



Reell betad biomassa och barrmasseförlust hos tall orsakad av älg

En studie i Uppland

Astrid Bornfeldt Persson

Examensarbete 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för vilt, fisk och miljö

Fristående biologikandidat

Examensarbete / SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö

2025:13

Uppsala 2025



Reell betad biomassa och barrmasseförlust hos tall orsakad av älg. En studie i Uppland

Real browsed biomass and loss of green needle biomass in Scots pine, caused by moose. A study in Uppland, Sweden

Astrid Bornfeldt Persson

Handledare: Märtha Wallgren, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö samt Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut (Skogforsk)

Examinator: Johan Månsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0894

Program/utbildning: Fristående kandidatexamen i biologi

Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2025

Omslagsbild: Astrid Bornfeldt Persson

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Examensarbete / SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö

Del nummer i serien: 2025:13

Nyckelord: Viltbete, hjortdjur, skogsbruk, virkesproduktion, skogsskötsel, skadeövervakning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för vilt, fisk och miljö

Förord

Det är flera personer som bidragit till den här studien. Jag vill rikta ett varmt tack till Märtha Wallgren för hennes engagerade handledarskap. Det har kännetecknats av uppmuntran, värdefull vägledning och en stor dos forskarglädje. Ett stort tack även till Skogforsk för möjligheten att göra studien hos er och för att jag togs emot med öppna armar på det trevliga Uppsalakontoret. Vidare vill jag tacka Tyra Wallgren för att jag fick använda materialet som hon arbetade med under sin prao på Skogforsk, Johan Månsson för hans insats som examinator och Ivar Anderberg för förslag om bearbetning. Jag vill också tacka Äbin-teamet på Skogsstyrelsen som bidrog med koordinater till studiens tallbestånd. Därtill är jag tacksam för möjligheten att utföra fältarbetet på mark tillhörande Bergvik Skog Öst samt privata markägare. Ett stort tack går slutligen till Georg Holmén för lektioner i statistik, min mormor Ingela Berger för språklig rådgivning och Magnus Persson för tips om handledare och ämnesområde.

Sammanfattning

Älgen (*Alces alces*) står för många ekosystemtjänster och är kulturellt viktig i Sverige. Dess diet består bland annat av unga tallar (*Pinus sylvestris*). Viltbete skapar kemisk och morfologisk respons i träden, och kan leda till minskad virkesproduktion och virkeskvalitet. Det är därför viktigt att undersöka älgbetets effekter på träden för att få kunskapsunderlag att förhålla sig till inom skogsskötsel och älgförvaltning. Eftersom fotosyntesen som driver tallens tillväxt sker i barren, bromsar sidoskottsbetning volymtillväxten genom förlorad barrbiomassa. Sidoskotten varierar i storlek, och vilka som betas påverkar hur mycket biomassa ett träd förlorar. Den här studien undersöker hur älgar fördelar sitt bete på tallar av olika höjder, och uppmäter reell betad biomassa givet andel och placering av betade sidoskott. Resultatet visar på en stor variation i betetryck på tall, även inom samma höjdspann. Hur mycket en specifik tall kommer att betas är därmed svårt att förutse. En större mängd biomassa hämtades av älgar från större tallar än från mindre, samtidigt som betning orsakade proportionellt högst biomassaförlust hos de minsta tallarna. Ett förslag är därför att fokusera på att skydda små plantor från viltbete. Vidare hämtades en större mängd biomassa av älgar i form av sidoskott än av toppskott. Detta kan sammantaget innebära att Äbin, den nationella betesskadeinventeringen, inte är en tillräckligt precis metod för bedömning av barrmasseförlust, och inte heller ger en tillräcklig indikation på minskad volymtillväxt hos tall orsakad av bete.

Nyckelord: Viltbete, hjortdjur, skogsbruk, virkesproduktion, skogsskötsel, skadeövervakning.

Abstract

The moose (*Alces alces*) provides many ecosystem services and is culturally important in Sweden. Its diet consists of, among other things, young Scots pine (*Pinus sylvestris*). Ungulate browsing creates chemical and morphological responses in trees, which may lead to reduced wood production and wood quality. It is therefore important to investigate the effects of moose browsing on trees in order to obtain knowledge for guidance in forestry and moose management. Because the photosynthesis that drives pine tree growth occurs in the needles, side shoot grazing slows down volume growth by loss of needle biomass. Side shoots vary in size, and the specific ones that are browsed influence the amount of biomass a tree loses. This study investigates how moose distribute their grazing over pine trees of different heights, and also estimates biomass consumed, given the proportion and placement of browsed side shoots. The results show that there is a large variation in browsing pressure on pine trees, even within the same height ranges. It is therefore difficult to predict how much a specific pine tree will be browsed. A greater amount of biomass was consumed by moose from larger pines than from smaller ones, while browsing caused the proportionally highest biomass loss in the smallest pines. One suggestion is therefore to focus on protecting small plants from ungulate browsing. Furthermore, a greater amount of biomass was taken by moose in the form of side shoots than top shoots. Altogether, this may mean that Äbin, the national browsing damage inventory, is not a sufficiently precise method for assessing biomass loss, nor does it provide a sufficient indication of reduced volume growth in pines caused by browsing.

Keywords: Game browsing, cervid, forestry, timber production, silviculture, damage monitoring.

Innehållsförteckning

Förord	3
Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
Förkortningar	8
1. Inledning	9
2. Metod	11
2.1 Studieområdet	11
2.2 Fältmetod	13
2.2.1 Planering av betesinventering	13
2.2.2 Betesinventering i fält	14
2.3 Labb och dataanalys	16
2.3.1 Estimering av biomassa	16
2.3.2 Beredning av data	17
2.3.3 Statistisk analys	19
3. Resultat	20
3.1 Höjdfördelning	20
3.1.1 Tallstruktur	21
3.2 Älgbete	23
3.2.1 Bete av toppskott och sidoskott på olika grenvarv.	23
3.3 Inhämtad biomassa från tallar av olika storlek	26
3.3.1 Fördelning av bete på trädnivå	26
3.4 Skottbiomassaförlust relaterad till olika nivåer av topp- och sidoskottsbete	28
4. Diskussion	30
4.1 Andel betade skott	30
4.2 Betad biomassa	31
4.3 Barrmasseförlust	32
4.4 Studiens begränsningar	32
4.5 Implementering	33
5. Slutsatser	34
Referenser	35
Bilaga 1	40
Bilaga 2	41

Tabellförteckning

Tabell 1. Resultat av Chi2-test på fördelning av bete över de inventerade tallarnas grenvarv höjdklassvis.	26
Tabell 2. Resultat av Fischer's exact test på fördelning av bete över de inventerade tallarnas grenvarv höjdklassvis.....	26

Figurförteckning

Figur 1. Trädslagsfördelning för skog med en höjd över 5 meter på produktiv skogsmark i Uppsala län (Riksskogstaxeringen 2024b).	11
Figur 2. Trädslagsfördelning för ungskog på 1 till 4 meters höjd (Skogsstyrelsen 2024a).	12
Figur 3. Avskjutning av dovhjort, kronhjort, rådjur, vildsvin och älg i Uppsala län mellan 2013 och 2023 (Viltdata 2024).	13
Figur 4. Karta över studieområdet med de inventerade bestånden utmärkta genom rosa punkter. I några fall ligger bestånden så nära varandra att punkterna överlappas.	14
Figur 5. Tallens struktur med toppskott överst och grenvarv tre närmast marken. De gula strecken visar exempel på årsskott. Bild: Märtha Wallgren, redigering: Astrid Bornfeldt Persson.	15
Figur 6. Till vänster: tall med färskt bete. Till höger: tall med gammalt bete.	16
Figur 7. Till vänster: kraftigt betad, buskig tall. Till höger: ej betade tallar.	17
Figur 8. Regressionslinje baserad på samtliga referenstillars höjd och torrsvikt.	18
Figur 9. Regressionslinje baserad på de två lägsta referenstillarnas höjd och torrsvikt. ..	18
Figur 10. Antalet undersökta träd per höjdklass.	20
Figur 11. Fördelning av trädhöjd för referenstillarna från Salsta.	21
Figur 12. Genomsnittligt antal årsskott per tall grenvarv, höjdklassvis. Ts = toppskott, grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet. Observera skillnader i y-axeln.	22
Figur 13. Genomsnittlig andel betade årsskott per höjdklass, grenvarvvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.	24
Figur 14. Genomsnittlig andel betade årsskott per grenvarv, höjdklassvis. Ts = toppskott, grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.	25
Figur 15. Estimerad genomsnittlig betad årsskottsbiomassa i torrsvikt per träd.	27
Figur 16. Estimerad genomsnittlig betad årsskottsbiomassa per träd, höjdklassvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.	28
Figur 17. Estimerad genomsnittlig andel betad årsskottsbiomassa per träd, höjdklassvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.	29

Förkortningar

Äbin	Älgbetesinventering
m ö.h	Meter över havet
GV	Grenvarv

1. Inledning

Många intressen omgärdar skogen (Sandström & Öhman 2013) och dess vilt (Eklund m.fl. 2023). I barr- och blandskog lever älgen (*Alces alces*), ett klövvilt vars utbredning sträcker sig från Lappland i norr till Skåne i söder. Gotland är det enda landskapet där den inte finns (Svenska Jägareförbundet 2022). Sveriges älgstam är världens tätaste i förhållande till landets skogsareal (Skogforsk 2023), trots att den under de senaste 10 åren varit på nedgång. Denna utveckling verkar nu också avstannat till följd av minskad avskjutning (Wallgren m.fl. 2024; Widemo & Leonardsson 2024). Älgen står för ekosystemtjänster som jakt, biologisk mångfald och naturupplevelser, men spelar även en viktig roll kulturellt (Widemo m.fl. 2019). Samtidigt innebär viltbete minskad virkesproduktion och virkeskvalitet, och därmed ekonomisk förlust i skogsbruket (Skogsstyrelsen 2019).

Sveriges landyta utgörs av totalt 68% skogsmark, varav 84% anses vara lämplig för skogsproduktion (SCB 2023). På merparten av skogsmarken bedrivs intensivt skogsbruk av tall och gran (SLU 2023), för vilket tallen spelar en viktig roll (Wallgren m.fl. 2014). Älgens diet består bland annat av unga tallar (*Pinus sylvestris*) (Bergkvist m.fl. 2021, 2014; Hörnberg 2001; Wallgren 2023), som vanligen betas mellan 0,5 och 2,5 meters höjd (Nichols m.fl. 2015; Wallgren m.fl. 2024). Genom sina topp- och sidoskott kan en tall på 1,5 till 3 meters höjd innehålla allt från 100 till 400 gram foder¹ (Bergström m.fl. 2005). Under vintern är tallarna en särskilt viktig födokälla (Spitzer 2023), då en vuxen individ kan äta upp till fem kilo² kvistar under ett dygn. Det är därför viktigt att undersöka älgbetets effekter på träden, för att få kunskapsunderlag att basera skogsskötsel och älgförvaltning på (Wallgren m.fl. 2024).

Viltbete kan skapa morfologisk och kemisk respons i tallar, och därmed förändringar i dess fysiska karaktär (Bergquist m.fl. 2003; Bergkvist m.fl. 2013; Gill 1992). Högst upp på en tall sitter ett upprätt toppskott, och längs med stammen bildar sidoskotten grenar. Om toppskottet dör eller skadas ersätts det ofta genom att ett eller flera av de högst belägna sidoskotten börjar växa uppåt och tar över som nytt toppskott, vilket kan leda till en böjd grenaxel (Wallgren m.fl. 2014). Även om stammen rätar ut sig med tiden, kommer fibrerna i veden vara fortsatt böjda (Wallgren m.fl. 2024). Viltbete kan även skapa buskiga tallar med fler skott i mindre storlek än på en obetad tall (Wallgren 2024). Slutligen kan en talls tillväxt bromsas av bete genom förlust av grön barrbiomassa (Gill 1992; Pettersson m.fl.

¹ Mätt i torrsvikt (Bergström m.fl. 2005).

² Mätt i torrsvikt (Bergström m.fl. 2005).

2010; Wallgren 2023; Wallgren m.fl. 2024), då fotosyntesen som driver tillväxten sker i barren.

I långliggande försök gällande beteseffekter i barrskog har sidoskottsbete varit den vanligast förekommande skadan på både gran och tall (Wallgren 2023), samtidigt som toppskottsbete och sidoskottsbete har visat sig vara kopplade till varandra enligt andra studier. Om en älg betar på ett toppskott är det sannolikt att den också äter på sidoskotten (Bergkvist m.fl. 2001; Wallgren m.fl. 2013). Den största delen av tallens gröna barrbiomassa sitter på sidoskotten (Wallgren m.fl. 2024), och det är därför möjligt att en talls volymtillväxt i större utsträckning påverkas av omfattande sidoskottsbete än toppskottsbete (Wallgren m.fl. 2024). Studier som har undersökt hur stor andel av tallars sidoskott som betas, visar vanligen på 10 till 15% (Pettersson m.fl. 2012, Wallgren 2023, Wallgren m.fl. 2024), men inte var på tallen de betade skotten finns.

Eftersom tallens skott varierar i storlek är det intressant att undersöka hur älgar fördelar sitt bete över träden, och vilken reell biomassaeförlust betet leder till mätt i vikt istället för i procent av antalet sidoskott. Reell biomassaeförlust finns det ännu ingen publicerad litteratur om, men det är viktig information som behövs för att bättre förstå hur bete från stora växtätare påverkar volymtillväxten i unga, svenska produktionsskogar (Wallgren m.fl. 2014). Genom studier av enskilda träd kan förståelse också skapas för hur sidoskottsbetning och kvalitetsnedsättande betning förhåller sig till varandra (Wallgren 2023), något som inte minst är relevant information kopplad till Äbin (nationella betesskadeinventeringen i Sverige). Syftet med det här arbetet är därför att undersöka hur älgar fördelar sitt bete på tallar av olika höjder, med målet att uppmäta reell betad biomassa givet en viss andel betade sidoskott. Följande frågeställningar kommer att besvaras:

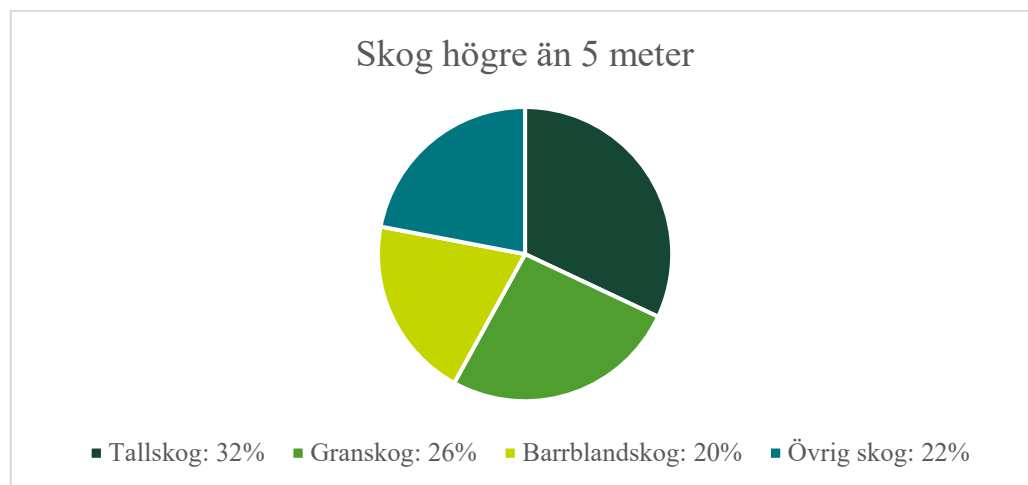
1. Hur väljer älgen att beta på toppskott och sidoskott på olika grenvarv givet tallars storlek?
2. Hur stor biomassa konsumerar älgar från tallar av olika storlek?
3. Vad innebär en viss nivå av sidoskottsbete i termer av skottbiomassaeförlust för tallar av olika storlek?

2. Metod

2.1 Studieområdet

Fältningsarbetet är utfört i Uppsala län. Landskapet är flackt och lågt liggande, med 70% av ytan belägen under 35 m ö.h. Närheten till havet präglar till viss del Upplands klimat. I juli ligger medeltemperaturen runt 16 °C, medan den under januari är –4 °C i inlandet och –2 °C i närheten av kusten. Den årliga nederbörds mängden varierar mellan 450–500 mm längs östkusten och i söder samt 550–600 mm i norr (NE 2024). Medelvärdet för antal dygn per år med snötäcke är 100–125, enligt normalperioden 1961–1990 (SMHI 2023). Mellan 2013 och 2023 har vegetationsperiodens längd i Svealand varierat mellan 188 dagar som kortast och 221 dagar som längst (SMHI 2022).

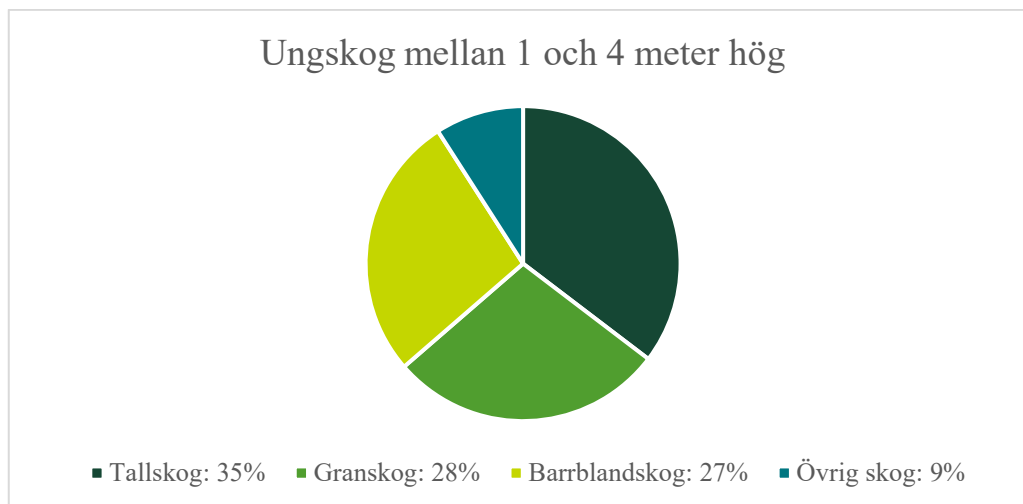
Uppsala läns totala landareal var 825 000 hektar enligt femårsmedelvärdet år 2021. Av dessa var 521 000 hektar produktiv skogsmark (Riksskogstaxeringen 2024a), och i bestånd över fem meters höjd var trädslagsfördelningen 32% tall, 26% gran, 20% barrblandskog samt 22% övrig skog (Figur 1) (Riksskogstaxeringen 2024b). Området tillhör Sveriges södra barrskogsregion (Skogskunskap 2024).



Figur 1. Trädslagsfördelning för skog med en höjd över 5 meter på produktiv skogsmark i Uppsala län (Riksskogstaxeringen 2024b).

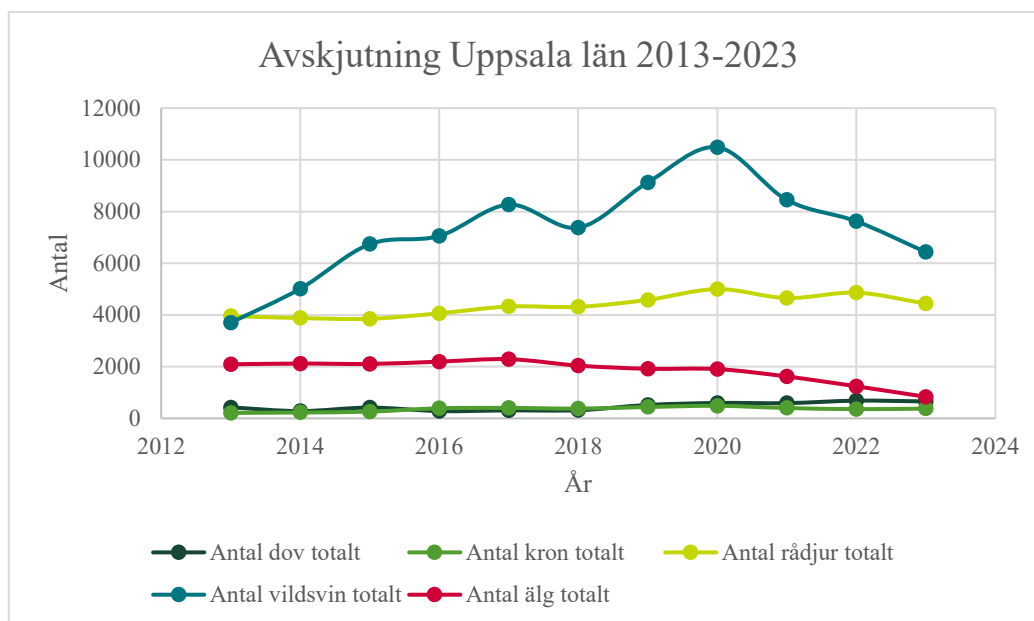
Vad gäller ungskog på 1 till 4 meters höjd är trädslagsfördelningen 35% tall, 28% gran, 27% barrblandskog och 9%³ övrig skog enligt Äbin (Figur 2) (Skogsstyrelsen 2024a).

³ Summerar inte till 100% p.g.a. avrundning (Skogsstyrelsen 2024).



Figur 2. Trädslagsfördelning för ungskog på 1 till 4 meters höjd (Skogsstyrelsen 2024a).

I Uppsala län förekommer populationer av dovhjort (*Dama dama*), kronhjort (*Cervus elaphus*), rådjur (*Capreolus capreolus*), vildsvin (*Sus scrofa*) och älg (*Alces alces*). Mellan år 2013 och 2023 har avskjutningen av dovhjort och kronhjort legat relativt konstant, medan avskjutningen av älg efter år 2020 har gått ned till den lägsta nivån sedan år 2013. Avskjutningen av rådjur har gått upp något sedan 2013, samtidigt som vildsvin var det vilt som avskjutningen fluktuerade mest för under tidsperioden (Figur 3) (Viltdata 2024). Det bör dock observeras att avskjutningsstatistik inte är ett direkt mått relaterat till klövviltstäthet, utan snarare ses som ett index för att uppskatta populationstrender. Hur många djur som fålls från år till år beror inte bara på populationsstorleken utan även på tilldelade kvoter (samhällsmål), sociala faktorer så som jägarnas totala antal jakttimmar och olika regelverk (Danell & Bergström 2011).



Figur 3. Avskjutning av dovhjort, kronhjort, rådjur, vildsvin och älg i Uppsala län mellan 2013 och 2023 (Viltdata 2024).

Vad gäller viltskador i länet har andelen årsskadad tall i medel varit 11% mellan år 2022 och 2024. Detta räknas enligt skogsstyrelsens bedömning som svåra betesskador, då målet är att årsskadorna ska ligga på max 5% (Skogsstyrelsen 2024a).

2.2 Fältmetod

Studien baseras på två typer av datainsamlingar. Dels en inventering av hur 180 stycken tallar har betats, och dels en mätning av biomassa hos nio stycken tallar referenstallar av olika höjder.

2.2.1 Planering av betesinventering

Inventeringen av de betade tallarna utfördes under sju dagar, mellan den 19 december 2024 och 16 januari 2025. Skogsstyrelsen förmedlade koordinater till tallbestånd som hade relativt höga andelar betesskadade tallstammar registrerade i Äbin, den svenska älgbetesinventeringen, under 2024⁴. Även om det i länet förekommer populationer av såväl rådjur som kron- och dovhjort, görs antagandet att de inventerade tallarna är betade av älgar. Majoriteten av studiens bestånd ligger i norra Uppland där populationerna av kron- och dovhjort är mycket små, och betet från dessa arter kan därför bortses ifrån. Rådjurspopulationen är större (Viltdata,

⁴ Äbin används för att mäta kvalitetsnedsättande viltbetesskador genom att undersöka toppskottsbete, stambrott och barkskador. Däremot tas inte sidoskottsbete med i bedömningen (Skogsstyrelsen 2023), eftersom det generellt inte påverkar virkeskvaliteten (Skogsstyrelsen 2024b).

2024 & 2016), men de betar oftast på mindre plantor under 1,5 meter. Över 2 meters höjd är det enbart älgar som når (Nichols et al. 2014).

Totalt inventerades sex Äbin-bestånd samt ytterligare två bestånd (Figur 4). De som inte var Äbin-bestånd hade inte förmedlats via Skogsstyrelsen, men stöttes på under fältarbetet. I varje bestånd studerades 16 till 60 stycken tallar med betade topp- och/eller sidoskott, beroende på förekomsten av betade träd på varje plats. Genomsökningen efter lämpliga träd gjordes i slingor genom bestånden. Målet var att insamla data från träd av olika höjder och med olika skadenivåer. Dessa variabler skulle vara någorlunda jämt fördelade i stickprovet. Träd som hade vissa former av svåra skadebilder såsom stambrott eller dubbelstam, vilket kunde göra registreringen av betningen på trädet komplicerad och svår att jämföra med andra träd, utelämnades från inventeringen.

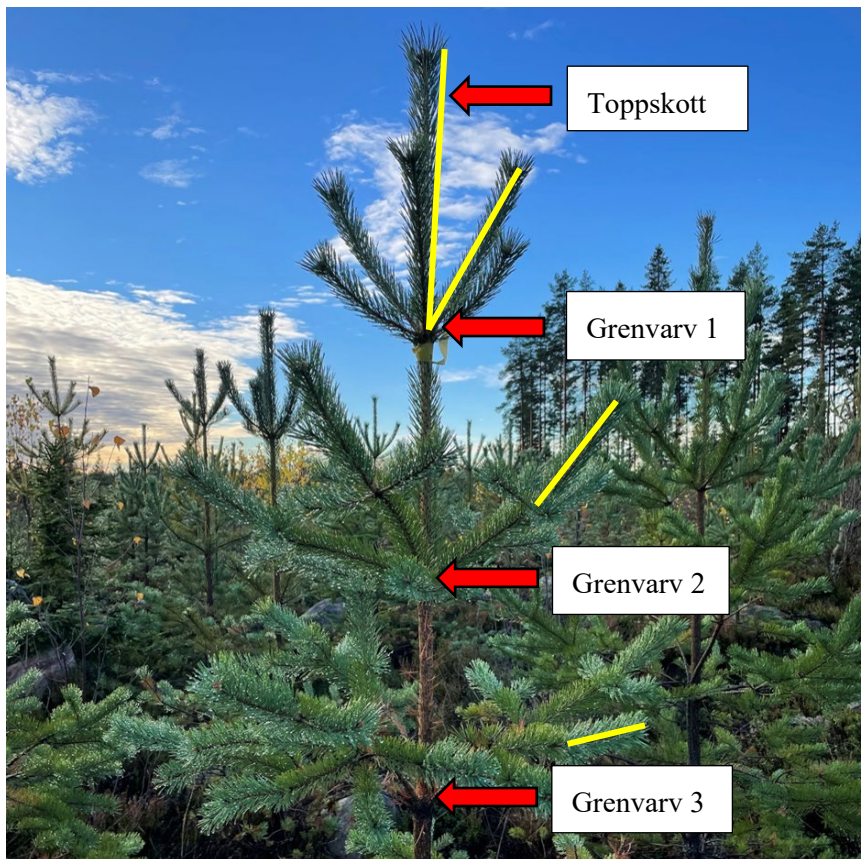


Figur 4. Karta över studieområdet med de inventerade bestånden utmärkta genom rosa punkter. I några fall ligger bestånden så nära varandra att punkterna överlappas.

2.2.2 Betesinventering i fält

Majoriteten av de undersökta träden var betade innevarande vintersäsong, men i områden då färskt bete var svårt att hitta inventerades även tallar med ett år gammalt bete (Figur 6). Under inventeringen uppmättes tallarnas höjd till dess högsta levande del. Om toppskottet var betat mättes höjden alltså från marken och upp till bettytan, och träden hade en dubbeltopp fastställdes det högsta skottet som toppskott. För varje grenvarv registrerades sedan antal betade årsskott och antal obetade årsskott. Det noterades även om samtliga årsskott var försvunna på grund av tidigare bete på ett visst grenvarv, och inga nya skott uppkommit. Utöver detta registrerades det om betet var färskt (från innevarande vinter) eller från föregående år. Det är förhållandevis enkelt att avgöra vad som är senaste årets och föregående

års tillväxt på en tall jämfört med många andra trädslag, eftersom tall har ett strukturerat växtsätt (Figur 5).



Figur 5. Tallens struktur med toppskott överst och grenvarv tre närmast marken. De gula strecken visar exempel på årsskott. Bild: Märtha Wallgren, redigering: Astrid Bornfeldt Persson.

Slutligen registrerades det också om träden med färskt bete hade tecken på gammalt bete, det vill säga om de var återbetade. Årsskott som var kortare än 0,5 cm för träd under 100 cm och 1,5 cm för träd över 100 cm räknades inte, eftersom deras värde som foder och tillskott till trädets totala barrbiomassa kan anses vara försumbar.



Figur 6. Till vänster: tall med färskt bete. Till höger: tall med gammalt bete.

2.3 Labb och dataanalys

2.3.1 Estimering av biomassa

För att få en referens för hur mycket årsskottbiomassa som tallar vid olika höjder kan bestå av insamlades nio stycken obetade tallar från Salsta. Samtliga referensträd växte i samma bestånd, vilket låg endast ca 7 km fågelvägen från det närmaste inventerade beståndet. Fem av tallarna insamlades mellan den 21 och 25 oktober 2024, medan en hämtades den 29 januari och resterande tre den 6 februari 2025. De fyra sista tallarna insamlades som komplement för att få data från ett bredare höjdspann. Referenstallarnas höjd och brösthöjdsdiameter registrerades, och därefter längden och vikten för årsskotten på varje grenvarv. Skotten placerades sedan i påsar, en för varje träd och grenvarv. Därefter torkades de under tre dygn i 50 grader. Efter torkningen uppmättes tallarnas torrsvikt per grenvarv, från vilken den estimerade torrsvikten per årsskott kunde beräknas.

En vanlig respons hos hårt betade tallar är att de skjuter en större mängd skott än normalt från de betade skotten och att detta resulterar i buskformationer av nya skott på tallarna (Figur 7) (Wallgren 2024). Eftersom årsskotten som bildar buskformationerna är fler och mindre i storlek än årsskotten på motsvarande grenvarv hos referenstallarna, var torrsvikten hos de obetade referenstallarna (som inte hade buskformation) inte representativ för de inventerade, betade tallarna med buskformation. Därför inhämtades årsskott från buskformationer hos fyra hårt

betade tallar, för vilka blöt- och torrvikten uppmättes på samma vis som årsskotten från referenstillarna. Årsskotten från buskformationerna växte i grenvarv ett till tre räknat från toppskottet och nedåt, och kom från tallar som var mellan en och tre meter höga. Den gemensamma medelvikten för dessa skott beräknades och användes sedan för att estimerar torrvikten av de "övertaliga" årsskotten hos de inventerade tallarna med buskformation. Genom att jämföra antalet skott per grenvarv hos de betade tallarna med ett referensvärde⁵ baserat på antal skott per grenvarv för referenstillarna, avgjordes det om de betade hade buskformation. Om så var fallet, och skottens estimerade medeltorrsvikt baserad på de obetade referenstillarna översteg medeltorrsvikten för de buskiga referenstillarna, applicerades den senare. Detta gjordes alltså för att undvika att den totala skottbiomassan hos tallar med buskformation överskattades.



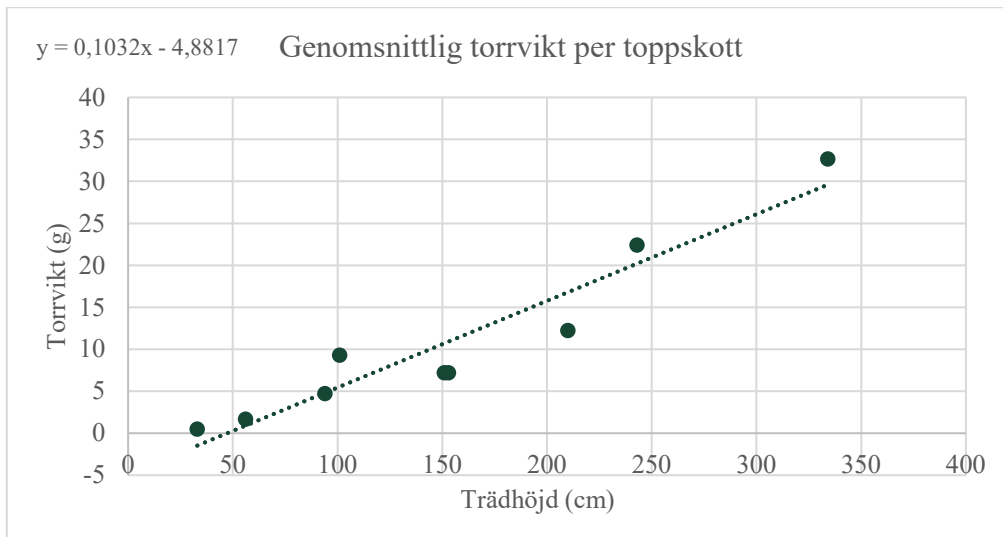
Figur 7. Till vänster: kraftigt betad, buskig tall. Till höger: ej betade tallar.

2.3.2 Beredning av data

Älgar betar som regel inte bort hela skotten, utan lämnar en del kvar (Figur 6). Baserat på observationer i fält uppskattades det att 80% av varje årsskott betats bort, och att 20% satt kvar på trädet. Detta är en grov uppskattning som naturligtvis kan skilja mellan skott av olika storlekar, men för enkelhetens skull har samma andel tillämpats för hela datamaterialet. Utifrån 80% av torrvikterna för samtliga referenstillar skapades en linjär regressionslinje för varje grenvarv. Ekvationerna kunde sedan användas för att estimerar torrvikterna per grenvarv för de 180 betade tallar som inventerades i fält, baserat på deras höjder (Figur 8). De inventerade tallarna hade upp till nio grenvarv, medan endast en av referenstillarna hade över sex grenvarv. Därför skapades ingen regressionslinje för grenvarv sju, åtta och nio.

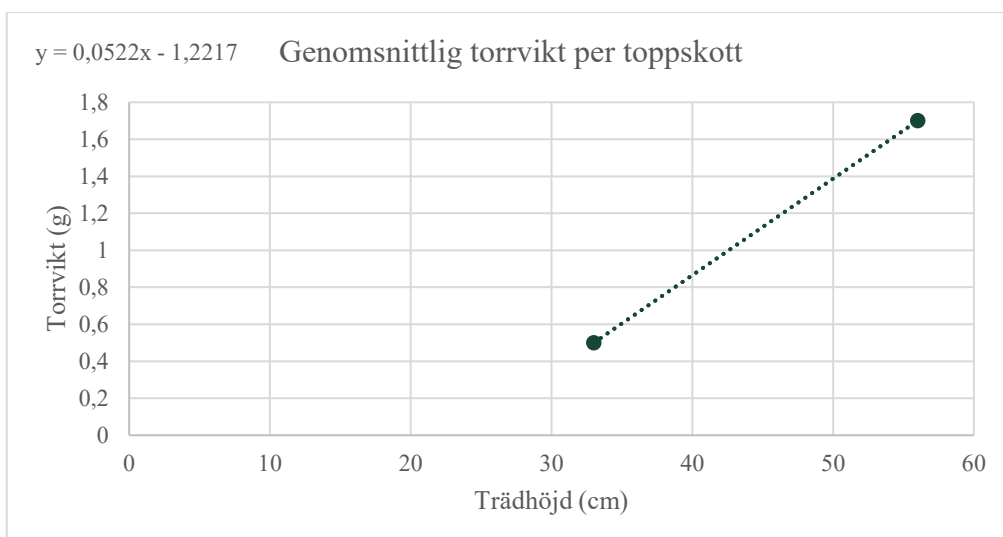
⁵ Se bilaga 1.

Den tillgängliga skottbiomassan på dessa grenvarv ansågs dock vara försumbar, då grenvarv sju utgjorde 2,9% och grenvarv åtta 0,4% av den totala torrvikten för den högsta referenstallen. På grenvarv nio växte inte längre några gröna barr på den tallen.



Figur 8. Regressionslinje baserad på samtliga referenstallarars höjd och torrsvikt.

Regressionslinjen baserad på samtliga referenstallar passade inte de lägsta av de inventerade tallarna, då dess estimerade torrsvikter fick negativa värden. Istället användes en separat regressionslinje enbart baserad på de två lägsta referenstallarna för att estimerar torrsvikten för de lägsta inventerade tallarna (Figur 9).



Figur 9. Regressionslinje baserad på de två lägsta referenstallarnas höjd och torrsvikt.

2.3.3 Statistisk analys

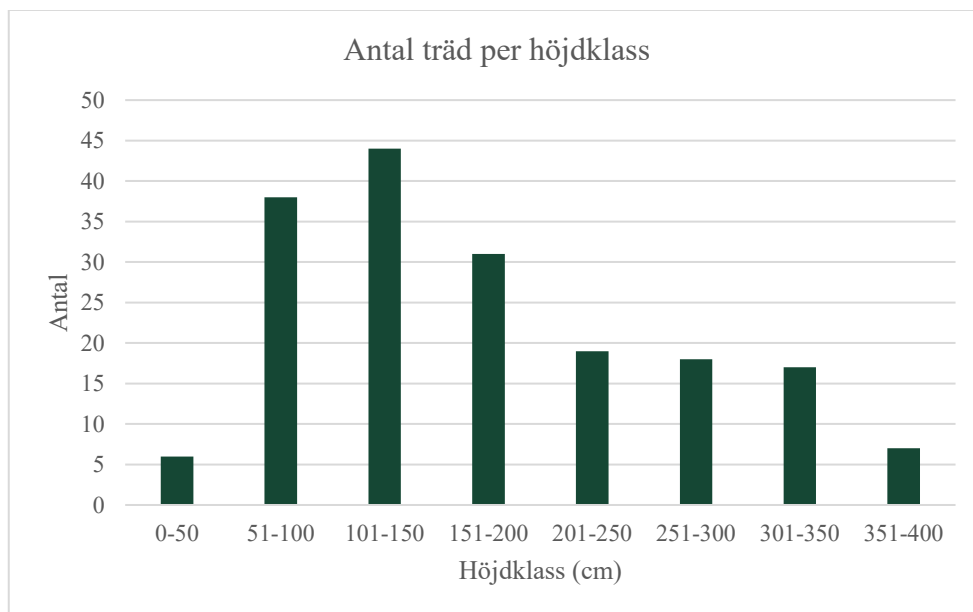
Ett Chi2-test utfördes i statistikprogrammet R (R Core Team 2023) för att undersöka om det finns något statistiskt signifikant samband i älgars bete över en talls grenvarv. Medelvärden för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv testades höjdklassvis⁶, och p-värdet 0,05 valdes som signifikansnivå. Eftersom ett fåtal skott ingick i de lägsta höjdklasserna och de därmed hade en liten provstorlek, gjordes även ett Fischer's exact test på samma värden som Chi2-testet för att säkerställa dess signifikansnivå.

⁶ Se bilaga 2.

3. Resultat

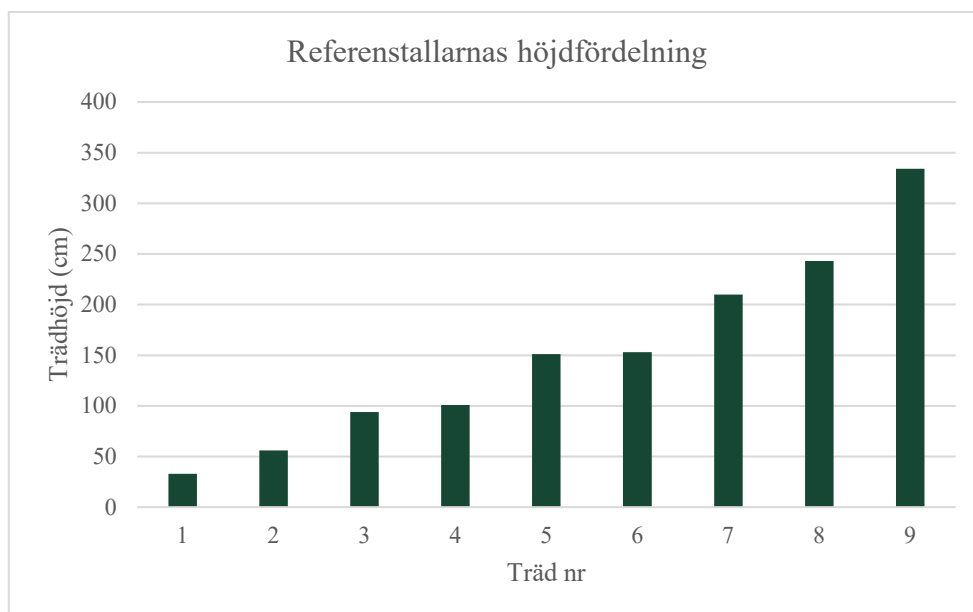
3.1 Höjdfördelning

Av de 180 tallar som studerades i fält tillhörde sex stycken höjdklassen 0–50 cm, 38 höjdklassen 51–100 cm, 44 höjdklassen 101–150 cm, 31 höjdklassen 151–200 cm, 19 höjdklassen 201–250 cm, 18 höjdklassen 251–300 cm, 17 höjdklassen 301–350 cm samt sju höjdklassen 351–400 cm (Figur 10). Medelhöjden av de inventerade tallarna var 176 cm.



Figur 10. Antalet undersökta träd per höjdklass.

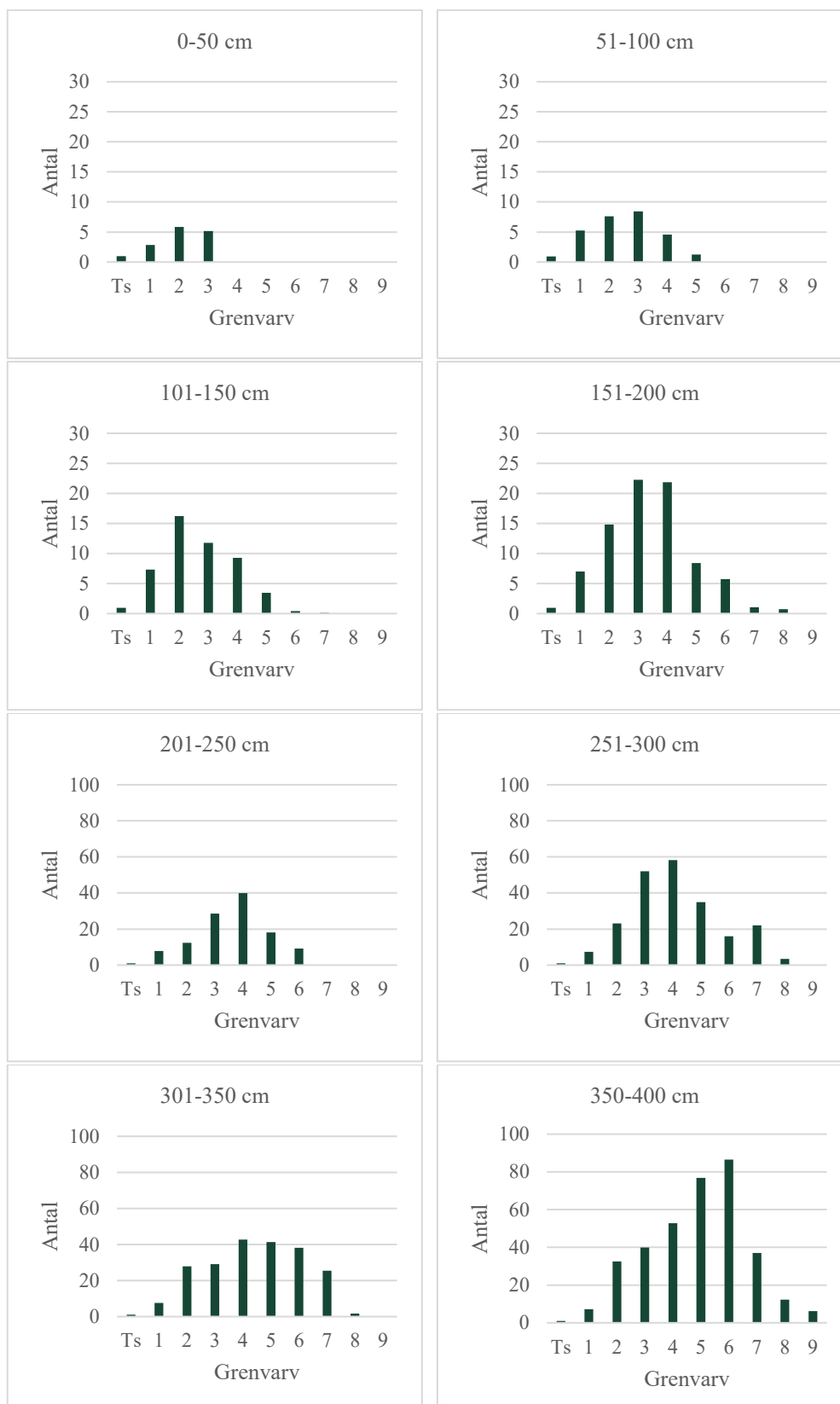
I bestånden var det svårt att hitta betade tallar i de lägsta och högsta höjdklasserna. Detta speglar troligtvis hur viltbete fördelar sig naturligt över tallar av olika höjder. Av de inventerade tallarna hade 63% tecken på att ha varit betade också under tidigare säsonger. De nio obetade referenstagarna, vars biomassa uppmättes, var 33, 56, 94, 101, 151, 153, 210, 243 samt 334 cm höga (Figur 11).



Figur 11. Fördelning av trädhöjd för referenstillarna från Salsta.

3.1.1 Tallstruktur

Undersökning av de inventerade tallarnas struktur visade att antalet årsskott per grenvarv ökade succesivt från toppskottet och nedåt (Figur 12). Vid ett visst grenvarv var de som flest, för att sedan minska igen. Vilket grenvarv som hade flest årsskott berodde på tallarnas höjd. Ju högre och äldre de var, desto fler grenvarv med levande årsskott hade de. Några av träden i studien hade dock bildat buskformationer till följd av ett högt betestryck, vilket gjorde att de hade fler skott än en typisk tall. Därtill är det få inventerade träd i vissa höjdklasser, vilket gör att tallarna med buskformation eller ojämnt växtsätt kan påverka det genomsnittliga antalet årsskott per tall och höjdklass som visas här.

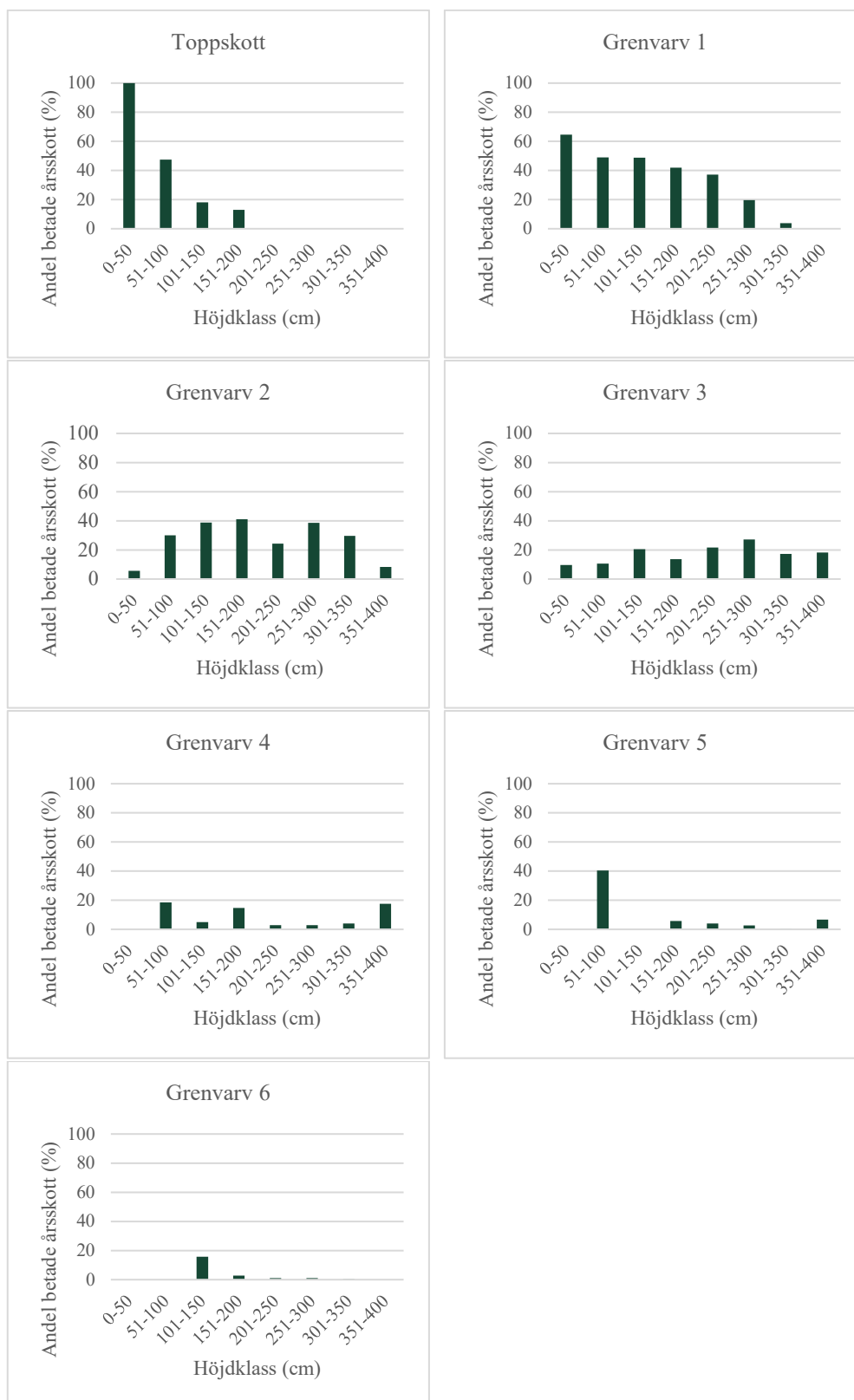


Figur 12. Genomsnittligt antal årsskott per tall grenvarv, höjdklassvis. Ts = toppskott, grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet. Observera skillnader i y-axeln.

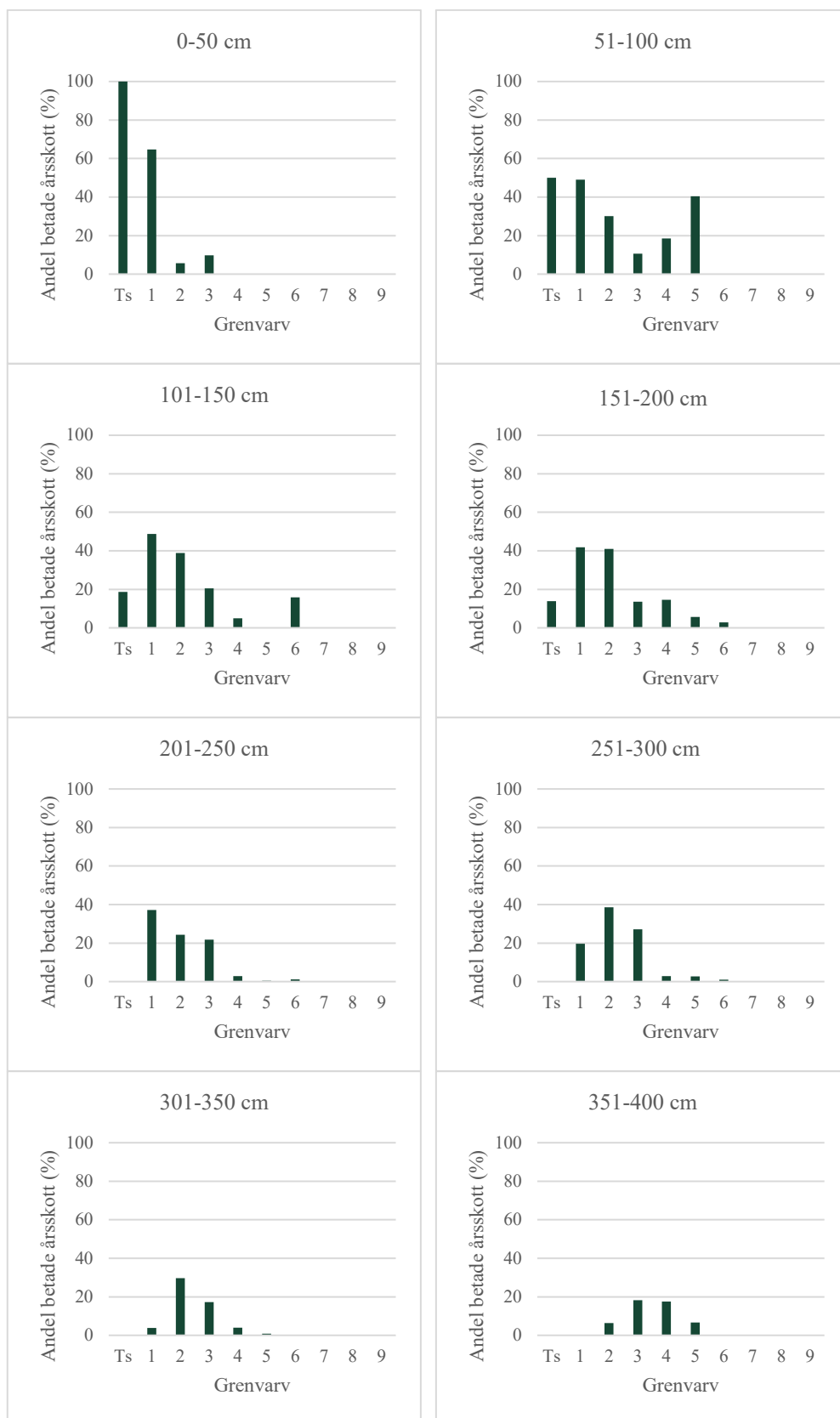
3.2 Älgbete

3.2.1 Bete av toppskott och sidoskott på olika grenvarv.

Ett tydligt mönster syns i hur de inventerade tallarna var betade sett till toppskott och andel av sidoskotten på olika grenvarv. Hos de minsta tallarna var alla toppskottet alltid betat, och sedan blev den genomsnittliga andelen betade toppskott mindre ju högre träden är. Till slut växte toppskotten ur beteshöjd. I den här studien hade inga träd med uppmätt höjd över två meter betade toppskott. Det fanns dock fyra tallar som potentiellt skulle kunna ha varit över två meter innan deras toppskott betades, eftersom deras uppmätta höjd efter toppskottsbetningen låg nära 2 m. Inte heller grenvarv ett, härfter GV1, var betat på någon tall i den högsta höjdklassen (mellan 351 och 400 cm). Den genomsnittliga andelen bete sjönk också ju längre ned på trädet som grenvarven satt. På grenvarv fem och sex, GV5 och GV6, var en mycket liten genomsnittlig andel årsskott betade (Figur 13 och 14).



Figur 13. Genomsnittlig andel betade årsskott per höjdklass, grenvarvsvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.



Figur 14. Genomsnittlig andel betade årsskott per grenvarv, höjdklassvis. Ts = toppskott, grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.

Chi2-testet som gjordes för att undersöka om det finns något statistiskt signifikant samband i fördelning av antal betade sidoskott relativt till tillgängliga över grenvarven på tallar av olika höjder, visade på statistisk signifikans för samtliga höjdklasser förutom den näst lägsta (träd mellan 51 och 100 cm) (Tabell 1).

Tabell 1. Resultat av Chi2-test på fördelning av bete över de inventerade tallarnas grenvarv höjdklassvis.

Höjdklass	X ²	df	p-värde
0–50	6,515	2	0,038
51–100	3,805	4	0,433
101–150	14,761	6	0,022
151–200	28,819	7	p <0,001
201–250	20,632	5	p <0,001
251–300	80,438	7	p <0,001
301–350	50,91	7	p <0,001
351–400	35,07	7	p <0,001

Då ett Fischer's exact test gjordes på de höjdklasser som fått statistiskt signifikanta resultat, skiljde sig p-värdena något och var lägre för höjdklass 101–150 samt 201–250 cm. Tallarna på 151–200 cm samt 251–400 cm innehöll för många årsskott för att testet skulle fungera på dem (Kim 2017). Till skillnad från Chi2-testets resultat förkastades höjdklass 0–50 cm vid Fischer's exact test (Tabell 2). Det innebär att det inte med statistisk säkerhet går att säga att det finns ett mönster i hur de inventerade tallarna mellan 0 och 100 cm är betade. För tallarna mellan 101 och 400 cm finns det däremot statistiskt signifikanta samband.

Tabell 2. Resultat av Fischer's exact test på fördelning av bete över de inventerade tallarnas grenvarv höjdklassvis.

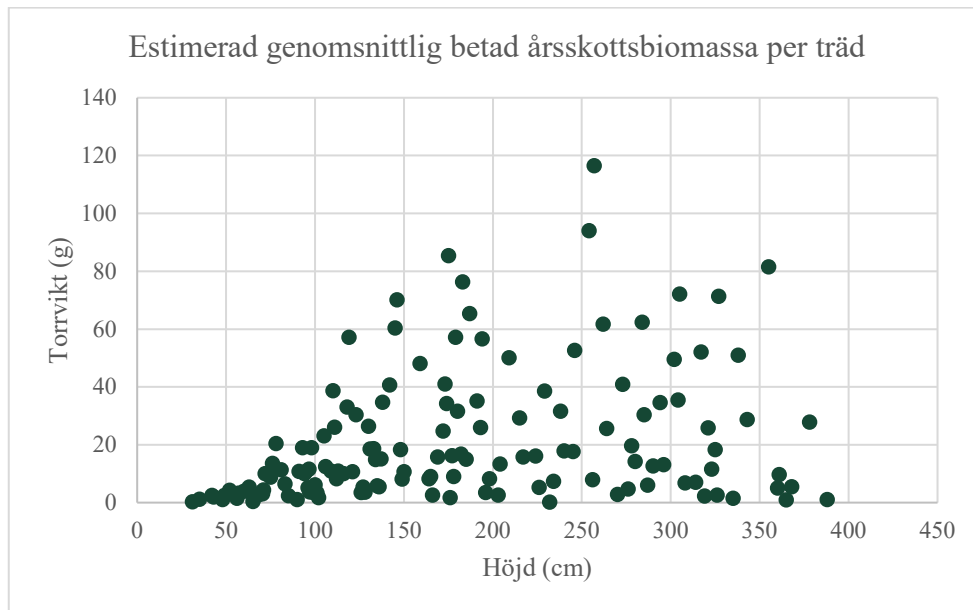
Höjdklass	p-värde
0–50	0,06324
101–150	0,01604
151–200	EA
201–250	p <0,001
251–300	EA
301–350	EA
351–400	EA

3.3 Inhämtad biomassa från tallar av olika storlek

3.3.1 Fördelning av bete på trädnivå

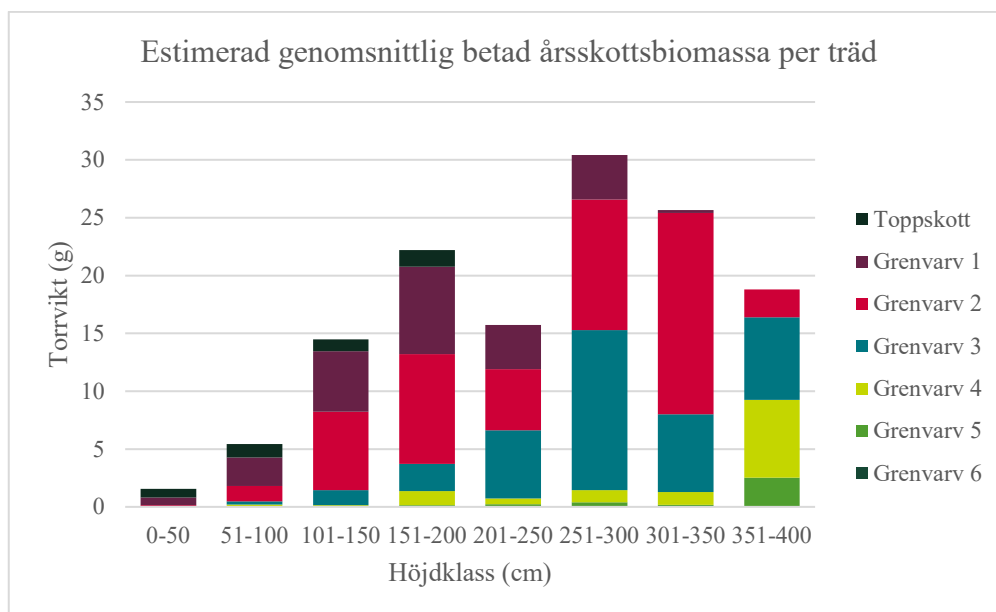
I resultaten anges genomgående torrvikter, eftersom det är ett mått som är oberoende av fukthalten i biomassan och därför lättare att jämföra mellan studier.

Den genomsnittliga kvoten torrvt/våtvikt var 0,44, det vill säga torrvikten var 44% av våtvikten. Mängden betad årsskottsbiomassa per träd visar att betestrycket på de inventerade tallarna varierade stort. Träd i samma höjdspann kunde vara från lätt till kraftigt betade. Allra tydligast syns detta hos de högre tallarna, som hade mer biomassa än de lägre och därmed kunde bli betade på ett mer varierande vis (Figur 13).



Figur 15. Estimerad genomsnittlig betad årsskottsbiomassa i torrvt per träd.

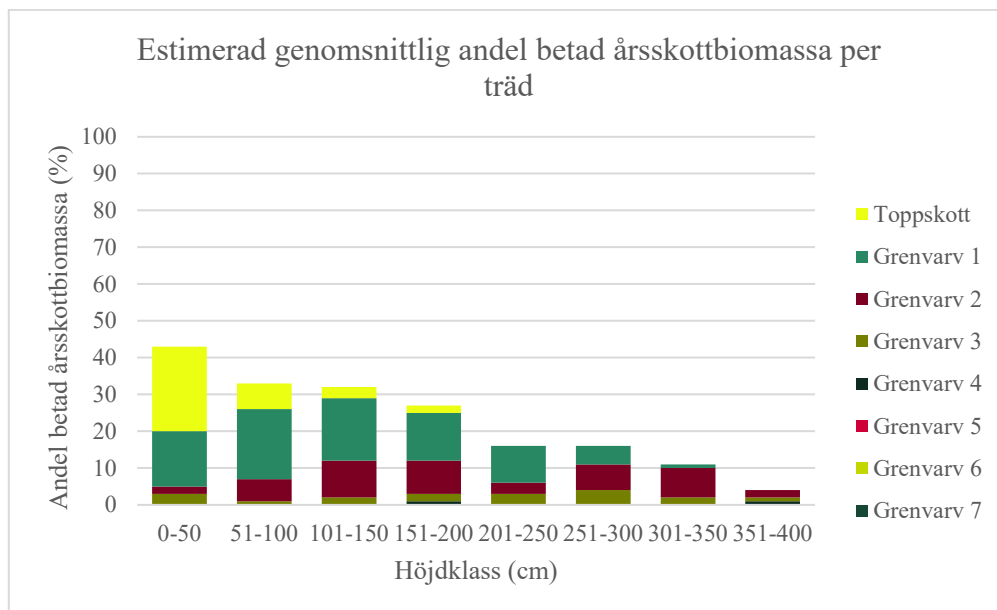
I en jämförelse av den genomsnittliga mängden biomassa inhämtad från tallar av olika storlek, syns att lägst mängd biomassa inhämtades från de minsta tallarna. Mängden betad biomassa per träd steg sedan ju högre tallarna blev, och nådde ett max för träd mellan 301 och 350 cm. Därefter sjönk mängden inhämtad biomassa per träd. Vilka grenvarv som biomassan inhämtas från berodde också på tallarnas höjd. Generellt betades de lägre grenvarven mer och de högre grenvarven närmst toppskottet mindre desto högre tallarna var. Ingen större mängd biomassa är inhämtad exempelvis från GV5 förrän tallarna är över 350 cm. Mängden inhämtad årsskottsbiomassa för träden mellan 201 och 250 cm var relativt låg (Figur 14). Andelen träd med buskformation var förhållandevis jämn mellan höjdklasserna. Den varierade mellan 57 och 74%, där den högsta andelen buskiga träd fanns i grupperna 51–100 cm och 201–250 cm. Tallarna mellan 0 och 50 cm hade ingen buskformation.



Figur 16. Estimerad genomsnittlig betad årsskottbiomassa per träd, höjdklassvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.

3.4 Skottbiomassaförlust relaterad till olika nivåer av topp- och sidoskottsbete

Generellt betades en större andel av de inventerade tallarnas totala biomassa ju mindre de var. Trädets höjd påverkade också hur stor andel av den betade biomassan som utgjordes av årsskott på olika grenvarv. Ju lägre tallarna var, desto större andel av den betade biomassan bestod av toppskott eller årsskott på de högre grenvarven. En stor andel av den förlorade biomassan för de lägsta träden bestod onekligen av toppskottsbetning. Ju större träden blev, desto mindre roll spelade toppskottsbetning för dess förlorade biomassa. Vidare utgjorde bete på GV1 en stor andel av biomassaförlusten på träd upp till 250 cm. Bete på GV2 och GV3 hade succesivt större påverkan på trädets totala biomassaförlust desto högre träden var (Figur 15).



Figur 17. Estimerad genomsnittlig andel betad årsskottbiomassa per träd, höjdklassvis. Grenvarv 1, 2, 3 och så vidare räknas från toppen och nedåt på trädet.

4. Diskussion

4.1 Andel betade skott

Antalet årsskott per grenvarv ökade succesivt från toppskottet och nedåt hos tallarna som undersöktes i den här studien. Detta är en naturlig följd av trädslagets strukturerade växtsätt med årlig ny tillväxt både på höjden och ytterst på grenarna. Vid ett visst grenvarv minskade sedan antalet skott igen, vilket beror på att tallens tillväxt fokuseras på den övre grenvarven. Skotten på de lägsta grenarna slutar därför växa och grenarna dör så småningom (Bergström m fl. 2005). Vilket grenvarv som skotten hade slutat växa på är beroende på trädens höjd. Den här strukturen påverkar mängden och fördelningen av fodret som en tall erbjuder viltet.

Samtliga av de inventerade tallarna i den lägsta höjdklassen hade betade toppskott. En anledning till detta kan vara att älgarna, eller möjligtvis rådjuren eftersom det rörde sig om de minsta tallarna, har betat dem ovanifrån, och därför nått de översta skotten lättast. Tidigare studier visar också att älgar föredrar att äta de snabbväxande och näringsrika skotten nära toppen (Bergström och Danell, 1987; Vivås och Saether, 1987). Vidare blev den genomsnittliga andelen toppskottsbete på de inventerade tallarna mindre ju högre trädet var. Intressant nog hade inga träd med uppmätt höjd över två meter toppskottsbete och endast fyra bedömdes ha kunnat vara över två meter innan de toppskottsbetades. Beteshöjden för älgar ligger på runt 2,5 m (Kalén & Bergquist 2004), men den kan variera beroende på årstid och väder. Under vissa förhållanden kan betande djur stå på snön och nå ännu högre, samtidigt som träden kan tyngas ned av snön. En tidigare studie har exempelvis visat förekomst av toppskottsbete på tre meter höga tallar (Wallgren 2023). Varför det i den här studien inte blev något toppskottsbetning på tallar med uppmätt höjd över två meter går endast att spekulera kring. Det skulle kunna vara så att de toppskotten var för grova, men eftersom inga skottdiametrar mättes kvarstår frågan.

Ett generellt mönster var att andelen betade sidoskott var högst i tallkronornas övre del och att detta sedan försköts nedåt när trädhöjden ökade. Det här resultatet styrks av statistiska tester som visade att det finns signifikanta samband i fördelning av antal betade sidoskott relativt till tillgängliga över grenvarven på tallar i olika höjdklasser. För några grenvarv och höjdklasser var den genomsnittliga andelen betade skott oväntad hög. Det kan bero på att enstaka träd har stor påverkan på utfallet av beräkningarna, till följd av det låga antalet tallar i de högre och lägre höjdklasserna. En annan förklaring kan vara att det på vissa grenvarv eller höjdklasser är få skott. Det är även möjligt att det här resultatet speglar hur älgar betat mer på vissa träd och mindre på andra.

För tallarna i höjdklasserna 101–150 cm och 151–200 cm var den genomsnittliga andelen betade sidoskott minst dubbelt så hög för grenvarv 1 och 2 som för toppskotten. Detta är anmärkningsvärt, då de träden är mitt i beteshöjd för älgarna och de enkelt borde ha nått toppskotten. Tidigare studier har visat att det finns en korrelation mellan förekomst av topp- och sidoskottsbetning hos unga tallar (t.ex. Wallgren 2013), men den här studien visar att det förhållandet har olika applicerbarhet och kan innebära vitt skilda betestryck på tallar beroende på deras storlek.

4.2 Betad biomassa

Betestrycket på de inventerade tallar varierade stort, och träd i samma höjdspann kunde vara från lätt till kraftigt betade. Från några var en stor mängd biomassa inhämtad, och från andra en mindre mängd. En anledning till att resultatet blev såhär kan vara att tallar ofta återbetas (Bergqvist m fl. 2002; Bergström m fl. 2005). Tidigare säsongers bete påverkar tallarnas morfologi (Wallgren 2024) och kan leda till skottutglesning (Hóðar m fl. 2007, Pettersson 2010). Detta har inverkan på den här säsongens tillgängliga mängd biomassa och i förlängningen även betestrycket.

Vidare visade undersökningen att lägst mängd biomassa hade betats från tallarna i de lägsta höjdklasserna, och att mängden konsumerad biomassa i allmänhet ökade ju högre träden blev. Den genomsnittliga mängden betad biomassa per träd var störst för tallar mellan 251 och 300 cm, varefter den minskade igen. Det kan betyda att älgarna i enlighet med begreppet ”marginal value theorem” anpassar tiden de betar på ett träd efter mängden biomassa som trädet erbjuder (Menezes 2022).

En oväntat låg mängd årsskottsbiomassa inhämtades från tallar mellan 201 och 250 cm jämfört med övriga höjdklasser. Varför detta mönster har uppkommit går inte att svara på med säkerhet, men den här gruppen hade störst andel träd med buskformation. Skillnaderna mellan höjdklasserna var dock inte enorma. Enligt tidigare studier är träd mellan 150 och 200 cm vanligen de mest frekvent betade (t.ex. Borkowska & Konopko 1994). Om det är så att tallarna i de här höjderna varit mycket hårt betade under tidigare säsonger, kanske de ännu inte har återhämtat sig (Edenius m. fl. 1993; Gavrikov & Sekretenko 1996; Pettersson m fl. 2010). Det kan med andra ord vara så att tallarna mellan 201 och 250 cm påverkas av en så kallad betesskuld, det vill säga en lägre mängd biomassa tillgänglig för fortsatt bete. Den ackumulerade beteseffekten kan i så fall vara störst för träd i den höjdklassen.

4.3 Barrmasseförlust

Andelen betad biomassa på ett träd påverkar dess diametertillväxt (Gavrikov & Sekretenko 1996). Eftersom en talls skott varierar i storlek mellan grenvarven påverkas trädets tillväxt olika mycket beroende på vilka av sidoskotten som betas. Störst är sidoskotten i grenvarvet närmast toppskottet, och sedan blir de succesivt mindre ju närmre marken de växer. Generellt har tallar störst andel tillgänglig biomassa i mitten av kronan, och lägre andel i toppen och botten (denna studie, men se även Bergqvist m fl. 2018). En viss andel betade sidoskott koncentrerade från toppen till mitten av kronan kan därmed ha större påverkan på diametertillväxten än en motsvarande andel från mitten av kronan och nedåt.

Studiens inventerade tallar hade fått mindre andel av sin totala biomassa betad ju högre de var. Hur stor andel av den betade biomassan som utgjordes av årsskott på specifika grenvarv berodde på trädens höjd. Eftersom älgarna inte hade betat en konstant andel biomassa per tall, indikerar denna studie att sidoskottsbyte potentiellt har lägre påverkan på diametertillväxten ju högre de betespåverkade tallarna är.

4.4 Studiens begränsningar

Den här studien är utförd i specifika bestånd i Uppsala län, mestadels i norra delen. Resultaten gäller därför vid de förutsättningarna som råder i det här området, men är kanske inte applicerbart i andra delar av landet om dessa skiljer sig från studieområdet beträffande betestryck eller tallarnas fysiologi. Vidare har inventeringen av tallarna skett på trädnivå och inte landskapsnivå. Det innebär att studien inte svarar på hur betestrycket eller biomassaförlusten ser ut på beståndsnivå, utan endast hur specifika träd är betade.

Studien är baserad på 180 tallar, vilket är ett begränsat antal. En annan aspekt är att urvalet av träd inte gjordes slumpmässigt utan endast inkluderade betade tallar, med strävan att täcka in en spridning i höjd och betesgrad. Trots detta innehåller de lägsta och högsta höjdklasserna få tallar, vilket innebär att enskilda träd kan ha stor påverkan på resultaten i dessa grupper. Det är även möjligt att några av träden hade mindre biomassa än ett obetat träd redan innan säsongens bete, då 63% av de inventerade tallarna hade tecken på återbete.

Den estimerade torrvikten för de betade tallarnas årsskott är baserad på årsskottstorrvikten från ett fåtal referenstallar. Av de nio referenstallarna var endast en över 3 m, vilket lade stor vikt vid det enskilda trädet vid estimeringen av torrvikterna för de högsta inventerade tallarna. Det var även så de lägsta referenstallarna enbart hade tre grenvarv, medan motsvarande inventerade tallar i

fält hade fler. Därför faller biomassan för GV4, GV5 och GV6 bort för träden i den lägsta höjdklassen mellan 0 och 50 cm, och dess totala biomassa blir något underestimerad i studien. Slutligen rekommenderas det att för vidare undersökningar också använda betespåverkade träd som referensträd för att få en än mer verklighetstrogen uppskattning av de inventerade trädens skottvikter.

4.5 Implementering

Den inhämtade biomassan per träd varierade i den här studien för tallar i samma höjdspann, vilket indikerar att det kan vara svårt att förutsäga hur mycket varje enskilt träd i ett bestånd kommer att betas. Samtidigt visar resultatet på skillnader i hur bete påverkar tallar av olika höjder. Årsskott från träd upp till 1 meters höjd utgjorde en liten del av älgarnas och/eller rådjurens totala inhämtade biomassa, men för de betespåverkade träden rörde det sig ofta om en stor del av den totala biomassan. Den största mängden skott hämtades från tallar över 250 cm, och för dessa utgjorde betet istället en liten del av den totala biomassan.

Ett förslag är därför att i skogsskötseln fokusera på att skydda unga plantor. Det skulle kunna göras genom att hålla hög stamtäthet av tall i lägre bestånd, så att det finns många träd att beta av. Förhoppningsvis kommer det då att finnas tillräckligt med svagt betespåverkade tallar för att bygga ett framtida bestånd. I högre bestånd (enligt den här studien minst 250 cm) spelar betet mindre roll och attraktivt foder som lövträd erbjuds därför bäst där. En annan åtgärd kan vara att spara redan betade tallar eftersom återbetningsgraden är hög. Studiens resultat tyder dock på att det finns en risk att mängden betad biomassa är lägre på tidigare betade tallar. Därmed kan foderutbytet över tid vara lägre från återbetningen än från nybetningen, men trots det kan återbetning vara att föredra framför nybetning. Eftersom hårt betade tallar redan är ”förbrukade” borde de med fördel kunna stå kvar så länge de inte konkurrerar med andra potentiella blivande huvudstammar.

Det kan också vara på sin plats att kort kommentera vilken betydelse dessa resultat kan ha för tolkningen av Äbin-resultat i älgförvaltningen. Tallarna i den här studien hade överlag betydligt större förekomst (0/1) av sidoskottsbetning än toppskottsbetning och mängden förlorad biomassa var högre från sidoskottsbetet än toppskottsbetet i samtliga höjdklasser som ingår i Äbin (1–4 m). Utifrån detta kan man argumentera att Äbin i praktiken inte är en precis metod för bedömning av barrmasseförlust och därför inte heller ger en tillräcklig indikation på minskad volymtillväxt hos tall orsakad av bete. I Norge används en metod som kallas Solbraa, vilken mäter skottutglesning tillsammans med betesskador (Zimmerman m.fl. 2022). En komplettering av Äbin med liknande mätvariabler vore önskvärt för en än mer kunskapsbaserad älgförvaltning.

5. Slutsatser

Den här studien har gett nya insikter i betesmönster på skalan enskild tall utifrån en högre detaljnivå än vad som har visats tidigare. En generell slutsats är att sidoskottsbete innebär lägre proportionell barrmasseförlust för tallen men högre foderintag för älgen, ju högre trädet är. Vidare finns det en systematik men samtidigt stor variation i hur tallar betas. Det innebär att det är svårt att förutsäga hur mycket en specifik tall kommer att betas, även om man känner till betetrycket i beståndet. En annan konsekvens blir att toppskottsbetning inte är ett bra mått på nivå av barrmasseförlust, utan att det senare varierar med betydligt större magnitud. En komplettering av Äbin med mätning av skottutglesning kan vara en möjlig väg mot bättre faktaunderlag i älgförvaltningen.

Referenser

- Bergström, R., Bergqvist, G., & Burström, L. (2008). Försommarbete på tall – ett skogligt problem. *Resultat från Skogforsk*. Nr 1.
- Bergström, R., Danell, K., Edenius, L., & Persson, I.L. (2005). Älgens vinterfoder – tillgång och utnyttjande. *Resultat från Skogforsk*. Nr 3.
- Bergström, R. & Danell, K. (1987). *Moose winter feeding in relation to morphology and chemistry of six tree species*. *Alces* 22.
- Bergquist, J., Bergström, R., & Zakharenka, A. (2003). Responses of Young Norway Spruce (*Picea abies*) to Winter Browsing by Roe Deer (*Capreolus capreolus*): Effects on Height Growth and Stem Morphology. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18(4), 368–376. <https://doi.org/10.1080/0282758031005431>
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. (2002). Effects of moose (*Alces alces*) rebrowsing on damage development in young stands of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Forest Ecology and Management*, Volume 176, Issues 1–3. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00288-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00288-8)
- Bergqvist, G., Wallgren, M., Jernelid, H., & Bergström, R. (2018). Forage availability and moose winter browsing in forest landscapes. *Forest Ecology and Management*. Volumes 419–420. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.049>
- Bergqvist, G., Bergström, R., & Edenius, L. (2001). Patterns of Stem Damage by Moose (*Alces alces*) in Young *Pinus sylvestris* Stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(4), 363–370. <https://doi.org/10.1080/02827580119307>
- 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. DOI: 10.14214/sf.1077.
- Bergqvist, G., Bergström, R., & Wallgren, M. (2012). Summer browsing by moose on Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(2), 110–116. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.725767>
- Borkowska, A. & Konopko, A. (1994). Moose browsing on pine and willow in the Biebrza Valley, Poland. *Acta Theriol.*, 39, s. 73
<https://rcin.org.pl/ibs/dlibra/docmetadata?id=12329&from=publication>
- Danell, K. & Bergström, R. (2011). Vilt, människa, samhälle. Liber, Stockholm.
- Edenius, L., Danell, K., & Bergström, R. (1993). Impact of Herbivory and Competition on Compensatory Growth in Woody Plants: Winter Browsing by Moose on Scots Pine. *Oikos*, 66(2), 286–292. <https://doi.org/10.2307/3544816>
- Eklund, A., Waldo, Å., Johansson, M., & Frank, J. (2023). Navigating “Human Wildlife Conflict” situations from the individual's perspective. *Biological Conservation*. Volym (283). 110117. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320723002185>

- Gavrikov, V. & Sekrento O. (1996). Shoot-based three-dimensional model of young Scots pine growth. *Ecological Modelling*. Volume 88, 1–3
[https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00087-9](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00087-9)
- Gill, R. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry*. 65(4): 363-388.
https://www.researchgate.net/publication/31280832_A_Review_of_Damage_by_Mammals_in_North_Temperate_Forests_3_Impact_on_Trees_and_Forests
- Hódar, J.A., Zamora, R., Castro, J. Gómez, J.M., & García, D. (2008). Biomass allocation and growth responses of Scots pine saplings to simulated herbivory depend on plant age and light availability. *Plant Ecol* 197, 229–238.
<https://doi.org/10.1007/s11258-007-9373-y>
- Hörnberg, S. (2001). The relationship between moose (*Alces alces*) browsing utilization and the occurrence of different forage species in Sweden. *Forest Ecology and Manage.* Volym (149), 1-3.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700005478?casa_token=z2uUaFIywwYAAAAA:GYvs7nv2xsK6QqZGhvqzRWGljmfj8ypN3XKB5gHH771MoGX6WpLs_e0_ARI-TdsyI2eI7fUyg
- Kalén, C. & Bergquist, J. (2004). Forage availability for moose of young silver birch and Scots pine. *Forest Ecology and Management*. Volume 187, Issues 2–3.
- Kim HY. (2017). Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. *Restor Dent Endod*. 2017;42(2):152-155.
<https://rde.ac/journal/view.php?doi=10.5395/rde.2017.42.2.152>
- Menezes (2022). *Marginal value theorem as a special case of the ideal free distribution*. *Ecological modelling*. Volume 468. 109933.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.109933>
- Månsson, J., Andrén, H., Pehrson, Ke., & Bergström, R. (2007a). Moose browsing and forage availability: a scale-dependent relationship? *Canadian Journal of Zoology*. 85: 372-380.
https://www.researchgate.net/publication/233649097_Moose_browsing_and_forage_availability_a_scale-dependent_relationship
- Månsson, J., Kalén, C., Kjellander, P., Andrén, H., & Smith, H. (2007b). Quantitative estimates of tree species selectivity by moose (*Alces alces*) in a forest landscape. *Scandinavian Journal of Forestry*. 22. 407-414.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02827580701515023#abstract>
- NE (2014). *Uppland*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/uppland> [2024-12-11]
- Nichols, R.V., Croomsigt, J.P.G.M. & Spong, G. (2015). DNA left on browsed twigs uncovers bite-scale resource use patterns in European ungulates. *Oecologia*. 178, 275–284 <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3196-z> [2025-01-29]
- Nilsson, U., Berglund, M., Bergquist, J., Holmström, H., & Wallgren, M. (2015). Simulated effects of browsing on the production and economic values of Scots pine

- (*Pinus sylvestris*) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31(3), 279–285. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1099728>
- Persson, I.L., Bergström, R., & Danell, K. (2007). Browse biomass production and regrowth capacity after biomass loss in deciduous and coniferous trees. *Oikos*. 116. 1639 - 1650. 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 Application*. 15(4): 1286-1305.
- Pettersson, F., Bergström, R., Jernelid, H., Lavsund, S., & Wilhelmsson, L. (2010). *Älgbetning och tallens volymproduktion*. Skogforsk. Nr 2, 2010.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- Riksskogstaxeringen (2024a). *Skogsdata 2024*.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2024_web.pdf [2025-03-11]
- Riksskogstaxeringen (2024b). *Tabell 1.2 - Landarealen fördelad på ägoslag enligt skogsvårdslagen efter År (Femårsmedelvärde), Län, Tabellinnehåll och Ägoslag*.
<https://skogsstatistik.slu.se/pxweb/sv/OffStat/> [2024-12-09]
- Sandström, C. & Öhman, K. (red.) (2013). Samverkan och konflikt. Rapport från Future Forests 2009-2012. Future Forests rapportserie 2013:6. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 32 sidor.
- SCB (2023). Marken i Sverige. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/> [2024-12-10]
- Skogforsk (2023). *Sveriges älgstam fortfarande i topp*.
<https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/kunskapsartiklar/2023/sveriges-algstam-fortfarande-i-topp/> [2024-12-07]
- Skogskunskap (2024). *Naturmiljöer från norr till söder*.
<https://www.skogskunskap.se/hansyn/naturhansyn/naturmiljoer-fran-norr-till-soder/> [2025-01-20]
- Skogsstyrelsen (2024a). *Skoglig betesinventering*.
<https://skobi.skogsstyrelsen.se/AbinRapport/#/abin-rapport?landsdel=3&lan=03&afo=alla&delomrade=alla> [2024-12-09]
- Skogsstyrelsen (2019). *Skogsbrukets kostnader för viltskador*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-20222021202020192018/rapport-2019-16-skogsbrukets-kostnader-for-viltskador.pdf> [2025-03-11]
- Skogsstyrelsen (2024b). *Viltskador på skog*. <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/skogsskador/viltskador/> [2024-12-11]
- Skogsstyrelsen (2003). *Älgbetesinventering (Äbin) och foderprognos*.
<https://www.skogsstyrelsen.se/abin> [2024-12-09]

- SLU (2023). *Produktiv skogsmark*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/senaste-statistiken/produktiv-skogsmark/> [2024-12-10]
- SMHI (2022). *Klimatindikationer – vegetationsperiodens längd*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-vegetationsperiodens-langd-1.7887> [2025-02-13]
- SMHI (2023). *Snötäckets utbredning och varaktighet*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/snotackets-utbredning-och-varaktighet-1.6323> [2025-02-13]
- Spitzer m.fl. (2023). Macro-nutritional balancing in a circumpolar boreal ruminant under winter conditions. *Functional Ecology* 37(5): 1256-1268. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2435.14296>
- Viltdata (2024). *Statistik*. <https://rapport.viltdata.se/statistik/> [2024-12-10]
- Viltdata (2016). *Utbredning och förekomst av kron- och dovhjort i Sverige*. <https://www.viltdata.se/wp-content/uploads/2017/04/Bilaga-kron-och-dov.pdf>
- Vivås, H. J., & Sæther, B.-E. (1987). Interactions Between a Generalist Herbivore, the Moose *Alces alces*, and its Food Resources: An Experimental Study of Winter Foraging Behaviour in Relation to Browse Availability. *Journal of Animal Ecology*, 56(2), 509–520. <https://doi.org/10.2307/5064>
- Wallgren, M., Kalén, C., Felton, A., Franklin, O., & Broman, E. (2024). *Betesskadorna*. Arbetsrapport 1224-2024. Skogforsk.
- Wallgren, M. (2023). *BETT-försöket de första tio åren*. Arbetsrapport 1173–2023. Skogforsk.
- 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. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.960896>
- 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*. Volume 305, 229-238. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.057>.
- Wallgren (2024). *Tallens respons på vinterbete och sommarbete*. Arbetsrapport 1181-2024. Skogforsk.
- Widemo, F., Elmhagen, B., & Liljebäck, N. (2019). *Viltets ekosystemtjänster*. Rapport 6889. <https://www.naturvardsverket.se/4ac248/globalassets/media/publikationer-pdf/6800/978-91-620-6889-9.pdf> [2024-12-11]
- Widemo & Leonardsson (2024). *Älgstammens utveckling och älgförvaltningen i siffror*. <https://www.naturvardsverket.se/4a4754/contentassets/3deadd8932514872808a19bd342f5643/algforvaltningen-i-siffror-prepublicering.pdf>

Zimmermann m.fl. (2022). *Elgvandringar i grenseland med følger for skogbruk, jakt og rovdyr*. <https://pub.epsilon.slu.se/27674/1/zimmermann-b-et-al-220502a.pdf> [2024-12-10]

Bilaga 1

Nedan visas det ursprungliga antalet skott per grenvarv för referenstillarna (Tabell 1). Därefter visas det reviderade antalet skott per grenvarv (Tabell 2), som användes som referensvärde för att avgöra om de inventerade tallarna hade buskformation.

Tabell 1. Antal skott per grenvarv för referenstillarna.

Höjd	Ts	Gv 1	Gv 2	Gv 3	Gv 4	Gv 5	Gv 6	Gv 7	Gv 8
33	1	3	2	9	0	0	0	0	0
56	1	3	4	6	20	12	3	0	0
94	1	3	14	14	16	6	5	0	0
101	1	4	18	38	45	18	0	0	0
151	1	4	17	84	59	31	0	0	0
153	1	6	25	27	19	8	4	0	0
210	1	5	18	47	76	45	5	0	0
243	1	5	21	66	80	78	56	0	0
334	1	8	32	85	192	213	162	98	29

Tabell 2. Reviderade antal skott per grenvarv för referenstillarna.

Höjd	Ts	Gv 1	Gv 2	Gv 3	Gv 4	Gv 5	Gv 6	Gv 7	Gv 8
33	1	3	2	9	0	0	0	0	0
56	1	3	4	9	20	12	3	0	0
94	1	3	14	14	20	12	5	0	0
101	1	4	18	38	45	18	5	0	0
151	1	4	18	38	59	31	5	0	0
153	1	6	25	38	59	31	5	0	0
210	1	6	25	47	76	45	5	0	0
243	1	6	25	66	80	78	56	0	0
334	1	8	32	85	192	213	162	98	29

Bilaga 2

Här visas medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklassvis. På de här tabellerna kördes Chi2-testet och Fischer's exact test.

Tabell 1. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 0–50 cm.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3
Betade	2	0	1
Ej betade	1	7	6

Tabell 2. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 51–100.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5
Betade	3	2	1	2	5
Ei betade	3	5	9	8	9

Tabell 3. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 101–150.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6	Gv7
Betade	4	7	3	1	0	2	0
Ej betade	4	11	10	13	14	8	6

Tabell 4. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 151–200.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6	Gv7	Gv8
Betade	3	7	3	4	1	1	0	0
Ej betade	4	10	20	24	18	34	11	22

Tabell 5. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 201–250.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6
Betade	3	4	6	1	1	0
Ej betade	5	14	22	39	30	25

Tabell 6. Medelvärdet för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 251–300.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6	Gv7	Gv8
Betade	1	11	14	2	1	0	0	0
Ej betade	6	17	38	69	38	32	99	31

Tabell 7. Medelvärde för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 301–350.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6	Gv7	Gv8
Betade	0	8	5	2	0	0	0	0
Ej betade	7	20	24	41	46	54	72	14

Tabell 8. Medelvärde för antal betade skott och antal obetade skott för varje grenvarv, höjdklass 351–400.

Kategori	Gv1	Gv2	Gv3	Gv4	Gv5	Gv6	Gv7	Gv8
Betade	0	3	9	9	5	0	0	0
Ej betade	7	30	38	44	72	101	52	27

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Astrid Bornfeldt Persson, har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.