallring var differensen mellan volym före gallring och den volym som skördades i simuleringen. Även för denna analys användes signifikansnivån 0,05 och analysen baserades på tidigare nämnda hypoteserna  $V_0$  och  $V_A$ .

Därefter används drönarfoton som hjälpmedel för att beskriva bestånden. Det som kunde jämföras med fotona var luckigheten mellan parcellerna och även beståndens sammansättning mellan parcellerna.

## 3. Resultat

### 3.1. Tillväxt

Vid inventeringen kontrollerades skicket på inhägnaderna för att säkerställa att påverkan av älgar inte skett efter avslutad simulering av betningen. Skicket på inhägnaderna var gott, där det enbart syntes något nedböjda stängsel samt vissa träd som fallit på stängslen. Det kunde inte påvisas några tecken på inbrott av älg i något av hägnen.

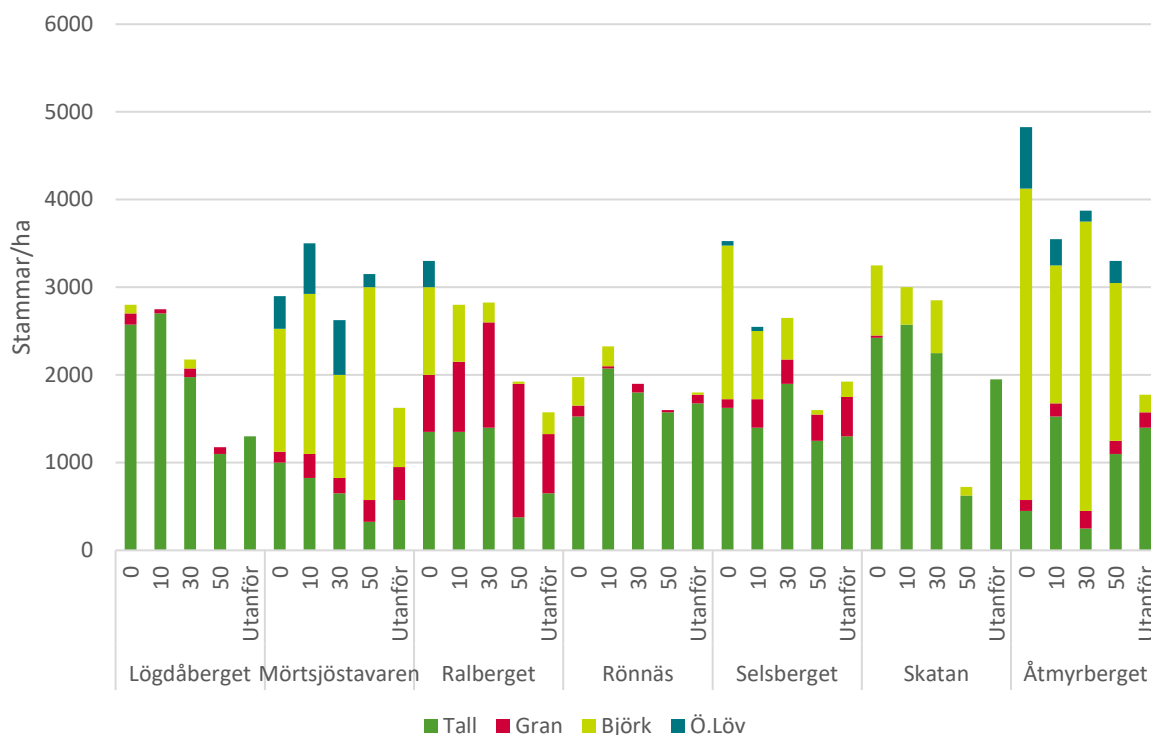
För inhägnaderna visade resultatet av inventeringen att det till en början varierade något i vegetation och fuktighet för de olika inhägnaderna, däremot var jorddjupet detsamma för alla inhägnader (Tabell 2). Detta gav ett ståndortsindex som varierade mellan T16 och T22. Under inventeringens gång noterades även skillnader i överlevnaden för tallarna. I inhägnaderna Selsberget, Mörtsjöstavaren och Åtmyrberget noterades högre mortalitet för tallarna. Dessa tre inhägnader hade något varierande andel tallar där det i inhägnaderna Selsberget samt Åtmyrberget var synligt med döda tallar i främst enskilda parceller och främst i parcellen med 0 älgar per 1000 hektar. I inhägnaden Mörtsjöstavaren var det dock mer döda tallar än i något annat hägn samt utspritt över alla parceller, vilket även gjorde stor skillnad på trädslagsfördelningen. Av inhägnaderna är Lögdåberget, Rönnäs, Selsberget och Skatan talldominerade. Mörtsjöstavaren och Åtmyrberget är däremot dominerade av björk medan Ralberget är blandat med tall, gran och björk (Figur 3).



Tabell 3: Övergripande information om inhägnaderna

Tabell 4: Overall information about the enclosures

Inhägnad	Bedömt ståndortsindex när försöket inleddes (m)	Ålder när försöket inleddes (år)	Ålder vid återinventerin g (år)	Höjd över havet (m)	Vegetation	Markfuktighet	Jorddjup	Bedömt ståndortsindex vid återinventering	Anteckning om inhägnad
Lögdåberget	12,9	16	39	300	Kråkbär/ljung	Frisk	Mäktigt	T18	Röjt utanför
Skatan	26,4	7	30	265	Lingon	Frisk	Mäktigt	T20	Röjt utanför
Åtmyrberget	27,3	9	32	305	Lingon	Fuktigt	Mäktigt	T16	Ingen synlig skötsel utanför
Selsberget	27,9	9	32	175	Kråkbär/ljung	Frisk	Mäktigt	T18	Ingen synlig skötsel utanför Döda tallar i hägnet på grund av törskate
Mörtsjöstavaren	26,3	7	30	280	Blåbär	Frisk	Mäktigt	T20	Röjt utanför Många döda tallar i hägnet på grund av främst törskate
Ralberget	14,7	9	32	250	Blåbär	Fuktigt	Mäktigt	T19	Röjt utanför
Rönnäs	24,8	9	32	62	Blåbär	Frisk	Mäktigt	T22	Röjt utanför

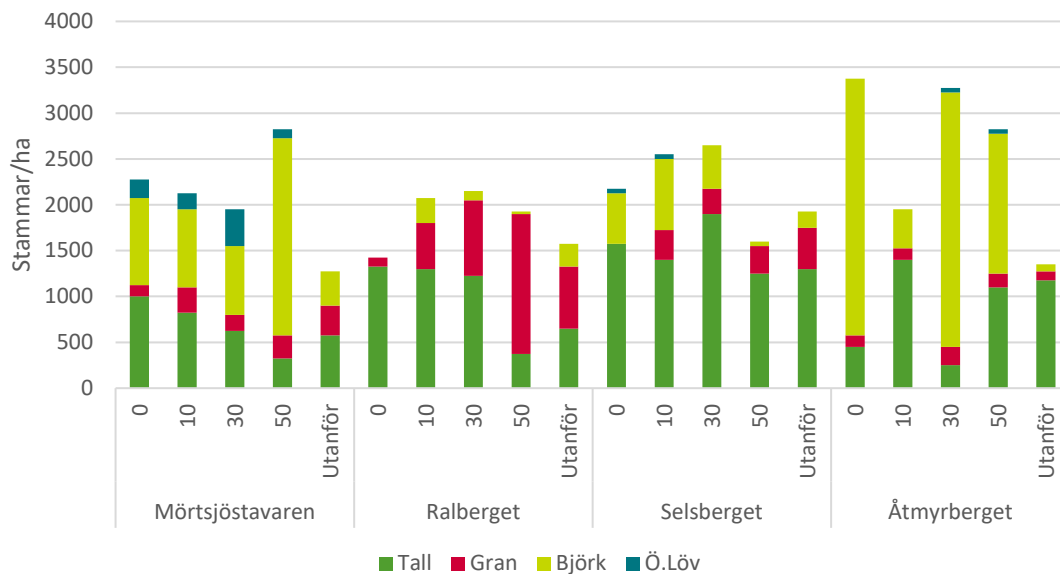


Figur 5: Trädslagsfördelning och beståndstäthet för inhägnader samt utanför, där alla stammar med en brösthöjdsdiameter på minst 5 cm är inkluderade. Siffrorna avser simulerat bete av 0 (kontroll), 10, 30 och 50 älgar per 1000 hektar.

Figure 6: Tree species distribution and stand density for enclosures and outside, where all trunks with a diameter at breast height of at least 5 cm are included. The numbers refer to simulated grazing of 0 (control), 10, 30 and 50 moose per 1000 hectares.

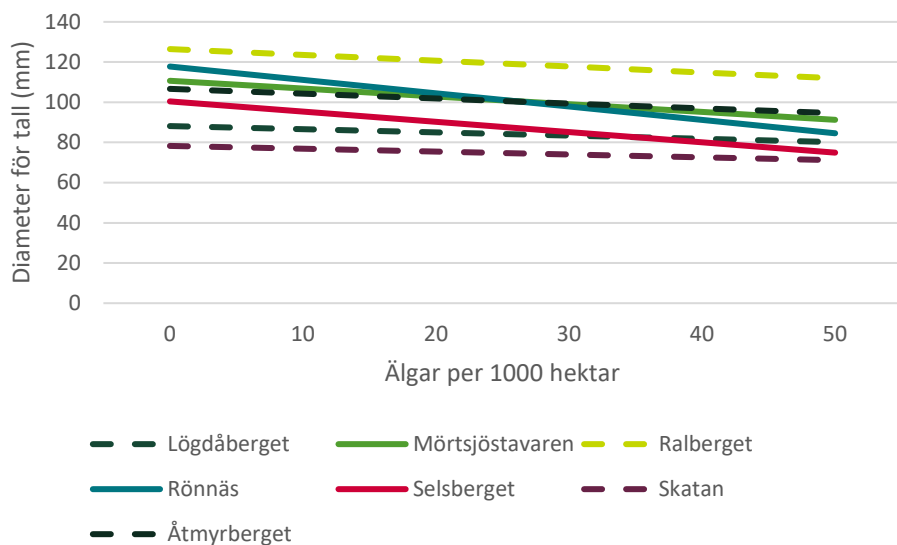
Resultatet av de simulerade gallringarna visar att inhägnaderna Mörtsjöstavaren, Ralberget, Selsberget och Åtmyrberget har ett gallringsbehov. Inhägnaden Selsberget har däremot enbart möjlighet att utföra gallring i parcellen 0 älgar per 1000 hektar. Övriga parceller i den inhägnaden har för låg grundyta redan innan gallring för att nå upp till tänkta grundytan efter gallring (Bilaga 9). På inhägnaden Ralberget går det att gallra mer på kontrollytan, och sedan är det nedåtgående trend för 10 samt 30 älgar per 1000 hektar. Parcellerna 50 älgar per 1000 hektar samt den utanför i inhägnaden på Ralberget hade för låg grundyta redan innan gallring. Inhägnaden Mörtsjöstavaren har möjlighet att gallra mer i parcellen 10 älgar per 1000 hektar, samt något mer i parcellen 30 älgar per 1000 hektar jämfört med kontrollytan. I inhägnaden Åtmyrberget är det möjligt att gallra något mer i parcellen 10 älgar per 1000 hektar, jämfört med kontrollytan. Parcellen 50 älgar per 1000 hektar har det lägsta uttaget. För de inhägnader som var i behov av gallring kunde den simulerade gallringen därefter utföras där volymen för beståndet innan skattades (Bilaga 10), volymen för skörd (Bilaga 11) och slutligen skattad volym som står på alla inhägnader och parceller efter gallring (Bilaga 12). Denna skattning av volym baserades på höjdkurvor som gjordes för varje inhägnad och för

trädslagen tall, gran och björk då dessa förekom som provträd i inhägnaderna (Bilaga 13–15). En slutlig trädslagsfördelning efter simulerad gallring kunde sedan göras, där andelen tall kunde dras upp något på de ytor som gallrades (Figur 4).



Figur 4: Trädslagsfördelning och beståndstäthet för inhägnader med gallringsbehov efter simulerad gallring, alla stammar med brösthöjdsdiameter på minst 5 cm är inkluderade.  
 Figure 4: Tree species distribution and stand density for enclosures with needs of thinning after simulated thinning, all trunks with diameter at breast height of at least 5 cm are included.

För att testa skillnader i tallens tillväxt beroende på älgdensitet valdes det att göra en linjär regression per inhägnad för diametern med parcell (älgtäthet) som förklarande faktor. Resultatet av dessa linjära regression var sju modeller, varav tre signifikanta, där alla modeller indikerade att medeldiametern minskade vid ökad älgtäthet (Figur 5; Bilaga 1–7). Detta innebär att noll hypotesen kan förkastas för tre inhägnader och att modellen är statistiskt signifikant för minskande diameter vid ökande älgtäthet.



Inhägnad	Regressionsmodell	P-värde
Lögdåberget	88,1448 – 0,1597 * Älgtäthet	0,106
Mörtsjöstavaren	<b>110,6839 – 0,3884 * Älgtäthet</b>	<b>0,047</b>
Ralberget	126,4598 – 0,2897 * Älgtäthet	0,130
Rönnäs	<b>117,7819 – 0,6644 * Älgtäthet</b>	<b>&lt;0,001</b>
Selsberget	<b>100,4264 – 0,5100 * Älgtäthet</b>	<b>&lt;0,001</b>
Skatan	78,2743 – 0,1418 * Älgtäthet	0,106
Åtmyrberget	106,6655 – 0,2416 * Älgtäthet	0,085

Figur 5: Medeldiameter för tall som funktion av älgtäthet (älgar per 1000 hektar). Hägn med signifikant minskad diameter som funktion av älgtäthet med heldragen linje, övriga med streckad linje. Respektive inhägnads regressionsmodell för medeldiameter på tall i millimeter samt p-värde för modellen anges under grafen där signifikanta modeller är markerade med fet text.

Figure 5: Mean diameter for pine as a function of moose density (moose per 1000 hectares). Enclosures with significantly reduced diameter as a function of moose density with solid line, others with dashed line. The respective enclosure's regression model for mean pine diameter in millimetres and p-value for the model are given below the graph where significant models are marked with bold text.

Resultaten från de olika testerna med tvåvägs anova påvisar att älgtäthet har en signifikant effekt på skattad volym före eventuell gallring (p-värde <0,001), samt efter gallring (p-värde 0,003) Detta innebär att noll hypotesen  $V_0$  kan förkastas för dessa två tester, medan testet för skattad volym som kan skördas inte ger ett signifikant resultat (p-värde 0,054) och därmed behålls noll hypotesen för det testet (Bilaga 16). Enligt testerna med tvåvägs anova blir det därmed försämrade volym före och efter gallring med en ökad densitet på älgstammen. Däremot går det inte att statistiskt säga att volymen som tas ut i gallringen blir påverkad av högre

älgdensitet. Därmed påverkas beståndens sammansättning negativt av ökad älgdensitet, där det blir ett lägre virkesförråd före och efter gallring.

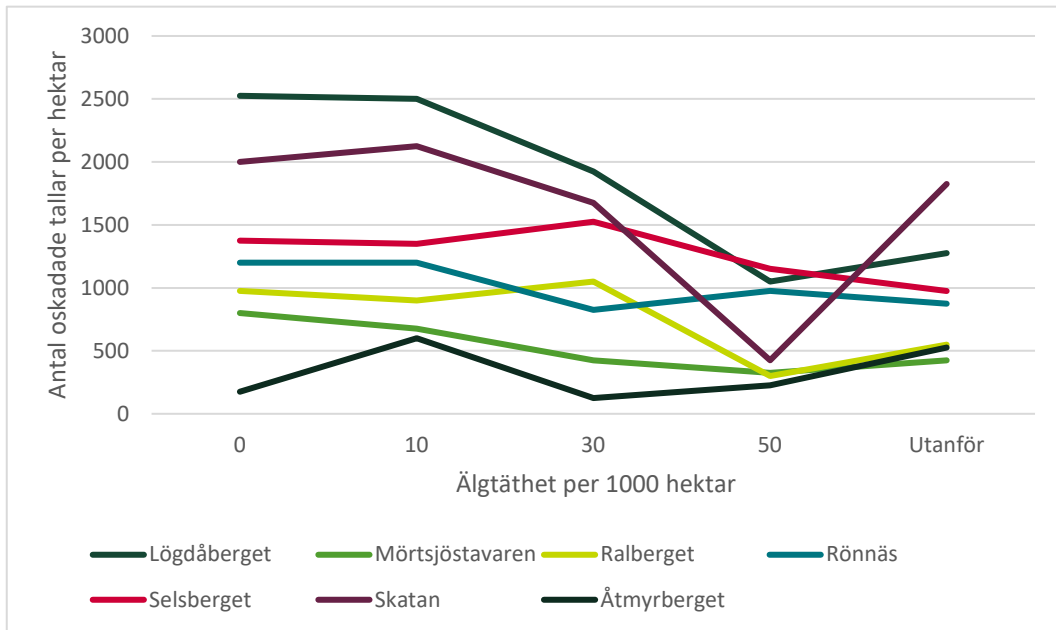
Den skattade volymen för de olika parcellerna kan även jämföras med varandra för varje inhägnad, för att se hur volymen ökar eller minskar beroende på älgtätheten. En sådan jämförelse visar att älgtätheten för 10, 30 och 50 älgar sänker den skattade volymen med 5%, 16% respektive 53% i medel jämfört med kontrollparcellen. Parcellen utanför inhägnaden hade i medel 20% mindre volym än kontrollparcellen (Tabell 3).

## 3.2. Kvalitet

För att jämföra möjligheterna med ett bra tallbestånd efter gallring jämförs de inhägnader som har ett gallringsbehov (Tabell 3). Gallringsmallen från Skogsstyrelsen (1985) anger rekommenderat antal stammar per hektar efter gallring för de olika ståndortsboniteterna ner till och med T18. Detta innebär att Mörtsjöstavaren bör ha kring 1100–900 stammar/ha efter gallring, Ralberget bör ha 1050–850 stammar/ha, Selsberget bör ha 1000–800 stammar/ha och Åtmyrberget med ståndortsindex T16 har inte angivet stamantal i gallringsmallen och därmed sätts gränsen till 900–700 stammar/ha som är något lägre än för T18. Med dessa riktlinjer för stammar/ha efter gallring kan jämförelser göras med befintliga stammar i de olika parcellerna (Tabell 3). Inhägnaden Mörtsjöstavaren har därmed bara en parcell där det finns tillräckligt med tall för att klara av stamantalet, vilket är parcell 0 älgar per 1000 hektar. Det finns däremot inte tillräckligt med oskadade tallar för att klara eftertraktade nivån på stammar, därmed måste även skadade tallar sparas. På Ralberget finns det tillräckligt med stammar av tall som är oskadade för att klara gränsen i parcellerna 0, 10 och 30 älgar per 1000 hektar. För parcellerna 50 älgar per 1000 hektar samt parcellen utanför inhägnaden, vilka inte gallras, finns det däremot inte tillräckligt med tall för att klara gränsen. Inhägnaderna Selsberget och Åtmyrberget skiljer sig något från de andra. Selsberget har till skillnad från de övriga hägnen, med gallringsbehov, tillräckligt med tallar som även är oskadade för att klara gränsen på alla parceller även om enbart parcellen 0 älgar per 1000 hektar kan gallras. Åtmyrberget är däremot motsatsen till Selsberget, och har inte tillräckligt med oskadade tallar på någon parcell (Figur 6). Det finns däremot tillräckligt med tallar på parcellerna 10 och 50 älgar per 1000 hektar samt parcellen som är utanför inhägnaden (Tabell 3). Det som dock är gemensamt för dessa tre parceller är att mer än hälften av tallarna är drabbade av någon form av skada.

Genom den simulerade gallringen var det möjligt att göra en förbättring gällande andelen skadade tallar per hektar. Detta var möjligt till viss del för alla inhägnader,

och som mest på Ralberget och Åtmyrberget där en minskning med 7 procentenheter kunde göras på andelen skadade tallar (Tabell 3).



Figur 6: Översikt över antalet oskadade tallar per hektar för de olika älgtätheterna i inhägnaderna före gallring.

Figure 6: Overview of the number of undamaged pines per hectare for the different moose densities in the enclosures before thinning.

Tabell 3: Sammanställning för antalet stammar, andel tallar, skadade och oskadade tallar per hektar samt volym per hektar för de olika inhägnaderna och parcellerna före gallring samt efter gallring för de inhägnaderna med gallringsbehov. Inhägnader med gallringsbehov är markerade med fet text.

Table 3: Compilation for the number of trunks, proportion of pines, damaged and undamaged pines per hectare and volume per hectare for the various enclosures that require thinning. Enclosures in need of thinning are marked with bold text.

Inhägnad	Parcell	Före gallring						Uttag	Efter gallring					
		Stamm ar/ha	Dära v tall/h a	Oska dad tall/h a	Andel skada d tall (%)	Volym m3sk/ha	Volyman del av referens (%)*	Volym m3sk/ ha	Stammar/ ha	Tall/ ha	Skada d tall/h a	Oskad ad tall/ha	Förändri ng andel skadad tall (%)	Voly m m3sk /ha
Lögdåberget	0	2800	2575	2525	2	105,3	100							
	10	2750	2700	2500	7	104,5	99							
	30	2175	1975	1925	3	108,3	103							
	50	1175	1100	1050	5	34,3	33							
	Utanför	1300	1300	1275	2	69,1	66							
<b>Mörtsjöstava ren</b>	0	2900	1000	800	20	173,4	100	56,9	2275	1000	200	800	0	116,5
	10	3500	825	675	18	208,8	120	64,1	2125	825	150	675	0	144,7
	30	2625	650	425	35	181,9	105	62	1950	625	200	425	-3	119,8
	50	3150	325	325	0	134,2	77	40,7	2825	325	0	325	0	93,4
	Utanför	1625	575	425	26	172,1	99	56,9	1275	575	150	425	0	115,1
<b>Ralberget</b>	0	3300	1350	975	28	201,1	100	53,6	1425	1325	350	975	-1	147,5
	10	2800	1350	900	33	153,8	76	39	2075	1300	400	900	-3	114,7
	30	2825	1400	1050	25	155	77	38,7	2150	1225	225	1000	-7	116,3
	50	1925	375	300	20	65,8	33	0	1925	375	75	300	0	65,8
	Utanför	1575	650	550	15	99,1	49	0	1575	650	100	550	0	99,1

Tabell 3 fortsättning	Tabel 3 Continuing													
Rönnäs	0	1975	1525	1200	21	134,8	100							
	10	2325	2075	1200	42	173,3	129							
	30	1900	1800	825	54	84,0	62							
	50	1600	1575	975	38	69,6	52							
	Utanför	1800	1675	875	48	175,3	130							
<i>Selsberget</i>	0	3525	1625	1375	15	154,9	100	47,6	2175	1575	225	1350	-1	107,4
	10	2550	1400	1350	4	106,4	69	0	2550	1400	50	1350	0	106,4
	30	2650	1900	1525	20	107,6	69	0	2650	1900	375	1525	0	107,6
	50	1600	1250	1150	8	54,2	35	0	1600	1250	100	1150	0	54,2
	Utanför	1925	1300	975	25	101,7	66	0	1925	1300	325	975	0	101,7
Skatan	0	3250	2425	2000	18	118,2	100							
	10	3000	2575	2125	17	73,7	62							
	30	2850	2250	1675	26	91,2	77							
	50	725	625	425	32	27,7	23							
	Utanför	1950	1950	1825	6	77,7	66							
<i>Åtmyrberget</i>	0	4825	450	175	61	160,2	100	48,3	3375	450	275	175	0	111,8
	10	3550	1525	600	61	175,8	110	50,9	1950	1400	800	600	-4	125
	30	3875	250	125	50	145,6	91	43,8	3275	250	125	125	0	101,9
	50	3300	1100	225	80	126,5	79	38,1	2825	1100	875	225	0	88,5
	Utanför	1775	1400	525	63	135,5	85	41,7	1350	1175	650	525	-7	93,8

\*) Andel av volymen i procent jämfört med parcellen 0 för respektive inhägnad

\*) Share of the volume in percent compared to plot 0 for the respective enclosure



## 4. Diskussion

### 4.1. Tillväxt

Resultaten från denna studie visar på att älgbete har en negativ påverkan på tillväxt för tall. Detta stämmer överens med litteratur över älgarnas påverkan på träden av bland annat Månsson et al. (2008). Det blev även visat att en ökad älgdensitet ledde till ytterligare tillväxtförluster, vilket även det stämmer överens med Månsson et al. (2008).

Frågan är dock om studiens område egentligen gav ett rättvist resultat för de olika älgdensiteterna. Baserat på den information som finns för inhägnaderna, så avslutades det simulerade betet för alla inhägnader då första parcellen, oftast 0 eller 10 älgar per 1000 hektar, nådde betessäker höjd, på ungefär 5 meter (Persson, Bergström & Danell 2007). Det som bör ha i åtanke med detta är att parcellerna med 30 samt 50 älgar per 1000 hektar fortfarande var under betessäker höjd vid avslutet av försöket med bete. SLU (2022) tar upp hypotesen om att älgar föredrar att beta på tidigare betade träd. Denna teori innebär därmed att parcellerna med 30 och 50 älgar per 1000 hektar mest troligt skulle ha blivit fortsatt betade ett tag efter att parcellerna 0 och 10 älgar per 1000 hektar hade nått betessäker höjd. Följden av detta utförande blir därmed att de parceller som fortfarande var under betessäker höjd år 2008 när det simulerade betet avslutades, kan ha fått en bättre återhämtning än vad verkligheten egentligen hade inneburit. Även simuleringar utförda av Kalén (2004) tyder på att ett högt betestryck av älg leder till lägre tillväxt i flera aspekter. Detta då simuleringarna visar lägre volym, grundyta, diameter och höjd med ett betestryck, och där beståndet inte kan återhämta sig med ett högre betestryck än 20%.

Som nämnt är denna studie baserad på hägn där betet är simulerat och det inte varit riktiga älgar som gjort åverkan. Detta är värt att påpeka och ha i åtanke då riktiga älgar inte nödvändigtvis agerar enligt studier på dem. I hägnen som används i denna studie är det enbart gjort betning och spridning av urin samt avföring från älgar. I verkligheten kan älgarna påverka skogen på fler sätt än så, vilket nämns i artikeln från Bergquist et al. (2002) där älgarna bryter ned stammar, gnager barken och fejar stammarna. Det kan därmed antas att påverkan av älgdensiteten i denna studie är lägre än verkligheten, då flertalet typer av skador från älgar saknas i hägnen. Däremot är sättet simuleringen utfördes även en av de större förtjänsterna för studien, då det innebär att det gjorts en kontrollerad experimentell studie för flertalet hägn. Det är därmed säkra underlag att de olika parcellerna fått påverkan av bete och spillning från just de olika älgdensiteterna som redovisas. Att ta med

alla faktorer är komplicerat, då det som nämnt av Ericsson et al. (2005) även uppstår grupperingar av älgar i verkligheten vilket gör att vissa bestånd kan bli hårt utsatta och andra inte alls.

## 4.2. Virkeskvalitet

Gällande virkeskvalitet är även detta påverkat av älgbetet enligt denna studie, vilket stämmer överens med bland annat Bergquist et al. (2002). För majoriteten av inhägnaderna ökade andelen skadade tallar med en ökad älgdensitet (Tabell 3). Det fanns dock vissa fall där en del parceller med 0 eller 10 älgar per 1000 hektar hade högre andel skadad tall än 30 eller 50 älgar per 1000 hektar. Att jämföra rent baserat på andelen tall som är skadad kan dock bli något orättvist, då det är skillnad på att ha 0% skadade tallar och 325 tallar per hektar, jämfört med 20% skadade tallar och 1000 tallar per hektar vilket är fallet på Mörtsjöstavaren för parcellerna 50 respektive 0 älgar per 1000 hektar. I detta exempel ger den högre andelen skadade tall fortfarande ett utbud på mer än dubbelt så många oskadade tallar.

Den simulerade gallringen som utfördes på inhägnaderna kunde påverka andelen skadad tall något, men inte till någon större grad. Att det blev på det viset kan bero på att den simulerade gallringen utfördes genom att ta ut 30% av grundytan på de stammar som fanns i parcellen. I verkligheten hade resultatet av gallringen troligen blivit annorlunda, då uttaget lär skilja sig. Detta främst med hur hårt gallringen utförs i åtanke, där målet för stamantal enligt Skogsstyrelsen (1985) inte uppnåddes för någon parcell. Varför detta blev fallet är för att gränsen på 30% av grundytan i uttag följdes överallt, och att alla stammar med en brösthöjdsdiameter på minst 5 cm inkluderades. Därmed fanns det för många stammar i parcellen för att kunna minska till önskad nivå. I verkligheten hade troligt fler stammar tagits bort, antingen vid gallringen eller vid en underröjning.

Hur påverkan på virkeskvaliteten sedan är jämförbar med verkligheten för dessa inhägnader är något osäkert. Den påverkan som uppstår av själva betningen från älg är troligen nära verkligheten baserad på Persson, Bergström & Danell (2007). Ytterligare faktorer som dock påverkar virkeskvaliteten finns, och som inte är simulerade i dessa inhägnader. Dessa faktorer är bland annat nedtrampning, fejning och slag som tas upp av Berggren & Möller (2006). Att simulera detta är troligen svårt, och speciellt för olika älgdensiteter med lokala variationer i beteende. Det är dock värt att nämna att sådana påverkningar, som kan uppstå i verkligheten, hade kunnat innebära större skillnader mellan de olika parcellerna och bedömning av virkeskvalitet. Liket den troligt bättre återhämtningen för tillväxt kan de parcellerna med hög densitet av älg även fått en bättre bedömning av virkeskvalitet, än vad bestånd i verkligheten hade blivit bedömda med. Detta kan kopplas till Bergström

& Bergqvist (2006) där de har en modell för andelen skadade tallar vid olika älgtätheter, samt mängd ungskog i landskapet. Modellen baseras på hur mycket bett en betad tall har efter en vinter, hur många gram varje bett innebär i föda och hur mycket föda som älgarna behöver. Den modellen visar att en högre älgdensitet, leder till högre andel med skadade tallar, då varje älg kräver en viss mängd föda och fler älgar innebär krav på mer mängd föda.

### 4.3. Påverkande för studien

Då det är svårt att isolera en skog från all sorts påverkan så kunde vissa andra faktorer som kan ha påverkat studien hittas i hägnen. Ett av dessa är förekomsten av döda tallar. Dessa kan ha varit en förklaring till att vissa parceller hade kraftigt färre antal tallar än andra, trots lägre andel bete (Figur 3). Ett exempel är inhägnaden Åtmyrberget, där parcellen med 0 älgar per 1000 hektar hade 15% tall i genomsnitt eller ungefär 450 tallar/ha. Samtidigt hade parcellen 50 älgar per 1000 hektar 42% tall i genomsnitt, eller 1100 tallar/ha. Detta var något som var tydligt redan i fält vid inventeringen, där det gjordes en extra kontroll för att vara säker på att rätt parcell inventerades. Skillnaden kunde dock även påvisas genom drönarfoto, då avsaknaden av löv på lövträden gav en tydlig skillnad på parceller med många barrträd och parceller med färre barrträd (Bilaga 7). Det gjordes försök att hitta förklaring till bortfallet av tallar baserat på tidigare studier gjorde på dessa hägn. Detta dock utan resultat då de tidigare studierna främst fokuserade på markvegetation. I fält kunde dock kännetecknen av törskatesvamp registreras på en del stammar, och på andra var exempelvis toppbrott trolig förklaring.

Inventeringen utfördes under månaden oktober samt en bit in i november. Detta innebar att en del faktorer påverkade inventeringsarbetet negativt. På grund av att inventeringen utfördes denna tid på året, hade lövträden redan hunnit tappa löven. Det blev därmed mer komplicerat att bedöma hur skicket på lövträden var, och ifall det var levande eller döda. Denna bedömning blev ännu mer komplicerat då ett kraftigt snöfall slog över inhägnaderna. Snömängden på lövträden innebar att de gav vika, och därmed blev både inventeringen mer tidskrävande av sämre framkomlighet och svårare i form av att bedöma trädens skick. Det som även påverkades av snömängden var bedömningen av marken gällande vegetation, markfuktighet samt jorddjup för ståndortsboniteringen. Innan snöfallet kom hade bladen redan lossnat från markvegetation, vilket gjorde det svårare att bedöma vilken vegetation som dominerade. Därefter kom snön och gjorde det svårt att se markvegetationen, därmed fick snön sparkas bort medan det gjordes förflyttning i inhägnaden för att se vad som kom fram mest. Markfuktigheten blev även den svårare att bedöma med ett snölager på marken, dock gjorde terrängen vid inhägnaderna det lättare att bedöma hur markfuktigheten kunde vara.

## 4.4. Modellen

Den linjära regression som gjordes för att visa samband mellan tallens diameter och parcell gav modeller där p-värdet varierade, där tre inhägnader fick låga p-värden och fyra inhägnader fick högre värden. Detta innebär att modellen är statistiskt signifikant och att nollhypotesen kan förkastas på tre inhägnader, medan det inte går att förkasta nollhypotesen på de övriga fyra inhägnaderna. De fyra inhägnader med högre p-värden har däremot samma typ av modell, som pekar mot att medeldiametern sjunker med högre älgstäthet. Modellen med högst p-värde hade därefter ett p-värde på 0,13. Det innebär att även om de fyra modellerna inte var signifikanta, så var deras p-värden inte långt ifrån gränsen för det. Genom att även utvärdera  $R^2$  värdet samt residualerna fås en ännu bättre bild över hur väl modellen passar (Greenland et al. 2016).  $R^2$  värdena för modellerna för de sju olika inhägnaderna varierade från ett lägsta värde på 0,008 till ett högsta värde på 0,128. Detta innebär att som lägst kunde enbart 0,8% av den observerade variationen förklaras av det som ingick i modellen, och som mest kunde 12,8% förklaras av det som ingick i modellen.

Gällande residualerna för modellerna så varierade dessa mellan de olika modellerna men var över lag stora, där det högsta observerade värdet var 127 och det lägsta -76. Detta är därmed ganska stor skillnad från det eftertraktade värdet nära 0 som är optimalt. Skattningen från linjära modellen kan därmed visa en diameter som är knappt 8 cm större än verkliga värdet, till en diameter som är knappt 13 cm mindre än verkliga värdet. Det är därmed stora differenser som uppstår. Detta leder till en slutsats om att modellerna som är resultatet av den linjära regressionen inte är av bra kvalitet. Vad som påverkar detta är något osäkert men faktorer som är nämnt tidigare, gällande för tidigt avslutat bete, bortgång av tallar och dylikt kan ha gjort det svårare att få till en bra linjär modell.

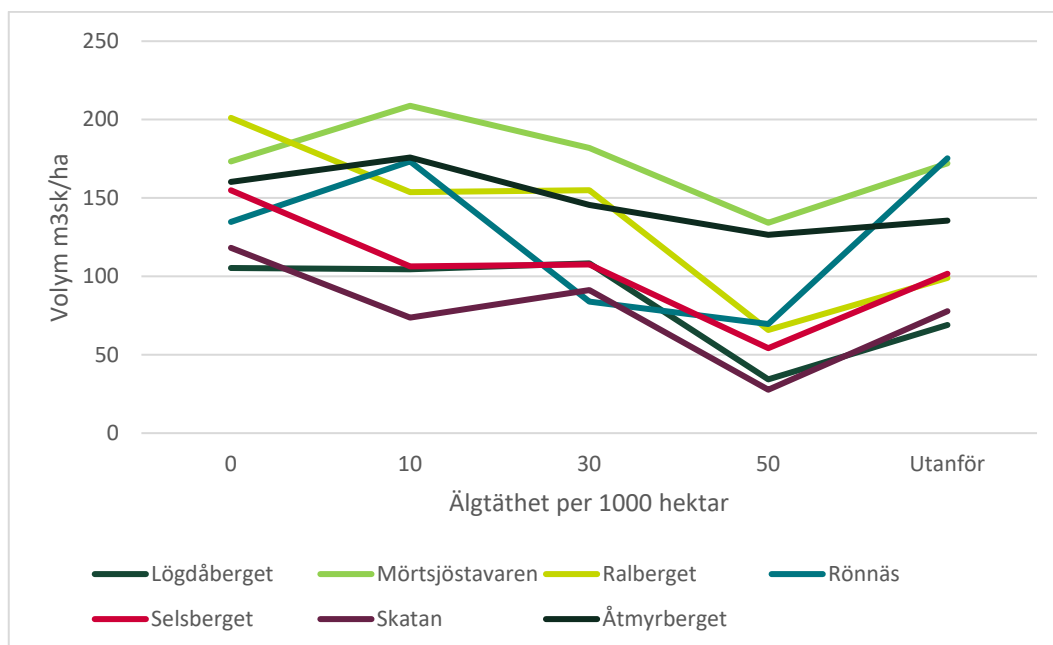
För de skattade volymerna före gallring, det uttaget som gjordes på inhägnader med gallringsbehov samt volymen efter gallring på inhägnaderna som gallrades gjordes variansanalys med hjälp av tvåvägs anova. Resultatet från dessa påvisade statistiskt signifikant resultat att älgstäthet påverkar volymen på inhägnaderna före gallring samt efter gallring då p-värdet hamnade under 0,05 för dessa. Testet för volymen som skördades fick däremot ett p-värde strax över 0,05, och därmed kan inte nollhypotesen förkastas för detta.

## 4.5. Utanför inhägnaden

Som nämnt i tidigare avsnitt baseras denna studie på inhägnader där det är simulerat älgbete, och ingenting annat. Det kan därmed uppstå funderingar över hur det

utanför hägnen, som är verkligheten, jämför sig med det partierna innanför inhägnaderna. Denna jämförelse blir intressant då det som är inventerat utanför inhägnaderna fått stå ut med alla nämnda faktorer som älgar innebär, samt även övriga djur. Genom att jämföra den skattade volymen som står i de olika parcellerna innanför inhägnaden samt parcellen utanför inhägnaderna, är det tydligt att parcellen som motsvarar 50 älgar per 1000 hektar är kraftigast påverkad (Figur 7). Den skattade volymen som står utanför inhägnaderna varierar något vid jämförelse med övriga parceller, men för majoriteten av inhägnaderna verkar den hamna någonstans mellan parcellerna som motsvarar 30 och 50 älgar per 1000 hektar. Detta resultat gick även att utläsa i Tabell 3 för volymandelen i parcellerna jämfört med kontrollparcellen som referens. Vid den jämförelsen hade parcellerna med 30 älgar per 1000 hektar i genomsnitt 16% mindre volym än kontrollparcellerna, medan parcellerna utanför i genomsnitt hade 20% av kontrollparcellernas volym.

Ytterligare en jämförelse som är intressant är hur andelen oskadade tallar skiljer sig. Att ställa parcellerna mot varandra gällande detta är intressant för att se hur verkligheten skiljer sig åt mot det simulerade. Även här är parcellen med 50 älgar per 1000 hektar mest påverkad, där det för majoriteten av inhägnaderna är större andel oskadade tallar utanför inhägnaderna än inuti inhägnaden i den parcellen (Figur 6). Mängden tall utanför inhägnaderna är samtidigt högre för varje inhägnad jämfört med parcellen 50 älgar per 1000 hektar, och lägre än 30 älgar per 1000 hektar för varje inhägnad utom Åtmyrberget (Tabell 3). Det blir därmed även här tydligt att verkligheten ställer sig mellan 30 och 50 älgar per 1000 hektar gällande andel tall och andelen skadad tall.



Figur 7: Skattad volym för varje parcell och inhägnad före eventuell gallring.  
 Figure 7: Estimated volume for each parcel and enclosure before eventual thinning

## 4.6. Slutsatser

Syftet med detta arbete var att ta reda på om olika storlekar av älgpopulation påverkar tillväxten och virkeskvalitet för tall. Baserat på resultatet från denna studie så kan det dras en slutsats om att en högre älgdensitet leder till både lägre tillväxt och sämre förutsättningar till bra virkeskvalitet. Detta då antalet oskadade tallar för bestånden med hög älgpopulation i de flesta fall är så lågt inför en förstagallring, att det inte finns tillräckligt med tallar att bilda ett bra bestånd efter gallring. Tillväxten är även påverkad i sådan utsträckning att inget bestånd med 50 älgar per 1000 hektar når upp till kontrollytans produktivitet, medan ett bestånd med 30 älgar per 1000 hektar når kontrollytans produktivitet för de inhägnader där gallringsbehov finns (Bilaga 10). Hur beståndssammansättningen påverkas av storleken av älgpopulationen är något svårt att bestämma, detta på grund av exempelvis de tidigare nämnda döda tallarna i vissa inhägnader. Trädslagsfördelningen får därmed en varierande skillnad mellan olika parceller i olika inhägnader, där vissa har en negativ effekt på antalet tall med ökad älgstam och andra har en positiv effekt med ökad älgstam (Figur 3). Det går dock att se att inhägnaderna som inte hade noterbar andel död tall har en negativ trend med andelen tall och ökad densitet med älg. Kvaliteten på tallarna visades även bli lägre vid högre älgtäthet, och detta kan påverkas till viss del med en väl genomförd gallring.

Utifrån den skattade grundytan för de olika parcellerna är det dock gemensamt att parcellen med högsta antalet älgar har en lägre grundyta än kontrollytan. Vilket ger indikationer på att en ökad älgpopulation påverkar bestånden negativt. Detta påvisas även med hjälp av testerna för volymen, där det är statistiskt signifikant att en högre älgdensitet har negativ påverkan på volymen före och efter gallring. Även den linjära regressionen för diameter ger indikationer på att en högre älgstam leder till lägre diameter för tallar, där det är statistiskt signifikant för tre av sju hägn medan övriga fyra visade samma tendenser. Dessa effekter blev även tydliga på vissa inhägnader med hjälp av fotografi från drönare (Bilaga 1–7). Med detta kan det påvisas väsentlig skillnad mellan 50 älgar per 1000 hektar och övriga parceller, och i vissa fall även för 30 älgar per 1000 hektar gällande bland annat skörd vid gallring (Bilaga 12). Det rekommenderas därmed inte att ha en densitet som når över 30 älgar per 1000 hektar, då påverkan på tallen blir stor.

Inför framtida försök vore det bra att lägga upp nya försök som hanterar den simulerade betningen olika för parcellerna när en parcell når betessäker höjd. Detta för att få en ännu mer realistisk påverkan av älgbetet för de parceller med hög andel älg, då detta tros ge en högre påverkan än vad som visas i denna studie. Det vore även bra med upprättandet av fler inhägnader på fler geografiska platser. Detta då eventuella inhägnader som är starkt påverkade av yttre skadegörare, som exempelvis törskatesvamp, kan filtreras ut.

Sammanfattningsvis kan följande slutsatser göras baserat på denna studie:

- 1) Diametertillväxten på tallarna blev lägre vid högre älgtäthet. (Signifikant för tre av sju hägn, men tendensen var densamma även för de resterande fyra hägnen).
- 2) Volymtillväxten blev lägre vid högre älgtäthet.
- 3) Möjligt gallringsuttag blev lägre vid högre älgtäthet
- 4) Kvarvarande bestånd efter gallring hade lägre volym vid högre älgtäthet.
- 5) Kvaliteten på tallarna blev i huvudsak lägre vid högre älgtäthet
- 6) Med väl genomförd gallring kan man till viss del påverka kvaliteten på det kvarvarande beståndet på ett positivt sätt, men effekten av detta är inte så stor.

## Referenser

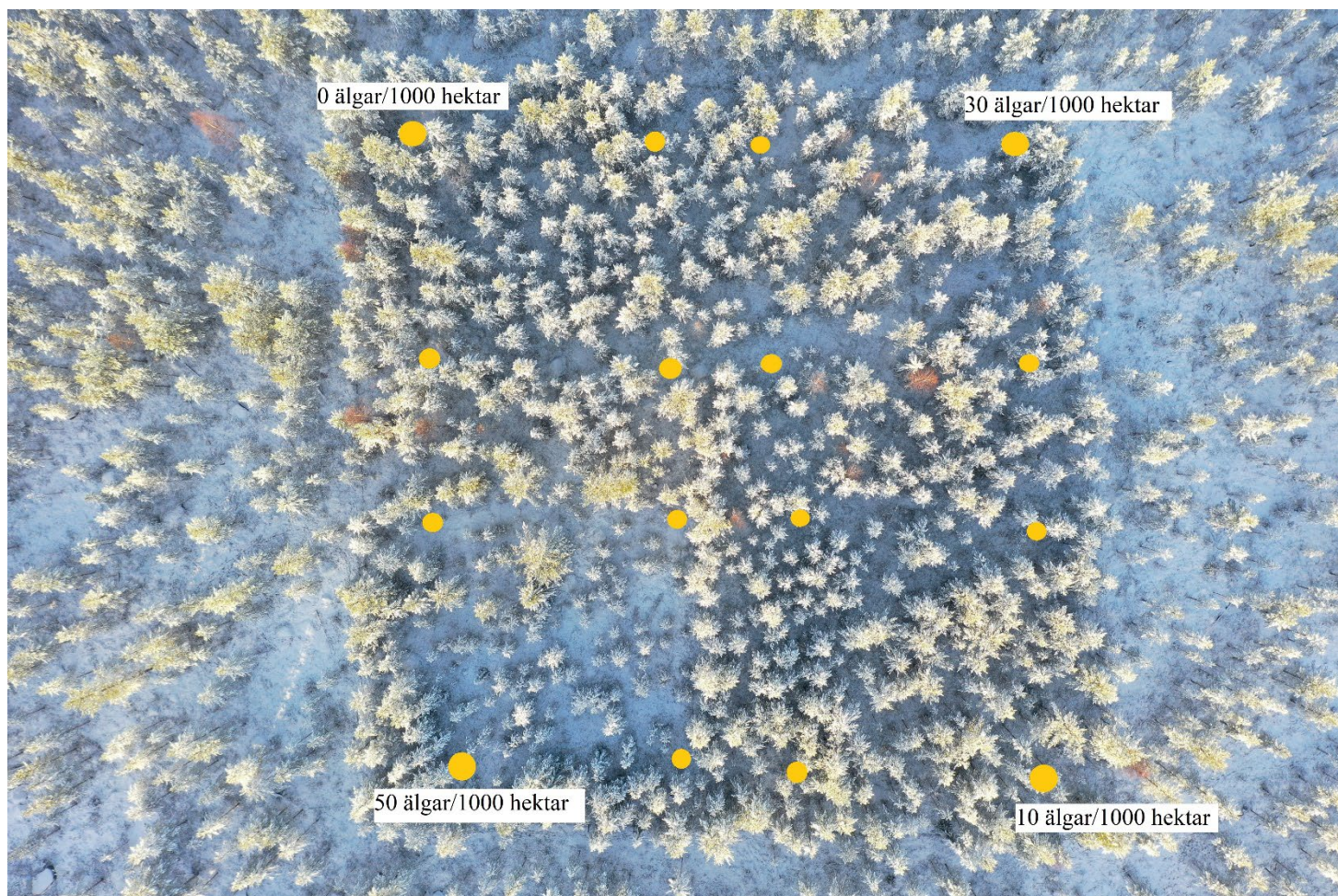
- Berggren, R. & Möller, L. (2006). Mervärdesskog - Del 2. (SOU 2006:81). Stockholm: Statens offentliga utredningar.
- Bergström, R & Bergqvist, G. (2006). Mycket älgmat skadar inte. Skogforsk: Redogörelse, 2006 (2), s 134–137.
- Bergquist, J., Björse, G., Johansson, U. & Langvall, O. (2002). Information om aktuell forskning vid SLU om vilt och dess påverkan på skogen och skogsbruket. <http://www-gran.slu.se/webbok/pdfdokument/vilt.pdf> [2022-03-09]
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Wallgren, M. (2014). Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests – effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica*, 48 (1). <https://doi.org/10.14214/sf.1077>
- Biometria (u.å.). Nationella mättningsbestämmelser - Biometria. <https://www.biometria.se/publikationer/maetningsinstruktioner/maetningsbestaemmelser/nationella-maetningsbestaemmelser/> [2022-03-08]
- Brandel, G. (1994). Nya volymfunktioner för tall, gran och björk. Skogsfakta. <https://www.slu.se/contentassets/3eb2b64ac79f4bd4b9b9d331d233bcae/brandel.pdf> [2021-10-08]
- Edgren, V. & Nylinder, P. (1949). Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark - Tall och gran i norra och södra Sverige. Statens skogsforskningsinstitut, 38(7). [https://pub.epsilon.slu.se/9924/1/medd\\_statens\\_skogsforskningsinst\\_038\\_07.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/9924/1/medd_statens_skogsforskningsinst_038_07.pdf)
- Ericsson, G., Dettki, H., Andersson, E., Edenius, L. & Ball, J. (2005). Förvaltning av älg i Västerbotten: Märkning av älg som en del av viltövervakningen. Delrapport märkning Nordmaling 2004/2005.
- Greenland, S., Senn, S.J., Rothman, K.J., Carlin, J.B., Poole, C., Goodman, S.N. & Altman, D.G. (2016). Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *European Journal of Epidemiology*, 31 (4), s. 337–350. <https://doi.org/10.1007/s10654-016-0149-3>
- Holm, S. (2012). Inventeringsteori
- Hyll, K. & Nordström, M. (2020). Kartläggning av teknik, metoder och informationsflöde för mätning av skogens produkter Review of technology, methods, and information flows for measuring products from forestry. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35185.81762>
- Ingemarson, F., Claesson, S. & Thuresson, T. (2007). Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden. Skogsstyrelsen. <https://cdn.abicart.com/shop/9098/art34/4646134-9cd2b5-1780.pdf> [2021-10-10]
- Kalén, C. (2004). Simulering av volymförlust i ett älgbetat bestånd. Osäkerhet och aktiv riskhantering - Aspekter på osäkerhet och risk i sydvenskt skogsbruk. (Blennow, K), *SUFOR Rapport*, s. 27–32.
- Kalén, C. & Månsson, J. (2004). Betesskador av älg - Rumslig analys. Osäkerhet och aktiv riskhantering - Aspekter på osäkerhet och risk i sydvenskt skogsbruk (Blennow, K), *SUFOR Rapport*, s 75–81.
- Lavsund, S., Nygrén, T. & Solberg, E.J. (2003). Status of moose populations and challenges to moose management in Fennoscandia. *Alces*, 39, s. 109–130
- Murtaugh, P.A. (2014). In defense of P values. *Ecology*, 95 (3), s. 611–617. <https://doi.org/10.1890/13-0590.1>



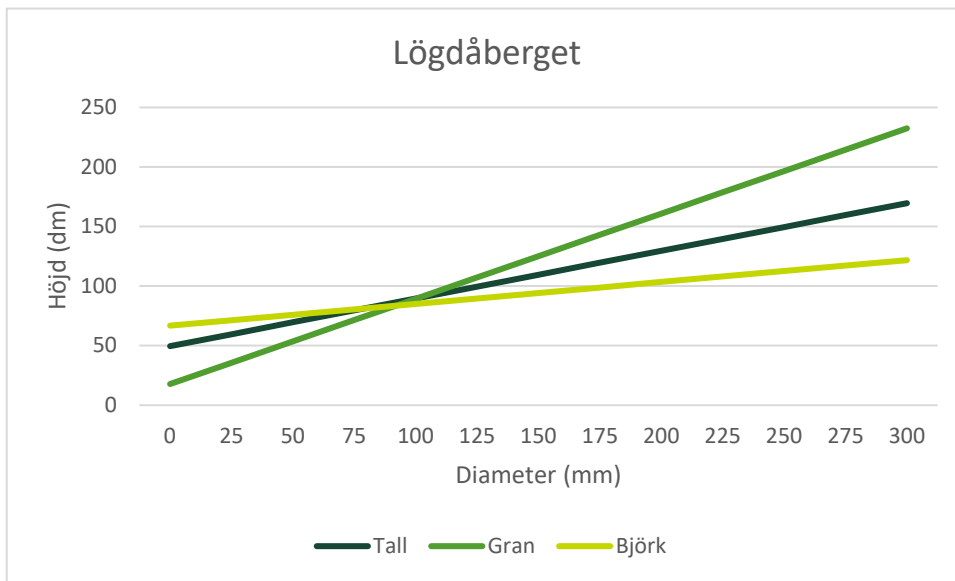
- Månsson, J., Andrén, H., Bergström, R., Kjellander, P., Pehrson, Å. & Kalén, C. (2008). Älgbete i tid och rum. [Faktablad]. [https://pub.epsilon.slu.se/3592/\[2021-10-08\]](https://pub.epsilon.slu.se/3592/[2021-10-08])
- Persson, I.-L., Bergström, R. & Danell, K. (2007). Browse biomass production and regrowth capacity after biomass loss in deciduous and coniferous trees: responses to moose browsing along a productivity gradient. *Oikos*, 116 (10), s. 1639–1650. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15946.x>
- Persson, I.-L., Danell, K. & Bergström, R. (2005). Different Moose Densities and Accompanied Changes in Tree Morphology and Browse Production. *Ecological Applications*, 15 (4), s. 1296–1305
- Rytter, L. (2019). Lövträd och lövskog - En sammanställning av nuvarande kunskap. Skogforsk. [https://www.skogforsk.se/cd\\_20191104171530/contentassets/d16b5f608f0a43fb9e6f54f110eaf47f/lovtrad-och-lovskog-low.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20191104171530/contentassets/d16b5f608f0a43fb9e6f54f110eaf47f/lovtrad-och-lovskog-low.pdf) [2022-02-20]
- SCB (2021). *Marken i Sverige*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/> [2022-03-09]
- Skogsdata (2021). Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaceringen. Umeå: Inst f. skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Skogsstyrelsen (1985a). Fälthäfte i bonitering - Västerbottens län. Skogsstyrelsen. <https://shop.skogsstyrelsen.se/sv/bocker-broschyror/broschyror/bonitering-falthaften-ac-lan.html>
- Skogsstyrelsen (1985b). Gallringsmallar - Norra Sverige. Skogsstyrelsen. <https://shop.skogsstyrelsen.se/sv/bocker-broschyror/bocker/gallringsmallar-norra-sverige.html>
- Skogsstyrelsen (2015a). Skogsskötselserien - Gallring. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-7-gallring.pdf>
- Skogsstyrelsen (2015b). Skogsskötselserien - Røjning. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-6-rojning.pdf>
- Skogsstyrelsen (2017a). Skogsskötselserien - Skador på skog del 1. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-12-skador-pa-skog-del-1-skogsskador-i-skogens-olika-utvecklingsstadier.pdf>
- Skogsstyrelsen (2017b). Skogsskötselserien - Skador på skog del 2. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-12-skador-pa-skog-del-2-gamla-och-nya-epidemier-och-utbrott-pa-skog.pdf>
- SLU (2022). Frågor och svar om älg. *SLU.SE*. <https://www.slu.se/institutioner/vilt-fisk-miljo/alg/alg-faq/> [2022-03-09]
- Wallgren, M. (2023). Sverige har världens tätaste älgstam. <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2023/sveriges-algstam-fortfarande-i-topp/> [2024-02-15]
- Widemo, F. (2021). Attityder till älgstammens storlek 2013–2021. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/vfm/nyheter/2021/oktober/attityder-till-algstammens-storlek-2013-2021.pdf> [2022-03-08]
- Ågren, K., Arlinger, J., Bhuiyan, N., Hannrup, B., Möller, J.J. & Wilhelmsson, L. (2021). Formkvot för tall och gran - En kartläggning med skördardata. Skogforsk, Arbetsrapport 1100–2021. [https://www.skogforsk.se/cd\\_20211206110629/contentassets/fa0f6345dcb4928abc79d83283336d7/arbetsrapport-1100-2021.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20211206110629/contentassets/fa0f6345dcb4928abc79d83283336d7/arbetsrapport-1100-2021.pdf)

# Bilaga 1 - Lögdåberget

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



Höjdtvecklingskurva för tall, gran och björk på Lögdåberget.



Resultat för linjär regression i programmet R för Lögdåberget

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-38.145	-23.159	-9.346	18.202	126.841

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	88.14475	2.36402	37.286	<2e-16 ***
Parcell	-0.15971	0.09862	-1.619	0.106

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

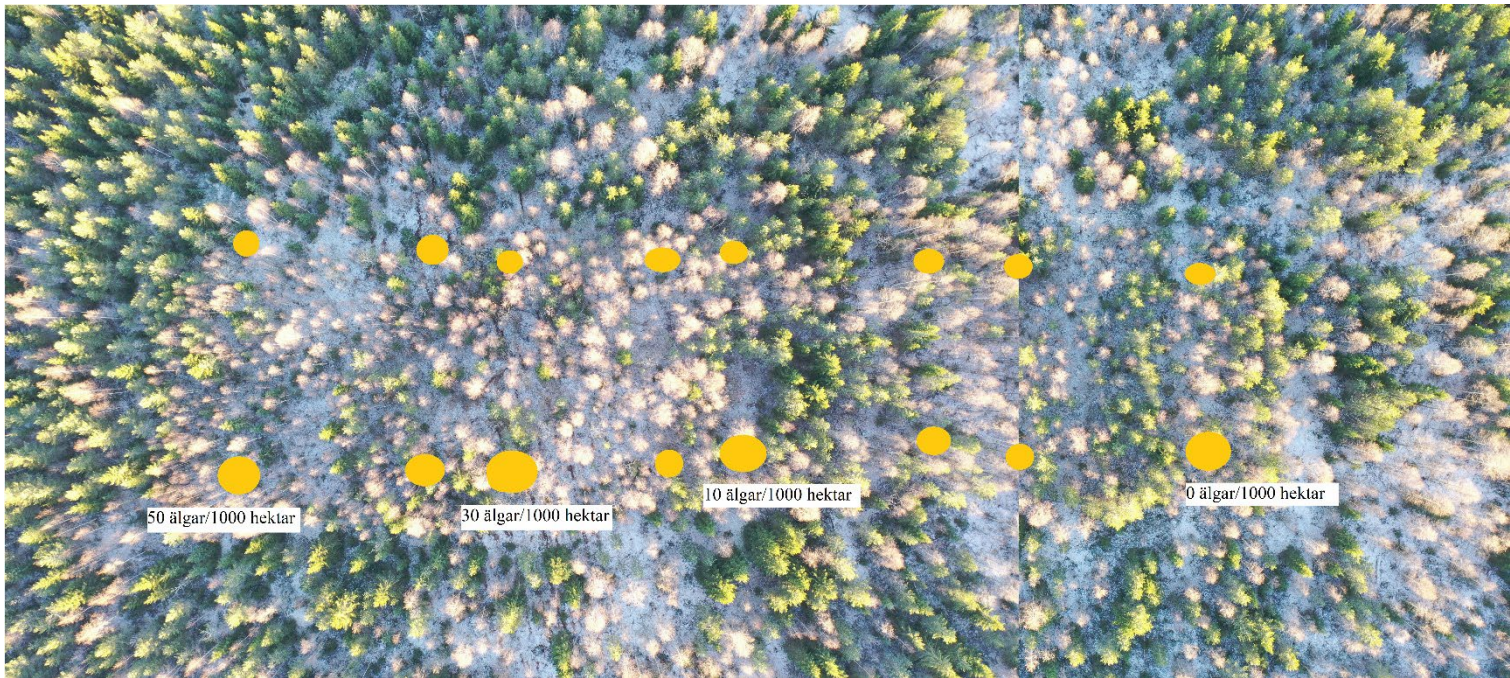
Residual standard error: 30.61 on 332 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.007837, Adjusted R-squared: 0.004848

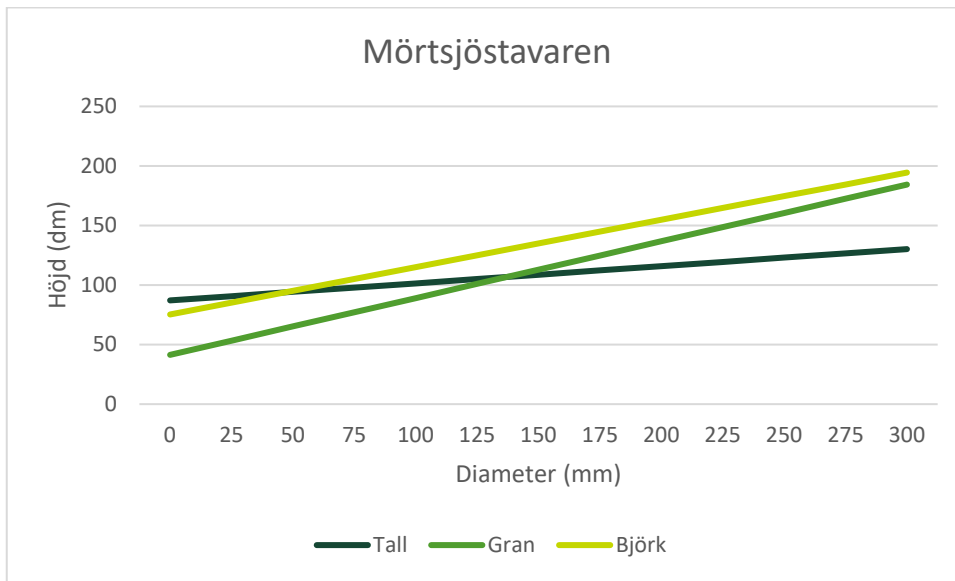
F-statistic: 2.622 on 1 and 332 DF, p-value: 0.1063

## Bilaga 2 - Mörtsjöstavaren

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Mörtsjöstavaren.



Resultat för linjär regression i programmet R för Mörtsjöstavaren

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-57.684	-29.684	-5.474	23.392	91.968

Coefficients:

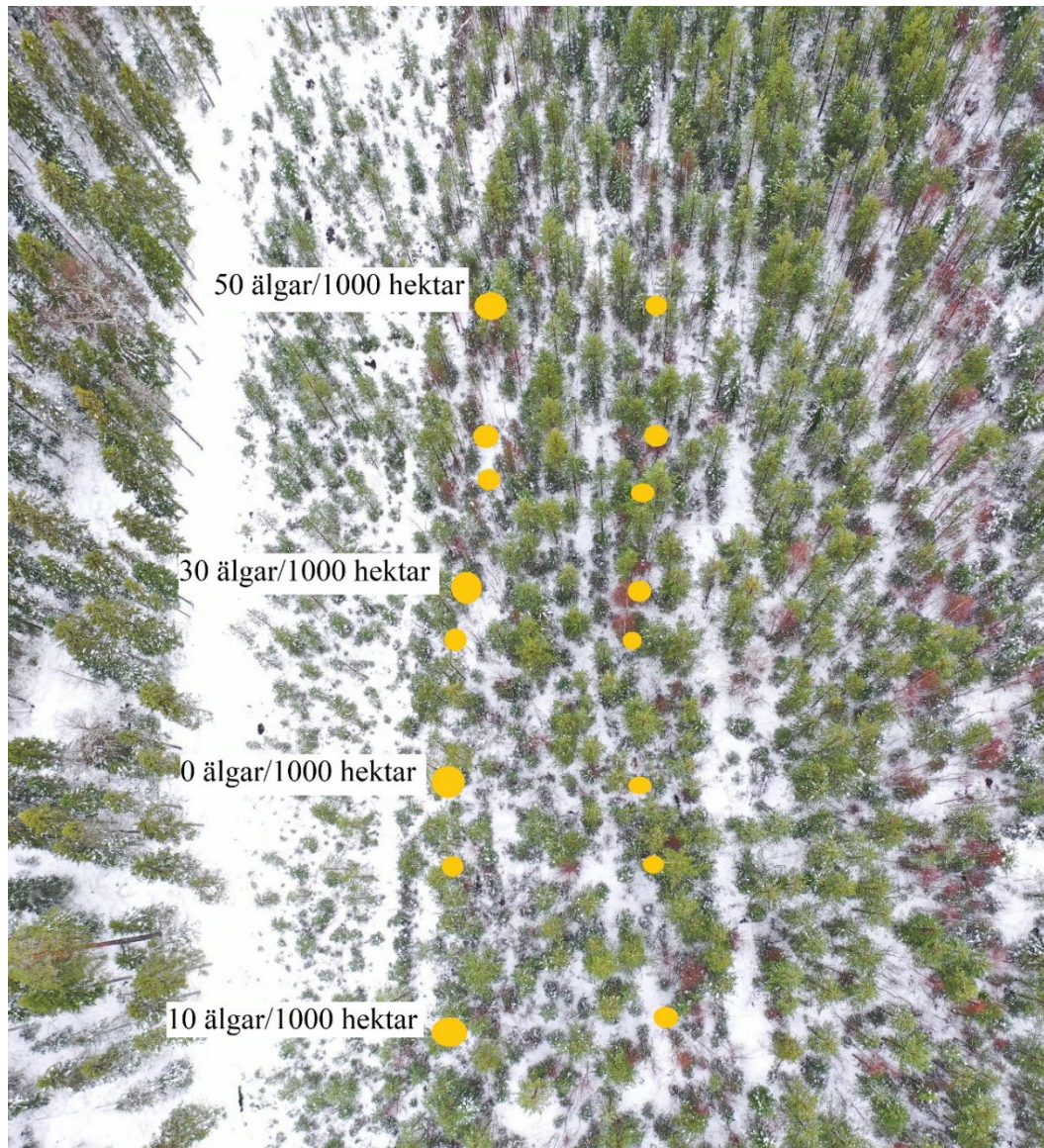
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	110.6839	4.4475	24.887	<2e-16 ***
Parcell	-0.3884	0.1934	-2.008	0.0471 *

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

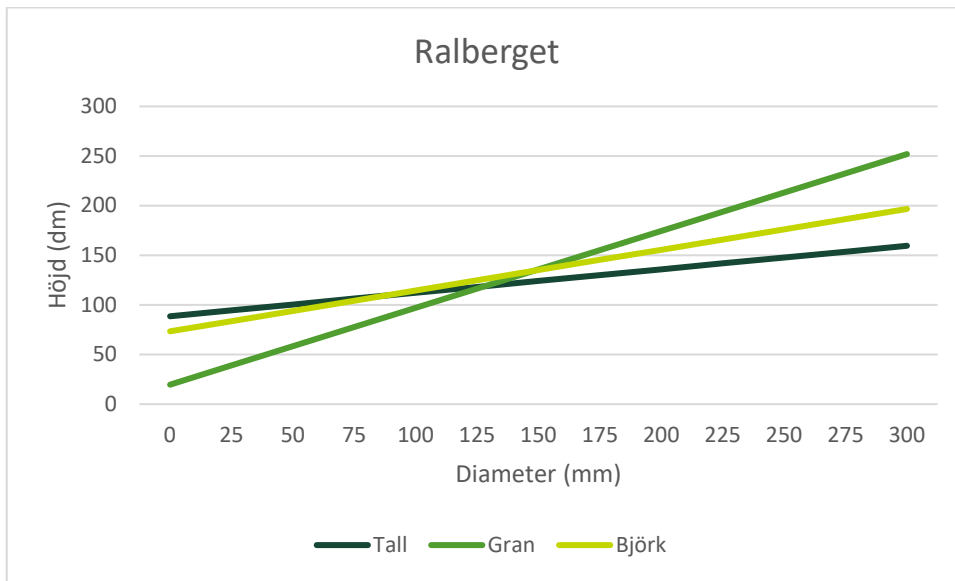
Residual standard error: 34.36 on 110 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.03535, Adjusted R-squared: 0.02658  
 F-statistic: 4.031 on 1 and 110 DF, p-value: 0.04712

## Bilaga 3 - Ralberget

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



## Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Ralberget



## Resultat för linjär regression i programmet R för Ralberget

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-76.460	-35.770	-1.977	29.489	98.023

Coefficients:

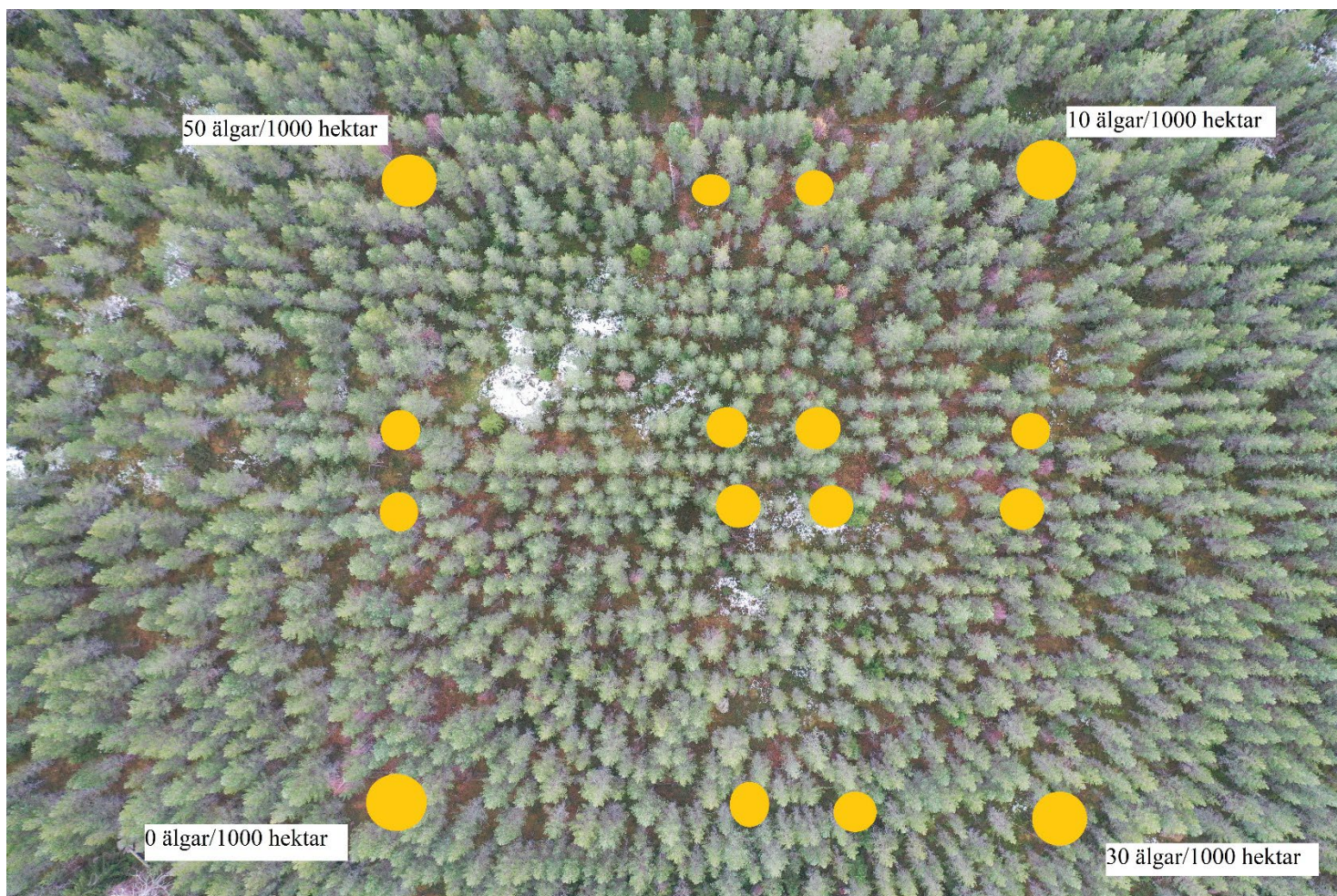
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	126.4598	4.3426	29.121	<2e-16 ***
Parcell	-0.2897	0.1902	-1.523	0.13

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 39.91 on 177 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.01293, Adjusted R-squared: 0.007356  
F-statistic: 2.319 on 1 and 177 DF, p-value: 0.1296

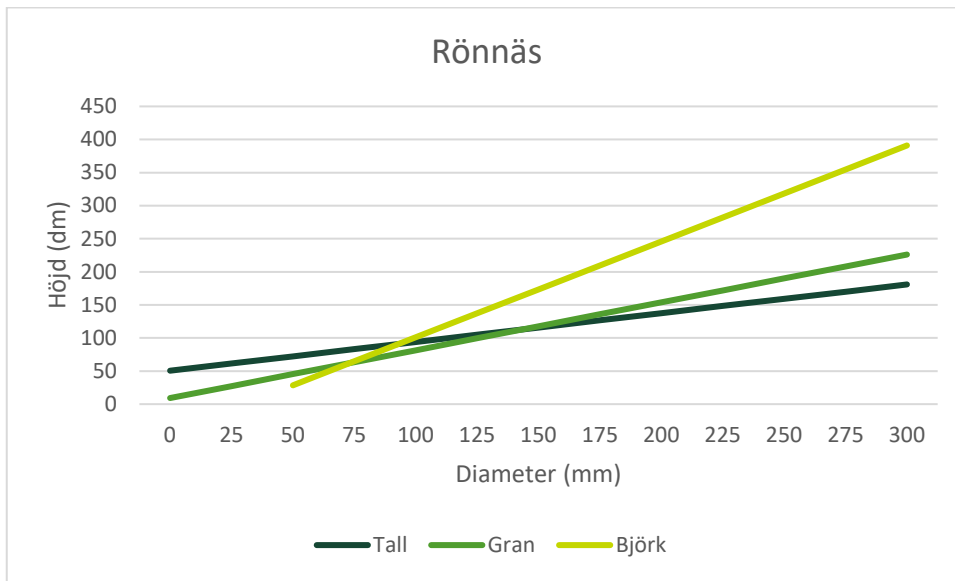
## Bilaga 4 – Rönnäs

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.





Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Rönnsås.



Resultat för linjär regression i programmet R för Rönnsås

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-66.782	-24.351	-0.851	20.327	112.436

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	117.7819	3.0013	39.244	< 2e-16 ***
Parcell	-0.6644	0.1044	-6.364	8.12e-10 ***

---  
 signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

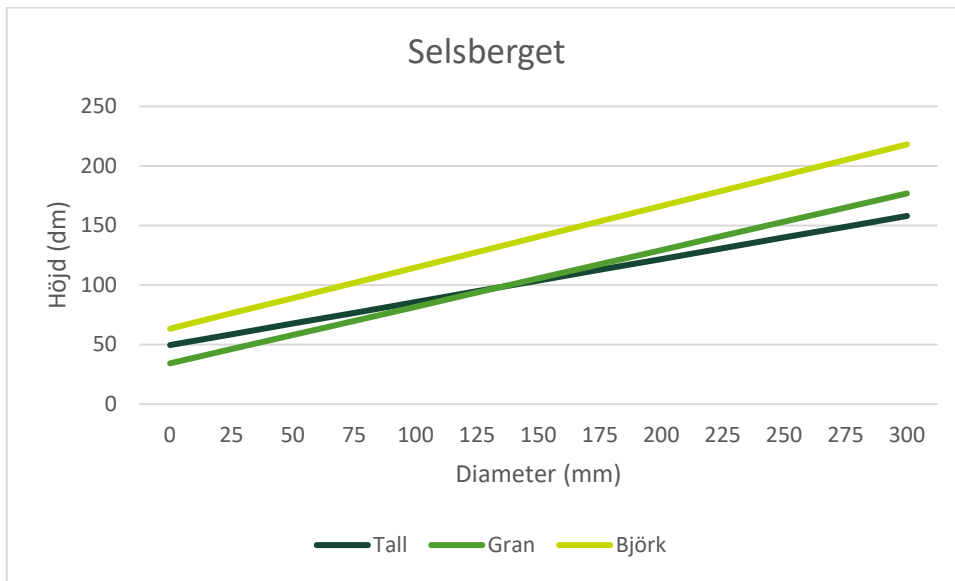
Residual standard error: 32.26 on 277 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.1276, Adjusted R-squared: 0.1244  
 F-statistic: 40.5 on 1 and 277 DF, p-value: 8.12e-10

## Bilaga 5 – Selsberget

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



## Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Selsberget



## Resultat för linjär regression i programmet R för Selsberget

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-50.426	-21.027	-3.327	17.624	83.574

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	100.42638	2.58742	38.813	< 2e-16 ***
Parcell	-0.50998	0.09116	-5.595	5.9e-08 ***

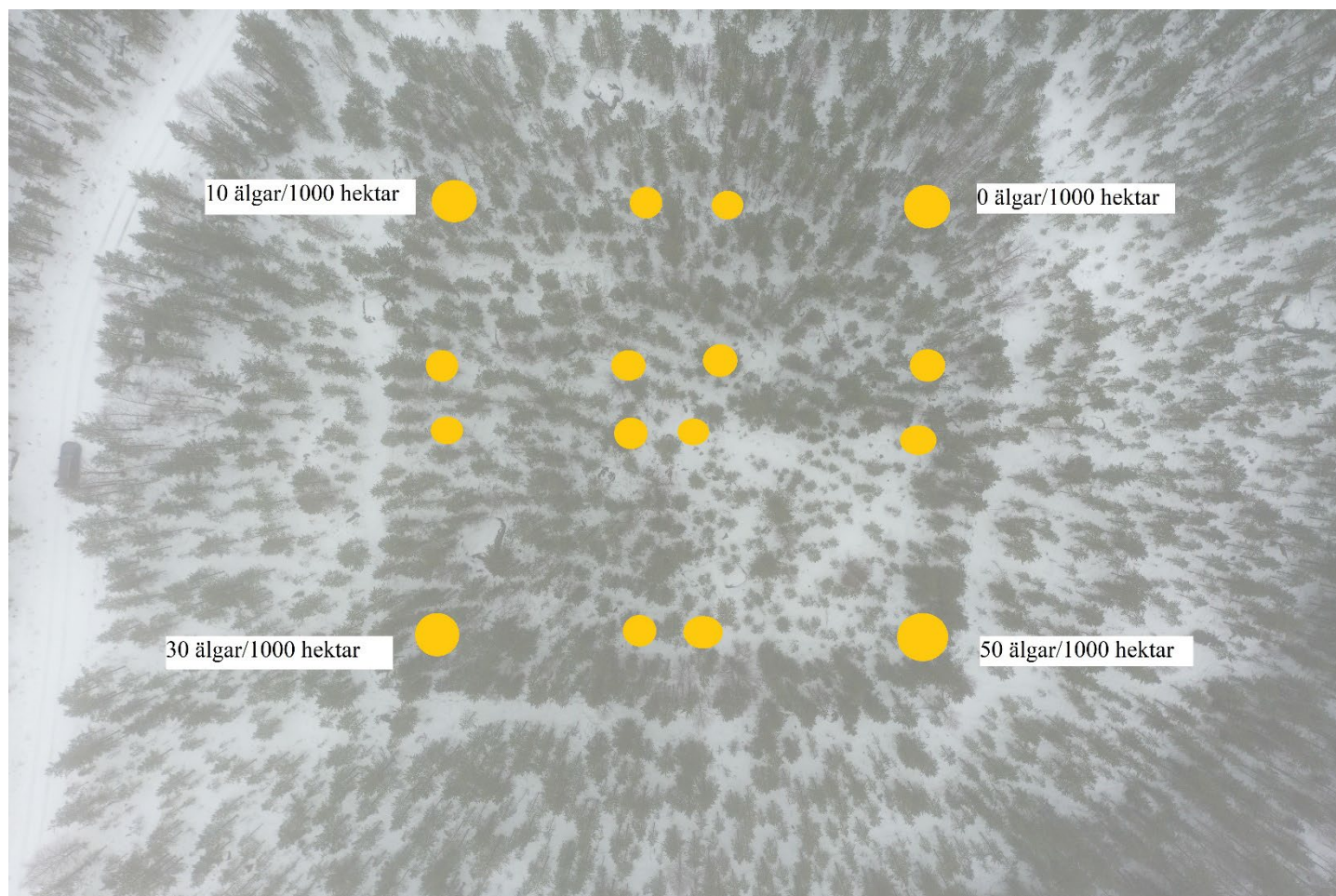
---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

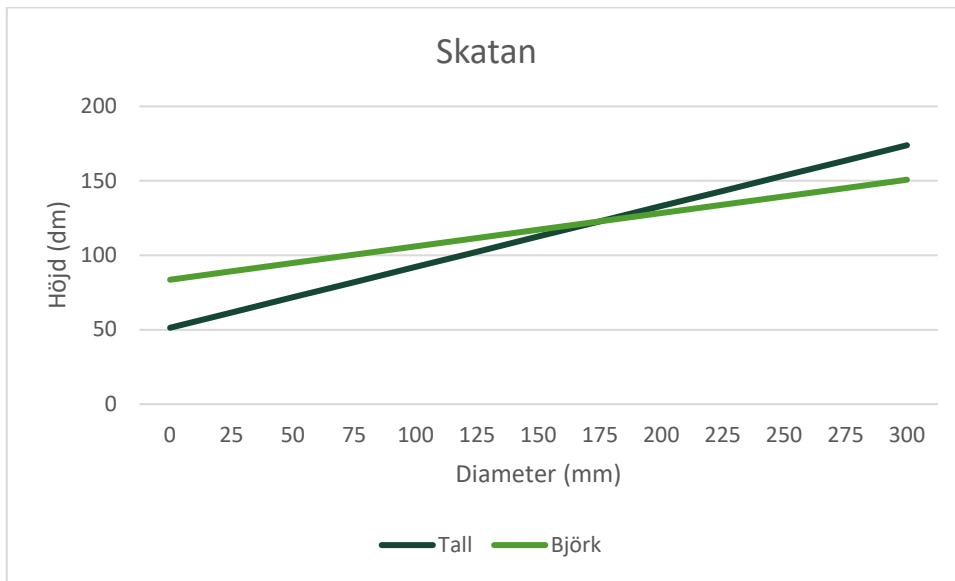
Residual standard error: 26.35 on 245 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1133, Adjusted R-squared: 0.1097  
F-statistic: 31.3 on 1 and 245 DF, p-value: 5.899e-08

## Bilaga 6 – Skatan

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



## Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Skatan



## Resultat för linjär regression i programmet R för Skatan

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-28.274	-18.856	-6.856	11.853	110.726

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	78.27425	1.93577	40.436	<2e-16 ***
Parcell	-0.14184	0.08761	-1.619	0.106

---

signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

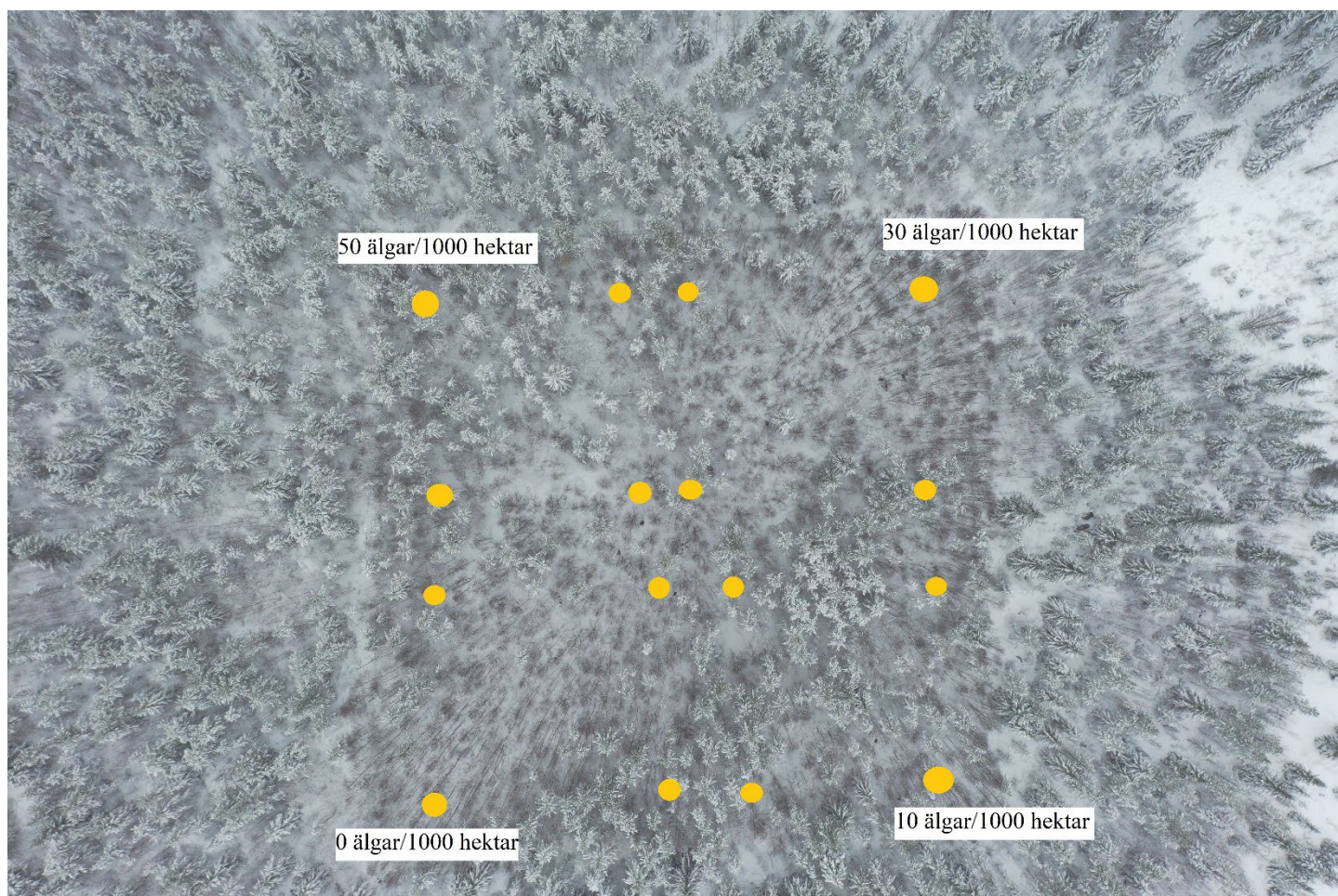
Residual standard error: 24 on 313 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.008306, Adjusted R-squared: 0.005138

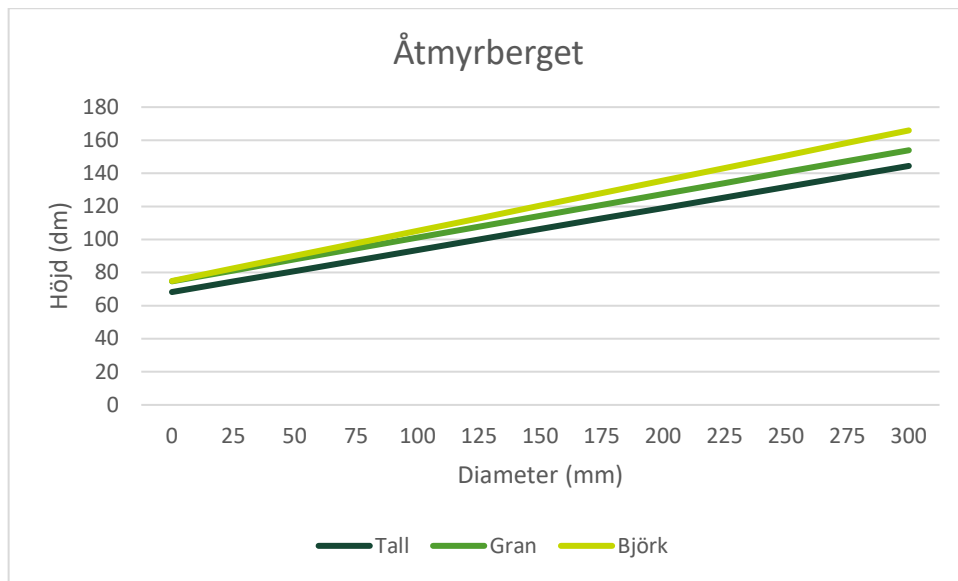
F-statistic: 2.622 on 1 and 313 DF, p-value: 0.1064

## Bilaga 7 – Åtmyrberget

Översikt över inhägnaden där de gula punkterna markerar ungefärlig placering av hörnen för de olika parcellerna.



Höjdtvecklingskurvor för tall, gran och björk på Åtmyrberget.



Resultat för linjär regression i programmet R för Åtmyrberget

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-55.666	-24.583	-3.583	21.751	87.334

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	106.6655	4.2732	24.961	<2e-16 ***
Parcell	-0.2416	0.1393	-1.734	0.0852 .

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 31.89 on 131 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.02245, Adjusted R-squared: 0.01498  
 F-statistic: 3.008 on 1 and 131 DF, p-value: 0.08522

## Bilaga 8 – Tabell över inhägnader utan gallringsbehov

Tabell för övre höjd, grundyta och trädslagsfördelning per parcell samt skattad volym per provyta utan gallringsbehov

Inhägnad	Parcell	Övre höjd (m)	Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	Andel av grundytan (%)				Volym per provyta för inhägnader utan gallringsbehov (m <sup>3</sup> /ha)				
				Tall	Gran	Björk	Ö.Löv	1	2	3	4	Medel
Lögdåberget	0	11	17,4	95	3	3	0	117,8	85,4	120,6	97,4	105,3
	10	10,5	17,4	99	1	0	0	90,1	130,5	61,7	135,8	104,5
	30	11,5	17	90	4	6	0	151,4	100,5	112,5	68,9	108,3
	50	7,5	5,6	90	10	0	0	17,9	82,5	9,8	26,9	34,3
	Utanför	10	10,9	100	0	0	0	29,1	88	61,1	98,1	69,1
Mörtsjöstavaren	0	11	23,3	45	2	48	4					
	10	11,5	27,4	24	10	60	6					
	30	12	23,9	34	11	47	8					
	50	10,5	18,6	7	17	74	2					
	Utanför	11	21,9	43	14	43	0					
Ralberget	0	13,5	27,3	70	8	19	3					
	10	13	22,6	75	12	13	0					
	30	13,4	22,1	77	19	4	0					
	50	9,5	10,9	43	56	1	0					
	Utanför	10,5	14,2	56	28	16	0					
Rönnäs	0	12	19,4	93	2	5	0	131	123,7	176,4	108,1	134,8
	10	12,5	24,1	97	0	3	0	152,4	201,1	205,2	134,7	173,3
	30	11	13,2	95	5	0	0	75,9	71,1	84,7	104,4	84
	50	9,5	10,8	99	1	0	0	24,7	96,9	102,7	54,2	69,6
	Utanför	12,5	23,4	92	7	1	0	194,4	125,4	171,2	210,3	175,3



Selsberget	0	11	23,1	60	2	37	1					
	10	10	16	66	11	23	1					
	30	9,5	16,2	79	9	12	0					
	50	7	8,3	66	33	1	0					
	Utanför	9,5	15,2	80	16	4	0					
Skatan	0	12	18,8	76	1	24	0	115,8	91,2	149,5	116,4	118,2
	10	9,5	12,8	84	0	16	0	90,9	55,5	72,8	75,5	73,7
	30	11	15	76	0	24	0	114,2	101,2	75,9	73,5	91,2
	50	8	4,2	68	0	32	0	6,4	27,5	35	41,7	27,7
	Utanför	10,5	12,4	100	0	0	0	84,1	44,1	151,7	30,7	77,7
Åtmyrberget	0	9,5	24,6	15	2	64	19					
	10	11	26,5	57	8	28	7					
	30	10,5	22	10	13	72	5					
	50	10	19,6	42	3	51	4					
	Utanför	10	19,4	80	18	3	0					

## Bilaga 9 – Skattad grundyta gallring

Skattning av grundyta för de inhägnaderna med gallringsbehov samt parcellerna, och skattning för grundytan gällande mål efter gallring samt uttag

Inhägnad	Parcell	Grundyta före gallring (m <sup>2</sup> )	Mål för grundyta efter gallring (m <sup>2</sup> )	Önskat uttag (m <sup>2</sup> )	Verkligt uttag (m <sup>2</sup> )
Mörtsjöstavaren	0	23,3	16,3	7,0	7,0
	10	27,4	16,3	11,1	11,0
	30	23,9	16,3	7,6	7,7
	50	18,6	16,3	2,3	2,7
	Utanför	21,9	16,3	5,6	5,4
Ralberget	0	27,3	19,1	8,2	8,2
	10	22,6	19,1	3,5	4,1
	30	22,1	19,1	3,0	3,9
	50	10,9	19,1	0,0	0,0
	Utanför	14,2	19,1	0,0	0,0
Selsberget	0	23,1	16,2	6,9	6,9
	10	16	16,2	0,0	0,0
	30	16,2	16,2	0,0	0,0
	50	8,3	16,2	0,0	0,0
	Utanför	15,2	16,2	0,0	0,0
Åtmyrberget	0	24,6	17,2	7,4	7,3
	10	26,5	17,2	9,3	9,3
	30	22	17,2	4,8	4,8
	50	19,6	17,2	2,4	2,7
	Utanför	19,4	17,2	2,2	3,0

## Bilaga 10 – Skattad volym inhägnader i behov av gallring

Skattning av volym (m<sup>3</sup>/ha) på alla provytor för alla inhägnader som var i behov av gallring

Inhägnad	Parcell	Yta				Medel	SD
		1	2	3	4		
Mörtsjöstavaren	0	187,3	222,0	123,5	160,9	173,4	36,1
	10	188,0	209,5	200,8	236,9	208,8	17,9
	30	189,7	148,7	194,9	194,1	181,9	19,2
	50	145,9	177,2	98,7	114,9	134,2	30,1
	Utanför	156,8	180,8	200,2	150,5	172,1	19,8
Ralberget	0	230,6	177,3	166,3	230,1	201,1	29,5
	10	148,2	115,6	207,3	143,9	153,8	33,3
	30	101,7	117,4	196,5	204,6	155,0	45,9
	50	115,3	17,3	27,6	103,2	65,8	43,8
	Utanför	73,5	247,2	41,4	34,5	99,1	86,7
Selsberget	0	144,3	166,7	171,4	137,2	154,9	14,5
	10	71,2	149,9	102,7	101,9	106,4	28,1
	30	90,2	123,2	121,3	95,7	107,6	14,8
	50	40,6	59,8	56,8	59,7	54,2	7,9
	Utanför	50,1	142,8	80,7	133,3	101,7	38,0
Åtmyrberget	0	179,8	140,0	160,1	160,8	160,2	14,0
	10	193,1	174,2	211,3	124,7	175,8	32,3
	30	173,2	154,7	150,9	103,8	145,6	25,6
	50	98,2	111,8	155,5	140,6	126,5	22,7
	Utanför	145,4	170,1	97,4	128,9	135,5	26,4

## Bilaga 11 – Skattad volym som kan skördas

Skattad volym (m<sup>3</sup>/ha) som kan skördas vid simulerad gallring för de inhägnaderna med gallringsbehov

Inhägnad	Parcell	Yta				Medel	SD
		1	2	3	4		
Mörtsjöstavaren	0	69,2	68,0	36,1	54,3	56,9	13,4
	10	46,0	67,3	70,3	73,0	64,1	10,6
	30	61,3	51,0	68,3	67,6	62,0	6,9
	50	49,1	53,9	31,7	28,1	40,7	11,0
	Utanför	52,3	59,7	67,7	48,1	56,9	7,5
Ralberget	0	61,2	45,2	45,1	62,8	53,6	8,4
	10	34,5	29,9	51,1	40,6	39,0	7,9
	30	21,3	28,6	55,6	49,3	38,7	14,2
	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Utanför	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Selsberget	0	50,8	49,0	45,6	44,9	47,6	2,4
	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Utanför	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Åtmyrberget	0	55,6	40,6	52,5	44,6	48,3	6,0
	10	55,6	50,9	60,3	36,7	50,9	8,8
	30	55,0	46,7	44,9	28,5	43,8	9,6
	50	30,5	31,8	45,6	44,4	38,1	7,0
	Utanför	39,2	50,8	33,0	43,9	41,7	6,5

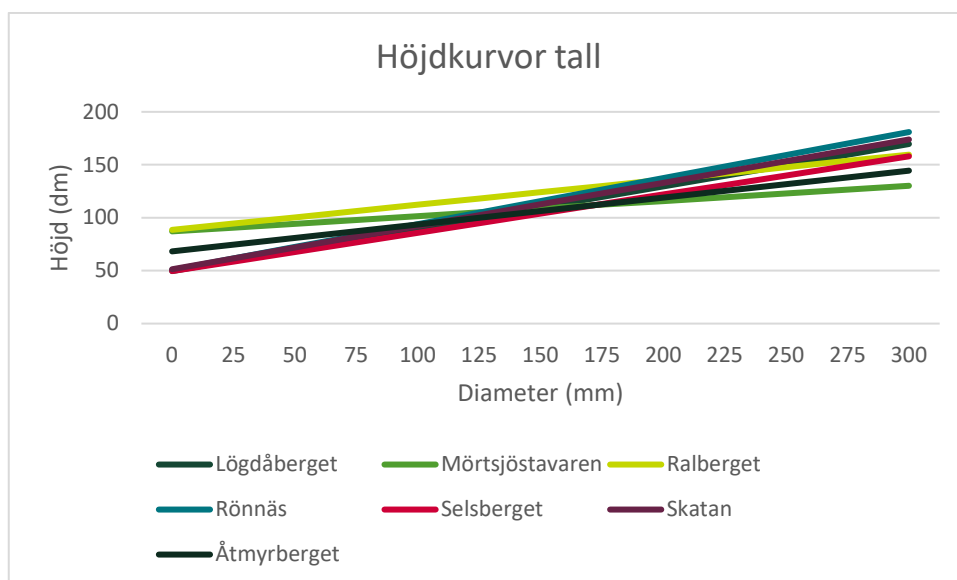
## Bilaga 12 – Skattad volym efter gallring

Skattad volym (m<sup>3</sup>/ha) för inhägnaderna efter simulerad gallring

Inhägnad	Parcell	Yta				Medel	SD
		1	2	3	4		
Mörtsjöstavaren	0	118,1	154,0	87,4	106,6	116,5	24,3
	10	141,9	142,2	130,6	163,9	144,7	12,1
	30	128,4	97,8	126,6	126,6	119,8	12,8
	50	96,8	123,3	67,0	86,8	93,4	20,3
	Utanför	104,5	121,1	132,5	102,4	115,1	12,4
Ralberget	0	169,4	132,1	121,2	167,3	147,5	21,2
	10	113,8	85,7	156,2	103,3	114,7	26,0
	30	80,3	88,8	140,8	155,2	116,3	32,3
	50	115,3	17,3	27,6	103,2	65,8	43,8
	Utanför	73,5	247,2	41,4	34,5	99,1	86,7
Selsberget	0	93,5	117,8	125,8	92,4	107,4	14,7
	10	71,2	149,9	102,7	101,9	106,4	28,1
	30	90,2	123,2	121,3	95,7	107,6	14,8
	50	40,6	59,8	56,8	59,7	54,2	7,9
	Utanför	50,1	142,8	80,7	133,3	101,7	38,0
Åtmyrberget	0	124,2	99,4	107,6	116,2	111,8	9,3
	10	137,5	123,3	151,0	88,0	125,0	23,5
	30	118,1	108,1	106,0	75,3	101,9	16,0
	50	67,7	80,0	109,9	96,3	88,5	16,0
	Utanför	106,3	119,4	64,4	85,1	93,8	20,9

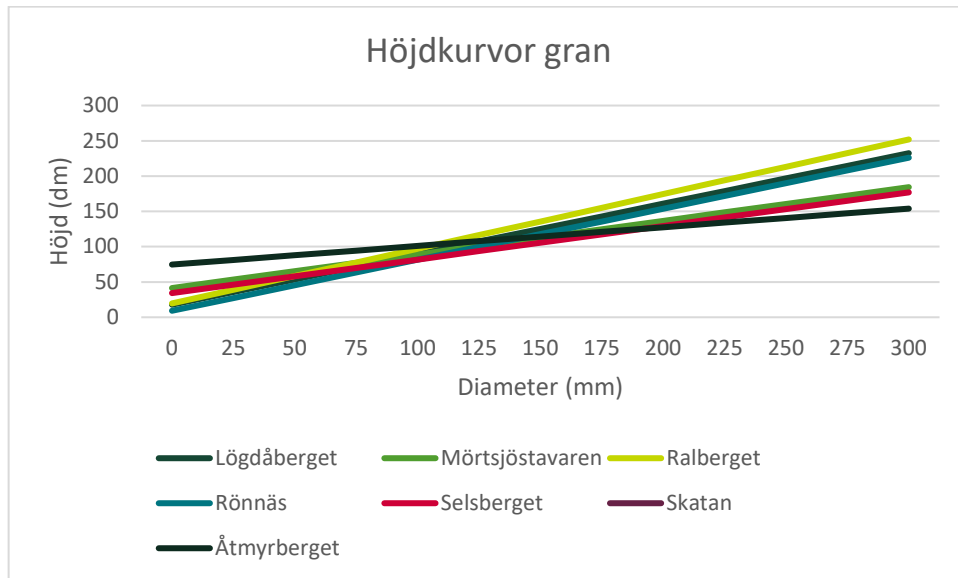
## Bilaga 13 – Höjdtvecklingskurvor tall

Höjdtvecklingskurvor för tall från de olika inhägnaderna.



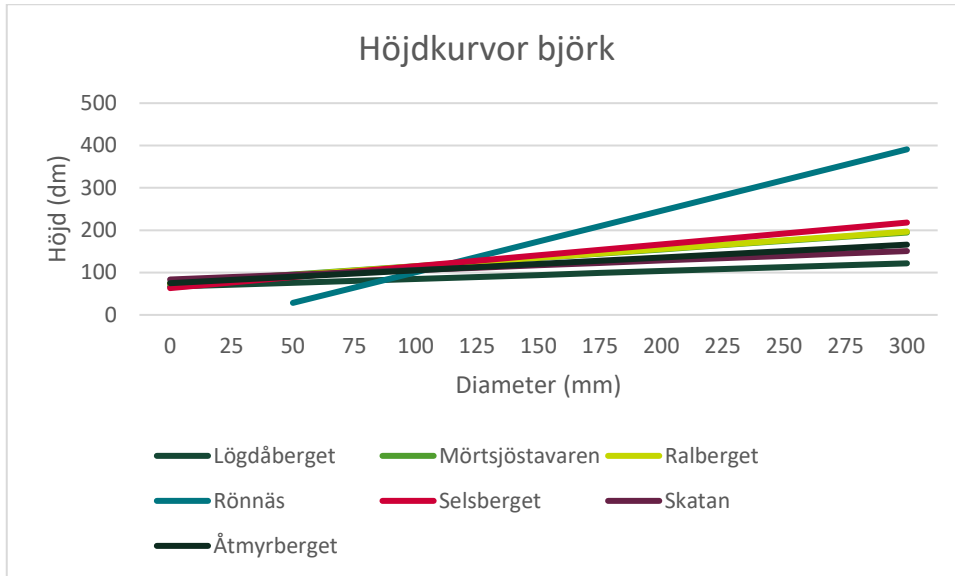
# Bilaga 14 – Höjdtvecklingskurvor gran

Höjdtvecklingskurvor för gran från de olika inhägnaderna.



# Bilaga 15 - Höjdtvecklingskurvor björk

Höjdtvecklingskurvor för björk från de olika inhägnaderna.





## Bilaga 16 – Tvåvägs anova skattad volym

Resultat för tvåvägs anova från programmet R för skattad volym för alla inhägnader före gallring.

```
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Inhägnad      6  30247     5041   10.22 5.56e-05 ***
Älgtäthet     3  24990     8330   16.89 1.80e-05 ***
Residuals    18   8878      493
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Resultat för tvåvägs anova från programmet R för skattad volym som ska skördas för de inhägnaderna med gallringsbehov.

```
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Inhägnad      3   4295   1431.6    7.797 0.00714 **
Älgtäthet     3   2059    686.2    3.737 0.05403 .
Residuals     9   1652    183.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Resultat för tvåvägs anova från programmet R för skattad volym som är kvar efter simulerad gallring för de inhägnaderna med gallringsbehov.

```
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Inhägnad      3   1286    428.7    2.197 0.15802
Älgtäthet     3   5789   1929.8    9.890 0.00329 **
Residuals     9   1756    195.1
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```