



Hur påverkas rönn, asp, sälg och ek av olika betestryck?

– en studie av säsongsmässig variation

How are rowan, aspen, willow and oak affected by different browsing pressures?

- a study of seasonal variation

Gunnar Hedin

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Vilt, fisk och miljö

Jägmästarprogrammet 2023:18

Umeå 2023



Hur påverkas rönn, asp, sälg och ek av olika betestryck? - en studie av säsongsmässig variation

*How are rowan, aspen, willow and oak affected by different browsing pressures?
- a study of seasonal variation*

Gunnar Hedin

Handledare: Fredrik Widemo, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vilt, fisk & miljö
Bitr. handledare: Joseph Anderson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vilt, fisk och miljö
Examinator: Therese Löfroth, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vilt, fisk & miljö

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: A2E
Kurstitel: Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0969
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.:

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Gunnar Hedin
Delnummer i serien: 2023:18

Nyckelord: Rönn, *Sorbus*, asp, *Populus*, sälg, *Salix*, ek, *Quercus*, hjortvilt, *Cervidae*, betning, succession, rekrytering, RASE, RAS

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för Vilt, fisk & miljö

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

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

Sammanfattning

I Sverige är skogsbruket en stark näring och bedrivs på över 80 % av landets skogsmark. Skogsbruket är mycket produktionsinriktat varför miljömål likställda med produktionsmålen i 1993 års skogsvårdslag. För att gynna biologisk mångfald anses det angeläget att öka mängden rönn (*Sorbus acuparia*), asp (*Populus tremula*), sälg (*Salix caprea*) och ek (*Quercus robur*) i skog och mark. Dessa arter för med sig en rik biologisk mångfald i jämförelse med andra lövträd i Sverige, förutsatt att de blir trädbildande. På grund av att de är starkt föredragen föda för hjortvilt, kan rekryteringen och trädbildningen bli kraftigt motverkad och det finns en oro att fullvuxna individer av rönn, asp, sälg och ek kommer att minska i framtiden.

Betningen av rönn, asp, sälg och ek är ett väl studerat ämne, men tidigare forskning har kommit fram till olika resultat. Hur de påverkas av säsongsmässig variation i betetryck är inte ett lika väl studerat ämne. Därför undersöktes i denna studie undersöktes hur rönn, asp och sälg påverkas av fyra olika behandlingar av inhägnader i Södermanlands län. Behandlingarna var fast inhägnad, öppen kontroll samt sommarstängda och vinterstängda ytor. Studien testade hur förekomsten och biomassan av rönn, asp och sälg påverkades av de fyra behandlingsmetoderna. Det testades även för vilken säsong som den mest intensiva skottbetningen inträffade. Slutligen testades huruvida konkurrens från andra trädslag påverkar biomassan av rönn, asp och sälg. Resultatet från studien visar att betning och dess tidpunkt på året kan inverka på förekomst och biomassa av rönn och sälg, men inte för asp. Betning av asp och sälg var mest intensiv på sommarhalvåret. Studien kunde inte uppvisa att andra trädslag uppvisade någon konkurrens-effekt på rönn, asp och sälg. Resultatet från studien visar att det finns artspecifika skillnader som kan bero på viltets betespreferenser, växtplats och arternas växtfysiologi. Fler studier efterfrågas inom ämnet för att få djupare insikt i hur säsongsmässig variation i betetryck kan påverka rekryteringen av rönn, asp, sälg och ek.

Nyckelord: Rönn, *Sorbus*, asp, *Populus*, sälg, *Salix*, ek, *Quercus*, hjortvilt, *Cervidae*, betning, succession, rekrytering, RASE, RAS

Abstract

In Sweden, forestry is an important sector and is carried out on over 80% of the country's forested area. Swedish forestry is highly production-oriented, which is why environmental goals were elevated to the same importance as production goals in the 1993 Forestry Act. To promote biological diversity, it is considered important to increase the amount of rowan (*Sorbus acuparia*), aspen (*Populus tremula*), willow (*Salix caprea*) and oak (*Quercus robur*) in the forests. These species are especially important for biological diversity in comparison with other deciduous trees in Sweden, if they become full grown trees. As they are highly preferred forage for cervids, recruitment and tree formation can be severely hampered by browsing, and there is concern that mature individuals of rowan, aspen, willow and oak will decline in the future.

The browsing of rowan, aspen, willow and oak (often abbreviated as RASO) is a well-studied topic, but previous research has produced differing results. How these species are affected by seasonal variation in browsing is, however, not as equally well-understood and can provide valuable insight for forestry and nature conservation. This study investigated how rowan, aspen and willow were affected by browsing using four different fencing treatments in Södermanland County. The treatments were permanently fenced, open control, summer-closed and winter-closed areas. The study tested how both the abundance and biomass of rowan, aspen and willow were affected by the four treatment methods. Variation in seasonal shoot browsing intensity was also investigated using these treatments. Finally, it was further tested whether competition from other tree species (birches and conifers) affected the biomass of rowan, aspen and willow. The results from the study show that browsing and its timing can have a significant impact on the occurrence and biomass of rowan and willow, but not for aspen. Browsing of aspen and willow was most intensive in summer. The study was, however, unable to demonstrate that other tree species had an effect on the biomass of rowan, aspen and willow via competition. The results of the study show that there are species-specific differences that may depend on the game's browsing preferences, plant location and the plant physiology of the species. More studies are required within this area to gain deeper insight into how seasonal variation in browsing pressure can affect the recruitment of rowan, aspen, willow and oak.

Keywords: Rowan, *Sorbus*, aspen, *Populus*, willow, *Salix*, deer, *Cervidae*, browsing, succession, tree recruitment

Förord

” All models are wrong, but some are useful” - *George E. P. Box*

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning.....	10
1. Inledning.....	11
2. Material och metod.....	16
2.1. Studiområde	16
2.2. Försökets utformning.....	17
2.3. Datainsamling.....	17
2.4. Bearbetning och val av data	18
2.5. Analys.....	19
3. Resultat.....	22
4. Diskussion.....	29
4.1. Övergripande diskussion	29
4.2. Förekomst av RAS	29
4.3. Biomassa av RAS.....	31
4.4. Konkurrens från andra träd.....	33
4.5. Begränsningar och felkällor	33
4.6. Konsekvenser för förvaltning	35
4.7. Sammanfattning	36
Referenser.....	37
Populärvetenskaplig sammanfattning	43
Tack	46

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanlagt antal stammar och deras sammanlagda höjd för de olika behandlingsmetoderna för RASE, tall, gran samt glas-och vårtbjörk	19
Tabell 2. Post-hoc tester för GLM-modellen som användes för att analysera förekomst av RAS beroende på behandlingsmetod.....	23
Tabell 3. ANOVA-tabell för analysen av biomassa av RAS beroende på behandlingsmetod.....	25
Tabell 4. Resultatet från post-hoc testet för hur biomassan skiljt sig åt för RAS beroende på behandlingsmetod	26
Tabell 5. Resultatet från kovariansanalysen för att undersöka konkurrens-effekten barr- och lövträd har på RAS.....	27

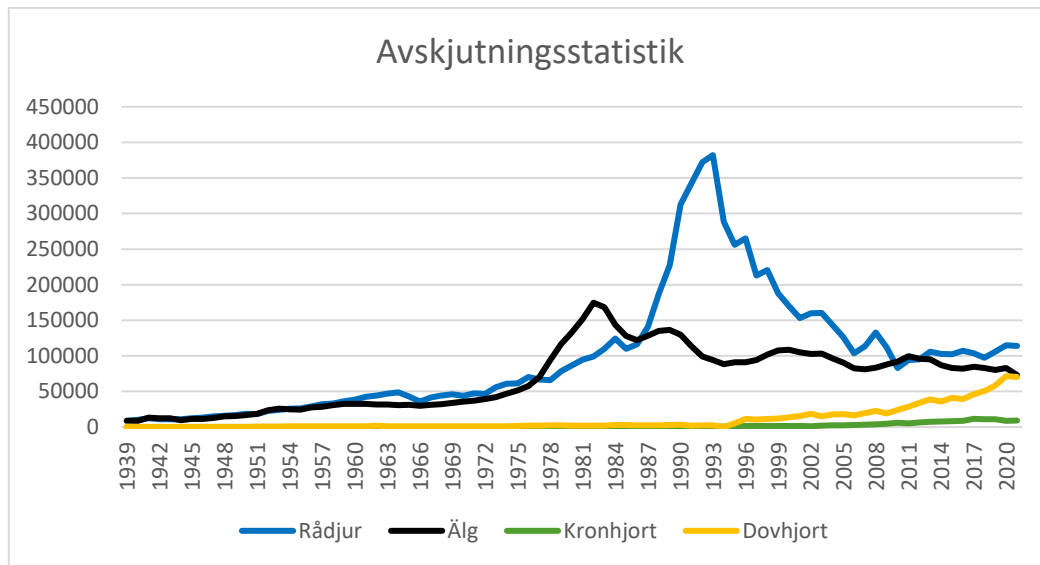
Figurförteckning

Figur 1. Avskjutningsstatistik för hjortvilt i Sverige från 1939-2021	12
Figur 2. Karta över studieområdet i Södermanlands län med varje föryngringsytas position	16
Figur 3. Boxplot över antalet stammar per RAS-art och behandlingsmetod.....	22
Figur 4. Förekomsten av RAS under försökstiden beroende på behandlingsmetod	23
Figur 5. Andel betade skott för RAS	24
Figur 6. Grafisk presentation över höjdtvecklingen sedan försökets början	27
Figur 7. Boxplots över den genomsnittliga höjden per art år 2022	28

1. Inledning

Sverige är idag en tung nation inom skogsbruk. Skogsbruk bedrivs på drygt 80 % av landets totala skogsmark och efterfrågan på träråvaror förväntas stiga ännu mer i framtiden (Skogsstyrelsen 2019b; Riksskogstaxeringen 2021). Samtidigt som svenskt skogsbruk är mycket produktionsinriktat så likställdes miljömål med produktionsmål i och med 1993 års skogsvårdslag (Hannertz & Simonsson 2020). Debatten om huruvida svenskt skogsbruk utarmar den biologiska mångfalden har varit intensiv det senaste decenniet (Hannertz & Simonsson 2020). Sveriges totala virkesförråd utgörs till 79 % av antingen tall (*Pinus sylvestris*) eller gran (*Picea abies*) och till 13 % av vårtbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*Betula pubescens*) (Riksskogstaxeringen 2021). Därför anses det angeläget att öka inslaget av lövträd i landets produktionsskogar (Weslien & Widenfalk 2014).

Det är dock inte bara människan som påverkar skogarnas artsammansättning och struktur. Hjortvilt har stor effekt på skogarnas utformning genom att de kan förändra tillväxt, struktur och artsammansättning på växtsamhället genom betning (Bond 2005; Kuijper et al. 2010; Speed et al. 2013a; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018; Churski et al. 2022). Sedan trakthyggesbruket tillsammans med nya avskjutningsstrategier slog igenom i Sverige ökade stammarna av rådjur (*Capreolus capreolus*) och älg (*Alces alces*) rejält (Lavsund et al. 2003). Även om älg- och rådjursstammarna minskat kraftigt sedan deras kulminering för 40 respektive 30 år sedan, ligger de ännu på höga nivåer jämfört med 1900-talets början. (Svenska jägareförbundet 2022). Sedan 2000-talets början har istället stammarna av kronvilt (*Cervus elaphus*) och i synnerhet dovvilt (*Dama dama*) ökat markant, i synnerhet på lokal nivå (Svenska jägareförbundet 2017).



Figur 1. Avskjutningsstatistik för hjortviltsarter i Sverige från 1939-2021. Y-axeln visar antal skjutna djur medan x-axeln visar årtal. Medan älg och rådjur gått tillbaka till nivåer omkring sent 1970-tal respektive mitten av 1980-talet, ökar mängden kron- och dovsvilt. Källa: Viltdata.se

Hjortvilt föredrar att beta i luckor och öppna skogsytor för trädförnyring, t.ex. hyggen (Kuijper et al. 2009; Bergqvist et al. 2018). Skottbetning på produktionsträd kan därför föra med sig ekonomiska förluster för skogsbruket, men kan även påverka den biologiska mångfalden framgent, då plantstadiet är en avgörande fas för trädens framtid (Kuijper et al. 2010; Edenius & Ericsson 2015; Skogsstyrelsen 2019a; b; Widemo et al. 2019; Churski et al. 2022). Medan många träd överlever upprepat bete, kan höjdtillväxten reduceras kraftigt. Till slut blir kraftigt betade plantor för beskuggade av andra träd och dör av ljusbrist (Hjältén 1999; Härkönen et al. 2008; Myking et al. 2011; Angelstam et al. 2017; Skogsstyrelsen 2021). Viltets betande kan även vara positivt för biologisk mångfald (Widemo et al. 2019). Ett betestryck från medelstora stammar av hjortvilt skapar oftast högst artrikedom, troligtvis då betningen av trädplantor fördröjer bestånd att sluta sig eller skapar små luckor för solljus (Suominen et al. 2008; Hegland et al. 2013; Faison et al. 2016). Successionen i skogslandskapet kan således förutom mänsklig påverkan bero mycket på dynamiken mellan vegetation och klövvilt (Kuijper et al. 2010; Speed et al. 2013a; Churski et al. 2017; Widemo et al. 2019)

Genom att viltet har olika betespreferenser olika tider på året, kan enskilda arter eller släkten gynnas eller missgynnas av säsongsmässiga variationer i betestrycket (Bergström & Hjeljord 1987; Månsson et al. 2007; den Herder et al. 2012; Pfeffer et al. 2021; Spitzer 2022). En studie av Pfeffer et al. (2021) fann att där endast bete på vinterhalvåret förekom, så blev tätheten av lövträd som vuxit sig högre än tallar större än där endast bete på sommaren förekom. Speed et al. (2013a) noterade att i permanenta inhägnader minskade mängden glasbjörk och rönn till förmån för barrträd, jämfört med öppna kontrolltytor på grund av uteblivet vinterbete av

barrträden. Det är i linje med att klövviltets betespreferenser skiljer sig mellan årstider, men också att olika trädarter hanterar betesskador olika beroende på säsong (Bergström & Hjeljord 1987; Danell et al. 1994; den Herder et al. 2012; Spitzer 2019). Flera kontrollerade laboratorieförsök har visat att simulerat vinterbete på vårtbjörk kan ge en större höjdtillväxt och ökad förgrening kommande vegetationsperiod, medan sommarbete ger motsatt effekt (Danell et al. 1994; Millard et al. 2001; den Herder et al. 2012). Hjältén (1999) såg att beskärning av träd och buskar ur salixsläktet innan vegetationsperioden inte påverkade vare sig biomassan eller höjd efter en växtsäsong. Millard et al. (2001) fann att rönn och vårtbjörk tålde vinterbetning bättre än tall då de lagrar mer kväve i rötterna än tall och kan kompensera betning genom att utnyttja vattenskott och axillära knoppar. Betestryck, säsong då betet uppstår och växtfysiologi är därför tre interagerande faktorer som påverkar den slutgiltiga successionen.

Trädarter som påverkas något mer av betning är (*Sorbus acuparia*), asp (*Populus tremula*), sälg (*Salix caprea*) och ek (*Quercus robur/Quercus petraea*) (hädanefter RASE). Det beror på att RASE är föredragna, eller prefererade, trädarter för betning, d.v.s. de betas mycket frekvent i proportion till deras förekomst i skog och mark (Bergström & Hjeljord 1987; Ericsson et al. 2001; Felton et al. 2020). Från vissa områden med täta klövviltstammar rapporteras så högt betestryck att RASE får svårt att växa ur beteshöjd och rekryteras till trädskiktet (Abaturov & Smirnov 2002; Heikkilä et al. 2003; Götmark et al. 2005; de Chantal & Granström 2007; de Chantal et al. 2009; Speed et al. 2013a; b; Petersson et al. 2019). Minskad mängd RASE är problematiskt, då vuxna träd av dessa arter för med sig en rik biologisk mångfald jämfört med många andra trädarter som återfinns i Sverige (Myking et al. 2011, 2013; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018; Skogsstyrelsen 2019b). Många arter av mossor, svampar, insekter och fåglar som RASE-arterna agerar värdar för är dessutom rödlistade (SLU- Artdatabanken 2019; Hardenbol et al. 2020). RASE föryngras i princip aldrig aktivt med syfte på produktion (med undantag för ek), utan man förlitar sig oftast på naturlig föryngring (Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2008; Myking et al. 2011, 2013; Löf et al. 2015; Wróbel et al. 2022). Därför behöver naturlig rekrytering till trädskiktet säkerställas, då RASE måste bli trädbildande för att inverka positivt på biodiversiteten (Myking et al. 2011, 2013; Edenius & Ericsson 2015; Petersson et al. 2019; Skogsstyrelsen 2019b).

Viltets betning av RASE är ett väl studerat ämne. Rekryteringen av rönn och sälg har visats gynnas av att exkluderas från betning (Heikkilä et al. 2003; de Chantal & Granström 2007; de Chantal et al. 2009; Speed et al. 2013b; Lorentzen Kolstad et al. 2018). Asp är troligtvis den mest studerade arten av RASE i Norden, men forskningen om betningens påverkan går isär. Medan vissa studier funnit att aspens höjdtillväxt och rekrytering minskar av betning (Ericsson et al. 2001; Abaturov &

Smirnov 2002; Heikkilä et al. 2003; de Chantal & Granström 2007; Edenius & Ericsson 2015), har andra funnit att asp är mycket hårdigt mot betning och att andra faktorer har större påverkan för rekryteringen (Sundström et al. 1999; Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2008, 2011; Härkönen et al. 2008; den Herder et al. 2009; Jónsson 2016). Undersökningar på ekar i Sverige visar att höjdtillväxten minskar av betning, men att överlevnaden och antalet ekar inte påverkas (Petersson et al. 2020; Löf et al. 2021). Rekryteringen av RASE är därmed komplex och betning är inte den enda faktorn som påverkar (Augustine & McNaughton 1998; Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2011; Löf et al. 2021).

Huruvida säsongsmässig variation av betning påverkar successionen i skogslandskapet är inte lika väl studerat- de flesta studier kontrasterar endast bete året om jämfört med permanent inhägnade ytor (Speed et al. 2013a; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018; Pfeffer et al. 2021). Det finns gott om studier som visar att RASE är prefererat vinterbete (Bergström & Hjeljord 1987; Shipley et al. 1998; Felton et al. 2020), men andelen lövträd i klövviltets kost är dock högst under sommarmånaderna, vilket tyder på att RASE är en viktigare födokälla under sommaren (Moore et al. 2000; Spitzer 2019). Två svenska studier på ek noterade dock att ekar oftast betades under våren (Petersson et al. 2020; Löf et al. 2021). Ånöstam (2017) fann i sin studie att höjdtillväxten av RASE-arter var signifikant högre i ytor där de endast betats på vintern jämfört med sommaren eller året om. Studiens observationsperiod var dock ett år efter föryngring, vilket inte fångar effekterna under en hel föryngringsfas. Då flera försök sett att lövträd kan gynnas av att barrträden betas under vintern och därmed får sämre konkurrensförmåga, behöver frågan gällande specifikt RASE utredas (Lorentzen Kolstad et al. 2018; Pfeffer et al. 2021).

Denna studie kommer att undersöka etableringen och tillväxt av RASE under olika betetryck från hjortvilt. Hur RASE påverkas beroende på säsongsmässig betning är något som behöver undersökas för att bättre förstå faktorer som påverkar successionen i det moderna skogslandskapet. Genom djupare förståelse av dynamiken mellan klövvilt och vegetation, kan skogsbruk och viltförvaltning jobba mer effektivt för att öka rekryteringen av RASE. Frågeställningarna är hur rekryteringen och tillväxten av RASE påverkas av betning jämfört med ytor där betning uteslutits eller endast förekommit under sommar respektive vinterhalvåret, huruvida skottbetning av RASE är mer intensivt på sommarhalvåret eller vinterhalvåret, hur biomassan av RASE påverkas av betning som förekommer året om, endast under sommar- eller vinterhalvåret eller ingen betning och hur biomassan av RASE påverkas av konkurrens från andra trädarter på grund av säsongsmässig betesvariation, då viltet föredrar olika föda under året. Hypoteserna är:

i) att förekomsten och biomassan av RASE kommer att påverkas negativt av betning jämfört med ingen betning, men att betning endast under vinterhalvåret är bättre för förekomsten och biomassan av RASE jämfört med betning under hela året eller under sommarhalvåret.

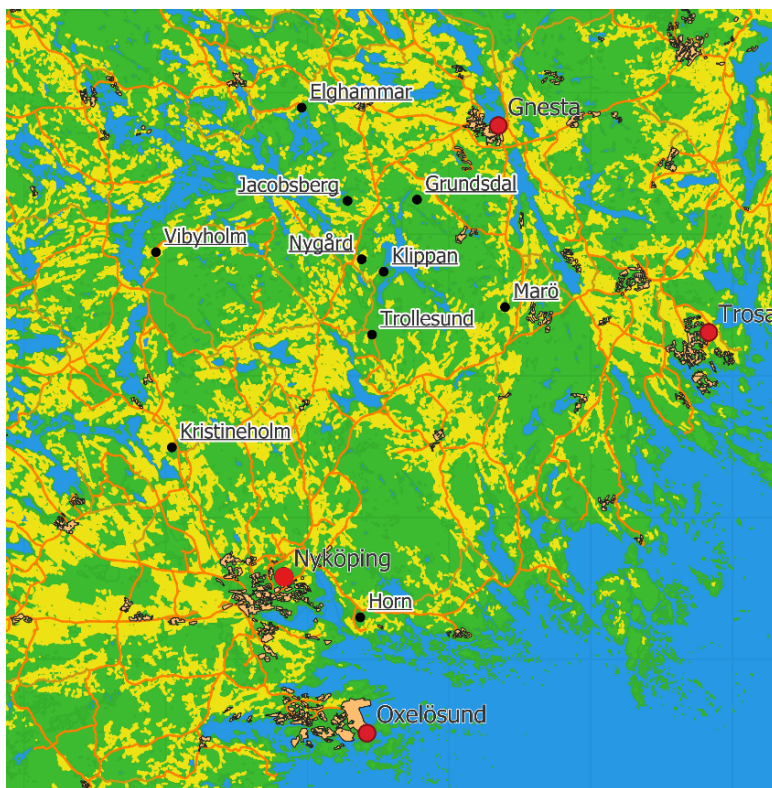
ii) att skottbetning av RASE är mer intensivt under sommarhalvåret än under vinterhalvåret.

Grunderna för hypoteserna är tidigare studier inom etablering av RASE, växtfysiologi och betespreferenser (Danell et al. 1994; Millard et al. 2001; Götmark et al. 2005; den Herder et al. 2012; Speed et al. 2013a; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018; Widemo et al. 2019).

2. Material och metod

2.1. Studieområde

Datamaterialet som är grunden för denna studie har samlats in från ett fältförsök som anlades 2015 i Södermanlands län, Sverige (58,9 N°, 17,1° E). Studieområdet befinner sig i den hemi-boreala zonen, vilken brukar räknas som ett mellanting mellan den sanna tempererade- och boreala zonen. Ek växer naturligt i området, men inte bok (*Fagus sylvatica*) och avenbok (*Carpinus betulus*) (Ahti et al. 1968). I hela försöksområdet finns det fem vanliga arter av klövvilt som samexisterar, älg, rådjur, dov- och kronhjort samt vildsvin (*Sus scrofa*). Små stammar av mufflonfår (*Ovis aries*) förekommer också. Enligt 2015 års rapport från projektet FOMA, fanns 6-10 älgar per 1000 ha, 7-11 kronhjortar per 1000 ha, 88-107 dovhjortar per 1000 ha och 20-25 rådjur per 1000 ha (Edenius 2015).



Figur 2. Karta över studieområdet i Södermanlands län med varje föryngringsytas position. GSD- Översiktskartan skalintervall 1:100 000–1:500 000 © Lantmäteriet

2.2. Försökets utformning

Tio föryngringsytor valdes runt om i länet (uppskattningsvis mellan 1,5–6,5 ha i areal), där alla utom en avverkades 2014. En av ytorna avverkades 2013 och en fröträdsställning av tall ställdes för att detta var vald föryngringsmetod. Alla ytor i försöket markbereddes. De nio ytor som föryngringsavverkades 2014 planterades samtliga 2015. En av dessa nio ytor planterades med tall. Resterande åtta ytor planterades med gran, där två av dessa ytor hade fröträd kvar på sig och gran planterades under fröträden. Försökets föryngringsytor kan därför betraktas som normala föryngringar inom svenskt produktionssskogsbruk.

I oktober 2015 anlades på varje föryngringsyta fyra olika 14×14 m behandlingsytor. Placeringen av behandlingsytorna slumpades på varje föryngringsyta, samtidigt som det säkerställdes att behandlingsytorna hamnade minst 28 m från varandra och föryngringsytornas beståndsgräns. Små fläckar av improduktiv skogsmark, t.ex. berg i dagen, myrar och flyttblock undveks vid utplacering av behandlingsytor. Varje behandlingsyta tilldelades därefter slumpmässigt en av fyra olika behandlingar: öppen kontroll, permanent inhägnad, inhägnad under sommarhalvåret (april - september) men öppen resterande månader (hädanefter *sommarstängt*) samt inhägnad under vinterhalvåret (oktober - mars) men öppen resterande månader (hädanefter *vinterstängt*). Vid varje behandlingsyta restes 16 trästolpar för att kunna fästa stängsel i. För att få samma förhållanden på samtliga behandlingar restes även trästolparna runt den öppna kontrollen. På de ytor som behandlades med inhägnad användes metallstaket å $3,5 \times 2$ m som fästes med kraftiga buntband i trästolparna. Staketens maskor var 10×26 cm, ehuru klövvilt helt kunde exkluderas utslöt staketet inte mindre djur som harar (*Lepus europaeus*) och gnagare (*Rodentia*).

2.3. Datainsamling

Data samlades in två gånger per år, oftast under månadsskiftena mars-april och september-oktober. Samtidigt som datainsamlingen skedde flyttades även stängslet från behandlingen sommarstängt till vinterstängt, eller vice versa beroende på säsong vid inventeringstillfället. Varje behandlingsyta delades upp i kvartiler med en buffertzona två meter från staketet där ingen inventering utfördes för att minimera effekter av stolpslagning och skuggning från staketet. Första inventeringen utfördes våren 2016. I varje kvartil märktes upp till fyra enskilda trädindivider slumpmässigt upp med ett buntband runt botten av stammen. Var föryngringsytan föryngrad med tall märktes fyra tallar och en gran om det fanns minst så många, var föryngringsytan föryngrad med gran märktes fyra granar och en tall om minst så många fanns. En individ per kvadrant och art av lövträd märktes upp i varje

föryngringsyta, så snart den första individen per art av lövträd påträffades. För att bli uppmärkt skulle ett enskilt träd vara minst 10 cm högt. På varje uppmärkt individuellt träd mättes vid varje inventeringstillfälle följande variabler: höjd, diameter 5 cm ovan mark, antal levande skott, antal nya skottbeten (skottbete som uppstått efter det senaste inventeringstillfället) och totala antalet skottbeten. I de fall uppmärkta trädindivider överstigit 4 m höjd mättes diametern i brösthöjd. Huruvida toppskottsbete, barkgnag eller lövrepning förekommit noterades. Antal stammar noterades i de fall flerstammighet förekom. I de fall en uppmärkt individ dött mellan två inventeringar valdes en ny trädindivid av samma art närmast centrum av kvadranten. I varje behandlingsenhet räknades också antalet träd i olika höjdklasser in av respektive art. Höjdklasserna var indelade i 5–20 cm, 21–30 cm, 31–50 cm, 51–100 cm, 101–150 cm, 151–200 cm, 201–250 cm, 251–300 cm, 301–350 cm, 351–400 cm och >400 cm. De mindre höjdklasserna 5–20 cm och 21–30 cm inventerades i en 10 m² cirkelprovyta, medan de större i en 100 m² cirkelprovyta som innefattade provytan på 10 m². Vid rikliga lövuppslag räknades antalet individer i en representativ halva av cirkelytan och dubblades, för att spara tid. Sista datainsamlingen skedde i oktober 2022.

2.4. Bearbetning och val av data

För att förenkla den statistiska analysen beslöts att endast analysera tillståndet på försöksytorna år 2022. Eftersom att antal träd av en art och deras höjd år 2022 är en följd av etablering, tillväxt och skador från tidigare år, ansågs det fånga beståndsutvecklingen tillräckligt bra över det dittills 7 år långa försöket. Utvecklingen av antalet RASE och deras höjd över försöksperioden valdes att visas grafiskt. För att göra bästa möjliga analys av höjder och förekomster användes datasetet innehållande antal stammar i olika höjdklasser av varje art, då det datasetet hade långt fler observationer än de enskilt mätta individerna. Data från 2022 resulterade i totalt 99 rönnar, 1075 aspar, 410 träd av salixsläktet och 21 ekar. Summan av stammar i respektive höjdklass multiplicerades med höjdklassens mittvärde (t.ex. i höjdklass 101–150 cm multiplicerades antalet stammar med 125 cm). Samma sak gjordes för tall, gran samt glas-och vårtbjörk, för att kunna undersöka vilken eventuell konkurrens-effekt de haft på RASE. Sammanlagda stamhöjder och antal från de olika behandlingsytorna för RASE, tall, gran och björkar presenteras i *Tabell 1*.

Tabell 1. Sammanlagt antal stammar och deras sammanlagda höjd från de olika behandlingsmetoderna för RASE, tall, gran samt glas-och vårtbjörk

Art	Rönn		Asp		Salix		Ek	
Behandling	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)
Fast	56	87,2	211	425,9	140	261,6	7	7,9
Kontroll	8	6,2	220	186,4	22	13,7	5	3,6
Sommarstängd	27	33,4	445	715,7	228	343,6	7	5,9
Vinterstängd	8	7,5	199	237,6	20	20,3	2	0,8
Art	Tall		Gran		Glasbjörk		Vårtbjörk	
Behandling	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)	Antal stammar	Höjder (m)
Fast	311	422,8	121	181,7	761	1887,4	757	1769,0
Kontroll	273	297,5	120	194,1	78	67,1	709	1346,5
Sommarstängd	320	367,9	185	239,6	412	137,9	820	1729,9
Vinterstängd	333	536,3	119	153,7	196	216,4	944	2136,5

För analys av betetryck användes istället data från uppmärkta trädindivider, då antal skott och antal betade skott inte insamlats från provytecirklarna. Alla individer av RASE sorterades ut och år 2022 fanns data på 46 rönnar, 83 aspar, 115 individer av salix-art och 17 ekar. Antal nya skott och antal färskt betade skott adderades från våren och höstens inventering år 2022 för att kunna jämföra alla behandlingar över året. Antalet ekar visade sig vara så få att de beslöts uteslutas ur analysen (således står RAS för rönn, asp och salixsläktet i fortsättningen).

2.5. Analys

För att analysera etableringen av RAS beroende på betetryck gjordes generaliserade linjära modeller (GLM) för de olika träarterna. Antalet stammar inom en behandlingsyta är en typ av frekvensdata, vilket är vanligt att analysera med Poisson-modeller (Hilbe 2008). Då det fanns många observationer för varje art, testades det att använda en normalfördelad linjär modell med hänsyn till centrala gränsvärdessatsen (Samules et al. 2016). För att testa vilken modell som var bäst, provades att göra en modell som var Poisson-fördelad och en som var

normalfördelad, varpå deras AIC-värden jämfördes. Modellen som fick lägst AIC-värde valdes. I det fall där en Poisson-modell uppvisade överdispersion, beslutades att använda en negativt binomialfördelad modell för att hantera överdispersion (Hilbe 2008). För rönn gav en Poisson-fördelad GLM lägst AIC-värde, där Y var antal stammar med länkfunktionen:

$$Y = e^{Y'}$$

(Ekv I)

För asp fick istället en normalfördelad GLM lägst AIC-värde, där Y var antal stammar med transformeringen:

$$Y' = \sqrt{Y}$$

(Ekv II)

För salix-arterna fick den Poisson-fördelade modellen lägre AIC-värde än den normalfördelade modellen. Dock uppstod problem med överdispersion, därför valdes istället en negativ binomialfördelad modell där Y var antal stammar med länkfunktionen:

$$Y = e^{Y'}$$

(Ekv III)

Försökets utformning följde en variansanalys med slumpmässig blockdesign (ANOVA randomized block design), där behandlingsmetoderna tar hänsyn till försöksytorna (Samuels et al. 2016). Därför provades modeller med både behandlings- och försöksyta. Modellerna löd:

$$Y' = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_9 X_{9i}$$

(Ekv IV)

$$Y' = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_{12} X_{12i}$$

(Ekv V)

Där X_{1i} - X_{9i} är indikatorvariabler för försöksytorna och X_{10i} - X_{12i} på samma sätt är indikatorvariabler för behandlingarna. Ett likelihood-kvottest för nästade modeller användes för att undersöka om det var signifikant att ha med både behandlingsyta och försöksyta som prediktionsvariabler, jämfört med endast försöksyta. Om det fanns en signifikant effekt av att inkludera behandlingsyta i modellen, gjordes ett post-hoc test för att jämföra behandlingsmetoderna mot varandra.

För att undersöka betestrycket beroende på behandling gjordes en binomialfördelad GLM. Detta för att hantera varje färskt bete av ett färskt skott som ett lyckat försök och antalet skott som inte blivit betade som ett misslyckat försök (Samules et al. 2016). De fast inhägnade ytorna uteslöts därför ur analysen, då de innehöll noll beten från hjortvilt. Antalet betade skott var responsvariabeln Y i detta fall. Modellen testades med endast försöksyta som prediktionsvariabel och sedan med försöksyta och behandling som prediktionsvariabler på samma sätt som för analysen av förekomster. Ett post-hoc test gjordes för att jämföra mellan behandlingsmetoderna.

För att analysera biomassan av RAS beroende på betestryck gjordes en normalfördelad linjär modell med hänsyn till försöksdesignen (ANOVA random block design). Summan av stamhöjder var responsvariabel och försöks-och behandlingsyta var prediktionsvariabler för RAS-arterna. Modellen löd:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Ekv VI})$$

där Y är skattad höjd i behandlingsyta i på försöksyta j , μ är medelvärdet på stamhöjder, β_i effekten av behandlingsyta i , τ_j är effekten av försöksyta j och ε_{ij} är slumpfel för stamhöjd i behandlingsyta i och försöksyta j och antas vara $N(\mu, \sigma_\epsilon)$.

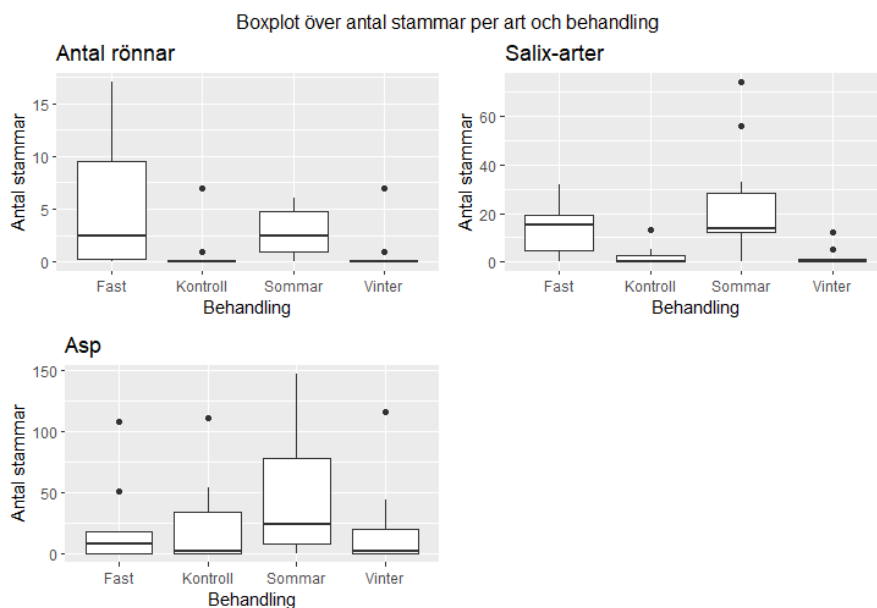
För att analysera om konkurrensen från andra träddarter hade effekt på biomassan av RAS gjordes ytterligare en linjär modell. För att undersöka konkurrens effekten från andra träddarter, summerades sammanlagda stamhöjder för tall och gran som barrträd, och sammanlagda stamhöjder för glas-och vårtbjörk som lövträd och lades till som kovarians. Modellen blev då en kovariansanalys (ANCOVA):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \delta X_{ij} + \delta Z_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Ekv VII})$$

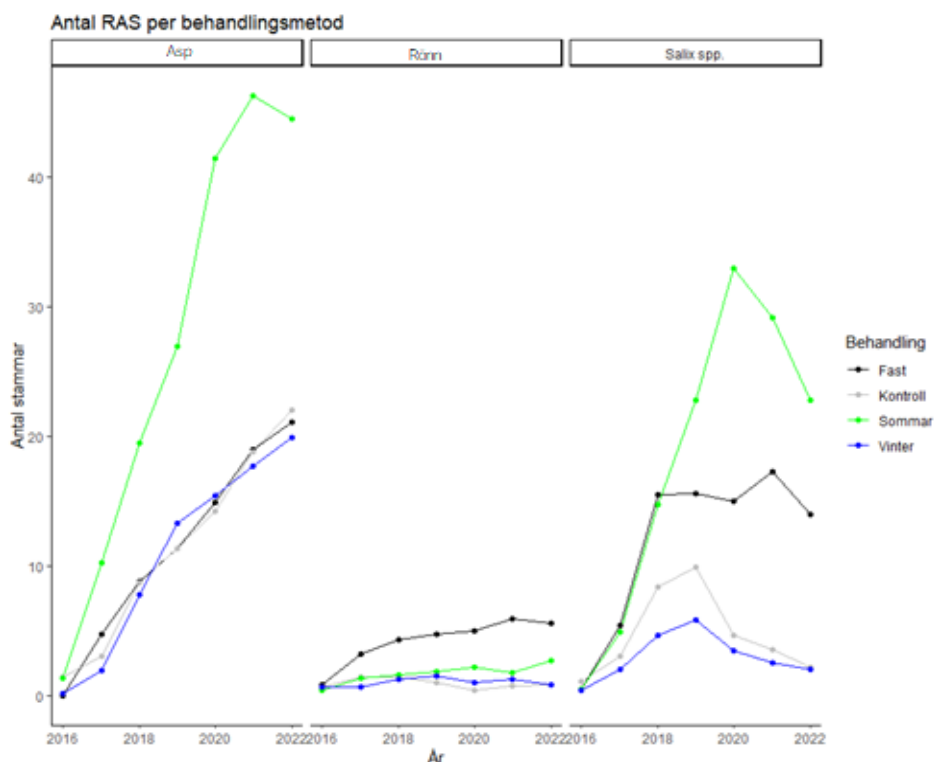
där Y är skattad höjd i behandlingsyta i på försöksyta j , μ är interceptet, β_i effekten av behandlingsyta i , τ_j är effekten av försöksyta j , X_{ij} är höjden av barrträd i behandlingsyta i på försöksyta j , Z_{ij} är höjden av lövträd i behandlingsyta i och försöksyta j och ε_{ij} är slumpfel för stamhöjd i behandlingsyta i och försöksyta j och antas vara $N(\mu, \sigma_\epsilon)$. För samtliga analyser valdes en signifikansnivå på 0,05. Alla analyser gjordes i programmet RStudio version 4.2.2.

3. Resultat

Testerna för antal förekomster gav signifikanta skillnader för att inkludera behandlingsmetod i modellen för rönn med likelihood-kvottestet ($\chi^2(3) = 60,009$, $p < 0,0001$). Modellen som inkluderade behandlingsmetod förklarade antalet förekomster ur salixsläktet signifikant bättre ($\chi^2(3) = 28,921$, $p < 0,0001$). Även för aspar förklarade modellen antalet förekomster bättre med behandlingsmetod ($\chi^2(3) = 7,823$, $p = 0,0498$). Post-hoc testerna visade att det fanns signifikant fler rönnar vid fast inhägnad jämfört med kontroll, sommarstängd och vinterstängd. Det fanns även signifikant fler rönnar i sommarstängd jämfört med vinterstängd behandling och kontroll. För salixsläktet fanns det signifikant högre antal vid fast inhägnad jämfört med kontroll och vinterstängd. Vid sommarstängd behandling fanns signifikant fler förekomster av salixsläktet jämfört med kontroll och vinterstängd. Kontrolltytor skilde sig inte signifikant åt jämfört med vinterstängd. För asp fanns det ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna. Resultaten från post-hoc testerna om förekomst beroende på behandlingsmetod presenteras närmare i *Tabell 2* och i *Figur 3*. Förekomsten av RAS över försökets tid presenteras grafiskt i *Figur 4*.



Figur 3. Boxplot över antalet stammar av varje RAS-art per behandlingsmetod år 2022

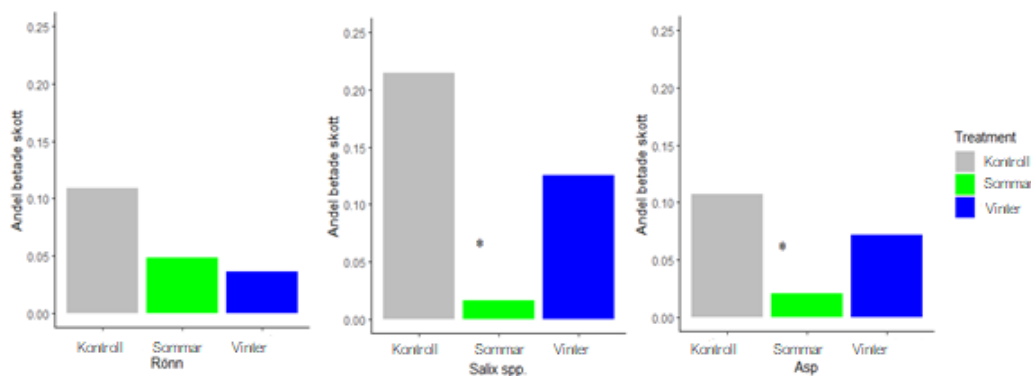


Figur 4. Förekomsten av RAS under försökstiden beroende på behandlingsmetod. Antalet stammar presenteras på y-axeln medan x-axeln visar årtal. Aspen står för asp, Rowan för rönn, Salix spp. för salixsläktet. Färgkoden finns i legenden till höger. Förekomsten av asp i sommarstängda ytor är större än övriga, men blev inte signifikant för år 2022, vilket tyder på stor spridning inom behandlingsmetoderna, jämför med Figur 3. I övrigt syns tydlig skillnad i antal förekomster för fast inhägnad jämfört med övriga för rönn och fast inhägnad och sommarstängda ytor för salixsläktet, medan övriga ligger närmare varandra

Tabell 2. Post-hoc tester för GLM-modellen som användes för att analysera förekomst av RAS beroende på behandlingsmetod. Fast är fast inhägnad, kontroll är kontrolltytor

Post-hoc förekomster	Frihetsgrader	Rönn		Salix-arter		Asp	
		z	p	z	p	t	p
Fast-kontroll	27	5,148	<0,0001	4,759	<0,0001	0,127	0,9992
Fast-sommarstängd	27	3,114	0,0100	-1,418	0,4878	-1,834	0,2800
Fast-vinterstängd	27	5,148	<0,0001	4,918	<0,0001	0,254	0,9941
Kontroll-sommarstängd	27	-3,022	0,0134	-5,989	<0,0001	-1,961	0,2274
Kontroll-vinterstängd	27	0	1	0,21	0,9967	0,126	0,9993
Sommar-vinterstängd	27	3,022	0,0134	6,127	<0,0001	2,088	0,1827

För antalet betade skott på rönnar förklarade inte modellen som inkluderade både försöksyta och behandlingsmetod antalet betningar bättre än modellen utan behandlingsmetod ($\chi^2(2) = 5,459$, $p = 0,065$). Därför blev heller inte några av behandlingsmetoderna signifikanta. För salixsläktet förklarade behandlingsmetod antalet betade skott bättre än när bara försöksyta inkluderades ($\chi^2(2) = 106,24$, $p < 0,0001$). Även för asp förklarade modellen antal betningar signifikant bättre när behandlingsmetod inkluderades ($\chi^2(2) = 46,741$, $p < 0,0001$). Post-hoc testet för salix-arter visade att det fanns en statistisk signifikant skillnad för kontroll-sommarstängd ($z = 8,66$, $p = < 0,0001$) och mellan sommarstängd-vinterstängd ($z = -7,08$, $p = < 0,0001$), medan det inte fanns någon signifikant skillnad mellan kontroll-vinterstängd ($z = 1,44$, $p = 0,32$). För asp fanns det signifikanta skillnader i beten mellan behandlingarna kontroll-sommarstängd ($z = 6,33$, $p = < 0,0001$) och sommarstängd-vinterstängd ($z = -4,14$, $p = 0,0001$), medan kontroll-vinterstängd inte visade någon signifikant skillnad ($z = 2,18$, $p = 0,0744$). Resultaten för analysen av betetryck presenteras närmare i *Figur 5*.



*Figur 5. Andel betade skott för RAS beroende på behandlingsmetod år 2022. Signifikanta skillnader markerade med *. Andelen betade skott visas på y-axeln och behandlingsmetoderna på x-axeln. Gråa staplar är kontrolllytor, gröna är sommarstängda ytor och blå vinterstängda ytor*

Variansanalysen för att testa biomassa visade signifikant skillnad för behandlingar för rönn ($F_{3, 27} = 4,44$; $p = 0,012$) och för salixarter ($F_{3, 27} = 7,00$; $p = 0,001$). För rönn var försöksyta inte signifikant ($F_{9, 27} = 1,55$; $p = 0,18$), men för salixsläktet var även försöksyta signifikant ($F_{9, 27} = 2,50$; $p = 0,032$). För asp var inte behandlingsmetod signifikant, men försöksyta var signifikant ($F_{9, 27} = 2,34$; $p = 0,043$). I *Tabell 3* presenteras variansanalysen närmare. Post-hoc testerna för att jämföra behandlingsmetoderna visade att det var signifikant högre biomassa vid fast inhägnad jämfört med kontrolllytor och vinterstängd behandling för rönn. Det var ingen signifikant skillnad mellan övriga behandlingsmetoder. För salixarter

fanns signifikant högre biomassa vid fasta inhägnader jämfört med kontroll, och för sommarstängd var biomassan signifikant högre jämfört med kontroll och vinterstängd. Övriga behandlingar hade inte någon signifikant skillnad i biomassa jämfört med varandra. Resultaten från post-hoc testet som jämför behandlingsmetoderna presenteras närmare i *Tabell 4*. En grafisk presentation över hur den sammanlagda stamhöjden har utvecklat sig över försöksperioden visas i *Figur 6*, samt den genomsnittliga stamhöjden beroende på behandlingsmetod och art (*Figur 7*).

Tabell 3. ANOVA-tabell för analysen av biomassa av RAS beroende på behandlingsmetod

	ANOVA-tabell	Frihetsgrader	F-värde	P-värde
Rönn	Behandling	3	4,4368	0,01166
	Försöksyta	9	1,5451	0,18272
	Residualer	27		
Salix	Behandling	3	7,0004	0,001243
	Försöksyta	9	2,5000	0,031674
	Residualer	27		
Asp	Behandling	3	1,8790	0,15696
	Försöksyta	9	2,3371	0,04263
	Residualer	27		

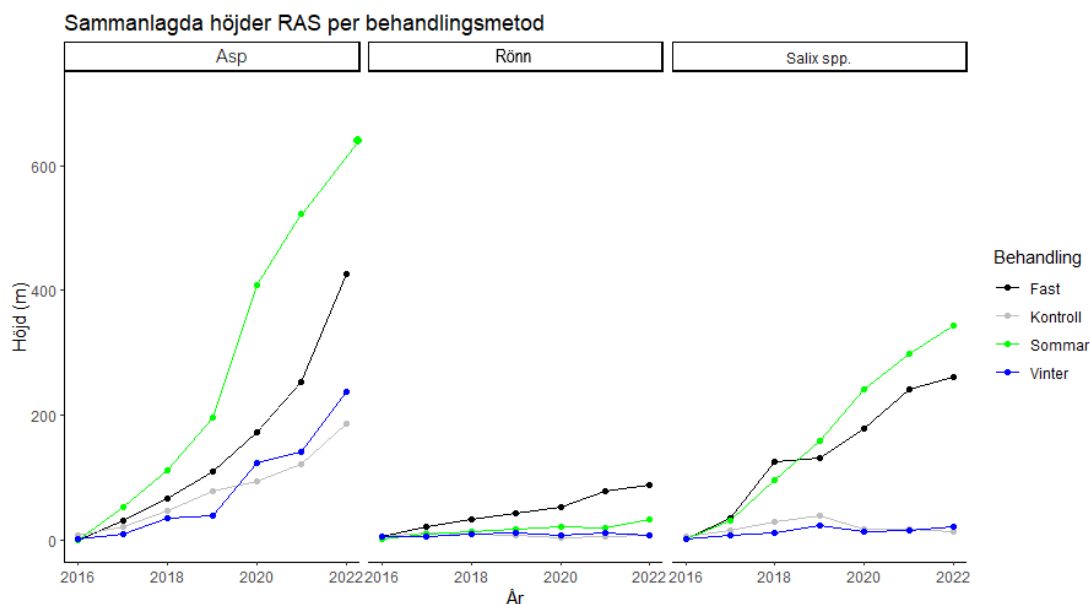
Tabell 4. Resultatet från post-hoc testet för hur biomassan skiljt sig åt för RAS beroende på behandlingsmetod. Fast är fast inhägnad, kontroll är kontrolllytan, sommar är sommarstängd och vinter är vinterstängd behandling

Behandling	Frihetsgrader	Rönn		Salix-arter		Asp	
		t-värde	P-värde	t-värde	P-värde	t-värde	P-värde
Fast - kontroll	27	3,185	0,018	2,757	0,047	0,969	0,767
Fast - sommar	27	2,113	0,174	-0,911	0,799	-1,173	0,678
Fast - vinter	27	3,134	0,0203	2,683	0,056	0,762	0,87
Kontroll - sommar	27	-1,071	0,709	-3,667	0,005	-2,142	0,165
Kontroll - vinter	27	-0,051	1	-0,073	0,999	-0,207	0,996
Sommar - vinter	27	1,02	0,739	3,594	0,006	1,935	0,237

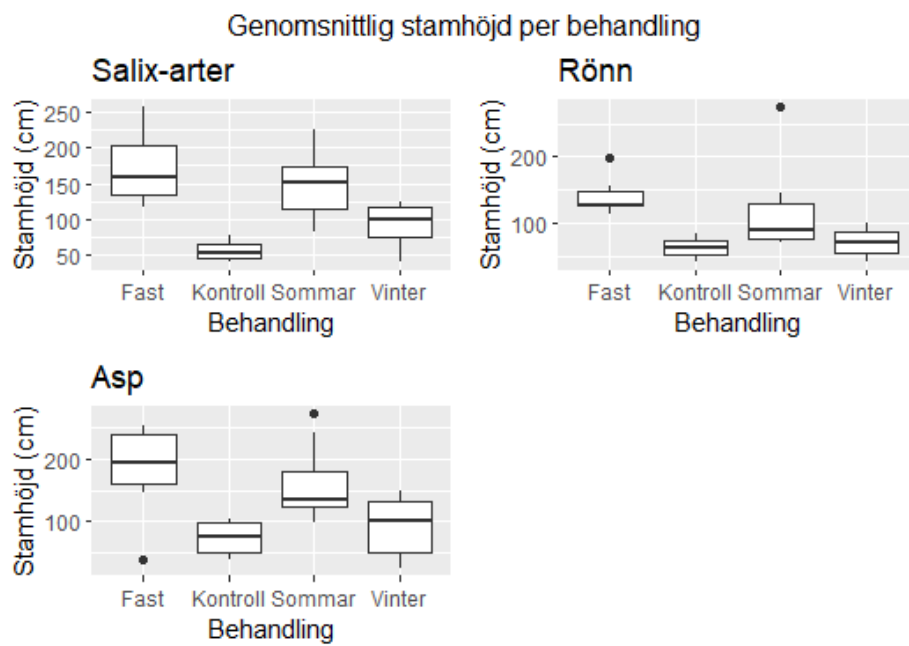
Resultaten från analysen om biomassan påverkades av konkurrens från barrträd eller lövträd skilde sig väldigt lite från den första tillväxtanalysen. Interceptet för rönnar var signifikant ($F_{1, 25} = 11,89$; $p = 0,002$) och behandlingsmetod ($F_{3, 25} = 4,79$; $p = 0,009$) men inte försöksyta ($F_{9, 25} = 1,39$; $p = 0,243$) signifikant. Övriga variabler, inklusive barr-och lövträd hade ingen signifikant påverkan på biomassan. För salixsläktet var behandlingsmetod signifikant ($F_{3, 25} = 6,39$; $p = 0,002$), men övriga variabler var inte signifikanta. För asp var interceptet signifikant ($F_{1, 25} = 11,46$; $p = 0,002$), men inga andra variabler var signifikanta. Resultaten från kovariansanalysen presenteras närmare i Tabell 5.

Tabell 5. Resultatet från kovariansanalysen för att undersöka konkurrens-effekten barr- och lövträd har på RAS

	ANCOVA-tabell	Frihetsgrader	F-värde	P-värde
Rönn	Intercept	1	11,8922	0,002008
	Behandling	3	4,7873	0,009042
	Försöksyta	9	1,3929	0,243657
	Lövträd	1	1,3108	0,263096
	Barrträd	1	0	0,996870
	Residualer	25		
Salix	Intercept	1	2,5450	0,123208
	Behandling	3	6,3863	0,002309
	Försöksyta	9	0,8771	0,557697
	Lövträd	1	0,8616	0,362174
	Barrträd	1	0,2694	0,608276
	Residualer	25		
Asp	Intercept	1	11,4569	0,002354
	Behandling	3	2,0045	0,139075
	Försöksyta	9	2,1051	0,068565
	Lövträd	1	0,7729	0,387703
	Barrträd	1	2,4791	0,127939
	Residualer	25		



Figur 6. Grafisk presentation över höjdtutvecklingen sedan försökets början. Summan av stamhöjderna för varje behandling visas i meter på y-axeln, medan x-axeln visar årtal



Figur 7. Boxplots över den genomsnittliga höjden per art år 2022

4. Diskussion

4.1. Övergripande diskussion

Resultaten från studien visar skillnader i förekomst och tillväxt för rönn och salixsläktet beroende på säsongsmässigt betetryck, men inte för asp. Studien visar också signifikanta skillnader för andelen betade skott beroende på när på året asp och salixsläktet kan betas, men inte för rönn. Resultaten visade inte på någon effekt av konkurrens från andra trädslag på tillväxten av RAS. Hur betning, rekrytering och biomassan av ek påverkas beroende på säsongsmässig variation i betetryck kunde inte besvaras i denna studie p.g.a. bristande dataunderlag. Resultaten är delvis i linje med tidigare studier, delvis åtskilda (Ericsson et al. 2001; Heikkilä et al. 2003; Zakrisson et al. 2007; Härkönen et al. 2008; Edenius et al. 2011; Speed et al. 2013b; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018). Tidigare studier visar att rekrytering och tillväxt av RAS skiljer sig för olika arter och kan vara beroende på studieområdets förutsättningar (Abaturov & Smirnov 2002; Senn et al. 2002; Zakrisson et al. 2007; Härkönen et al. 2008; Edenius et al. 2011; Speed et al. 2013b; a; Edenius & Ericsson 2015; Lorentzen Kolstad et al. 2018).

4.2. Förekomst av RAS

Hypotes *i* löd: att förekomsten och biomassan av RASE kommer att påverkas negativt av betning jämfört med ingen betning, men att betning endast under vinterhalvåret är bättre för förekomsten och biomassan av RASE jämfört med betning under hela året eller under sommarhalvåret. Fast inhägnad gav högre antal rönnar jämfört med några av de andra behandlingsmetoderna. Vinterstängda ytor visade ingen skillnad mot öppen kontroll. Sommarstängda ytor gav däremot fler rönnar jämfört med kontrollytorna och vinterstängda. Resultatet från denna studie pekar därför mot att förekomsten av rönn påverkas negativt av betning och bäst gynnas av att inte betas alls. Eftersom att analysen av hypotes *ii*, ”att skottbetning av RASE är mer intensivt under sommarhalvåret än under vinterhalvåret”, inte uppvisade några skillnader i betetryck för olika säsonger, men antalet rönnar var

lägre för vinterstängd behandling, tyder detta på att rönnar är känsligare för betning under sommarhalvåret. Resultatet för förekomster vid jämförelsen av fast inhägnad mot kontroll är i linje med bl.a. studierna av Senn et al. (2002), Heikkilä et al. (2003) och Lorentzen Kolstad et al. (2018), men skiljer sig från det resultat Speed et al. (2013b) erhöll. Den senare studien såg att det fanns fler rönnar utanför sina inhägnader än inom dem. Nämnade studie utfördes dock i slutna skogar och inte på hyggen, vilket kan påverka resultatet. Där troddes den ökade förekomsten av rönn utanför inhägnader bero på att hjortviltet förbättrade gröningsförhållandena, samt även vegetativ förökning med rotskott (Speed et al. 2013b). Hypotes *i* kan därmed utifrån denna studies resultat bekräftas gällande förekomster av rönn, men inte hypotes *ii*.

Antalet förekommande individer ur salixsläktet var högre vid jämförelser mellan fasta inhägnader och vinterstängda ytor, samt kontrolltytor. Det var även signifikant högre antal i sommarstängda ytor jämfört med vinterstängda ytor och kontrolltytor. Det är enhetligt med hypotesen om att förekomsten av salixsläktet ökar om betning inte sker jämfört med att kunna betas året om, och att förekomsten gynnas om betning inte sker på sommaren. Analysen av betetryck resulterade för salixarter i att skottbetning var signifikant högre under sommarmånaderna än vintermånaderna, vilket också bekräftar hypotes *ii*, salixsläktets skott är mer föredragna under sommarhalvåret. Att betningen är lägre i sommarstängda ytor kan vara en förklaring till det högre antalet förekomster i sommarstängda jämfört med kontrolltytor och vinterstängda. Jämfört med asp och rönn verkar det vara färre studier som undersökt antalet förekomster ur salixsläktet beroende på betning. Några studier som undersökt betningens påverkan på antalet förekomster av salixsläktet med fasta hägn, kunde dock inte se signifikanta skillnader mellan kontrolltytor och hägnade ytor (Senn et al. 2002; Heikkilä et al. 2003; Jónsson 2016). Varför denna studies resultat pekar i motsatt riktning kan bero på lokala förutsättningar. Resultatet kan dock bidra med ökad kunskap, i synnerhet gällande säsongsmässig betning.

Förekomsten av asp påverkades inte av någon behandlingsmetod. Att fasta inhägnader inte haft effekt på antalet aspar är även något som har observerats av bland annat Jónsson (2016). Det kan bero på att skogsbruket och förändrad markanvändning verkar ha större effekter på föryngring av asp än vad betning har (Edenius et al. 2008, 2011). I en finsk studie visades att harar och sorkar påverkade dödligheten för asp mer än älg (den Herder et al. 2009). Analysen av betetryck på asp visade signifikant högre betetryck under sommarmånaderna än under vintermånaderna, trots detta påverkades inte förekomsten av asp. Det ligger i linje med att flera studier visar att aspar betas hårt, men håller god hälsa tack vare hög tolerans mot betning och att dödlighet p.g.a. klövvilt är låg (Zakrisson et al. 2007; Härkönen et al. 2008; de Chantal et al. 2009; den Herder et al. 2009). Detta kan

vara förklaringar till att denna studies resultat inte kan bekräfta hypotesen att förekomsten av aspar påverkas negativt av betning, oberoende av säsongsmässiga variationer. Däremot kan studien bekräfta den andra hypotesen för asp, ”att skottbetning av RASE är mer intensivt under sommarhalvåret än under vinterhalvåret”. Då det mig veterligen inte finns några andra studier som undersökt om antalet aspar påverkas av säsongsmässig betning, efterfrågas fler sådana studier.

4.3. Biomassa av RAS

Testet för sammanlagda stamhöjden av rönnar visade att det endast fanns skillnader mellan fast inhägnad och kontroll- och vinterstängda ytor. Övriga jämförelser var inte signifikant skilda. Studiens resultat visar därför att rönnar växer bättre och får ökad potential att bli trädbildande om de exkluderas helt från betning jämfört med när de växer fritt. Att fasta inhägnader gör att rönnar växer bättre ligger i linje med tidigare forskning (Heikkilä et al. 2003; Speed et al. 2013b; a; Lorentzen Kolstad et al. 2018). Utifrån denna studie verkar rönnars biomassa inte påverkas i någon tydlig riktning av säsongsspecifik betning. Undantaget är om man jämför ingen betning med att bara betas på sommaren, vilket tydligt är negativt för rönn. Resultatet är enligt med hypotes *i* om att ingen betning är positivt jämfört med betning året om, men att biomassan av rönn skulle vara högre om bete endast inträffar på vintern jämfört med sommaren eller året om kan inte bekräftas. Att analysen av betetrycket på rönn inte visade skillnader mellan säsongerna, kan vara en förklaring till att få skillnader mellan behandlingsmetoderna uppstod (se *Figur 5*). Rönnar i detta studieområde kan vara lika begärliga för viltet året om. Det kan stödjas av att Bergström & Hjeljord (1987) fann att rönn var älgens mest föredragna kvistföda under vintern. Att sommarbetning ger signifikant lägre biomassa av rönn jämfört med fast inhägnad tyder på att rönn är känsligare för sommarbetning, då inga skillnader i betetryck kunde visas. Fler förklaringar kan eventuellt ges av Edenius & Ericsson (2015), som såg i sin studie på rönn och asp att betetrycket på rönnar var högre när de var under en meters höjd än när de vuxit över en meters höjd. De observerade också att betning sänkte takten för träd att växa förbi en meters höjd. Speed et al. (2013b) observerade liknande effekter, den studien visade att rönn kunde ha en positiv höjdtillväxt upp till 40 cm höjd, för att sedan avstanna. Möjligheten finns att rönnar betas mer från start och därmed får svårare att växa ur beteshöjd jämfört med asp och sälg (Speed et al. 2013b). Med tanke på att rönnar har lägre tillväxt än dessa, kan detta tyckas troligt och kan vara en förklaring (Myking et al. 2011, 2013). Speed et al. (2013b) noterade dock en kraftig gradient för rönnarnas höjd och genomsnittligt snödjup och menade att snön skyddar plantorna till ca 40 cm höjd. I denna studies område är snödjupet sällan så stort och skyddar därför plantorna sämre, vilket ökar betetrycket på vintern. Men, Edenius

& Ericsson (2015) noterade även att takten för att växa förbi en meters höjd var snabbare för rönn än asp. Frågan är därmed komplex att besvara och vidare forskning inom ämnet efterfrågas.

Salixsläktet hade signifikant högre sammanlagda stamhöjder i fasta inhägnader än i kontrolltyorna. Jämfört med vinter-och sommarstängda ytor var höjden av salixsläktet inte signifikant högre i fasta inhägnader. Höjden var även signifikant högre i sommarstängda ytor jämfört med kontrolltyor och vinterstängda ytor. Kontroll-vinterstängd var inte signifikant skilda. Skillnaden kan bero på att salixsläktet generellt är mindre känsligt för betning än rönn. Detta har stöd i vad Hjältén (1999) kom fram till i sin studie på sälg, bindvide (*Salix aurita*) och ängsvide (*Salix starkeana*). Hjältén (1999) simulerade betning genom att beskära sina försöksträd innan vegetationsperiodens start. Både sälg och ängsvide kompenserade förlusten av biomassa och blev inte signifikant lägre av att bli beskurna. Men, det kan även bero på att biomassa helt enkelt inte betas bort i samma utsträckning på vinterhalvåret som under sommarhalvåret (se *Figur 5*), då analysen av betestryck visade högre betningsgrad för vinterstängda ytor än sommarstängda. Denna studie kan liksom andra studier visa att arter ur salixsläktet höjdmässigt ofta gynnas av att exkluderas helt från betning jämfört med vanliga föryngringsytor (Heikkilä et al. 2003; de Chantal & Granström 2007; de Chantal et al. 2009). Resultatet pekar också mot att salixsläktet inte påverkas lika mycket av betning under vinterhalvåret som rönn. Huruvida detta beror på växtfysiologi, lägre betestryck under vintern, eller både och, är svårt att spekulera om. Från denna studies resultat verkar det därför som att salixsläktet kan tolerera betning under vinterdvala väldigt bra. Resultatet blev därmed vad som förväntades i hypotes *i* för salixsläktet.

För aspar fanns det inga signifikanta skillnader mellan några behandlingar. Resultatet var inte förväntat och stred mot hypotes *i*, att förekomsten och biomassan av RASE kommer att påverkas negativt av betning jämfört med ingen betning, men att betning endast under vinterhalvåret är bättre för förekomsten och biomassan av RASE jämfört med betning under hela året eller sommarhalvåret. Resultatet bidrar till de något oenhetliga studieresultaten som erhållits i nordiska studier som undersökt hur betning påverkar aspar. Många studier visar att aspar kan hållas låga av betning, som fördröjer och ibland försvårar dem att växa och bli del av trädskiktet (Heikkilä et al. 2003; de Chantal & Granström 2007; Härkönen et al. 2008; Edenius et al. 2011; Edenius & Ericsson 2015). En rysk studie visar att aspar helt slutar att rekryteras till trädskiktet vid för stora älgpopulationer (Abaturov & Smirnov 2002). Zackrisson et al. (2007) kom däremot fram till svaret att betning inte påverkade rekryteringen och dödligheten för aspföryngringar. Flera studier har även kommit fram till att även om betning fördröjer aspar att växa ur beteshöjd och minskar antalet som gör det, så finns fortfarande många aspar som växer ur

beteshöjd och kan bli stora träd (Ericsson et al. 2001; Härkönen et al. 2008; den Herder et al. 2009). Denna studies resultat speglar detta, då det inte fanns skillnader mellan fast inhägnad och övriga. Det styrks dessutom av att analysen av betestryck visade högre betning under sommarhalvåret, men biomassan påverkades inte signifikant. Varför det är så, kan delvis bero på att aspar med sin snabba höjdtillväxt i unga år klarar av att växa ur beteshöjd. De blir därför mer konkurrenskraftiga än vad rönn och sälg är (Myking et al. 2011, 2013). Flera studier lyfter även fram att betning av asp ofta inte är den viktigaste faktorn för att de ska växa till stora träd (Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2011; Edenius & Ericsson 2015). Att försöksyta var en signifikant variabel i analysen, men inte behandlingsmetod, är ett tecken på detta (se *Tabell 3*). Beståndens initiala förutsättningar med hänseende till antal aspar innan avverkning, tidigare markanvändning, genetik och markens produktionsförmåga lyfts fram som mer betydande faktorer (Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2011; Edenius & Ericsson 2015).

4.4. Konkurrens från andra träd

Utifrån denna studies angreppssätt kunde inte någon konkurrens effekt på RAS ses från andra lövträd och barrträd. Ingen sådan effekt kunde uppvisas från vare sig barrträdens eller lövträdens biomassa, behandlingsmetoderna hade större betydelse. Vidare så upphörde försöksyta att vara signifikant vid denna analys, från att ha varit det i första variansanalysen för både asp och salixsläktet (se *Tabell 4* och *Tabell 5*). Det är ett tecken på att försöksyta och andra trädslag är tätt sammankopplade, mängden konkurrerande träd korrelerar med försöksytan. Det är därför svårt att veta vad som är ståndorten aspar och salixsläktet växer på och vad som är konkurrerande barrträd och lövträd i denna analys. Därför kan försöksytorna ha påverkats mer av ståndortsspecifika faktorer än av betning av konkurrerande vegetation (Augustine & McNaughton 1998; Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2011; Edenius & Ericsson 2015). Möjligheten finns att studien ännu pågått för kort tid för att kunna observera konkurrens effekter mellan träden. Fler studier efterfrågas på beståndens demografiska utveckling och andra trädslags inverkan på biomassan av RAS, i relation till hjortviltets betning.

4.5. Begränsningar och felkällor

Ett problem vid jämförelser med andra studier är att många studier utförts med främst ett frekvent förekommande hjortvilt (Sundström et al. 1999; Ericsson et al. 2001; Abaturov & Smirnov 2002; Heikkilä et al. 2003; Zakrisson et al. 2007; Härkönen et al. 2008; den Herder et al. 2009; Speed et al. 2013b; a; Lorentzen

Kolstad et al. 2018). Oftast är det älgens påverkan som undersökts, men ibland även kron- eller dovhjort (Moore et al. 2000; Speed et al. 2013b). Denna studie har utförts i ett område där rådjur, dovvilt, kronvilt och älg lever tillsammans. Spitzer (2019) noterade att dessa fyra hjortvilt har överlappande nischer i val av foder. Detta får stor betydelse, då flerartskonkurrens mellan hjortvilt inom samma område påverkar deras realiserade nisch och slutgiltiga val av föda (Spitzer et al. 2021). Samtidigt är det sammanlagda betetrycket i studieområdet generellt sett högt (Pfeffer et al. 2021). Därför kan det anses vanskligt att jämföra denna studies resultat med andra. Men, det är också ett skäl till att denna studies resultat blir intressant, då den undersöker betetryck med de komplexa samband som finns i Sydsveriges nya stammar av hjortvilt.

En annan begränsning för denna studie är att summan av stamhöjderna användes som en indikation på biomassan i beståndet. Detta gjordes för att det var bästa tillgängliga data. Biomassa för ett enskilt träd påverkas av mer än bara höjden. Diametertillväxt, flerstammighet och rottillväxt är även saker som påverkar (Hjältén 1999). Därför kan den sammanlagda höjden per art i ett bestånd vara ett trubbigt sätt att räkna på. Man måste även vara medveten om att många, nedbetade träd som får svårt att rekrytera till trädskiktet kan utgöra lika stor sammanlagd stamhöjd som några få stora träd. Därför finns begränsningar för tolkningen av resultatet, högst biomassa behöver inte betyda högst chans till framtida rekrytering.

I anknytning till att många små träd tillsammans kan få höga sammanlagda höjder, kan antal etableringar och frökällornas omfattning diskuteras. Att ekar inte har samma massproduktion av vindspridda frön som asp och sälg, är förmodligen en delförklaring till deras mindre antal i försöket och förhindrade analys av dem (Myking et al. 2011, 2013; Jónsson 2016; Wróbel et al. 2022). En delförklaring kan vara den sparsamma mängden vuxna ekar i närhet av försöksytorna. En studie kom fram till att nötskrikor (*Garrulus glandarius*) i genomsnitt förflyttade ekollon 101 m (Wróbel et al. 2022). Därför efterfrågas studier som jämför betetryck, antalet etableringar och rekrytering till trädskiktet i förhållande till frökällornas närhet. Antalet etableringar påverkas även av gröningsförhållanden. Medan asp och sälg är beroende av störningar som blottar mineraljord, är rönn mindre beroende av detta (Myking et al. 2011, 2013) Att det i denna studie utförts en markberedning på försöksytorna är med stor sannolikhet ett skäl till att asp och salixarter var talrika jämfört med studierna av Speed et al. (2013b; a). I de studierna skedde ingen markberedning och rönn var det mer förekommande trädet av RAS. Att ur ett förvaltningsperspektiv undersöka hur RAS påverkas av betning på markberedda ytor är dock lämpligt ur ett svenskt perspektiv, då de allra flesta förnygringsytorna markbereds (Skogsstyrelsen 2022).

Det finns fler anledningar till att antalet etableringar och biomassa kan skilja sig åt. Därför måste skillnader mellan försöksytorna tas upp. Det fanns skillnader i bördighet mellan försöksytorna. Pfeffer et al. (2021) som gjorde en studie på samma försöksytor, noterade att individuella barrträds tillväxt inte påverkades i någon riktning av sommarstängd eller vinterstängd behandling. Därför spekulerades det i att bördighet och konkurrerande hyggesvegetation mellan försöksytorna kan ha spelat större roll. Spridning i viltstammarnas täthet fanns också inom försöket (Pfeffer et al. 2021). Sammantaget så skulle framtida studier om möjligt få innehålla fler försöksytor för att skapa bättre förutsättningar. En annan skillnad mellan försöksytorna är att några av föryngringarna som försöksytorna ligger på har efter hand blivit röjda. Att några försöksytor har röjts är något som påverkar analysen, då sammansättningen av trädslag och därmed sammanlagd höjd kan förändras mycket av röjning, beroende på röjningens inriktning.

Slutligen ska sägas att denna studie endast undersökte ett år för att förenkla den statistiska analysen. Detta minskade dataunderlaget för individuella träd, vilket försämrade underlaget för analysen av antal betningar. Hade en modell över hela mätserien gjorts, hade det kanske gått att använda de individuellt mätta träden för att undersöka tillväxten av RAS, vilket gett ökad noggrannhet.

4.6. Konsekvenser för förvaltning

På riksnivå är det svårt att med Riksskogstaxeringens data dra slutsatser om hur både skogsskötsel och betetryck begränsar rekryteringen av RASE (Widemo et al. 2019). Studiens resultat för dock med sig några saker som har betydelse för förvaltningen av RAS och hjortvilt. En första beaktning är att rönn och sälg inte är lika tåliga mot betning som asp är. För asp verkar andra faktorer påverka mer än vad själva betningen gör för att de ska rekrytera till trädskiktet. Därför är skogsskötseln och prioritering av asp i bestånd som visar goda förutsättningar viktigt för aspens framtid (Zakrisson et al. 2007; Edenius et al. 2008, 2011). Salixsläktet är känsligare för betning än asp, men påverkas inte negativt om de endast betas under vintern. I områden med höga nivåer av hjortvilt på vintern (exempelvis där vandrande älgar samlas), behöver betning inte missgynna rekryteringen av salixsläktet så länge koncentrationerna av hjortvilt sjunker under vegetationsperioden. Rönn är enligt studien den mest känsliga av RAS och här behövs mer forskning och erfarenhet från praktisk förvaltning för att hitta lösningar till ökad rekrytering. Viktigt att poängtera är dock att växa ur beteshöjd inte räcker för att RAS ska bli trädbildande, utom för den konkurrenskraftiga aspen. För att rönn och sälg ska bli trädbildande krävs anpassad skogsskötsel i form av kontinuerlig friställning av träden så att de inte blir skuggade av mer konkurrenskraftiga träd (Weslien & Widenfalk 2014; Widemo et al. 2019).

4.7. Sammanfattning

Betetrycket på asp och salixsläktet är lägre om det endast finns tillfälle att beta på vintern jämfört med sommaren eller året om, vilket tyder på att de är starkt föredragna under vegetationsperioden. Det kunde inte upptäckas någon skillnad för betetrycket på rönn, vilket tyder på att de är mer uppskattade som föda året om än vad övriga arter är. Betning påverkar rönn och salixsläktet tydligt, men asp tolererar betning bra och är förmodligen mer påverkad av andra faktorer. Säsongsmissiga variationer av betning kan jämfört med betning året om öka antalet förekomster av rönn och sälg, men inte av aspar. Betas salixsläktet endast på vinterhalvåret kan deras biomassa påverkas i samma positiva riktning som total exkludering från betning gör, vid jämförelse med att växa på en vanlig föryngringsyta. Huruvida detta beror på att de betas mindre på vintern eller växtfysiologiska saker är svårt att besvara, men förmodligen samverkar variablerna. Biomassan av rönn kan efter denna studies resultat inte sägas dra fördel av att endast betas under en viss säsong, utan ökar endast vid permanent inhägnad. Detta kan bero på att de enligt denna studie betas lika hårt året om. Medan många andra studier (Heikkilä et al. 2003; Speed et al. 2013b; a; Edenius & Ericsson 2015) undersökt skottbetning av rönn och dess effekter med fasta inhägnader och kontrolltytor, så har mig veterligen endast en annan studie undersökt med inhägnader som säsongsmissigt flyttas (Ånöstam 2017). Ånöstams (2017) studie skedde dock ett år efter föryngringens etablering. Därför efterfrågas fler studier gällande betning av rönn beroende på årstid. Biomassan av asp förändras inte enligt studiens resultat av säsongsmissig variation i betning, eller av permanent inhägnad. Denna studie kunde inte uppvisa något samband mellan minskad tillväxt för RAS på grund av konkurrerande trädslag. Tyvärr kunde inte studien analysera hur ekar påverkas av säsongsmissig variation av betetryck, då dataunderlaget var för litet. På grund av detta, och för att förstå mer av samspelen som art, växtplats, betetryck, säsongsmissig variation av betetryck, konkurrens från andra träd och skogsskötsel, efterfrågas fler studier inom ämnet.

Referenser

- Abaturov, B.D. & Smirnov, K.A. (2002). Effects of moose population density on development of forest stands in central European Russia. *Alces*
- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jaakko Jalas (1968). Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales botanici fennici*, 5 (3), 169–211
- Angelstam, P., Pedersen, S., Manton, M., Garrido, P., Naumov, V. & Elbakidze, M. (2017). Green infrastructure maintenance is more than land cover: Large herbivores limit recruitment of key-stone tree species in Sweden. *Landscape and Urban Planning*, 167, 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.019>
- Augustine, D.J. & McNaughton, S.J. (1998). Ungulate Effects on the Functional Species Composition of Plant Communities: Herbivore Selectivity and Plant Tolerance. *The Journal of Wildlife Management*, 62 (4), 1165–1183. <https://doi.org/10.2307/3801981>
- Bergqvist, G., Wallgren, M., Jernelid, H. & Bergström, R. (2018). Forage availability and moose winter browsing in forest landscapes. *Forest Ecology and Management*, 419, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.049>
- Bergström, R. & Hjeljord, O. (1987). *Moose and vegetation interactions in northwestern Europe and Poland*. 1. uppl. Swedish Wildlife Research.
- Bond, W.J. (2005). Large parts of the world are brown or black: A different view on the ‘Green World’ hypothesis. *Journal of Vegetation Science*, 16 (3), 261–266. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02364.x>
- de Chantal, M. & Granström, A. (2007). Aggregations of dead wood after wildfire act as browsing refugia for seedlings of *Populus tremula* and *Salix caprea*. *Forest Ecology and Management*, 250, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.035>
- de Chantal, M., Lindberg, H. & Kallonen, S. (2009). The condition and survival of *Populus tremula* and other deciduous species in a moose winter-foraging area in southern Finland. *Ann. Bot. Fennici*, (46), 280–290
- Churski, M., Bubnicki, J.W., Jędrzejewska, B., Kuijper, D.P.J. & Cromsigt, J.P.G.M. (2017). Brown world forests: increased ungulate browsing keeps temperate trees in recruitment bottlenecks in resource hotspots. *New Phytologist*, 214 (1), 158–168. <https://doi.org/10.1111/nph.14345>
- Churski, M., Charles-Dominique, T., Bubnicki, J.W., Jędrzejewska, B., Kuijper, D.P.J. & Cromsigt, J.P.G.M. (2022). Herbivore-induced branching increases sapling survival in temperate forest canopy gaps. *Journal of Ecology*, 110 (6), 1390–1402. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13880>

- Danell, K., Bergström, R. & Edenius, L. (1994). Effects of Large Mammalian Browsers on Architecture, Biomass, and Nutrients of Woody Plants. *Journal of Mammalogy*, 75 (4), 833–844. <https://doi.org/10.2307/1382465>
- Edenius, L. (2015). *Referensområden för klövviltförvaltning i södra Sverige*. (FOMA, Årsrapport 2015). SLU-Vilt, fisk & miljö. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/vfm/files/miljoanalys/arsrapport_2015_foma-vilt_referensomraden.pdf [2023-03-10]
- Edenius, L. & Ericsson, G. (2015). Effects of ungulate browsing on recruitment of aspen and rowan: a demographic approach. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30 (4), 283–288. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.999823>
- Edenius, L., Ericsson, G., Kempe, G., Bergström, R. & Danell, K. (2011). The effects of changing land use and browsing on aspen abundance and regeneration: a 50-year perspective from Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 48 (2), 301–309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01923.x>
- Edenius, L., Kempe, G., Bergström, R., Danell, K. & Ericsson, G. (2008). Föryngring av asp i Sveriges skogar 1953-2007. *Fakta skog- om forskning vid Sveriges Lantbruksuniversitet*, 2008 (14)
- Ericsson, G., Edenius, L. & Sundström, D. (2001). Factors affecting browsing by moose (*Alces alces* L.) on European aspen (*Populus tremula* L.) in a managed boreal landscape. *Écoscience*, 8 (3), 344–349. <https://doi.org/10.1080/11956860.2001.11682662>
- Faison, E.K., DeStefano, S., Foster, D.R., Motzkin, G. & Rapp, J.M. (2016). Ungulate browsers promote herbaceous layer diversity in logged temperate forests. *Ecology and Evolution*, 6 (13), 4591–4602. <https://doi.org/10.1002/ece3.2223>
- Felton, A.M., Holmström, E., Malmsten, J., Felton, A., Crowsigt, J.P.G.M., Edenius, L., Ericsson, G., Widemo, F. & Wam, H.K. (2020). Varied diets, including broadleaved forage, are important for a large herbivore species inhabiting highly modified landscapes. *Scientific Reports*, 10 (1), 1904. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58673-5>
- Götmark, F., Berglund, Å. & Wiklander, K. (2005). Browsing damage on broadleaved trees in semi-natural temperate forest in Sweden, with a focus on oak regeneration. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (3), 223–234. <https://doi.org/10.1080/02827580510008383>
- Hannertz, M. & Simonsson, P. (2020). *Skogens biologiska mångfald- om arter, miljöarbete och statistik*. Stockholm: Skogsindustrierna.
- Hardenbol, A.A., Junninen, K. & Kouki, J. (2020). A key tree species for forest biodiversity, European aspen (*Populus tremula*), is rapidly declining in boreal old-growth forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 462, 118009. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118009>
- Hegland, S.J., Lilleeng, M.S. & Moe, S.R. (2013). Old-growth forest floor richness increases with red deer herbivory intensity. *Forest Ecology and Management*, 310, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.031>
- Heikkilä, R., Hokkanen, P., Kooiman, M., Agyuney, N. & Bassoulet, C. (2003). The impact of moose browsing on tree species composition in Finland. *Alces*, (39), 203–2013
- den Herder, M., Bergström, R., Niemelä, P. & Danell, K. (2012). Effects of Natural Winter Browsing and Simulated Summer Browsing by Moose on Growth and Shoot Biomass of Birch and Its Associated Invertebrate Fauna. *Annales Zoologici Fennici*, 46, 63–74. <https://doi.org/10.5735/086.046.0107>

- den Herder, M., Kouki, J. & Ruusila, V. (2009). The effects of timber harvest, forest fire, and herbivores on regeneration of deciduous trees in boreal pine-dominated forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, 712–722. <https://doi.org/10.1139/X08-208>
- Hilbe, J.M. (2008). *Negative Binomial Regression*. 1. uppl. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hjältén, J. (1999). Willow response to pruning: The effect on plant growth, survival and susceptibility to leaf galls. *Écoscience*, 6 (1), 62–67
- Härkönen, S., Eerikäinen, K., Lähteenmäki, R. & Heikkilä, R. (2008). Does moose browsing threaten European aspen regeneration in Koli National Park, Finland? *Alces: A Journal Devoted to the Biology and Management of Moose*, 44, 31–40
- Jónsson, J.Á. (2016). *Natural regeneration on clear cuts in Southern Sweden: how fencing, soil treatment and distance from broad-leaved forest affect tree regeneration and ground vegetation*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.
- Kuijper, D.P.J., Cromsigt, J.P.G.M., Churski, M., Adam, B., Jędrzejewska, B. & Jędrzejewski, W. (2009). Do ungulates preferentially feed in forest gaps in European temperate forest? *Forest Ecology and Management*, 258 (7), 1528–1535. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.010>
- Kuijper, D.P.J., Cromsigt, J.P.G.M., Jędrzejewska, B., Miścicki, S., Churski, M., Jędrzejewski, W. & Kwezclich, I. (2010). Bottom-up versus top-down control of tree regeneration in the Białowieża Primeval Forest, Poland. *Journal of Ecology*, 98 (4), 888–899. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01656.x>
- Lavsund, S., Nygrén, T. & Solberg, E.J. (2003). Status of moose populations and challenges to moose management in Fennoscandia. *Alces*, 39, 109–130
- Lorentzen Kolstad, A., Austrheim, G., Solberg, E.J., De Vriendt, L. & Speed, J.D.M. (2018). Pervasive moose browsing in boreal forests alters successional trajectories by severely suppressing keystone species. *Ecosphere*, 9 (10), e02458. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2458>
- Löf, M., Barrere, J., Engman, M., Petersson, L.K. & Villalobos, A. (2021). The influence of fencing on seedling establishment during reforestation of oak stands: a comparison of artificial and natural regeneration techniques including costs. *European Journal of Forest Research*, 140 (4), 807–817. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01369-w>
- Löf, M., Møller-Madsen, E. & Rytter, L. (2015). *Skötsel av ädellövskog*. (Skogsskötselserien, 10). Jönköping. <https://www.skogsstyrelsen.se/merom-skog/skogsskotselserien/skotsel-av-adellovskog/> [2023-03-08]
- Millard, P., Hester, A., Wendler, R. & Baillie, G. (2001). Interspecific Defoliation Responses of Trees Depend on Sites of Winter Nitrogen Storage. *Functional Ecology*, 15 (4), 535–543
- Moore, N.P., Hart, J., Kelly, P.F. & Langton, S.D. (2000). Browsing by fallow deer (*Dama dama*) in young broadleaved plantations: Seasonality, and the effects of previous browsing and bud eruption. *Forestry*, 73, 437–445
- Myking, T., Bohler, F., Austrheim, G. & Solberg, E.J. (2011). Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: A literature review. *Forestry*, 84, 61–71. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq044>
- Myking, T., Solberg, E.J., Austrheim, G., Speed, J., Böhler, F., Astrup, R. & Eriksen, R. (2013). Browsing of willow (*Salix caprea* L.) and rowan (*Sorbus aucuparia* L.) in the context of life history strategies: A literature review. *European Journal of Forest Research*, 132, DOI 10.1007/s10342-013. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0684-3>

- Månsson, J., Kalén, C., Kjellander, P., Andrén, H. & Smith, H. (2007). Quantitative estimates of tree species selectivity by moose (*Alces alces*) in a forest landscape. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (5), 407–414. <https://doi.org/10.1080/02827580701515023>
- Petersson, L.K., Dey, D.C., Felton, A.M., Gardiner, E.S. & Löf, M. (2020). Influence of canopy openness, ungulate exclosure, and low-intensity fire for improved oak regeneration in temperate Europe. *Ecology and Evolution*, 10 (5), 2626–2637. <https://doi.org/10.1002/ece3.6092>
- Petersson, L.K., Milberg, P., Bergstedt, J., Dahlgren, J., Felton, A.M., Frank Götmark, Carl Salk, & Magnus Löf (2019). Changing land use and increasing abundance of deer cause natural regeneration failure of oaks: Six decades of landscape-scale evidence. *Forest ecology and management*, 444, 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.037>
- Pfeffer, S.E., Singh, N.J., Cromsigt, J.P.G.M. & Widemo, F. (2021). Summer and winter browsing affect conifer growth differently: An experimental study in a multi-species ungulate community. *Forest Ecology and Management*, 494, 119314. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119314>
- Riksskogstaxeringen (2021). *Skogsdata 2021- Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen*. Umeå: SLU Institutionen för skoglig resurshushållning. [2022-03-01]
- Samules, M.L., Witmer, J.A. & Schaffner, A.A. (2016). *Statistics for the Life Sciences*. 5. uppl. Harlow: Pearson Education Limited.
- Senn, J., Wasem, U. & Odermatt, O. (2002). Impact of browsing ungulates on plant cover and tree regeneration in windthrow areas. *Forest Snow and Landscape Research*, 77
- Shipley, L., Blomquist, S.B. & Danell, K. (1998). Diet choices made by free-ranging moose in northern Sweden in relation to plant distribution, chemistry, and morphology. *Canadian Journal of Zoology-revue Canadienne De Zoologie*, 76, 1722–1733. <https://doi.org/10.1139/cjz-76-9-1722>
- Skogsstyrelsen (2019a). *Skogsbrukets kostnader för viltskador*. (2019/16). Jönköping. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/publikationer/2019/rapport-2019-16-skogsbrukets-kostnader-for-viltskador.pdf>
- Skogsstyrelsen (2019b). *Skogsskötsel med nya möjligheter*. (2019/24). Jönköping. Skogsstyrelsen (2019). Skogsskötsel med nya möjligheter. (Rapport 2019/24). Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://via.tt.se/data/attachments/00873/33814d8c-46c3-41b7-bfa7-4a5d6d872036.pdf>
- Skogsstyrelsen (2021). Skador på skog. <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogsskotselserien/skador-pa-skog/> [2022-11-17]
- Skogsstyrelsen (2022). *Åtgärder i skogsbruket 2021*. (JO- Jordbruk, skogsbruk och fiske, JO0301). Skogsstyrelsen.
- SLU- Artdatabanken (2019). *Värdväxters betydelse för andra organismer – med fokus på vedartade värdväxter*. Uppsala. <https://www.artdatabanken.se/publikationer/vardvaxters-betydelse-for-andra-organismer-med-fokus-pa-vedartade-vardvaxter/> [2022-12-01]
- Speed, J.D.M., Austrheim, G., Hester, A.J., Solberg, E.J. & Tremblay, J.-P. (2013a). Regional-scale alteration of clear-cut forest regeneration caused by moose browsing. *Forest Ecology and Management*, 289, 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.051>

- Speed, J.D.M., Meisingset, E.L., Austrheim, G., Hester, A.J., Mysterud, A., Tremblay, J.-P. & Solberg, E.J. (2013b). Low intensities of red deer browsing constrain rowan growth in mature boreal forests of western Norway. *Écoscience*, 20 (3), 311–318. <https://doi.org/10.2980/20-3-3619>
- Spitzer, R. (2019). Trophic resource use and partitioning in multispecies ungulate communities. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, (2019:73). <https://res.slu.se/id/publ/102570> [2022-11-18]
- Spitzer, R. (2022). *Månadens hjortmat*. SLU.SE. <https://www.slu.se/institutioner/vilt-fisk-miljo/manadens-hjortmat/manadens-hjortmat/> [2022-11-15]
- Spitzer, R., Coissac, E., Felton, A., Fohringer, C., Juvany, L., Landman, M., Singh, N.J., Taberlet, P., Widemo, F. & P.G.M. Cromsigt, J. (2021). Small shrubs with large importance? Smaller deer may increase the moose-forestry conflict through feeding competition over *Vaccinium* shrubs in the field layer. *Forest Ecology and Management*, 480, 118768. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118768>
- Sundström, D., Ericsson, G. & Edenius, L. (1999). Aspen klarar 8 älgar på tusen hektar. *Skogen*, (5), 64–65
- Suominen, O., Persson, I.-L., Danell, K., Bergström, R. & Pastor, J. (2008). Impact of simulated moose densities on abundance and richness of vegetation, herbivorous and predatory arthropods along a productivity gradient. *Ecography*, 31 (5), 636–645. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.05480.x>
- Svenska jägareförbundet (2017). Utbredning och förekomst av kron-och dovhjort i Sverige- Analys av data från Svenska jägareförbundets viltövervakning 2016. Svenska jägareförbundet. [2022-11-16]
- Svenska jägareförbundet (2022). *Viltdata*. <https://rapport.viltdata.se/statistik/> [2022-12-12]
- Weslien, J. & Widenfalk, O. (2014). *Naturhänsyn*. (Skogsskötselserien, 14). Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogsskotselserien/naturhansyn/> [2023-03-07]
- Widemo, F., Elmhagen, B. & Liljebäck, N. (2019). *Viltets ekosystemtjänster*. (6889). Naturvårdsverket. [2022-09-18]
- Wróbel, A., Kurek, P., Bogdziewicz, M., Dobrowolska, D. & Zwolak, R. (2022). Avian dispersal of an invasive oak is modulated by acorn traits and the presence of a native oak. *Forest Ecology and Management*, 505, 119866. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119866>
- Zakrisson, C., Ericsson, G. & Edenius, L. (2007). Effects of browsing on recruitment and mortality of European aspen (*Populus tremula* L.). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (4), 324–332. <https://doi.org/10.1080/02827580701442186>
- Ånöstam, F. (2017). *Timing of ungulate browsing and its effect on sapling height and the field layer vegetation: experimental study using seasonal exclosures during one year*. Sveriges lantbruksuniversitet.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Skogsbruk är en viktig näring inom Sverige. Skogsbruk bedrivs på ca 80 % av landets totala skogsmark, är produktionsinriktat och landets virkesförråd utgörs till största del av tall och gran. Därför anses det angeläget att öka mängden lövträd i Sveriges skogar och genom detta förbättra för den biologiska mångfalden. Medan människan har den största effekten på skogarnas sammansättning, så kan även hjortvilt påverka skogarnas framtida artsammansättning genom skottbetning. Genom hårt bete kan hjortvilt hindra träd från att växa ur beteshöjd, varpå dessa träd tillslut blir för beskuggade av konkurrerande träd och dör av ljusbrist. Hjortviltet föredragna bete skiljer sig dock över året. Träd och växter kan även visa olik tolerans mot betning, både generellt och olika delar av året. Därför kan artsammansättningen och tid på året som betningen inträffar vara variabler som påverkar den slutgiltiga successionen. Trädslagen rönn, asp, sälg och ek (förkortat till RASE), är trädslag som är väldigt viktiga för den biologiska mångfalden i Sverige. RASE är värddar för en mängd mossar, lavar och svampar, varav många dessutom är rödlistade. Därför är det viktigt att öka rekryteringen av RASE till trädskiktet för framtiden, då de behöver bli trädbildande för att ha en positiv inverkan på den biologiska mångfalden. Ett problem för rekryteringen av RASE är att de är starkt föredragen föda för hjortviltet. Är betetrycket från hjortviltet mycket hårt kan rekryteringen av RASE nästan avstanna helt, då RASE ständigt hålls kvar i beteshöjd. Det finns därför en oro över att mängden RASE i de svenska skogarna kommer att minska i framtiden. Forskningsunderlaget på betning av RASE är ganska gott, men resultaten går isär. Dessutom finns ytterst litet underlag på hur RASE påverkas av betning som inträffar olika delar på året.

För att bättra på kunskapsläget undersökte denna studie hur RASE påverkas av betning, både generellt men också olika delar av året. Det som skulle undersökas var hur antalet förekomster och biomassan av RASE påverkas av betning, och betning under olika säsonger. Det valdes även att undersöka om hjortviltet helst föredrar att beta RASE på sommarhalvåret eller vinterhalvåret. Huruvida andra vanliga trädslag har en inverkan på RASE-arternas biomassa undersöktes också, då andra studier noterat att vinterbete av barrträd kan gynna lövträd. Data användes från ett försök som startades i Södermanlands län år 2015 där både älg, rådjur, kron- och dovhjort samexisterar. Försöket bestod av tio olika hyggen, där fem av dem

planterades med tall och fem med gran år 2015. På varje hygge fanns fyra olika behandlingsmetoder. Dessa var fast inhägnad, vinterstängd (en yta som var inhägnad endast under vinterhalvåret), sommarstängd (en yta som var inhägnad endast under sommarhalvåret) och en öppen kontrollyta. Antalet stammar och deras höjd av varje trädart registrerades i varje behandlingsmetod för att få en demografisk överblick. Det fanns även uppmärkta individer av RASE, där antalet färska skott och antalet betade skott registrerades. Antalet ekar visade sig vara så få i hela försöket, att ek fick uteslutas ur den statistiska analysen.

Resultatet från analyserna visade att antalet rönnar var fler i de fasta behandlingarna jämfört med de andra. Antalet rönnar var även fler i sommarstängda ytor jämfört med kontrolltytor och vinterstängda. Antalet stammar ur salixsläktet var fler i fasta inhägnader jämfört med kontroll och vinterstängd behandling, men jämfört med vinterstängd och kontrolltytor så var även antalet stammar ur salixsläktet högre vid sommarstängd behandling. Antalet aspar visade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan behandlingsmetoderna. Vid analysen av betestryck visade det sig att rönnar betas lika hårt året om, medan för salixsläktet och aspar betades de mycket mindre i sommarstängd behandling. Detta är ett tecken på att viltet föredrar att beta asp och salix under sommaren. Biomassan av rönn ökade endast vid den fasta behandlingen. Biomassan av salixsläktet var större i fast inhägnad vid jämförelse med kontrolltytor. Biomassan var även större i sommarstängda ytor vid jämförelse med kontroll och vinterstängd. För aspar visade sig inte någon skillnad i biomassa mellan behandlingsmetoderna. För att se om biomassa av rönn, asp och salixsläktet påverkades av konkurrerande träd gjordes en analys där barrträdens- och lövträdens biomassa lades till som variabler i analysen, men ingen sådan påverkan kunde ses.

Sammantaget kan denna studie konstatera att förekomsten av rönn och salixsläktet gynnas av att exkluderas från betning, vilket flera andra studier noterat. Däremot verkar biomassa av rönn inte påverkas i någon speciell riktning av säsongsmässig bete, förutom att sommarbetning är tydligt negativt. Att rönnar betades lika hårt året om, kan vara en förklaring till varför säsongsmässig betning inte gav någon skillnad mellan behandlingarna, med undantaget att sommarbetning var tydligt negativt vid jämförelse med fast. Det sistnämnda kan vara ett tecken på att rönnar är känsligare för betning som inträffar under sommaren. Salixsläktet påverkades däremot i positiv riktning av att endast betas på vintern om man jämför med bete året om eller sommarbetning. Salixsläktets ökade biomassa i sommarstängda ytor jämfört med kontroll och vinterstängda skulle kunna förklaras av det markant högre betestrycket från hjortvilt under sommarhalvåret, mer biomassa betas helt enkelt bort under sommaren. Det kan även bero på växtfysiologiska faktorer, som kan få stöd av tidigare forskning, men också vara en kombination av de båda. Att vare sig förekomst eller biomassa av aspar skilde sig åt mellan behandlingsmetoderna, kan

förklaras av att deras växtplats bättre förklarade deras höjd än behandlingsmetod i den statistiska modellen. Att betetryck är en mindre viktig faktor för asparnas rekrytering än ståndorten de växer på får även stöd från tidigare forskning. Analysen för konkurrerande trädslag visade inte någon skillnad på resultaten. Vad den däremot visade var att biomassan av konkurrerande trädslag, hade ett stort samband med växtplatsen. Därför gick det inte att skilja på vad som var växtplatsens inverkan på rönn, asp och salixsläktet och vad som var konkurrerande biomassa i analysen. Studien kan sammanfattningsvis konstatera att vad gäller betets roll för rönn, asp och sälg, så spelar andra faktorer större roll för asp än betning. Sälgar gynnas av att exkluderas helt, men klarar bete under vintern väldigt bra, vilket kan vara av betydelse i t.ex. norra Sverige där vandringsälgar koncentreras på vintern. Rönnar är väldigt betesbegärliga, och verkar inte påverkas annorlunda av säsongsmässig betning jämfört med bete året om. Därför behövs mer forskning och praktisk erfarenhet för hur man ska öka rekryteringen av rönnar.

Tack

Jag vill tacka Fredrik Widemo som varit min handledare under arbetet för god kritik. Jag vill även tacka biträdande handledare Joseph Anderson som jag inventerade tillsammans med under oktober där han bjöd på utmärkt sällskap. Jag vill slutligen tacka Hilda Edlund mycket för hjälpen med statistiska analyser.