

# BETT-försöket de första tio åren

Betets Effekter på Tallens Tillväxt 2012–2022

Märtha Wallgren



BETT-hägnad i Boxholm, hägnad yta t.v. och öppen del av beståndet t.h.

## Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>5</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>8</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>10</b>
Betesskador – ett skogligt problem .....	10
Historisk återblick .....	10
<b>Syfte</b> .....	<b>11</b>
<b>Metodbeskrivning</b> .....	<b>12</b>
Inventeringsområden och försöksupplägg .....	12
Inventeringsområden .....	12
Anläggning och försöksupplägg .....	12
Hägnspecifikation .....	13
Skötsel av bestånd .....	13
Inledande skötsel .....	13
Röjning .....	13
Markvärdar .....	14
Silva Boreal .....	14
<b>Fältarbete</b> .....	<b>14</b>
Inledande fältarbete .....	14
Beståndsegenskaper .....	14
Utsättning av provtytor .....	15
Inmätning av plantor .....	15
Positionering .....	15
Markering .....	15
ID-numrering .....	15
Vitalitet .....	17
Höjd .....	17
Årlig inventering av bete, tillväxt och skador .....	17
Inventeringsvariabler .....	17
Senare inventeringar, från 2,5 m höjd .....	20
Senare inventeringar, från 4–5 m höjd .....	20
Spillningsinventering .....	21

<b>Resultat</b> .....	<b>21</b>
Harbete .....	21
Klövviltsbete .....	24
Totalt bete .....	24
"Äbinskador" .....	27
Överlevnad.....	28
Tillväxteffekter .....	30
Höjdtillväxt.....	30
Volymer .....	33
<b>Diskussion</b> .....	<b>35</b>
Betets effekter .....	35
Variation .....	35
Olika skadegörare .....	35
Skador .....	36
Överlevnad .....	36
Tillväxt .....	36
Trädslagsval .....	37
Lärdomar för förvaltning av vilt och skog .....	38
Relaterad forskning.....	38
Simulerat bete .....	38
Foder.....	39
Ekonomi.....	39
Ekologiska effekter .....	39
<b>Referenser</b> .....	<b>40</b>



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

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts augusti månad 2023 av Line Djupström, Biträdande programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 14 augusti 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, [charlotte.hessulf@skogforsk.se](mailto:charlotte.hessulf@skogforsk.se)  
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

# Förord

Arbetsrapporten baseras på resultat från projektet ”Viltbetets effekter på trädens tillväxt – mot ett förbättrat beslutsunderlag inom klövviltsförvaltning” med journalnummer 2018–3956 inom landsbygdsprogrammet 2014–2020.

Resultaten baseras på årliga mätningar av överlevnad, tillväxt och betesskador hos 23 382 tallar och granar med stor spridning över Sverige. Projektet är ett delprojekt inom BETT-försöket – ”Betets Effekter på Tallens Tillväxt”. BETT-försöket etablerades under åren 2012–2014 som ett uppdrag från Skogforsks styrelse 2011, enligt grundidé och design av Roger Bergström.

Ett stort antal personer har på många olika sätt bidragit till BETT-försöket sedan planeringen påbörjades 2011 fram till skrivande stund. Ett särskilt varmt tack riktas till Hagos Lundström för hans noggranna arbete med etableringen av försöket, samt Michael Krook, Staffan Williamsson och Mats Jonasson för deras enorma insats under ett decennium av datainsamling i fält.

Stort tack också till markägarna Holmen AB, Häradsmarken AB, SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget), Stora Enso Skog och Mark AB, Sveaskog AB, Södra Skogsägarna ekonomisk förening och Växjö stift som generöst upplåter mark till BETT-försöket.

Märtha Wallgren, Uppsala augusti 2023

## Summary

Ungulates, especially moose (*Alces alces*), browse on young Scots pine (*Pinus sylvestris*), causing various types of damage and loss of green needle biomass. This has consequences for forestry in Sweden in the form of higher costs and reduced timber quality and timber production. The BETT Study was established in 2012-2014 as an expanded and improved version of the Furudal Study, which started in 1979. In a game-changing report in 2010, the latter study had revealed that moose browsing caused high tree volume losses along with damage that impacted timber quality.

The purpose of this report is to describe the first ten years of the BETT study in terms of establishment and browsing effects during the seedling and young sapling stages. The report primarily addresses effects at plot level, by comparing fenced and unfenced plots, 30 x 30 m. The study plots are situated in 21 stands distributed over seven study areas from Västerbotten in the north of Sweden to Småland in the south. Annual field surveys have monitored variables including survival, vitality, and growth, as well as damage caused by ungulates, hares (*Lepus* spp.), or other animals.

Browsing by hare primarily involved newly planted stands at the beginning of the project period, and decreased rapidly over time. In general, levels of hare browsing have been low,  $\leq 3\%$  of plants within a plot, but a few stands have been severely affected in individual years, with browsing levels exceeding 60% of the plants within plots. Some of the reduction in tree growth inside the unfenced pine plots in Attsjö is apparently due to the hare browsing that occurred during the first year after planting.

The proportion of trees browsed by ungulates has varied greatly between different stands and ages. In Attsjö and Boxholm, the levels have been as high as  $>90\%$  of all unfenced pines in some years, while the Nyfors plots have remained essentially unbrowsed throughout the study period. Ungulate browsing on Norway spruce (*Picea abies*) has been significantly lower than on pine, only sporadically reaching a higher proportion than 2% of spruce trees in a plot. The most common type of browsing on both pine and spruce has been side shoot browsing, and second top shoot browsing. The proportions of stem breakage and bark damage in pines browsed by ungulates have varied between 0% and 3%/5% per year over the study period. With increasing height, the proportion of top shoot browsing decreases towards 0, while the proportion of stem breakage and bark damage increases.

Survival has generally been high among the study trees, and in the cases where it has been lower, it has not been possible to link survival to whether the plots have been fenced or not. Pine has a greater proportion of trees in the best vitality class compared to spruce. Pine has also shown faster height development and volume growth than spruce in all stands. The differences in height and volume growth of pine between fenced and unfenced areas vary greatly; in some stands no difference is visible, while in other cases the fencing seems to have had a great effect. Spruce does not show the same effect regarding fencing.

The role of ungulates as the main browsers on production forests in Sweden is supported by the data from the BETT Study, but in Attsjö, hare and ungulate browsing have probably interacted and caused long-term effects. Such browsing on very young seedlings, as well as the extensive side shoot browsing recorded in the study, clearly shows that true browsing effects are greater than reported in the national browsing survey Äbin, which includes neither stands below 1 m nor any side shoot browsing.

A certain difference in mean tree heights tends to result in a greater difference in volumes between plots. One explanation could be that only trees from 130 cm are included in the volume calculations, while smaller trees are assigned a volume of 0, which amplifies the effects of lost height growth on calculated volumes. However, this is not the explanation in, e.g. Boxholm, with pine height of over 3 m. An alternative explanation could be that side shoot browsing has had a greater impact on pine volume growth than top shoot browsing. The lateral shoot browsing reduces green needle biomass and thereby also the photosynthetic capacity of the tree. Shifting tree species from pine to spruce cannot so far be considered an effective way to reduce the impact of browsing on the forest's value development.

Preliminary estimates can be made regarding the magnitude of economic losses caused by browsing. Not least, the relationship between the "Äbin damage" of the BETT Study and measured volume losses is of the greatest interest and should eventually be included in a national calculation model. At the time of this report, the BETT Study has not been completed and many areas are still within browsing height, especially in northern Sweden, so the surveys should be allowed to continue in accordance with the planned schedule. A forage study was carried out as a master's degree project within the BETT Study during 2022/2023. Ecological effects can also be assessed in the study system, e.g. the impact of browsing on soil flora and fauna, as well as impact on dynamic conditions such as interspecies competition and succession, and collaborations with other research groups are welcomed.

# Sammanfattning

Klövsvilt, i synnerhet älg (*Alces alces*), betar på unga tallar (*Pinus sylvestris*) och orsakar därigenom olika typer av skador och förlust av barrbiomassa. Konsekvenserna för skogsbruket i Sverige blir uppskattningsvis mycket höga årliga kostnader med avseende på minskad virkeskvalitet och virkesproduktion. BETT-försöket anlades 2012–2014 som en utökad och förbättrad version av den så kallade Furudalsstudien som startade 1979 och i en uppseendeväckande rapport 2010 redovisade mycket höga tillväxtförluster från älgbete vid sidan om kvalitetsförsämrande skador.

Syftet med den här rapporten är att beskriva BETT-försökets första tio år i termer av anläggning och beteseffekter under plantstadiet och det tidiga ungskogsstadiet. Rapporten adresserar i första hand effekter på så kallad ytnivå, genom att hägnade och ohägnade ytor à 30 x 30 m jämförs. Försöket omfattar ytor i 21 bestånd fördelade över sju studieområden från Västerbotten i norr till Småland i söder. Inventering har skett årligen sedan anläggning och variabler som följs är bland annat överlevnad, vitalitet, tillväxt samt skador orsakade av klövsvilt, hare (*Lepus* spp.) eller andra skadegörare.

Harbete har i första hand skett i nyplanterade bestånd i början av projekttiden och avtagit snabbt efter att försöket har etablerats. Generellt har nivåerna av arbete varit låga,  $\leq 3$  % av plantorna inom en yta, men ett fåtal bestånd har drabbats hårt av arbete enstaka år med nivåer på över 60 % av plantorna inom enskilda provytor. En del av produktionsbortfallet inom de ohägnade tallytorna i Attsjö härör av allt att döma från arbetet som inträffade under första året efter plantering.

Andelen klövsviltsbetade träd har varierat stort mellan olika bestånd och olika åldrar. I Attsjö och Boxholm har nivåerna legat så högt som  $>90$  % av alla ohägnade tallar vissa år, medan Nyfors har klarat sig i stort sett obetad genom hela studieperioden. Klövsviltsbete på gran (*Picea abies*) har varit betydligt lägre än hos tall och endast sporadiskt omfattat större andel än 2 % av granarna. Den allra vanligaste formen av bete på både tall och gran har varit sidoskotts-bete, därefter toppskotts-bete. Andelen stambrott och barkskador hos klövsviltsbetade tallar har varierat mellan 0 % och 3 %/5 % per år över studieperioden. Med tilltagande höjd minskar andelen toppskotts-betningar mot 0, medan andelen stambrott och barkgnag kommer att öka.

Överlevnaden har generellt varit hög hos plantorna och i de bestånd där den har varit lägre går det inte att koppla överlevnaden till huruvida ytorna har varit hägnade eller inte. Tall har större andel träd i den bästa vitalitetsklassen jämfört med gran. Tall har också haft en bättre höjdtveckling och volymtillväxt än gran i samtliga bestånd. Skillnaderna i höjd- och volymtillväxt hos tall mellan hägnade och ohägnade ytor varierar kraftigt, så att det i vissa bestånd inte syns någon skillnad, medan det i andra fall ser ut som om hägningen har haft stor effekt. Gran visar inte samma effekt av hägning.

Bilden av klövsvilt som de huvudsakliga betarna på produktionsskog i Sverige stöds av data från BETT-försöket, men i Attsjö har arbete och klövsviltsbete troligen samverkat och orsakat långvariga effekter. Sådant bete på mycket unga plantor, samt det omfattande sidoskotts-betet som registrerats i BETT-försöket, visar tydligt att reella beteseffekter är mer än vad som rapporteras i den nationella betesinventeringen Äbin som varken inkluderar bestånd under 1 m eller sidoskotts-bete. En viss grad av skillnad i medelhöjd tenderar att resultera i en större skillnad i volymer mellan ytor.



En förklaring kan vara att endast träd från 130 cm ingår i volymbereäkningarna medan mindre träd får volym 0, vilket förstärker effekterna av förlorad höjdtillväxt på beräknade volymer, men detta är inte förklaringen i till exempel Boxholm med tallhöjd på över 3 m. En alternativ förklaring kan vara att sidoskottsbetet har haft större inverkan på tallarnas tillväxt än vad toppskottsbetet har haft. Sidoskottsbetet reducerar barrbiomassa och därigenom också trädets fotosyntetiserande förmåga. Trädslagsbyte från tall till gran kan hittills inte anses vara ett bra alternativ för att minska viltets påverkan på den skogliga värdeutvecklingen.

Preliminära uppskattningar kan göras beträffande magnituden av ekonomiska förluster orsakade av bete. Inte minst är relationen mellan "Äbin-skadorna" i BETT-försöket och uppmätta volymförluster av största intresse och bör på sikt ingå i en nationell beräkningsmodell. BETT-försöket är vid tiden för denna rapport inte färdigt, utan många ytor befinner sig fortfarande inom beteshöjd, särskilt i norra Sverige. Därför bör inventeringarna få fortsätta enligt planerat schema. En foderstudie gjordes som ett examensarbete inom BETT-försöket under 2022/2023. Även ekologiska effekter kan studeras i BETT-försöket, till exempel påverkan av bete på markflora och -fauna, samt på dynamiska förhållanden som mellanartskonkurrens och succession. Samarbeten med andra forskargrupper välkomnas.

# Bakgrund

## Betesskador – ett skogligt problem

Klövsvilt, i synnerhet älg (*Alces alces*), betar vintertid och i varierande utsträckning även sommartid på unga tallar (*Pinus sylvestris*) och orsakar därigenom olika typer av skador – till exempel avbitna toppar, avbrutna stammar och barkskador – samt barrmasseförluster. Skadorna gör att det ofta blir permanenta och oönskade strukturella förändringar i träet, så kallade kvalitetsdefekter, medan den minskade barrmassan reducerar trädets fotosyntetiserande förmåga och därigenom potentiellt också dess tillväxt (med avseende på både höjd och volym).

Konsekvenserna av älgarnas bete för skogsbruket i Sverige blir uppskattningsvis mycket höga årliga kostnader med avseende på minskad virkeskvalitet och virkesproduktion (Bergquist m.fl. 2019). Exakt hur höga kostnader det rör sig om är förenat med en viss grad av osäkerhet eftersom tillräckliga empiriska data saknas. Framför allt är det data över tillväxtnedsättningar som fattas. Av tradition har forsknings- och inventeringsinsatser inom detta område koncentrerats på nivåerna och kostnaderna för kvalitetsförsämrande skador, medan mycket lite uppmärksamhet har riktats mot effekterna av bete på sidoskott, det vill säga det bete som i första hand ger barrmasseförluster och därigenom tillväxtnedsättningar.

## Historisk återblick

Den studie som fick stort inflytande i frågan om betets effekter på volymproduktion kom 2010 och byggde på det 30 år gamla forskningsförsöket vid Furudal i Dalarna (Pettersson m.fl. 2010). Försöket hade etablerats 1979 i cirka tioåriga hårt betade tallbestånd, inom ett 8400 ha vinterkoncentrationsområde för älg. Höga tätheter av älg (upp till 70 älgar per 1000/ha) uppehöll sig inom området vintertid under slutet av 70- och början av 80-talet och deras bete hade bitvis mycket stor påverkan på de unga tallarna.

Pettersson m.fl. (2010) fann att de slutgiltiga kostnaderna av volymförlusterna orsakade av betet i själva verket kan vara högre än de som är relaterade till kvalitetsförsämrande skador, vilket var nya och uppseendeväckande fakta. Den så kallade Furudalsstudien är svår att applicera på situationen i Sverige idag, eftersom det generella betetrycket är betydligt lägre, men visade att det är mycket angeläget att göra en liknande studie för genomsnittlig svensk skog med för nutiden ”normal” älgtäthet. Furudalstudien blev därmed föregångare till det avsevärt större BETT-försöket. BETT är förkortning för Betets Effekter på Tallens Tillväxt.

# Syfte

BETT-försöket syftar till att bestämma effekterna av varierade betestryck för volymförluster och kvalitetsnedsättningar i "vanlig" svensk tallskog, samt de slutliga ekonomiska förlusterna som betet orsakar.

Tidsperspektivet är förhållandevis långt, ca 20–30 år från etableringsstarten 2012(–2014) till summeringen av effekter när fokusträden i samtliga bestånd nått älgssäker höjd på 4–5 m. Projektet kommer dock att leva kvar under flera decennier och de slutgiltiga data som kommer att vara av värde för att få en komplett bild av betets effekter för tillväxten hos tall, inklusive eventuella kompenationseffekter, samlas in i samband med slutavverkning omkring 2080-2110.

Grundstrukturen är ett hägnförsök där effekten av bete är det som skiljer ohägnade ytor från hägnade inom samma bestånd. Beståndsegenskaper såsom ståndortsindex, jordmån, stamtäthet och självföryngring ingår också som förklarande miljövariabler relaterade till skillnader i tillväxt hos försökstillarna. De senare var dock inte huvudsyftet med studien och upplägget kan vara begränsande för sådana frågeställningar.

Syftet med den här rapporten är att beskriva projektets första tio år i termer av anläggning, föryngring och plantstadium.

Huvudsakliga fokus är:

- 1) nivåer av bete från hare (*Lepus timidus* och *L. europaeus*) och klövvilt
- 2) koppling till "Äbin-skador"
- 3) skillnader mellan hägnade och ohägnade ytor avseende trädens
  - a. överlevnad
  - b. höjdtveckling
  - c. volymutveckling
- 4) jämförelse mellan tall och gran
- 5) lärdomar för förvaltningen.

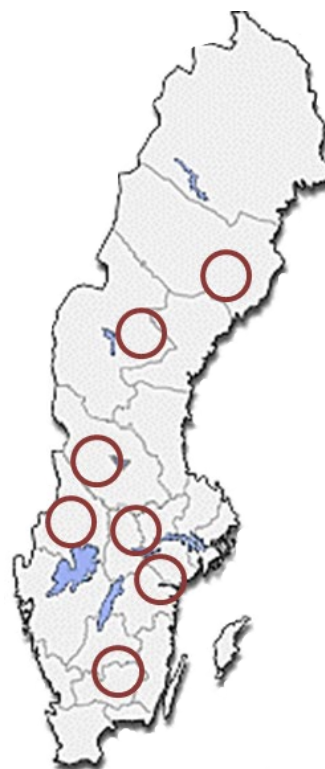
Rapporten adresserar i första hand effekterna på så kallad ytnivå, genom att hägnade och ohägnade ytor jämförs.

# Metodbeskrivning

## Inventeringsområden och försöksupplägg

### Inventeringsområden

BETT-försöket är utlagt med stor geografisk spridning i landet, närmare bestämt i Västerbotten, Västernorrland, Dalarna, Värmland, Västmanland/Örebro, Östergötland och Småland (Figur 1). Inom vart och ett av dessa sju områden har tre bestånd med olika produktivitet (förhållandevis låg, medelgod och hög) valts ut enligt några kriterier, bland annat tillräckligt stor area (minst 7–9 ha) som var avverkningsmogen vid tid för anläggning. Dessutom valdes i första hand bolagsmarker ut, då dessa marker förväntas ha en stabil markägarstruktur över tid och bolagen har en lägre ekonomisk känslighet än privata markägare för till exempel ökat bete i utvalda bestånd på grund av att betesrepeller inte ska användas. Totalt ingår alltså 21 bestånd i BETT-försöket.



Figur 1. De sju studieområdena i BETT-försöket

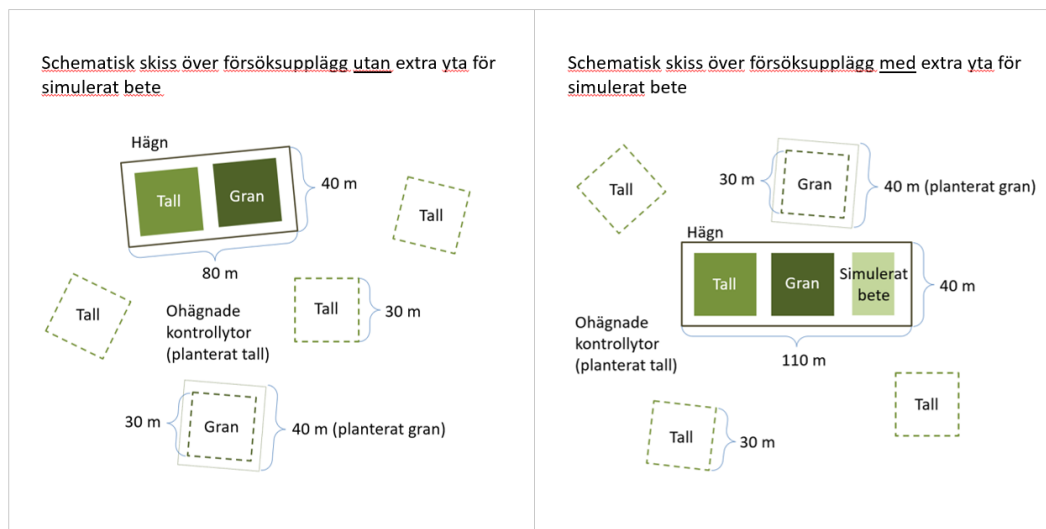
### Anläggning och försöksupplägg

Försöket anlades under perioden 2012–2014. Endast ett bestånd planterades 2012, vilket innebär att övriga 20 planterades 2013 eller 2014. Anläggningen gjordes genom att hägn restes och ohägnade ytor markerades med metallkäppar i hörnen. Detta gjordes redan i förnygringsstadiet, efter avverkning och markberedning men innan det aktuella beståndet planterades. Plantor som användes var de för ståndorten typiska, det vill säga samma plantor som markägaren skulle ha använt om försöket inte hade funnits där.

Samma plantor planterades över hela beståndet, inklusive våra hägnade och ohägnade ytor. Dessa planterade träd inom ytorna benämns som fokusträd i försöket (till skillnad från självföryngrade träd, se avsnitt nedan om skötsel av bestånd). Totalt antal fokusträd i BETT-försöket är 16 242 tallar och 6 958 granar.

Försöksupplägget innefattar en hägnad yta per bestånd, samt fyra ohägnade ytor där klövvilt kan beta fritt. Det finns hägn av två storlekar, 40x80 m och 40x110 m. Inom varje hägn finns en del med tallar och en del med granar. Inom de större hägnen finns dessutom en del avsatt för simulerat bete, så kallade klippningsytor. Inräknat i hägnarealerna finns 5 m buffertzoner runt omkring själva forskningsytorna. De effektiva forskningsytorna både innanför och utanför hägnen är således 30x30 m (20x30 m för klippningsytorna).

De två typerna av upplägg kan se ut som följer (schematiska skisser, Figur 2):



Figur 2. Försöksupplägg i BETT-försöket utan respektive med extra hägnad yta för simulerat bete. Hældragen svart linje visar hägn, streckad linje visar ohägnade ytor endast markerade med hörnkäppar. Ljus hældragen linje runt om granyta visar buffertzonen om 5 m (också planterad med gran).

## Hägnspecifikation

Hägnen byggdes 2,5 m höga av stormmaskigt metallnät och tryckimpregnerade pålar och sattes upp av specialiserade hägnfirmor. Extra trådar hängdes upp ovanför nätet, vilket ökar den totala höjden till ca 3 m. Hägnen är avsedda för att stänga ute större däggdjur såsom klövvilt, men inte mindre djur som gnagare och harar.

## Skötsel av bestånd

### Inledande skötsel

Bestånden som ingår i projektet ska skötas av markvärdarna enligt ”vanlig” praxis, med undantag för att betesrepeller inte ska användas. Skydd mot snytbagge var dock helt tillåtet och tillämpades i flera bestånd i södra halvan av studieområdet. Hjälpplantering till följd av plantdöd var tillåtet om detta skedde tidigt (inom de första 1–2 åren) och över hela beståndet. Detta tillämpades i 3 av de totalt 21 bestånden och medförde visst merarbete vid inledande inventeringar och analyser. Senare hjälpplantering har inte gjorts, i varje fall inte inom provytorna. Självföryngrade tallplantor och lövuppslag rycktes inte upp inom vare sig hägnade eller ohägnade ytor.

### Röjning

När de självföryngrade plantorna har vuxit i kapp de planterade i en yta har röjning av det självföryngrade tillämpats. Eftersom beslut om röjning tagits för ytorna individuellt är det relativt vanligt att den hägnade (= obetade) ytan har röjts tidigare än de ohägnade (= betesexponerade) inom samma bestånd.

I vissa fall har betestrycket dock varit så pass lågt överlag att röjningsbehov har uppnåtts samtidigt i de hägnade och ohägnade ytorna. Innan röjning har den självföryngrade vegetationen dokumenterats genom inventering.

Vid sådan konkurrenssituation avlägsnas den självsådda lövplantan eller ungtallen till förmån för de planterade fokusträden, även om det betyder att biologiskt värdefulla lövträd som rönn, asp, sälg och ek behöver röjas bort. Den röjningsregim som tillämpats inom BETT-försöket är alltså hårdare än den som tillämpas konventionellt inom svenskt skogsbruk, men har ansetts motiverad eftersom fokusträden är bärare av viktig information gällande beteseffekter. Vid röjning har det dock varit tillåtet att (efter dialog med försöksansvarig inom Skogforsk) ersätta döda fokusträd med naturlig föryngring, medan av bete försvagade fokusträd ska stå kvar med för ytorna representativ konkurrenssituation.

På grund av kommunikationsmissar har markägaren (eller av markägaren anlitate entreprenörer) varit inne och röjt självföryngring i ohägnade försöksytor. Sådana händelser tillhör undantagen och bedöms inte ha infört någon bias i studien. Dock har i några enstaka fall en andel av fokusträden röjts, alternativt kvalitetsröjts (bistam har tagits bort). Detta har dokumenterats och tagits hänsyn till vid analyser. Redogörelse över detta finns under respektive avsnitt i resultatdelen.

### **Markvärdar**

Markvärdar i projektet är Holmen AB, Häradsmarken AB, SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget), Stora Enso Skog och Mark AB, Sveaskog AB, Södra Skogsägarna ekonomisk förening, samt Växjö stift.

### **Silva Boreal**

Försöken har lagts in och är sökbara i Silva Boreal. Exempelvis skrivs "viltskador" in som sökord och filtrering sker på Skogforsk som försöksägare. Då kommer de 21 studiebestånden upp.

## **Fältarbete**

### **Inledande fältarbete**

#### **Beståndsegenskaper**

Information gällande ståndortsindex hämtades från respektive markvärdar beståndsregister. Låg, medelhög och hög bonitet motsvaras i försöket av SI-klasserna T18-T20, T23-T24 och T26-T28. Beståndskartering kommer att genomföras senare under försökets gång (eller vid avslut) för att kontrollera om ståndortsindex bör revideras. Det är dock inte av mycket stor vikt att ståndortsindex är exakt rätt, eftersom studiens huvudsakliga fokus ligger i jämförelse mellan hägnade och ohägnade ytor (och antalet ohägnade ytor är tre, vilket bör kunna kompensera till viss grad för eventuella skillnader i produktivitet inom beståndet).

### **Utsättning av provytor**

Vid utsättningen av provytor bestämdes minst fem likvärdiga ytor om 40x40 m inom beståndet. Det fästes stor vikt vid att dessa inte skiljde sig åt nämnvärt gällande till exempel fuktighet, lutning i olika väderstreck, jordmån etcetera, då sådan variation skulle kunna medföra skillnader i tillväxt, smaklighet och så vidare, hos träden. Företrädesvis slumpades den hägnade provytan ut bland de fem ytorna, men det kunde också vara så att hägnet av utrymmesskäl eller på grund av topografi endast gick att placera inom en begränsad del av beståndet. De tre kontrollytorna för tall samt kontrollytan för gran slumpades mellan de övriga ytorna. Hörnen på alla ohägnade ytor markerades med käppar. Hela granytorna (en hägnad och en ohägnad) på 40x40 m planterades med gran, trots att det endast är 30x30 m som ingår i studien och därmed inventeras. I övrigt planterades tall genomgående i hela beståndet. Planteringsförband var ca 2 m.

### **Inmätning av plantor**

Inmätning och koordinatsättning av alla träd gjordes så snart som det var möjligt efter plantering. Oftast innebar det inom "fönstret" 1–4 veckor efter plantering, men det kunde vara längre – dock i de allra flesta fall innan påföljande vinter. Alla planterade tall- och granplantor inom provytorna registrerades.

### **Positionering**

En högupplösande GPS av typ Topcon GRS-1 användes för att bestämma positionen på varje enskild planta med en noggrannhet på någon cm. Denna position kan användas för att identifiera plantor vid framtida inventeringar. En separat manual finns för inmätningen med TopSURV8/MagnetField (mjukvaran i Topcon GRS-1).

### **Markering**

Samtliga rader inom varje yta markerades med plaststickor vid första, sjunde och sista plantan på raden. Två färger används i försöket, så att samma färg återfinns endast på varannan rad, vilket underlättar arbetet inom raderna. Plaststickor sattes upp vid en planta mitt på varje rad (vi tillämpade detta genomgående vid den sjunde plantan på varje rad), eftersom det minskar risken att villa bort sig om raderna inte är raka, samt utgör en kontrollpunkt (den sjunde plantan) vid inventering med hjälp av "planträkning" istället för avläsning med GPS, vilket gör att inte hela raden behöver tas om ifall slutet av raden inte skulle "stämna".

### **ID-numrering**

Alla plantor fick vid inmätningen ett unikt sju-siffrigt ID-nummer som kommer att följa med det specifika trädet genom hela försöket. ID-numren bygger på ett system som gör att varje träd kan lokaliseras utifrån dess unika nummer (Tabell 1). Den första siffran varierar mellan 1–7 och visar i vilket område trädet återfinns. 1 är det nordligaste området (Västerbotten) och 7 det sydligaste (Småland). Den andra siffran indikerar bonitetsklassen och kan vara 1 (låg), 2 (medelhög) eller 3 (hög). I praktiken visar den andra siffran därmed också vilket bestånd inom området som avses. Tredje siffran visar vilken yta i beståndet som plantan står i.

I detta fall är 1–3 kontrollytorna för tall, 4 kontrollytan för gran, 5 hägnade tallytan, 6 hägnade granytan och 7 hägnade ytan för simulerat bete. Sedan följer ett tvåsiffrigt nummer mellan 01 och cirka 15 som visar i vilken rad inom ytan som trädet står. Nästa tvåsiffriga nummer, också mellan 01 och ungefär 15, visar vilket av träden (första, andra, tredje och så vidare) som avses. Eftersom varannan rad inventeras i motsatt riktning kommer sista trädet på första raden att stå närmast första trädet på andra raden och så vidare.

Tabell 1. System för härledning av ID-nummer för försöksträden i BETT.

ID-nummer (exempel)	Område	Ståndorts-klass	Yta	Rad-nummer	Träd-nummer
7240611	7	2	4	06	11
1111001	1	1	1	10	01
Förklaring	1=Västerbotten 2=Västernorrland 3=Dalarna 4=Örebro/ Västmanland 5=Värmland 6=Östergötland 7=Småland	1=Låg 2=Medel 3=Hög	1=Ohägn. tall 2=Ohägn. tall 3=Ohägn. tall 4=Ohägn. gran 5=Hägn. tall 6=Hägn. gran 7=Hägn. tall - simulerat	Rad- nummer inom ytan	Träd- nummer inom raden



## Vitalitet

För varje planta anges vid inmätningen, samt alla påföljande inventeringar, vitalitet utifrån följande kategorier (Tabell 2):

Tabell 2. Vitalitetsklasser med definitioner tillämpade i BETT-försöket.

Nr	Vitalitets-klass	Förklaring
1	Fullt frisk	Inte mer än något enstaka gulnande eller dött barr (förutom gamla barr som håller på att "släppas")
2	Nedsatt vitalitet	Mer än enstaka av barren gula, döda eller saknade, stressat intryck. Bedöms ej som döende eller nära döende.
3	Starkt nedsatt vitalitet	Övervägande delen av barren gula, döda eller saknade, mycket stressat intryck, ev. endast en låg andel gröna barr på hela plantan/trädet som visar att den/det fortfarande lever. Bedöms som döende eller nära döende.
4	Död	Inga gröna barr alls. Inget som indikerar att den lever.
5	Uppryckt/uppfrusen	Död. Går att återfinna på marken i anslutning till planteringsstället.
6	Saknad	Död. Går ej att återfinna.
7	Röjd	Hela trädet bortröjt (av misstag av markägare).
17	Kvalitetsröjning	Bistam har röjts bort av markägare, men huvudstammen finns kvar och får bättre förutsättningar. En kvalitetsförbättrande åtgärd.

## Höjd

Höjden på varje enskild planta registreras med hjälp av tumstock. Höjden anges i hela cm upp till cirka 2 m och därefter avrundas till närmaste 10-tals cm. Plantan reses upp för att hela plantans längd från mark till toppskott ska mätas in – inte bara högsta levande punkt ovan mark. Detta eftersom nyplanterade plantor kan vara lutande innan de har hunnit rota sig och resa på sig.

## Årlig inventering av bete, tillväxt och skador

Inventeringar av viltbete och skador görs årligen. Tidpunkt för inventeringarna är på hösten (augusti-december), så att plantor och unga träd är färdigvuxna inför vintern och korrekt höjd efter tillväxtsäsongen kan mätas in.

## Inventeringsvariabler

För varje planterad tall- och granstam, det vill säga alla fokusträd, registreras årligen variabler kopplade till vitalitet, tillväxt, betning och skadebild, se detaljer i Tabell 3. För gran registreras antal sidoskott endast om granen är betad – i övrigt gäller samma variabler som för tall.

Tabell 3. Inventeringsvariabler i BETT-försöket.

Variabel	Enhet	Beskrivning
Höjd	cm	Mäts i cm tills medelhöjden på beståndet är minst 200 cm och därefter med mätkäpp i fallande dm; d.v.s. sista hela dm anges som höjd.
Längd toppskott	cm	Alla toppskott inom räckhåll mäts med klaven i cm-mått. Toppskott utom räckhåll – mäts med mätkäpp och anges på 5 eller 10 cm när (det senare när det är det enda praktiska alternativet p.g.a. trädets höjd).
Prolepsis	(0/1)	Höstskottskjutning. Anges som förekomst eller icke förekomst.
Vitalitet	klasser	1 = fullt frisk, 2 = nedsatt (överlever troligen), 3 = starkt nedsatt (hög risk att dö), 4 = död, 5 = uppryckt, 6 = saknad, 7 = röjd (av misstag av markägare), 17 = (kvalitetsröjd av markägare – t.ex. bistam).
Hjortdjursbete	(0/1)	Identifieras utifrån den karaktäristiska bettytan med hälften rakt avbitet och hälften fransigt (kommer av att hjortdjur inte har framtänder i överkäken, utan både biter och river av skott vid bete). För att ange hjortdjursbete måste man vara helt säker på att det är hjortdjur som har orsakat åverkan. I annat fall anges "Annan skada".
Harbete	(0/1)	Identifieras utifrån den skarpa, ofta lite snedställda bettytan, karaktäristisk för hardjur. För att ange arbete måste man vara helt säker på att det är hardjur som har orsakat åverkan. I annat fall anges "Annan skada".
Toppskottsbetning	klasser	Betning som sker ovanför översta grenvarvet och avser betning eller brott på skott, som vuxit föregående år (vinterbetning) alternativt innevarande år (sommARBetning). Anges som 0 = ingen toppskottsbetning, 1 = toppskottsbetning vinter, 2 = toppskottsbetning sommar, 3 = toppskottsbetning vinter + sommar, d.v.s. återbetning på samma skott.
Stambrott	1/0	Betning eller brott på stam som skett nedanför översta grenvarvet, orsakad av klövvilt. Inträffat efter senaste inventeringstillfälle.
Barkskador	41 42 43	Avser både gnag och fejning. Inträffat efter senaste inventeringstillfälle. 41 Barkskador, senaste år, <10 % av omkretsen 42 Barkskador, senaste år, 10–50 % av omkretsen

		43 Barkskador, senaste år, >50 % av omkretsen
Antal sidoskott	antal	Räkning av antalet sidoskott. Utförs för alla tallar upp till 2,5 m höjd, men ej för obetad gran. Noggrannheten hos större träd med flera hundra skott behöver inte vara väldigt hög, utan en avvikelse på 10–15 % är acceptabel. Kalibrering görs genom totalräkningar på vissa träd och översiktliga räkningar på andra träd.
Antal betade sidoskott	antal	Räkning av antal betade sidoskott, av föregående års skott (eftersom betning som regel ännu inte hunnit ske på innevarande års skott).
Annan skada	1/0	Skada orsakad av något annat än vilt (t.ex. frost, torka, snö, insekter, gnagare, svamp). Ska vara uppkommen sedan senaste inventeringen (d.v.s. under senaste 12 månaderna).
Skadeklass	klasser	0 = oskadat, 1 = obetydligt skadat, 2 = ej obetydligt skadat, men skadans betydelse för tillväxt och kvalitet sannolikt låg, 3 = kraftigt skadat, orsakande betydande tillväxt- och/eller kvalitetsförluster.
Brösthöjdsdiameter	mm	Mäts med klaven vid 130 cm höjd över marken i nordsydlig riktning. Om barkskada vid 130 cm – flytta klave till närmaste oskadade stamdel.  Ett andra brh-mått – tas med klaven vinkelrätt mot första mätningen i öst-västlig riktning. Anges i mm. Värdet som anges är medelvärdet av de två mätningarna.
Gammal skada	1/0	Aktuell efter att något ”inträffat”: hjortdjursbete, harbete eller annan skada. Skador under 30 cm fasas ut i registreringarna efter ca 2,5 m. T.ex. ett synligt spröt under 30 cm klassas ned till 0 när trädet vuxit över 2,5 m.
Spröt	51 52 53	Spröt utgår i mycket spetsig vinkel i förhållande till huvudstammen. Tävlrar inte om att bli toppskott.  51 Spröt, enkel spröt, <20 mm diameter och <50 cm långt  52 Spröt, enkel spröt, >20 mm diameter och/eller >50 cm långt  53 Spröt, upprepat
Bajonett	61 62 63	Bajonett är en tvärkrök som uppkommit genom topp- eller stamskada.  61 Bajonett, enkel bajonettavvikelse <20 cm från tänkt stam

		62 Bajonett, enkel bajonettavvikelse >20 cm från tänkt stam 63 Bajonett, upprepad
Klyka	71 72 73	Klyka avser att huvudstammen är uppdelad i två eller flera delstammar (som tävlar om att bli toppskott), där den näst grövsta delstammens diameter inte understiger 3/4 av den grövstas. 71 Klyka, enkel 72 Klyka, mångstammig 73 Klyka, upprepad
Barkskador	81 82 83	Barkskador, oavsett om de är uppkomna av vilt eller annan skada. 81 Barkskador, tidigare år, <10 % av omkretsen 82 Barkskador, tidigare år, 10–50 % av omkretsen 83 Barkskador, tidigare år, >50 % av omkretsen
Stamböj	1/0	Sedan 2016 har också en stamböjsvariabel lagts till. Gräns på 5 cm avvikelse från centrumlinjen för att klassas som stamböj. Anges som 0 eller 1.

### Senare inventeringar, från 2,5 m höjd

När en tallstam vuxit högre än 2,5 m räknas inte längre alla sidoskott. Två representativa tallar väljs på varje provyta och skotten på dessa räknas och används som schablon för alla träd på provytan. Hos övriga tallar högre än 2,5 m räknas sidoskott endast om det finns betade sidoskott. OBS! Om antalet betade skott är uppenbart obetydligt (i storleksordningen 1-2% av det totala antalet skott) och trädet inte avviker nämnvärt från genomsnittet på provytan behöver inte totala antalet skott räknas, utan då kan schablonvärdet användas.

Om det på en provyta finns tallar i blandade höjder fortsätter skotträknningen på alla tallar som är <2,5 m, medan de som är >2,5 m behandlas enligt metodiken ovan (ingen skotträkning, utom på ett par representativa träd).

### Senare inventeringar, från 4–5 m höjd

När stammarna blir högre än 4–5 m behöver inte inventeringarna ske årligen, utan då räcker det med vart 3–5 år beroende på ekonomiska resurser. Syftet är då att följa upp tillväxt och skadeutveckling efter att betet har upphört. "Brytningen" för när övergången till detta sker är när majoriteten av tallarna på en yta är över 4 m. Då tas hela ytan ur den årliga, detaljerade inventeringen samtidigt. Dock kan det vara så att andra ytor i samma bestånd är under 4 m och beståndet alltså behöver besökas årligen för inventering i dessa.

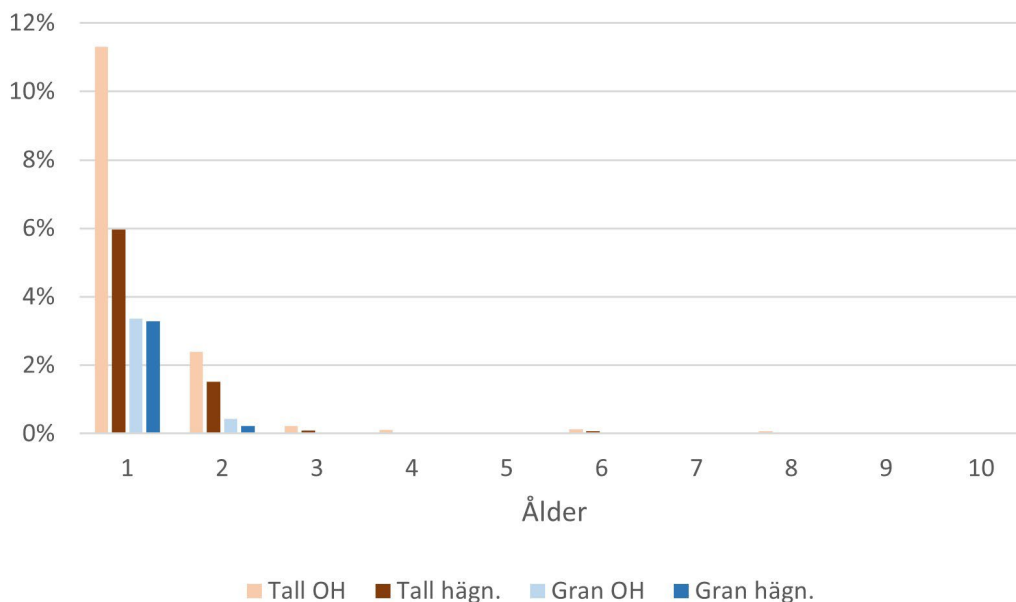
### Spillningsinventering

Spillningsinventering utförs inte inom ramen för detta försök, eftersom det som studeras här är effekterna av bete och inte samband mellan älgtäthet och betetryck. Sådana samband är komplicerade och går inte att studera på beståndsskala, utan bör beforskas på landskapsskala där fodermängden i landskapet, samt andra miljömässiga variabler också tas i beaktning. För detta finns inte resurser inom det aktuella projektet, men studeras med andra medel i andra sammanhang.

## Resultat

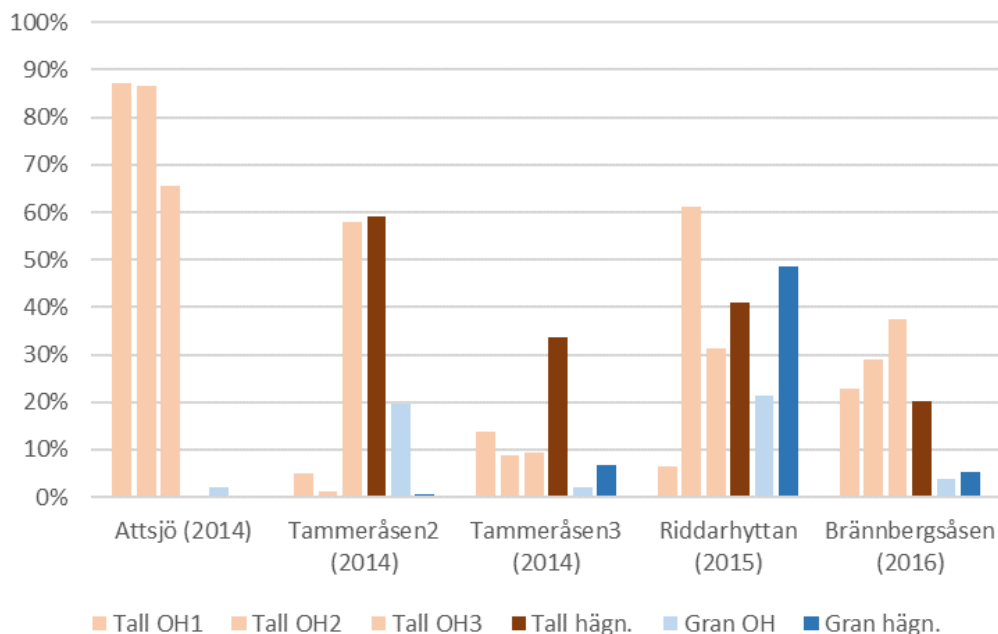
### Harbete

Harbete på tall har förekommit i samtliga bestånd utom Karlsborg medan arbete på gran har förekommit i 13 av 21 bestånd. Generellt har nivåerna av arbete varit låga,  $\leq 3\%$  av plantorna inom en yta, vid de tillfällen då arbete har registrerats. Arbetet var till 97 % toppskottsarbete med eller utan sidoskottsarbete och till 3 % endast sidoskottsarbete utan någon toppskottsarbeting. De fåtal betningar som skedde när plantorna blev högre övergick till att vara endast sidoskottsarbetingar. Arbete har i första hand skett i nyplanterade bestånd i början av projekttiden och avtagit snabbt efter att försöket etablerats (Figur 3).



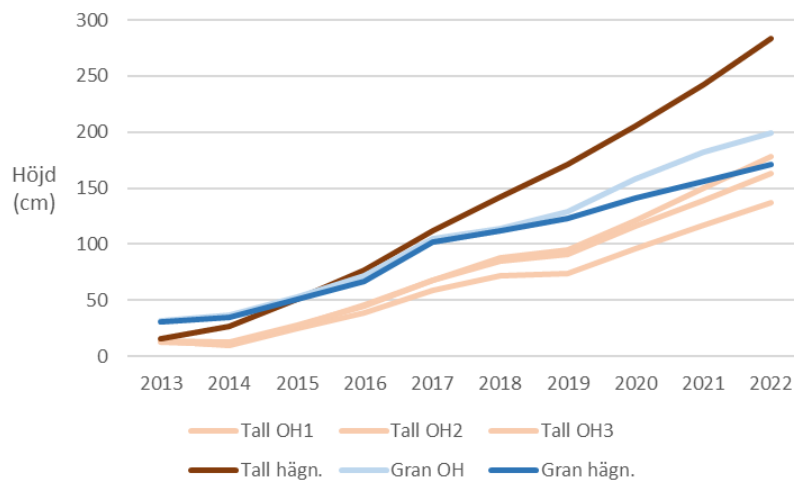
Figur 3. Procent arbetade plantor över hela BETT-försöket från plantering till senaste inventering 2022. OH = ohägnat.

Trots att det vanligaste är att arbetet kan anses försumbart med avseende på hur stor andel av plantorna som blivit betade (vanligen  $\leq 3\%$ ) har ett fåtal bestånd drabbats hårt enstaka år, med nivåer på över 50 % av plantorna inom enskilda provytor (Figur 4).



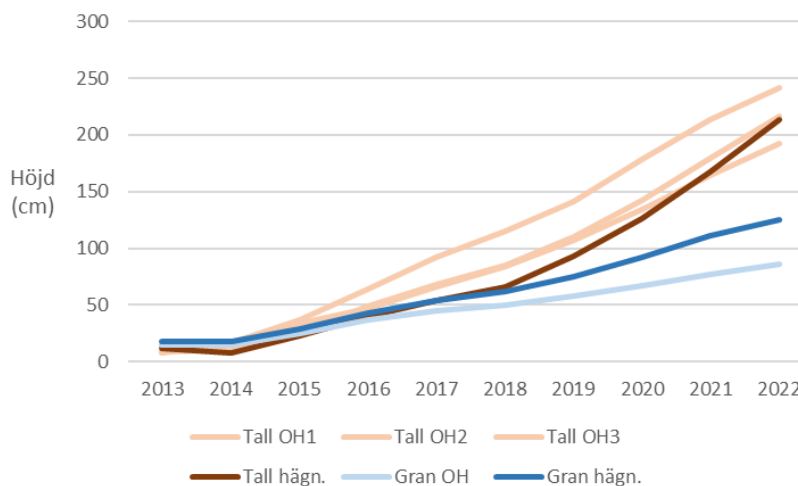
Figur 4. Procent arbetade plantor i de värst drabbade bestånden (år för skadetillfälle inom parentes). OH = ohägnat.

Figur 4 visar de bestånd som vid något tillfälle blivit hårt drabbade av arbete, samt det aktuella årtalet som betet inträffade. Även om många bestånd betades återkommande av häre var nivåer av den här magnituden ovanliga och aldrig återkommande för samma bestånd. Efterföljande års arbetningar har utgjorts av enstaka procent även i dessa bestånd. Av Figur 4 kan slutsatsen dras att det egentligen bara är i Attsjö som arbetet kan ha påverkat de ohägnade tallarna på ett sådant sätt att hareffekten skulle kunna misstas för en klövviltseffekt eftersom hägnen är konstruerade att stänga ute klövvilt men inte hare. Detta ser ut att också ha skett i Attsjö (Figur 5) och det är därför viktigt att komma ihåg att en del av produktionsbortfallet inom de ohägnade tallytorna i Attsjö helt säkert härrör från arbetet som inträffade under första året efter plantering.



Figur 5. Höjduitveckling i Attsjö från plantering 2013 till senaste inventering 2022. De ohägnade tallytorna Tall OH1, Tall OH2 och Tall OH3 betades hårt (>60 % av plantorna) av hare mellan inventeringarna 2013 och 2014, medan övriga ytor inte betades. OH = ohägnat.

För jämförelse visas motsvarande höjduitvecklingskurvor för Tammeråsen2 där en ohägnad tallyta samt den hägnade tallytan betades hårt av hare 2014 (Figur 6). Harbetet orsakade en mindre nedgång i medelhöjd mellan 2013 och 2014, men inga bestående effekter går egentligen att utskilja tio år senare.



Figur 6. Höjduitveckling i Tammeråsen2 från plantering 2013 till senaste inventering 2022. En av de ohägnade tallytorna samt den hägnade tallytan betades hårt (ca 60 % av plantorna) av hare mellan inventeringarna 2013 och 2014, medan övriga ytor betades marginellt (förutom den ohägnade granytan, ca 20 % av plantorna). OH = ohägnat.

## Klövviltsbete

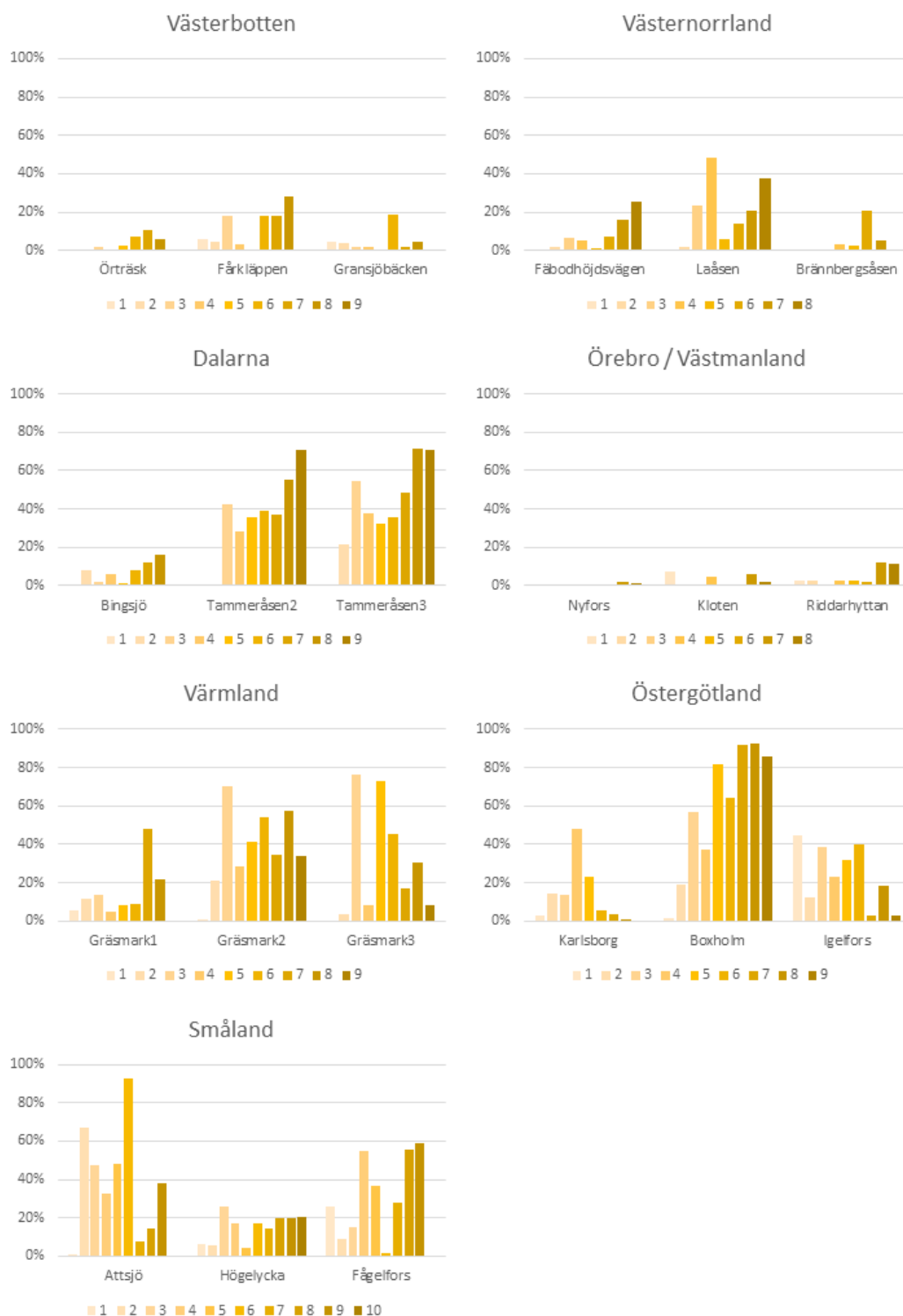
### **Totalt bete**

Andelen klövviltsbetade träd har varierat stort mellan olika bestånd och olika åldrar (Figur 7). I Attsjö och Boxholm har nivån legat så högt som >90 % av alla ohägnade tallar vissa år, medan Nyfors har klarat sig i stort sett obetat genom hela studieperioden.

Det som visas i Figur 7 är det totala betet där varje registrering omfattar en eller flera av följande typer: sidoskottsbyte, toppskottsbyte, stambrott och barkskada. De två förstnämnda är överlägset vanligast och överlappet mellan dem är stort. Den allra vanligaste formen av bete har varit sidoskottsbyte. Utslaget över hela studieperioden har 84 % av alla betningar på tall innefattat sidoskottsbyte. Första året efter plantering har sidoskottsbyte skett på 12 % av alla betade tallar, men från tredje året efter plantering har det aldrig inkluderat en lägre andel än 80 % av alla betade tallar under det aktuella året.

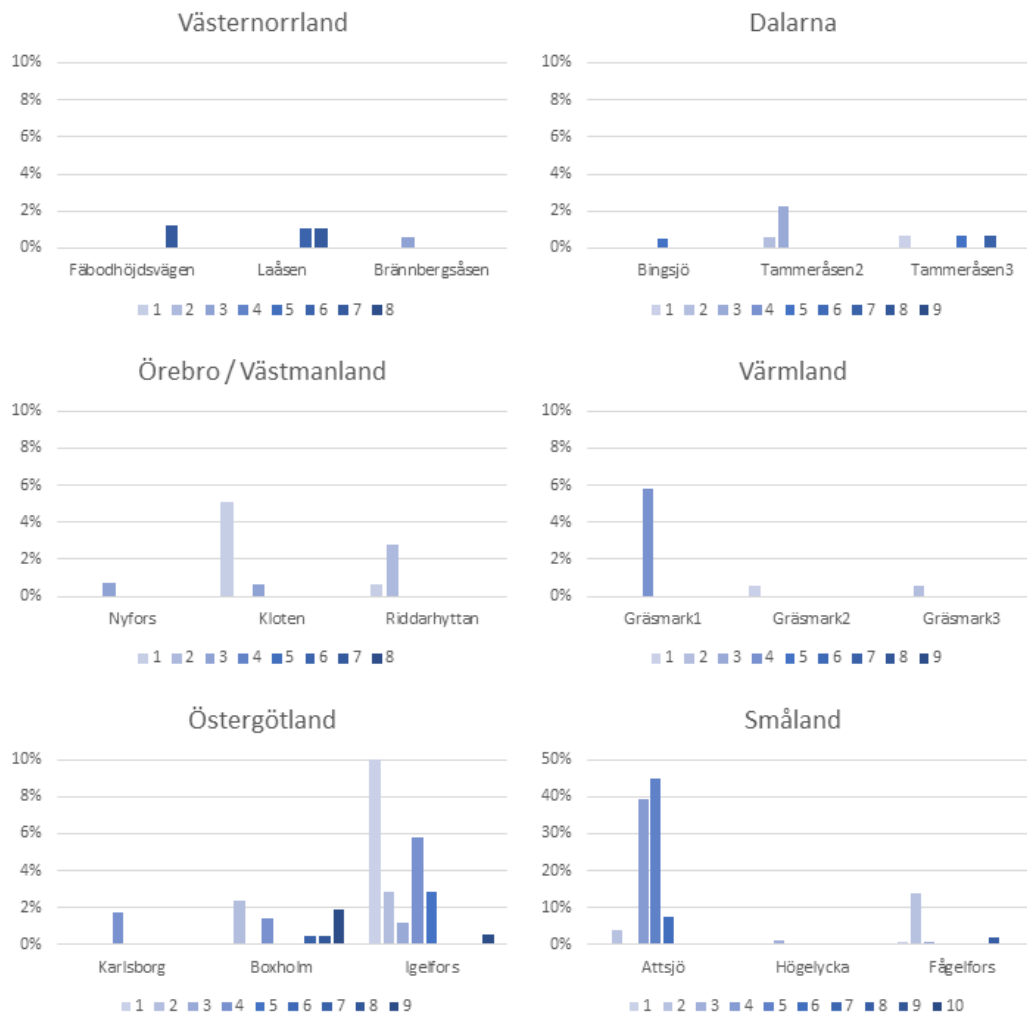
Utslaget över hela studieperioden har 50 % av alla betningar på tall inkluderat toppskottsbyte. Av samtliga sidoskottsbetade tallar i studien har 41 % också blivit toppskottsbetade samma år. Av samtliga toppskottsbetade tallar har 62 % blivit sidoskottsbetade samma år. Dessa förhållanden ska inte ses som konstanta, utan förändras över tid så att när toppskotten växer ur beteshöjden kommer en starkt avtagande andel av sidoskottsbetet vara förenat också med toppskottsbyte.





Figur 7. Andel av de ohägnade tallarna som betats av klövvilt under projektiden, oavsett typ av bete (sidoskottsbyte, toppskottsbyte, stambrott och barkskada samtliga inkluderade). Siffrorna visar stigande ålder i år efter plantering.

Klövviltsbete på gran har varit betydligt lägre än hos tall och endast sporadiskt omfattat mer än 2 % av alla granar (Figur 8). Det område som sticker ut mest är Attsjö, där ca 40 % av granarna betades två år i rad. Även i Igelfors har det förekommit förhållandevis mycket bete på gran under flera år jämfört med i de övriga studiebestånden.

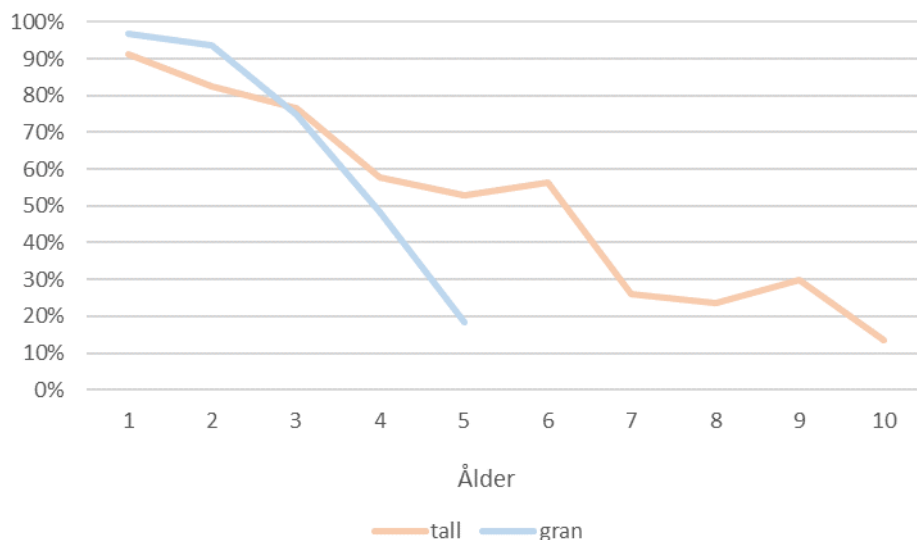


Figur 8. Andel av de ohägnade granarna som betats av klövvalt under projektiden, oavsett typ av bete (sidoskotts-bete, toppskotts-bete, stambrott och barkskada samtliga inkluderade). Siffrorna visar stigande ålder i år efter plantering. Observera att skalan på y-axeln är fem gånger större för Småland jämfört med övriga områden.

Den vanligast formen av bete på gran har varit sidoskotts-bete, vilket omfattar 62 % av alla betningar över studieperioden. Det näst vanligaste har varit toppskotts-bete, 54 % av alla betningar över studieperioden. Överlappet mellan sidoskotts-bete och toppskotts-bete på gran har inte varit lika stort som hos tall, utan av samtliga sidoskotts-betade granar i studien har 29 % också blivit toppskotts-betade samma år. Av samtliga toppskotts-betade granar har 23 % blivit sidoskotts-betade samma år.

## ”Äbinskador”

Av särskilt intresse är toppskottsbetning, stambrott och barkskada som grupp, eftersom dessa skadetyper är de som registreras i Äbin (den nationella älgbetesinventeringen i Sverige). Den dominerande skadetyper överlag bland ”Äbin-skador” är toppskottsbyte. Det totala klövviltsbetet i BETT-försöket inkluderade toppskottsbyte till en minskande grad allt eftersom träden växte (Figur 9).



Figur 9. Andel toppskottsbetade av samtliga klövviltsbetade tallar och granar. För gran visas endast de första fem åren, eftersom det i äldre bestånd var få (<20 och vissa år <5) betade granar, vilket innebär stora svängningar i kurvan.

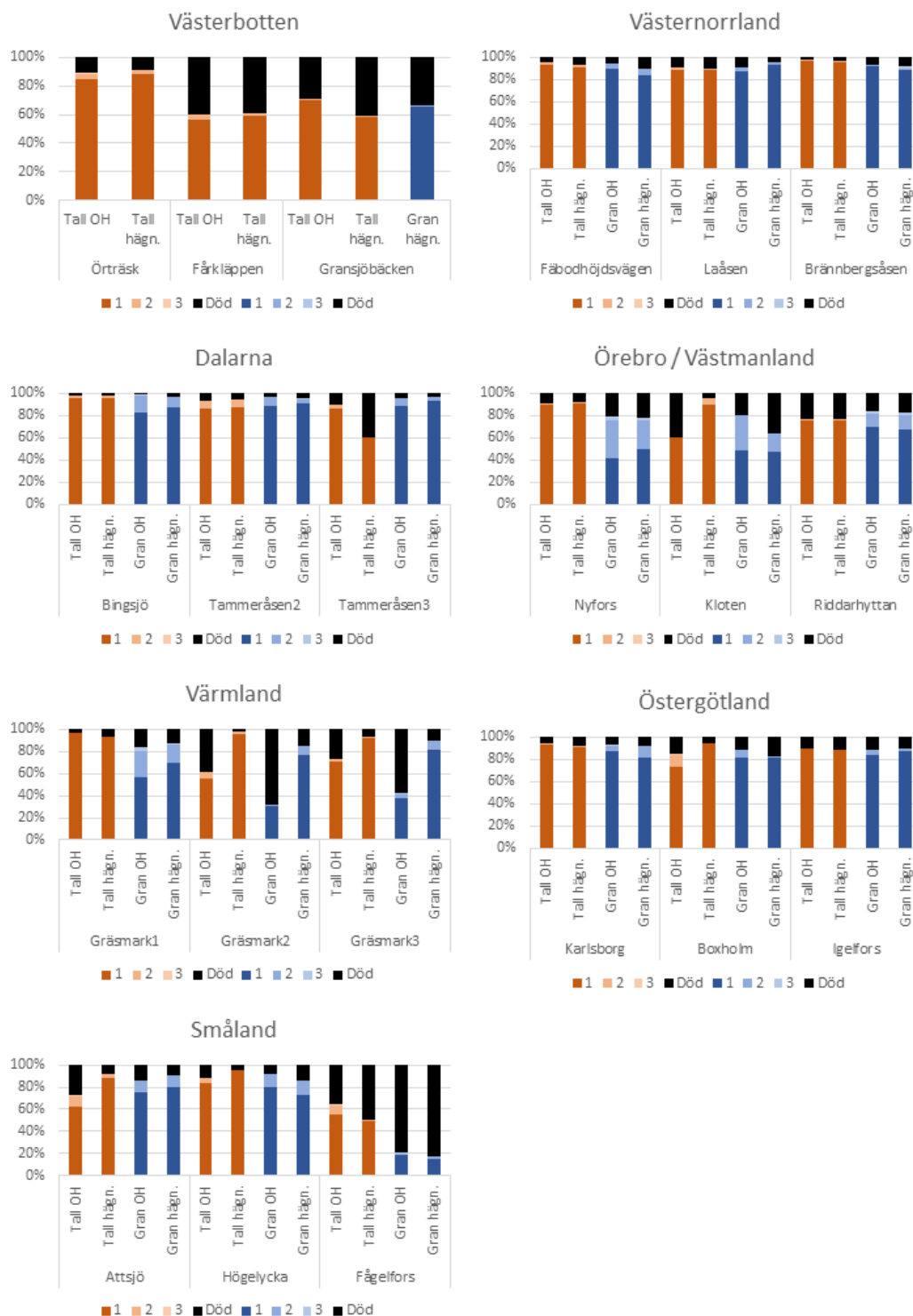
Andelen stambrott hos klövviltsbetade tallar har varierat mellan 0 och 3 % per år under studieperioden. De har inträffat antingen första året efter plantering eller från sex år efter plantering. När det har inträffat första året efter plantering rör det sig oftast om att plantan har betats ner mer än senaste årets toppskott och då blir det enligt definitionen ett stambrott. Övriga stambrott har inträffat i samband med bete på äldre plantor där stammen brutits av nedanför senaste årets toppskott. Hos gran har endast två stambrott registrerats under hela projektiden.

Den tredje typen av ”Äbin-skada” är barkskada, vilken kan inkludera såväl gnag som fejning. Andelen barkskador hos klövviltsbetade tallar har varierat mellan 0 och 5 % per år över studieperioden. De första två åren efter plantering har andelen varit 0 %, varpå den har ökat till 4–5 % av de klövviltsbetade tallarna från sju år efter plantering och framåt.

En stor del av bestånden är vid tidpunkten för den här rapporten fortfarande inom beteshöjd, så den här fördelningen mellan toppskottsbetning, stambrott och barkgnag ska inte ses som den slutgiltiga i BETT-försöket. När bestånden växer sig ännu högre kommer andelen toppskottsbetningar att till slut minska till 0, medan andelen stambrott och barkgnag kommer att öka.

## Överlevnad

Överlevnaden har varit generellt sett hög hos plantorna under de 8–10 år som har gått sedan plantering fram till senaste inventeringen 2022 (Figur 10). Vissa bestånd som Fårkläppen, Gransjöbäcken och Fågelfors har haft hög dödlighet hos tallarna, men detta oavsett om de stått i hägnet eller utanför. För övriga bestånd går det inte att se något generellt mönster beträffande överlevnad och hägnat eller ohägnat. Tallarna har större andel träd i den bästa vitalitetsklassen (1) jämfört med gran, men några andra tydliga skillnader går inte att utläsa. I några ytor (Boxholm Tall hägn., Igelfors OH1, OH2 och Tall hägn., samt Högelycka Tall hägn.) saknas data från 2022, eftersom de har vuxit över 4 m och därmed är undantagna från årlig inventering. I dessa fall har vitalitet för 2021 använts i stället.



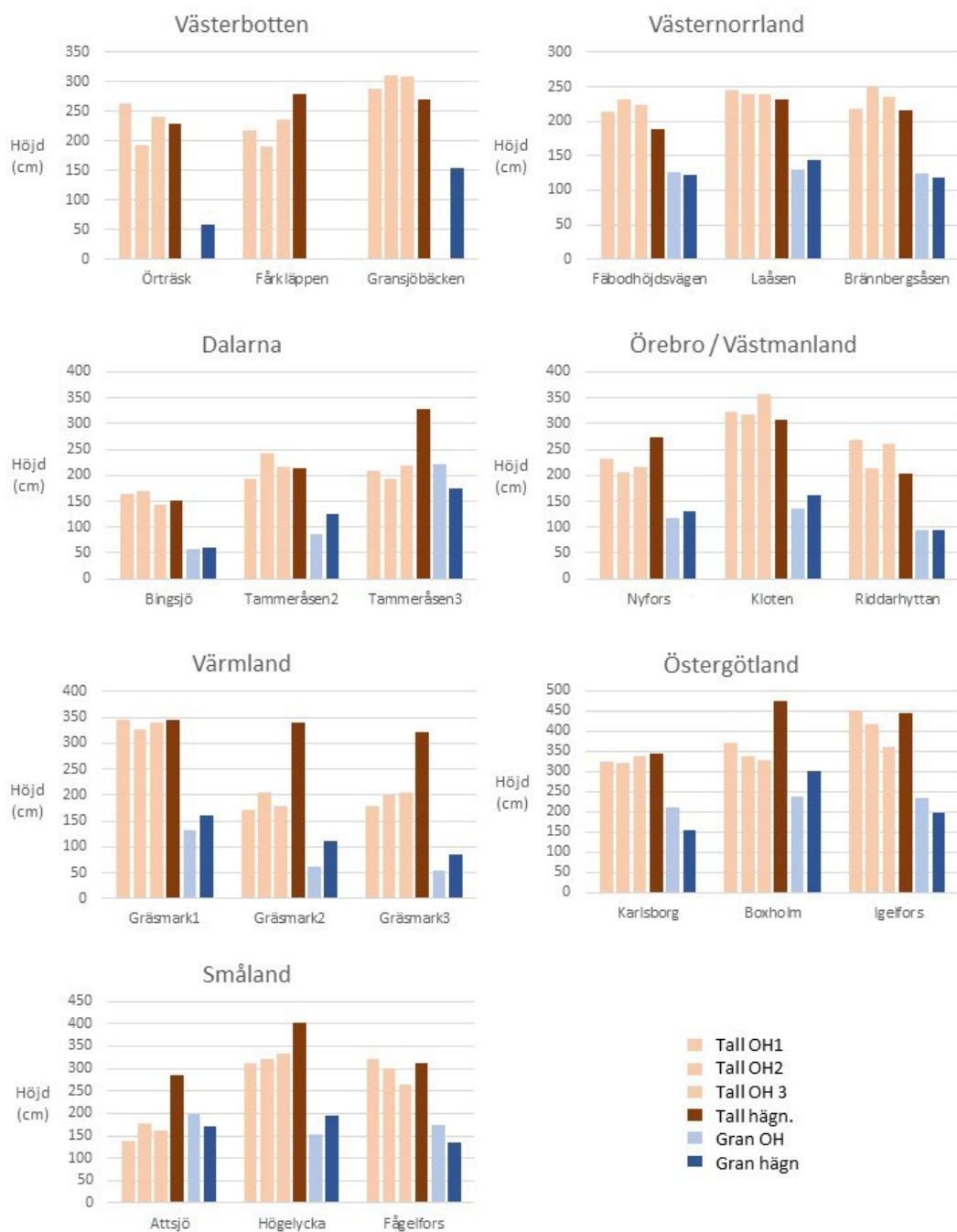
Figur 10. Överlevnad och vitalitet hos samtliga planterade plantor i BETT-försöket, data från ohägnade ytor sammanslaget. Vitalitet hos de levande: 1 = fullt frisk, 2 = nedsatt (överlever troligen), 3 = starkt nedsatt (hög risk att dö). OH = ohägnat.

## Tillväxteffekter

### Höjdtillväxt

En viktig variabel för att tidigt bedöma produktion i unga skogsbestånd är höjdtillväxten. Figur 11 visar medelhöjder per yta i samtliga BETT-bestånd. Höjderna kommer från senaste inventeringen 2022. I några ytor (Boxholm Tall hägn., Igelfors OH1, OH2 och Tall hägn., samt Högelycka Tall hägn.) saknas data från 2022, eftersom de har vuxit över 4 m och därmed är undantagna från årlig inventering. I dessa fall har höjd 2022 estimerats baserat på höjd 2021 + toppskottslängd 2021 = total ny höjd. Sannolikt innebär detta att höjden 2022 är något underskattad, men inte till den grad att det påverkar slutsatserna i rapporten.

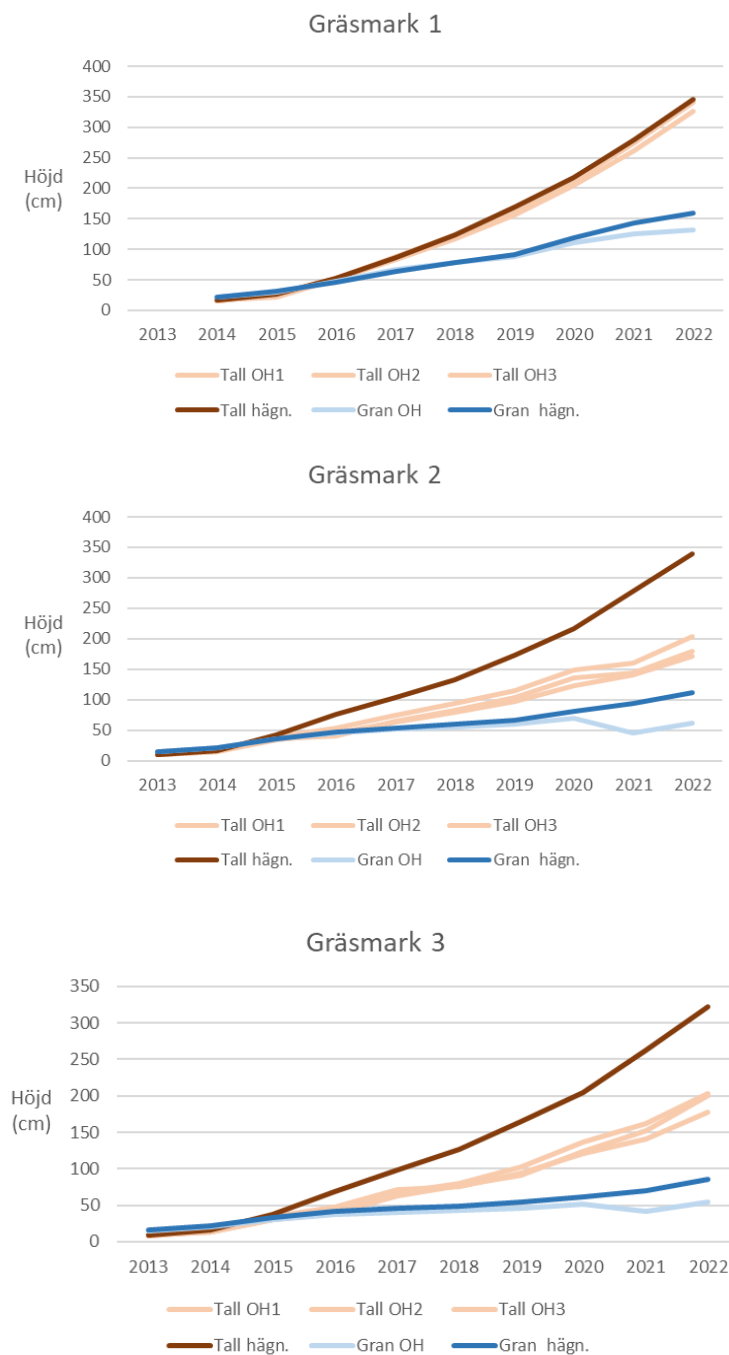
Tall har haft en bättre höjdtillväxt än gran i samtliga bestånd (Figur 11). Skillnaderna mellan hägnade och ohägnade ytor varierar kraftigt, så att det i vissa bestånd inte syns någon skillnad, medan det i andra fall ser ut som om hägningen har haft stor effekt på höjdtillväxten hos tall. Gran visar inte samma effekt av hägning.



Figur 11. Medelhöjder per yta 2022. OH = ohägnat.

Eftersom markägarna av misstag har röjt i de ohägnade ytorna i två bestånd, Gräsmark 2 och Gräsmark 3, behöver särskild granskning av dessa göras. Røjningen skedde 2021 och 20–35 % av de levande tallarna røjdes bort, samt 66 % och 54 % av de levande granarna. Om røjningen skett utan hänsyn till höjd hos träden (utan snarare varit beroende på trädens positioner), kan det antas att medelhöjderna inte har påverkats av røjningen, i varje fall i tallytorna där andelen røjda träd var lägre.

Figur 12 visar höjdtutvecklingen i samtliga bestånd i Värmland, det vill säga de ovan nämnda som blivit röjda, samt Gräsmark 1 som inte har röjts och som får utgöra referens.



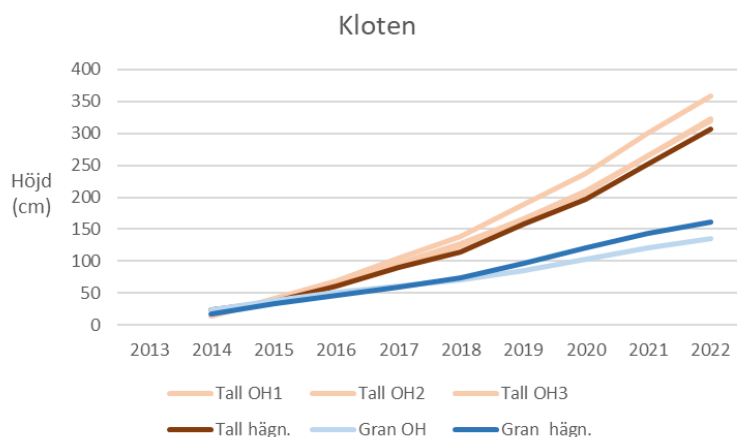
Figur 12. Medelhöjder i de tre bestånden i Värmland. De ohägnade ytorna i Gräsmark 2 och Gräsmark 3 blev röjda 2021, medan Gräsmark 1 inte har blivit röjt. OH = ohägnat.

Av Figur 12 framgår att röjningen i de ohägnade tallytorna i Gräsmark 2 och Gräsmark 3 2021 ser ut att ha haft en viss effekt på medelhöjderna.



Dock har de huvudsakliga skillnaderna i medelhöjd mellan hägnade och ohägnade tallytor uppstått många år innan röjningarna gjordes, medan höjdkurvorna för granytorna följdes åt ända till röjningen som gav en tydlig effekt på de ohägnade granytorna.

Även i Kloten har en yta påverkats i samband med att en ny väg drogs över en del av en yta (Tall OH2). Det skedde 2016 och 57 % av de levande tallarna på ytan röjdes bort. Figur 13 visar höjdtillväxtkurvorna för Kloten.



Figur 13. Höjdtillväxt Kloten. Tall OH2 röjdes 2019. OH = ohägnat.

Kurvorna för Tall OH1 och Tall OH2 följs åt så pass att de inte går att urskilja ifrån varandra i diagrammet. Därmed är det sannolikt så att röjningen i Tall OH2 i Kloten inte har påverkat medelhöjden på ytan.

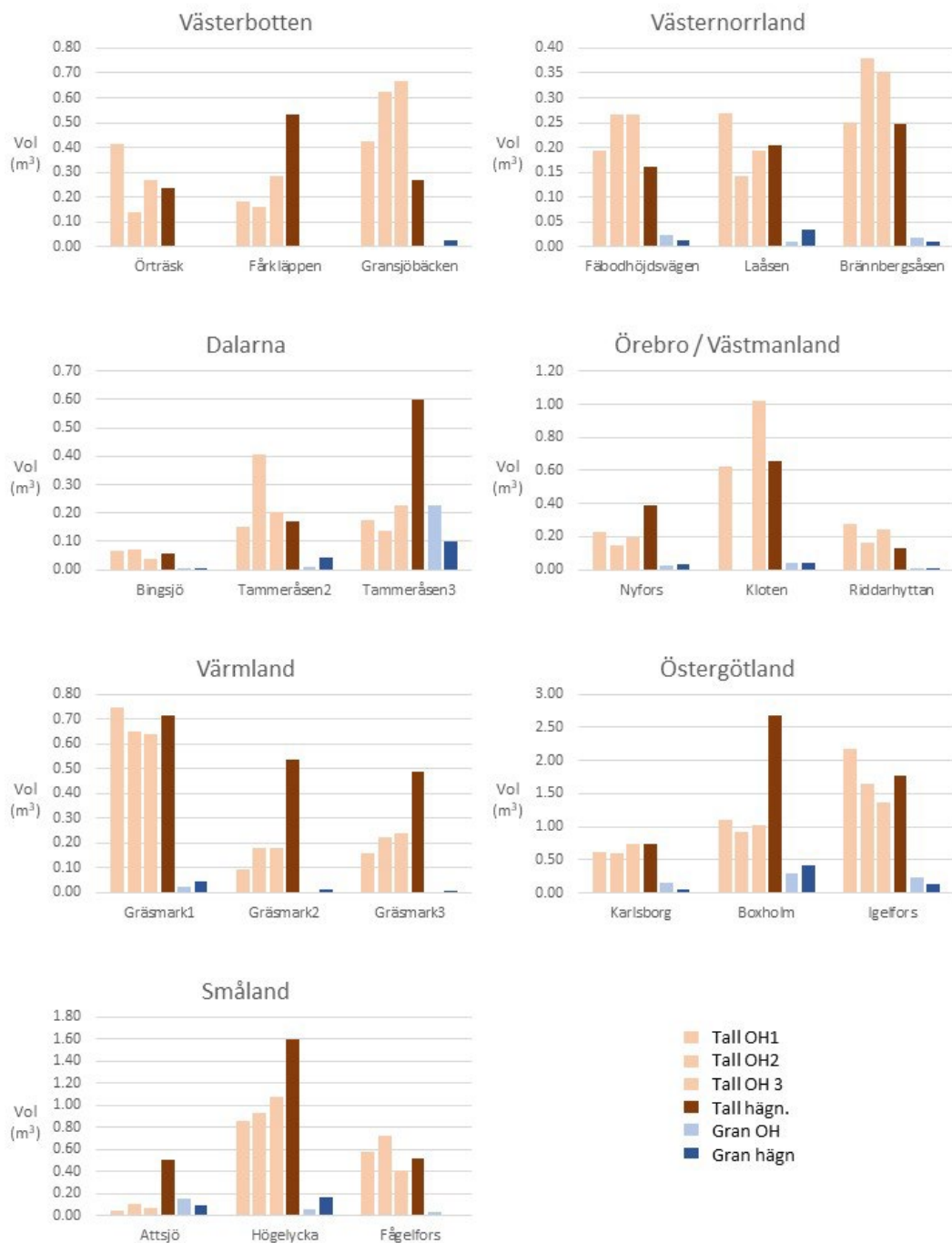
## Volym

Volym räknas ut för träd med höjd  $\geq 130$  cm. Volymfunktionerna som använts finns beskrivna i Näslund (1940) och Näslund (1947). Träd lägre än 130 cm har tilldelats volym 0, vilket naturligtvis är en underskattning.

Volymerna för de ytor som påverkats genom röjning har räknats upp med motsvarande andel som de rökta träden utgjorde (20–35 %). Detta gäller Tall OH1, Tall OH2 och Tall OH3 i Gräsmark 2 och Gräsmark 3. Volymerna för dessa bör därför beaktas med viss försiktighet. Dock skall noteras att de träd som röjts bort på ytorna sannolikt har varit mindre än de som har sparats, vilket innebär att vår metod att räkna upp volymerna baserat på de träd som står kvar troligen innebär en viss överskattning av volym i dessa ytor. Till skillnad från ovan nämnda tallytor utgår de ohägnade granytorna i Gräsmark 2 och Gräsmark 3, detta eftersom en så stor andel av träden (>50 %) har röjts och de kvarvarande trädens medelhöjder är påtagligt påverkade av röjningen. Även Tall OH2 i Kloten utgår, eftersom återigen en hög andel (>50 %) av träden har röjts och det finns oröjda ytor i samma bestånd att tillgå i stället: Tall OH1 och Tall OH3.

Figur 14 visar volymer per yta i samtliga BETT-bestånd. Volymerna är baserade på höjder och brösthöjdsdiameter från senaste inventeringen 2022. I några ytor (Boxholm Tall hägn., Igelfors OH1, OH2, samt Tall hägn. och Högelycka Tall hägn.) saknas data från 2022, eftersom de har vuxit över 4 m och därmed är undantagna från årlig inventering.

I dessa fall har volym 2022 estimerats baserat på volym 2021 + volymökningen 2020–2021 = ny volym. Denna metod kan innebära en viss underskattning av volymerna, men bör inte vara sådan att den påverkar slutsatserna.



Figur 14. Volym per yta 2022. OH = ohägnat.

Figur 14 visar att tall har haft en bättre volymtillväxt än gran i samtliga bestånd. Skillnaderna mellan hägnade och ohägnade ytor varierar kraftigt mellan olika bestånd, så att det i vissa fall inte syns någon skillnad, medan det i andra fall ser ut som om hägningen har haft stor effekt på volymtillväxten hos tall. Gran visar inte samma effekt av hägning.

## Diskussion

### Betets effekter

#### Variation

Bete är inte jämnt fördelat inom ett landskap, utan varierar på olika skalor (Wallgren m.fl. 2013). Därför är det inte oväntat att vissa försöksbestånd betas hårdare än andra. Detta innebär också att olika trädindivider inom samma bestånd betas olika hårt. Exakt vad det är som orsakar variationen är en komplex fråga, men förklaringsmodeller identifierar ofta såväl beståndets sammansättning av foderarter, dess utvecklingsstadium och tidigare bete, samt en rad landskapsvariabler kopplade till topografi, klimat och betestryck i landskapet, som viktiga drivande faktorer.

I den här rapporten presenteras sammanställningar på ytnivå, alltså den sammanvägda beteseffekten uppmätt hos träden som växer i ohägnade ytor med dem i hägnade ytor som kontroller. Ytnivå eller ”högre”, till exempel beståndsnivå, är ofta den skala som skogsbruket förhåller sig till beträffande utvärdering och planering av åtgärder. Dock finns det mycket att lära också av den mer detaljerade nivån, inte minst hur olika tidpunkt och intensitet av bete påverkar träden (Wallgren m.fl. 2014), och detta kommer att behandlas i en senare rapport.

#### Olika skadegörare

Ett särskilt omnämnande bör göras om arbete i jämförelse med klövviltsbete. Närpå samtliga bestånd i BETT-försöket uppvisade bägge typerna av bete på tall, men arbetet hade generellt liten omfattning och var snabbt övergående medan klövviltsbetet med några undantag har tilltagit över tid, hållit i sig över flera år och generellt legat på betydligt högre nivå (% betade stammar).

Även om bilden av klövvilt som de huvudsakliga betarna på produktionsskog i Sverige stöds av data från BETT-försöket är det intressant att arbetet i Attsjö ser ut att ha orsakat tidiga skillnader i plantmedelhöjder mellan hägnade och ohängade tallytor och att dessa skillnader inte har minskat över tid. Attsjö är ju också det bestånd som haft mest omfattande klövviltsbete i ung ålder, så sannolikt har arbete och klövviltsbete här samverkat och orsakat dessa långsiktiga effekter.

## Skador

Olika former av bete har olika effekter för trädet. De så kallade "Äbin-skadorna" innefattar toppskottsbetning, stambrott och barkskada (orsakade av gnag eller fejning) på träd inom höjdsplanet 1–4 m och utgör grundstommen i nationell uppföljning av betesskador på produktionsskog. Intressant är dock att den allra vanligaste formen av bete på både tall och gran i BETT-försöket under den första tioårsperioden har varit sidoskottsbyte, en variabel som inte alls mäts i Äbin. Andra studier har visat att det finns ett statistiskt samband mellan toppskottsbyte och sidoskottsbyte på tall (Wallgren m.fl. 2013), så i någon mån fungerar sannolikt Äbin-skador som ett trubbigt mått för barrmasseförlust. Detta samband bör dock utredas vidare för att få en bättre bild av hur relationen mellan Äbin-skada (framför allt toppskottsbetning) och sidoskottsbyte ser ut, inte minst vid olika beståndsåldrar, och kanske ännu viktigare att kartlägga hur olika typer av bete påverkar tillväxtfaktorer hos tall. För detta är det lämpligt med studier på trädindividnivå, vilket är möjligt med BETT-data.

Variationen i hur stor andel av träden som blivit betesskadade under projekttiden är stor. De högsta nivåerna av bete har ägt rum i Boxholm samt Tammeråsen 2 och Tammeråsen 3. Även Attsjö har varit hårt drabbat vissa år, men verkar däremellan ha klarat sig bättre. Minst bete har hittills ägt rum i Nyfors och Kloten, men överlag har betet varit lägre i de två nordligaste områdena, samt Örebro/Västmanland, jämfört med de sydligare områdena. En liknande trend kan möjligtvis skönjas för gran.

## Överlevnad

I en studie av simulerat bete på tall uppmättes hög dödlighet hos behandlingsgrupperna som klipptes första året efter plantering (Wallgren m.fl. 2014). När väldigt unga tallar betas kan förlusten av bara ett toppskott innebära att en stor del av den gröna barrbiomassan går förlorad och tallen får svårt att återhämta sig från detta med risk för avgång som följd. Av den anledningen framhålls ofta vikten av att följa upp inte bara klövviltsbete inom "Äbin-höjd" 1–4 m, utan även det bete som sker i tidig ålder och höjder under 0,5 m. Troligen står hare, rådjur (*Capreolus capreolus*) och möjligen också vissa gnagare för den största delen av betet på små plantor, men det är egentligen till största del okänt. Denna rapport bekräftar att harbete åtminstone sporadiskt kan påverka tidig tillväxt hos tall i den omfattning att det är en faktor att beakta vid förnyring. Möjligen skulle harbetet i Attsjö och Tammeråsen 3 kunna haft påverkan på överlevnaden hos tall, men det går inte att säga säkert utan djupare analyser. Motsvarande effekt på överlevnad skulle ha kunnat förväntas också i Tammeråsen 2, men där var överlevnaden generellt sett hög i alla tallytor.

## Tillväxt

De två viktigaste måtten på tillväxt hos produktionsträd är höjd och volym. Dessa är naturligtvis tätt sammankopplade, men kan också vara relevanta att använda var och en för sig. De matematiska funktioner som vanligtvis används för att räkna ut volym hos till exempel tall och gran använder sig av såväl trädhöjden som stammens diameter vid 130 cm höjd, den så kallade brösthöjdsdiametern (Näslund 1940; Näslund 1947). För träd under 130 cm är det vanligt att höjd i stället får utgöra det huvudsakliga måttet på tillväxten. Särskilt intressant kan detta vara när det kommer till bete, eftersom toppskottsbetet sker på det högst sittande skottet medan sidoskottsbetet skulle kunna tänkas ha större effekt på diametertillväxt på grund av förlorad barrbiomassa.

Dessa är ytterligare aspekter som behöver undersökas och verifieras på en finare skala med trädindivider som enhet, men även på ytnivå bör generella mönster kunna utrönas.

Det mest iögonfallande beträffande höjdtutvecklingen i BETT-försökets ytor är att gran har vuxit betydligt långsammare än tall. I merparten av bestånden ligger granarna på ungefär halva medelhöjden av de hägnade tallarna och de är också lägre än de ohägnade tallarna. Gällande tallhöjderna är variationen stor. Vad gäller de nordliga områdena, Västerbotten och Västernorrland, syns inga effekter av stängsling på medelhöjderna. Det ska dock nämnas att tallarna i dessa områden (förutom i Gransjöbäcken) fortfarande är inom beteshöjd och därför är det alltför tidigt att säga att detta kommer att vara de slutgiltiga resultaten här. I mellersta Sverige är variationen större och trots att flera bestånd i likhet med de nordliga inte uppvisar någon skillnad mellan hägnat och ohägnat, ser det ut att finnas en tydlig skillnad i Tammeråsen 3, samt Gräsmark 2 och Gräsmark 3. Intressant nog har Tammeråsen 2 och Tammeråsen 3 haft högst jämförbara nivåer av bete (% av tallarna som betats) över projekttiden, men det är endast den senare som uppvisar dessa skillnader i medelhöjder. Det kan vara så att det har funnits skillnader i exakt vilken typ och omfattning av bete som drabbat tallarna i de olika bestånden och det kommer senare analyser att gräva djupare i. I det sydligaste området är det framför allt bestånden med högst nivåer av bete, Boxholm och Attsjö, samt dessutom Högelycka, som uppvisar skillnader i medelhöjd mellan hägnat och ohägnat.

De beräknade volymerna uppvisar en något rörigare bild än medelhöjderna. Det ser ut som att små skillnader i medelhöjder resulterar i större skillnader i volymer mellan ytor. Den mest omedelbara anledningen skulle förstås kunna vara att endast träd från 130 cm ingår i volymberäkningarna medan alla andra träd får volym 0, vilket förstärker effekterna av förlorad höjdtillväxt på beräknade volymer. Detta skulle kunna vara förklaringen i Gräsmark 2 och Gräsmark 3 samt Attsjö, men knappast i exempelvis Boxholm där medelhöjderna ligger på över 3 m i samtliga tallytor.

En möjlig alternativ förklaring skulle kunna vara att sidoskottsbetet faktiskt har haft större inverkan på tallarnas tillväxt än vad toppskottsbetet har haft. Trots att de två typerna av bete ofta förekommer tillsammans kan sidoskottsbetet variera i betydligt större omfattning (0–100 % av sidoskotten) och därigenom potentiellt ge större utslag på tillväxten än toppskottsbyte. Som bekant påverkar sidoskottsbetet mängden grön barrbiomassa som är trädens fotosyntetiserande organ med möjlighet att driva på eller bromsa tillväxten. Toppskottsbyte drabbar per definition endast ett skott (det vill säga toppskottet) och även om det påverkar höjdtutvecklingen hos tallen är det inte säkert att det har så stor betydelse för diametertillväxten.

## Trädslagsval

Granytorna i försöket har planterats för att kunna jämföra utfallet av att plantera gran i bestånd bättre lämpade för tall som en strategi för att undvika omfattande betesskador på sin produktionsskog. Det kan konstateras att betet på gran är avsevärt lägre än på tall, men det kan också visas att granens utveckling har gått mycket långsammare än tallens. Det ska dock sägas att i två bestånd, Tammeråsen 3 och Attsjö, där de ohägnade tallarna betats hårt, har de ohägnade granytorna likvärdig volymutveckling som tallytorna. I övriga bestånd ligger granytorna efter tallytorna i höjd- och volymutveckling 8–10 år efter etablering och trädslagsbyte kan därmed inte anses vara bra alternativ för att minska viltets påverkan på den skogliga värdeutvecklingen.

## Lärdomar för förvaltning av vilt och skog

Resultaten från BETT-försökets första tioårsperiod visar att effekten av viltbete på överlevnad och tillväxt hos tall varierar mellan bestånd från ej skönjbara till kraftiga. De flesta av studiebestånden befinner sig dock fortfarande inom beteshöjd och därmed går det inte att dra långtgående slutsatser av hur läget ser ut just nu. Det går dock att dra vissa slutsatser om skadegörare.

Klövviltsbete har varit och kommer att fortsätta vara en avsevärt viktigare faktor än arbete och sorkskador (de sistnämnda har inte observerats i något av de 21 studiebestånden), även om arbete i ett bestånd ser ut att ha samverkat med tidigt klövviltsbete och fördröjt tallarnas höjdtutveckling. En lokalt tät har- eller rådjursstam (möjligen också kronhjort, *Cervus elaphus*, och dovhjort, *Dama dama*) kan dock genom plantbete ha en långsiktig påverkan på resultatet av en tallföryngring och kan behöva förvaltas annorlunda.

Ett annat intressant resultat är sidoskotts-bete som den vanligaste typen av klövviltsbete (% drabbade träd). Ett omfattande sidoskotts-bete kan ha negativ effekt på volymutvecklingen, eftersom trädets fotosyntetiserande förmåga reduceras, men varken sidoskotts-bete eller diametertillväxt är variabler som följs upp kontinuerligt i nuvarande nationella inventeringsprogram.

Ett viktigt budskap från BETT-försöket hittills är att beteseffekter är mer än vad som rapporteras i den nationella betesinventering Äbin, som endast registrerar toppskotts-bete, stambrott och barkskada hos tallar och granar i höjdspannet 1–4 m. Ett sätt att införliva dessa insikter i aktiv förvaltning är att tillämpa ett flerartsperspektiv för vilt och att göra regelbundna uppföljningar av beteseffekter på skog utanför Äbins höjdspann.

## Relaterad forskning

### Simulerat bete

I fyra av BETT-försökets hägn ingår en extra tallyta för en studie med simulerat bete. ”Betet” utförs genom klippning enligt förutbestämda scheman som i vissa fall skiljer mellan topp- och sidoskotts-”bete” och i annat fall kombinerar dem. Denna studie utförs som ett sidoprojekt till den betydligt mer omfattande delen med naturligt bete och avrapporteras separat. Ett examensarbete över de tidigaste effekterna gjordes när studien hade pågått i fyra år (Jørgensen 2018) och vid den tidpunkten kunde en effekt av toppskotts-klippning skönjas på höjdtutvecklingen. Detta kan uppfattas som trivial kunskap, men faktum är att tallar kompenserar för ett förlorat toppskott genom att vika upp ett eller flera skott från det översta grenvarvet. Dessa är dock något kortare än ett toppskott och därigenom kommer höjdförlusten. Vid tiden för examensarbetet var tallarna för små för att volymer skulle kunna jämföras och därför kommer en slutlig utvärdering att göras när tallarna har vuxit ur höjden för simulerat bete (4 m).

## **Foder**

Ett examensarbete på masternivå gjordes under läsåret 22/23 för att undersöka hur klövviltsbete påverkar mängd och sammansättning av lövvegetation och fältskikt (Scholten 2023). Arbetet byggde på BETT-försökets hägnserie och data som samlats in vid tidpunkt för röjning av ytor. Resultaten visade att både antal träd över 2,5 m (det vill säga beteshöjden för älg) och mängden skottbiomassa av ett flertal arter var lägre i ytor som varit öppna för bete jämfört med hägnade ytor. Därtill framträdde ett mönster att det var större variation i artsammansättning bland öppna ytor jämfört med hägnade, vilket kan vara positivt i ekologisk mening men försvårar skogsskötseln genom att minska förutsägbarheten gällande vad som blir resultatet av en föryngring.

## **Ekonomi**

Genom de i den här rapporten dokumenterade volymbortfallen orsakade av naturligt viltbete går det att bilda sig en uppfattning om den potentiella magnituden av de ekonomiska förlusterna. Men rapporten visar också att det råder en stor variation mellan bestånd och bra landsomfattande uppskattningar kan lämpligtvis göras genom att koppla "Äbin-skadorna" i BETT-försöket till uppmätta volymförluster och använda den relationen i en nationell beräkningsmodell som bygger på de verkliga Äbin-data som årligen insamlas storskaligt över Sverige.

Den hittills mest omfattande genomgången gällande ekonomiska effekter av viltbete på produktionsskog är gjord av Skogsstyrelsen (Bergquist m.fl. 2019). När BETT-försöket har pågått ytterligare en och två tioårsperiod(er) kommer det att kunna ge bra empiriska underlag för beräkningar av kostnader orsakade av bete. Det finns dock en tidsförskjutning som komplicerar beräkningen av kostnaden, det vill säga ett femtio- till hundraårigt gap mellan tidpunkten då betet inträffar och tidpunkten då den ekonomiska förlusten realiserar vid avverkningsen. Att ha empiriska data över skogstillväxt och beteshistorik som ingångsvärden i sådana beräkningar torde vara mycket värdefullt och därför bör BETT-försöket få fortleva under en fullständig omloppstid.

## **Ekologiska effekter**

Möjligheter finns att även använda forskningsytorna för andra vetenskapliga studier, till exempel effekter av bete på markflora och -fauna, samt på dynamiska förhållanden som mellanartskonkurrens och succession, och samarbeten med andra forskargrupper välkomnas. Sådana användningsområden ses som sekundära och ingen speciell hänsyn till dem har tagits vid planering och design av BETT-försöket. Försökstrukturens enkla och renodlade design med 21 upprepningar över en geografisk gradient bör dock kunna fungera utmärkt för ett flertal forskningsaktiviteter. Här välkomnas samarbeten med andra forskargrupper.

## Referenser

- Bergquist, J., Kalén, C. & Karlsson, S. 2019. Skogsbrukets kostnader för viltskador - Åtterrapporering till regeringen. Rapport Nr. 2019/16, Skogsstyrelsen, 52 sid.
- Jørgensen, L. 2018. Betydelsen av viltbete för etablering och tidig tillväxt hos tallplantor. Folkuniversitetet. Nr. 1, 22 sid.
- Näslund, M. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige. Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt Nr. 32(4), Stockholm, Sweden. 87-142 sid.
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall och gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut Nr. 36(3), Stockholm, Sweden. 1-81 sid.
- Pettersson, F., Bergström, R., Jernelid, H., Lav Sund, S. & Wilhelmsson, L. 2010. Älgbetning och tallens volymproduktion - resultat från en 28-årig studie i Furudal. / Long-term effects of moose browsing on Scots pine. Skogforsk, Redogörelse Nr. 2/2010, Gävle. 60 sid.
- Scholten, J. J. 2023. Effects of moose (*Alces alces*) browsing on naturally regenerated deciduous trees and field layer in Swedish pine stands. Swedish University of Agricultural Sciences, SLU, Faculty of Forest Sciences/Department of Wildlife, Fish and Environmental Studies. Umeå Nr. 62 sid.
- Wallgren, M., Bergquist, J., Bergström, R. & Eriksson, S. 2014. Effects of timing, duration, and intensity of simulated browsing on Scots pine growth and stem quality. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29(8): 734–746.
- Wallgren, M., Bergström, R., Bergqvist, G. & Olsson, M. 2013. Spatial distribution of browsing and tree damage by moose in young pine forests, with implications for the forest industry. *Forest Ecology and Management* 305: 229-238.