



Variation i kroppsstorlek hos granbarkborre (*Ips typographus*)

I relation till generation, konkurrens och geografi.

Olle Amcoff

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap • Institutionen för ekologi

Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram

Uppsala 2025



Variation i kroppsstorlek hos granbarkborre (*Ips typographus*). I relation till generation, konkurrens och geografi.

Olle Amcoff

Handledare: Mats Jonsell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

Examinator: Simon Kärvemo, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0894

Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2025

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Granbarkborre, storleksvariation, generationsväxling, geografisk variation, klimatförändringar

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Granbarkborren (*Ips typographus*) är en av de största skadegörarna i svenska granskogar, och dess kroppsstorlek kan påverkas av generationstillhörighet, konkurrensnivå och geografisk variation. I denna studie undersöktes kroppsstorlek hos granbarkborrar insamlade genom SLU:s långsiktiga övervakningsprogram. Två dataset analyserades: ett geografiskt urval från tre svenska forskningsstationer (Vindeln, Siljansfors och Tönnersjöheden) samt ett riktat urval från Tönnersjöheden där generationstillhörighet undersöktes. Resultaten visade signifikanta storleksskillnader mellan lokaler, med störst individer från Siljansfors, men ingen signifikant skillnad mellan generationer eller mellan år med antagen varierad konkurrensnivå. Studien indikerar att lokala faktorer såsom mikroklimat och biotopstruktur kan vara viktigare än latitud, och att kroppsstorleken hos granbarkborre är relativt stabil mellan generationer under de aktuella förhållandena. Framtida forskning bör inkludera detaljerade klimatdata, fler morfologiska mått och analyser av populationsstruktur för att bättre förstå storleksvariationens drivkrafter.

Nyckelord: Granbarkborre, storleksvariation, generationsväxling, geografisk variation, klimatförändringar

Abstract

The spruce bark beetle (*Ips typographus*) is one of the most significant pests in Swedish spruce forests, and its body size may be influenced by generation, competition level, and geographic variation. This study examined body size in bark beetles collected through the Swedish University of Agricultural Sciences' (SLU) long-term monitoring program. Two datasets were analyzed: a geographic sample from three research stations (Vindeln, Siljansfors, and Tönnersjöheden) and a targeted sample from Tönnersjöheden focusing on generation affiliation. The results showed significant size differences between locations, with the largest individuals found in Siljansfors, but no significant differences between generations or between years with presumed different competition levels. The findings suggest that local factors such as microclimate and habitat structure may be more important than latitude, and that body size remains relatively stable between generations under the studied conditions. Future research should incorporate detailed climate data, additional morphological measurements, and analyses of population structure to better understand the drivers of size variation.

Keywords: Spruce bark beetle, size variation, alternation of generations, geographical variation, climate change, *Ips typographus*

Innehållsförteckning

<u>TABELLFÖRTECKNING.....</u>	<u>5</u>
<u>FIGURFÖRTECKNING</u>	<u>6</u>
<u>1. INLEDNING</u>	<u>7</u>
1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	8
<u>2. MATERIAL OCH METOD.....</u>	<u>9</u>
2.1 ÖVERSIKT.....	9
2.2 GEOGRAFISKT DATASET (SHERMIN ESLAMI FAR)	9
2.3 DATASET 2: RIKTAT URVAL FÖR GENERATIONS- OCH KONKURRENSANALYS	10
2.4 MÄTNING AV KROPPSSTORLEK	12
2.5 FÄRGBESTÄMNING	13
2.6 STATISTISK ANALYS.....	13
<u>3. RESULTAT</u>	<u>14</u>
3.1 GEOGRAFISKT DATASET	14
3.2 DATASET 2: RIKTAT URVAL FÖR GENERATIONS- OCH KONKURRENSANALYS	15
3.2.1 SKILLNADER I KROPPSSTORLEK MELLAN GENERATIONER.....	16
3.2.2 PARVISA JÄMFÖRELSE AV GENERATIONER	16
<u>4. DISKUSSION.....</u>	<u>17</u>
4.1 MIKROKLIMAT	17
4.2 BIOTOP OCH RESURSTILLGÅNG.....	17
4.3 KONKURRENS.....	18
4.4 SLUMPMÄSSIGA EFFEKTER OCH MÄTOSÄKERHET	18
4.5 SLUTSATS.....	19
4.6 KROPPSSTORLEK I RELATION TILL GENERATION OCH KONKURRENSNIVÅ	19
4.7 METODREFLEKTION	20
4.8 FRAMTIDA FORSKNING OCH TILLÄMPNINGAR	21
4.8.1 FÖRDJUPAD ANALYS AV KLIMAT OCH BIOTOP.....	21
4.8.2 BREDDADE MORFOLOGISKA MÅTT	21
4.8.3 GENETIK OCH POPULATIONSTRUKTUR.....	21
4.8.4 TILLÄMPNINGAR FÖR SKOGSSKÖTSEL	22

Tabellförteckning

Tabell 1. Indelning av generationer baserat på färgkategori och insamlingsår....	20
Tabell 2. Tukey's HSD – parvisa jämförelser.....	26

Figurförteckning

Figur 1. De tre lokalerna som har undersökts.	18
Figur 2. Hur granbarkborrarnas längd (2,72 mm) och bredd (0,98 mm) mättes	19
Figur 3. Färgskala enligt Fritscher & Schroeder (2022) som användes för att uppskatta generationstillhörighet.	20
Figur 4. Medellängd (mm) på täckvinge hos granbarkborrar från tre forskningsstationer	23
Figur 5. Längdfördelning hos granbarkborrar från tre lokaler 2022.....	24
Figur 6. Medellängd per generation.	25

1. Inledning

Granbarkborren (*Ips typographus*) är en av största skadegörarna i svenska granskogar. Efter torkan 2018 startade ett massutbrott som pågått i flera år och orsakat död hos uppskattningsvis 34 miljoner m³sk gran (Carlén et al., 2023; Roberge, 2024). Under 2024 minskade skadorna till cirka 315 000 m³sk, men granbarkborren förväntas fortsatt utgöra ett allvarligt hot, särskilt under varma, torra somrar och efter stormfällningar – faktorer som förväntas bli vanligare till följd av klimatförändringarna (Marini et al., 2017).

Granbarkborren är en barklevande skalbagge som framför allt angriper försvagade träd, men vid höga populationer kan även friska granar koloniseras (Ottosson, 2020). Arten lever och förökar sig under granars bark. Hanarna etablerar parningskammare och lockar både honor och hanar med feromoner. Efter parning läggs ägg i gnagda gångar, och larverna utvecklas genom flera stadier innan de förpuppas. Under gynnsamma förhållanden, framför allt varma somrar, kan arten hinna producera två generationer per år.

Utvecklingstiden är starkt temperaturberoende. I en studie av Wermelinger (2009) observerades att utvecklingen från ägg till vuxen tog i genomsnitt 29 dagar vid 20 °C, men under 17 dagar vid 30 °C. Under 12 °C avstannar utvecklingen, och vid mycket låga temperaturer dör larverna. Eftersom klimatet påverkar både hastighet och antal generationer, kan ökade temperaturer gynna artens spridning och leda till snabbare populationstillväxt. Eftersom temperaturen skiljer sig beroende på geografisk plats skiljer sig också utvecklingstiden på baggar i olika delar av Sverige därefter.

Flera studier har även visat att täthet och konkurrens mellan individer påverkar utvecklingen. Vid hög täthet produceras färre och mindre avkommor, och dessa har sämre fettreserver och nedsatt förmåga till spridning (Anderbrant et al., 1985). Konkurrensen påverkar också feromonproduktionen, vilket kan försämra artens kommunikation vid massangrepp. När massutbrottet inleddes 2018 ökade populationen av granbarkborrar snabbt, medan tillgången på lämpliga värdträd och föda inte ökade i samma takt. Det antas därför i studien att konkurrensen om resurser var hög under denna period. I början av 2019 hade i södra Sverige däremot fler granar hunnit dö eller försvagats, samtidigt som antalet granbarkborrar var relativt oförändrat. Därför antas konkurrensen ha minskat i början av 2019.

Ett sätt att identifiera generationstillhörighet hos granbarkborrar är att klassificera dem efter färg. Nykläckta individer har ljusbruna täckvingar, medan äldre individer är mörkbruna eller svarta. Denna metod har använts för att följa generationsväxlingar i fält (Fritscher et al., 2021).

1.1 Syfte och frågeställningar

Trots granbarkborrens stora ekologiska och ekonomiska betydelse är kunskapen om artens variation av kroppsstorlek begränsad. Inom insektsforskning är det känt att storlek kan påverka faktorer som flygförmåga, konkurrens, resursanvändning och ekologisk roll (Ahrné et al., 2022). Det är därför relevant att undersöka hur granbarkborrens storlek varierar med generationstillhörighet, konkurrensförhållanden och geografisk lokalisering.

Syftet med denna studie är att undersöka hur granbarkborrens kroppsstorlek påverkas av:

- generation (första eller andra),
- konkurrensnivå (låg under 2018 och hög under 2019),
- geografisk variation mellan tre lokaler i Sverige.

Bakgrund och hypoteser

1. Temperatur påverkar utvecklingstid och kroppsstorlek – Wermelinger (2009)
 2. Hög täthet leder till mindre storlek pga resursbrist – *Anderbrant et al. (1985)*
 3. Kroppsstorlek påverkas av tillgång på näring och trädkvalitet – *Marini et al. (2017)*:
-
1. Andra generationens individer (utvecklade under sommaren) är mindre än första generationens (övervintrade).
 2. Individer som vuxit upp under hög konkurrens är mindre än de som utvecklats under låg konkurrens.
 3. Individer från norra Sverige (t.ex. Vindeln) är mindre än de från södra Sverige (t.ex. Tönnersjöheden) på grund av lägre temperaturer.

2. Material och metod

2.1 Översikt

Denna studie bygger på kroppsmått av granbarkborrar (*Ips typographus*) insamlade inom SLU:s långsiktiga övervakningsprogram. Övervakningen omfattar bland annat fällfångster i feromonbetade NOVE-fällor, som placeras i grupper om tre på färska hyggen vid nio lokaler i landet. Fällorna töms regelbundet under svärmningstiden, och betena byts ut två gånger per säsong (Jonsell, 2023).

Två separata dataset har analyserats:

1. **Geografiskt dataset** insamlat av Shermin Eslami Far, som användes för att undersöka geografiska skillnader i kroppsstorlek mellan tre svenska forskningsstationer.
2. **Riktat urval** från Tönnersjöheden, där granbarkborrar sorterades utifrån färgkategori och insamlingsår (2018 och 2019) i syfte att analysera kroppsstorlek i relation till generationstillhörighet och potentiell konkurrens.

Båda dataset bygger på fällfångade individer insamlade med hjälp av feromonfällor, utplacerade inom ramen för det nationella övervakningsprogrammet.

2.2 Geografiskt dataset (Shermin Eslami Far)

Det första datasetet består av skalbaggar som mättes av Shermin Eslami Far inom SLU:s övervakningsprogram under 2022. Totalt ingick **1375 individer**, insamlade från tre olika forskningsstationer i Sverige:

- **Vindeln** (norra Sverige): 500 individer
- **Siljansfors** (mellersta Sverige): 375 individer
- **Tönnersjöheden** (södra Sverige): 500 individer

Urvalet av individer var slumpmässigt, och ingen uppdelning gjordes utifrån färg eller generationsstadium. Längd och bredd på granbarkborrarna mättes och de är alla insamlade i början av juni år 2021 och 2022. Datasetet användes för att analysera kroppsstorlek i relation till geografisk position och klimatgradienter mellan nord och syd.



Figur 1: De tre lokalerna som har undersökts.

2.3 Dataset 2: Riktat urval för generations- och konkurrensanalys

Det andra datasetet består av ett riktat urval av granbarkborrar från SLU:s långsiktiga övervakning, specifikt från forskningsstationen **Tönnersjöheden** i södra Sverige. Totalt mättes **141 individer**, insamlade under två olika år – 2018 och 2019 – med målet att analysera kroppsstorlek i relation till generationstillhörighet och potentiella skillnader i konkurrensförhållanden.

Indelningsprincip: färg och insamlingsår

Individerna sorterades enligt täckvingarnas färg, som indikerar ålder och utvecklingsstadium, i kombination med insamlingsdatum. Detta möjliggjorde en biologiskt meningsfull uppdelning i följande tre generationer:

- **Första generationen 2018**
Individer med mörkbrun eller svart täckvingefärg insamlade sommaren 2018 (n = 22). Dessa individer utvecklades tidigt på säsongen.
- **Andra generationen 2018 (inkl. övervintrare)**
Individer med ljus-, mellan- eller rödbrun färg insamlade sommaren 2018, samt mörka individer insamlade våren 2019 (n = 88). Dessa individer utgör 2018 års andra generation, som utvecklades sent på sommaren och övervintrade.
- **Första generationen 2019**
Individer med ljus-, mellan- eller rödbrun färg insamlade våren 2019 (n = 31). Dessa bedöms tillhöra 2019 års första generation.

Den första och andra generationen 2018 representerades av 78 baggar som samlades in i lokalen Emmeboda 31 juli 2018. Resterande 79 baggar samlades in den 29 maj och 23 april 2019 i lokalen Vraskogen. Denna indelning möjliggör en analys av kroppsstorlek i förhållande till utvecklingssäsong, ålder och potentiell konkurrens. Det antas att konkurrensvivån var högre under 2019, då granbarkborrepopulationerna generellt var större efter utbrottet 2018.

Tabell 1. Indelning av generationer baserat på färgkategori och insamlingsår.

Färgkategori	Insamlingsår	Tolkning	Generation
Svart / mörkbrun	2018	Väl utvecklade individer	Första gen. 2018
Ljus- / Mellan- / Rödbrun	2019	Nykläckta individer	Andra gen. 2018
Svart / mörkbrun	2019	Övervintrare från 2018	Andra gen. 2018
Ljus- / Mellan- / Rödbrun	2019	Nykläckta individer	Första gen. 2019

2.4 Mätning av kroppsstorlek

Alla mätningar genomfördes med stereolupp (Olympus SZX10) kopplad till dator och programvaran ImageView. Längden mättes från den distala klyftan vid täckvingarnas bakre del till halssköldens främre kant. Bredden mättes vinkelrätt över halsskölden. För att undvika mätfel exkluderades taggar vid bakre klyftan, valdes en jämn sektion vid bucklig halssköld och justerades varje individ manuellt för rak positionering.

Kalibrering utfördes dagligen med linjal för att säkerställa millimeterprecision.



Figur 2. Hur granbarkborrarnas längd (2,72 mm) och bredd (0,98 mm) mättes.

2.5 Färgbestämning

Färgklassificering skedde med hjälp av en standardiserad färgskala enligt Fritscher & Schroeder 2022 (Figur X) och genom direkt visuell jämförelse på datorskärmen. Fokus låg på täckvingarnas färg.



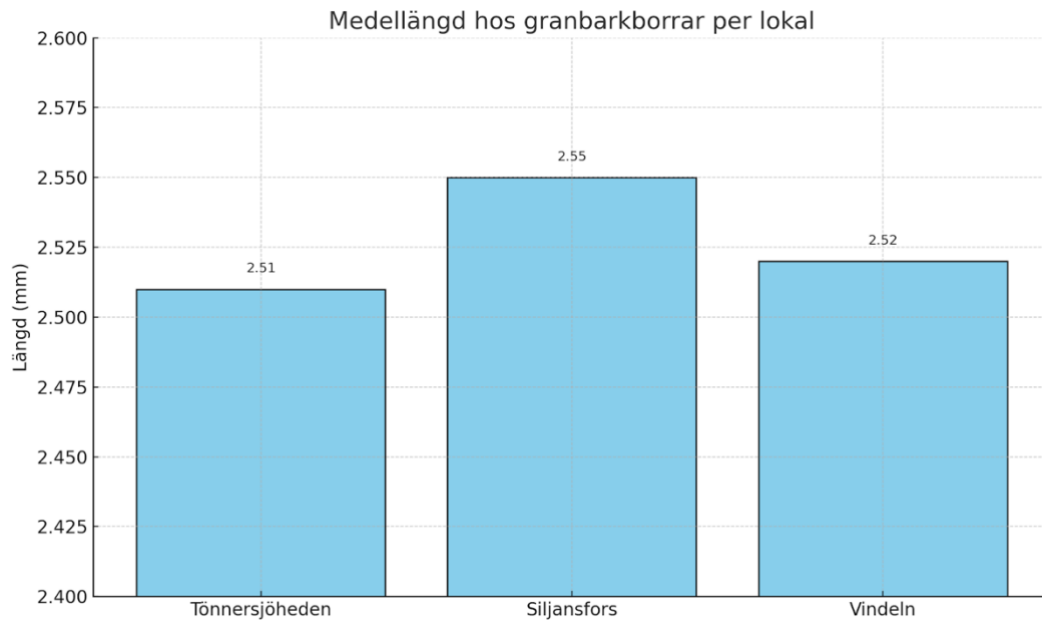
Figur 3. Färgskala enligt Fritscher & Schroeder (2022) som användes för att uppskatta generationstillhörighet hos granbarkborrar (*Ips typographus*). Färgkategorier från vänster till höger: ljusbrun, mellanbrun, rödbrun, mörkbrun och svart.

2.6 Statistisk analys

För att testa om kroppsstorleken beror på generationen använde jag ett tvåvägs-ANOVA test. För att testa om det berodde på konkurrensnivån utförde jag t-test och Mann-Whitney U-test.

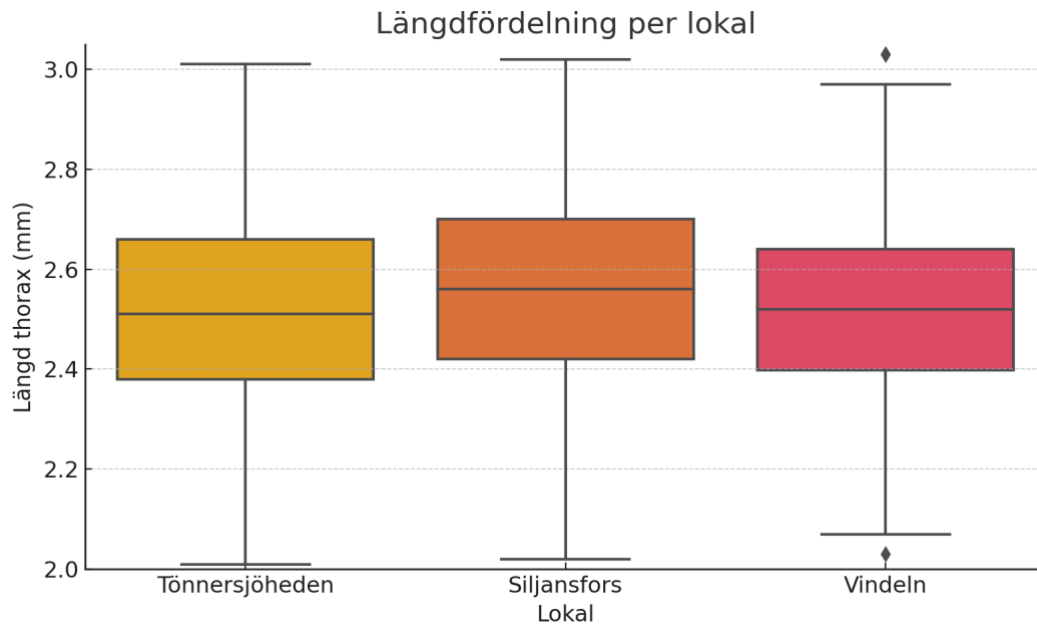
3. Resultat

3.1 Geografiskt dataset



Figur 4. Storlek, mätt som Medellängd (mm) på en täckvinge, hos granbarkborrar insamlade från tre forskningsstationer i Sverige: Vindeln (norr), Siljansfors (mellersta Sverige) och Tönnersjöheden (söder).

En envägs-ANOVA visade signifikanta skillnader i kroppsstorlek mellan lokalerna, $F(2, 1368) = 4.46$, $p = 0.013$. Resultatet bekräftades av ett icke-parametriskt Kruskal-Wallis-test ($H = 9.76$, $df = 2$, $p = 0.0076$).



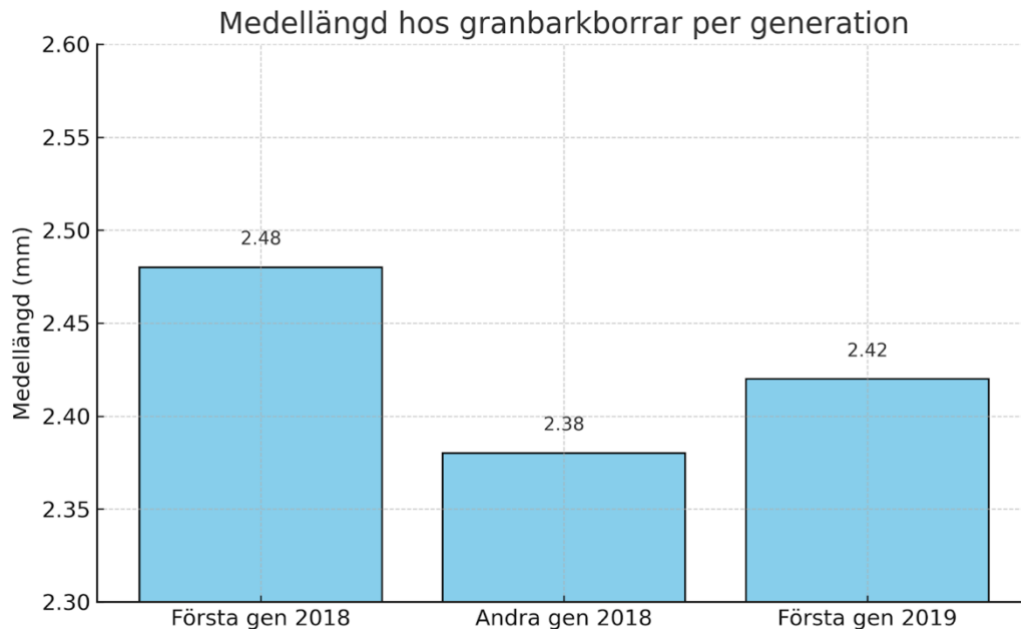
Figur 5. Längdfördelning hos granbarkborrar insamlade från tre lokaler 2022. Skillnader mellan lokaler analyserades med envägs-ANOVA ($n = 1375$). Boxarna visar median, kvartiler och spridning per lokal. 3.1.1 Post hoc-test (Tukey's HSD)

3.2 Dataset 2: Riktat urval för generations- och konkurrensanalys

Totalt analyserades **141 granbarkborrar** insamlade från Tönnersjöheden under 2018 och 2019.

3.2.1 Skillnader i kroppsstorlek mellan generationer

En envägs-ANOVA visade ingen signifikant skillnad i kroppsstorlek mellan de tre generationerna, $F(2, 138) = 1.95$, $p = 0.146$.



Figur 6. Medellängd per generation

3.2.2 Parvisa jämförelser av generationer

Tukey's HSD-test visade att ingen av de parvisa skillnaderna mellan generationerna var signifikanta (samtliga $p > 0.24$). Det innebär att det inte finns tillräckligt stöd för att säga att kroppsstorleken skiljde sig mellan generationerna i det här materialet.

Tabell 2. Tukey's HSD – parvisa jämförelser

Grupp 1	Grupp 2	Skillnad (mm)	p-värde	Signifikant
Första generationen 2018	Andra generationen 2018 (inkl. övervintrare)	+0.11	0.243	Nej
Första generationen 2018	Första generationen 2019	+0.07	0.601	Nej
Andra generationen 2018 (inkl. övervintrare)	Första generationen 2019	-0.04	0.587	Nej

4. Diskussion

Syftet med denna studie var att undersöka hur granbarkborrens kroppsstorlek påverkas av generation, konkurrens och geografisk variation. Jag förväntade mig att skalbaggar från södra Sverige skulle vara störst, eftersom varmare klimat generellt gynnar snabbare tillväxt och kortare utvecklingstid.

Sammanfattningsvis visade den geografiska analysen att kroppsstorleken hos granbarkborrar varierade signifikant mellan lokaler, med störst individer i Siljansfors. Detta resultat gick emot den ursprungliga hypotesen om att individer från södra Sverige skulle vara störst. Inga signifikanta skillnader observerades mellan Vindeln (norr) och de övriga lokalerna.

I analysen av generation och konkurrensnivå (Dataset 2) kunde inga signifikanta skillnader i kroppsstorlek påvisas mellan generationerna eller mellan insamlingsåren 2018 och 2019. Detta innebär att hypoteserna om att kroppsstorleken påverkas av generationstillhörighet eller konkurrensnivå inte fick stöd i det tillgängliga materialet.

4.1 Mikroklimat

En möjlig förklaring till de oväntade resultaten är att mikroklimatet skiljer sig mellan de olika lokalerna. Det är tänkbart att Siljansfors hade mer gynnsamma temperatur- eller fuktighetsförhållanden under insamlingsperioden, vilket i sin tur kan ha gynnat individernas tillväxt. Granbarkborrens utvecklingshastighet är starkt temperaturberoende, och varmare mikroklimat kan förlänga larvstadiet, vilket i vissa fall leder till större kroppsstorlek genom att möjliggöra fler tillväxtstadier och större kroppsstorlek när resurserna är goda. (jfr Wermelinger, 2009).

För att undersöka detta närmare skulle det behövas ytterligare studier av klimatdata från varje lokal, specifikt under de tidsperioder då skalbaggar samlades in. I framtida studier hade det varit värdefullt att kombinera kroppsstorleksdata med lokala väderloggar eller mikroklimatsensorer, för att kunna koppla variationen i storlek till faktiska miljöförhållanden.

4.2 Biotop och resurstillgång

En annan faktor som kan ha påverkat kroppsstorleken hos granbarkborrarna är den specifika biotopen där insamlingen skedde. Även om temperaturen generellt är högre i södra Sverige, kan Siljansfors ha erbjudit mer gynnsamma ekologiska förhållanden, till exempel större tillgång på död ved eller mindre konkurrens om resurser. Granbarkborrens kroppsstorlek påverkas av både näringstillgång och stressnivån hos de angripna granarna – faktorer som i sin tur styrs av

skogshistoria, skötsel och störningar som stormar eller torka (Anderbrant et al., 1985; Marini et al., 2017).

Det är också möjligt att trädsammansättningen varierade mellan lokalerna. Om granarna i Siljansfors till exempel var äldre, mer stressade eller tätare planterade, kan det ha lett till förutsättningar som gynnade utvecklingen av större individer. Eftersom arten är beroende av trädens fysiologiska status för sin reproduktion, kan även subtila skillnader i biotopstruktur påverka kroppsstorleken hos avkomman.

I framtida studier vore det värdefullt att inkludera data om skogstyper, trädålder, dödvedvolym och ståndortsindex för att kunna kontrollera sådana variabler vid analys av geografisk variation.

4.3 Konkurrens

En ytterligare möjlig förklaring till skillnaderna i kroppsstorlek mellan lokalerna är variation i populationsdensitet och därmed konkurrensnivå. Låg konkurrens i Siljansfors kan ha inneburit att varje individ haft tillgång till större mängd resurser per trädkropp, vilket möjliggör längre utvecklingstid och större kroppsstorlek. Tidigare forskning har visat att ökad täthet hos granbarkborrar leder till minskad storlek hos avkomman, både till följd av näringsbrist och försämrade utvecklingsförhållanden (Anderbrant et al., 1985).

Om populationsnivån i Tönnersjöheden var högre under insamlingsperioden, kan det ha resulterat i ökad konkurrens om utrymme och föda, vilket i sin tur kan ha bidragit till att individerna där blev mindre. Eftersom denna studie inte inkluderar kvantitativa data över täthet eller fångst per fälla, är det dock svårt att avgöra i vilken grad konkurrensnivån skiljde sig mellan lokalerna. Detta skulle kunna vara en viktig variabel att inkludera i framtida studier.

4.4 Slumpmässiga effekter och mätosäkerhet

Trots det stora urvalet i datasetet ($n = 1375$) kan resultaten påverkas av naturlig variation inom populationerna samt metodrelaterade osäkerheter. Biologiska system är ofta komplexa, och individvariation kan förekomma även under likartade miljöförhållanden. Det är också möjligt att andra, icke-mätbara faktorer – såsom genetiska skillnader mellan populationer eller parasitpåverkan – kan ha påverkat kroppsstorleken.

En annan tolkning är att den ursprungliga hypotesen inte fullt ut stämmer. Även om många tidigare studier visat att temperatur och näringstillgång påverkar insekters tillväxt (t.ex. Wermelinger, 2009), är det möjligt att kroppsstorleken hos granbarkborre är mindre känslig för sådana faktorer än väntat, eller att andra mekanismer kompenserar för effekten. Det belyser vikten av att testa ekologiska antaganden empiriskt och att vara öppen för oväntade resultat.

4.5 Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultaten att kroppsstorleken hos granbarkborrar varierade mellan lokaler, men inte i enlighet med den förväntade nord-syd gradienten. Den största medellängden återfanns i Siljansfors, vilket tyder på att lokala förhållanden – såsom mikroklimat, biotopstruktur och konkurrensnivå – kan ha haft större betydelse än latitud i sig. Även om temperatur och näringstillgång ofta framhålls som avgörande faktorer för insekters kroppsstorlek, antyder resultaten att andra ekologiska variabler eller naturlig variation också kan spela en roll. För att bättre förstå dessa mönster behövs mer detaljerad information om klimat, trädthet och populationsstorlek vid respektive lokal, samt eventuellt genetiska analyser av populationerna.

4.6 Kroppsstorlek i relation till generation och konkurrensnivå

Jag utgick från hypotesen att kroppsstorleken skulle vara mindre hos individer som utvecklats under hög konkurrens, som förväntades ha varit fallet under 2019 då populationsnivåerna var högre. Dessa hypoteser fick dock inget stöd i resultaten. Ingen signifikant skillnad i kroppsstorlek kunde påvisas mellan de tre generationerna, trots tydliga skillnader i utvecklingssäsong och insamlingsår. Vad kan då förklara att kroppsstorleken förblev stabil trots variation i generationstillhörighet och antagen konkurrensnivå?

En möjlig förklaring är att variationen i kroppsstorlek mellan generationer helt enkelt är liten, eller att konkurrensnivån inte skilde sig tillräckligt mycket mellan åren för att ge mätbara effekter. Antaget att konkurrensen var lägre för barkborrar är rimligt, men det har inte gjorts några mätningar som kan styrka den hypotesen. Det kan också vara så att andra faktorer, till exempel genetik eller tillgång på föda av tillräckligt god kvalitet, vägde upp eventuella effekter av täthet. Färgkategorisering som metod för att bestämma generationstillhörighet kan dessutom ha viss osäkerhet, särskilt eftersom färg kan påverkas av faktorer som ålder, slitage och konservering. Felklassificering av individer kan därmed ha dämpat de verkliga skillnaderna mellan grupperna.

Ett annat alternativ är att kroppslängd inte är den mest känsliga indikatorn på skillnader i utvecklingsmiljö. Faktorer som fettreserver, vinglängd eller vikt kan vara mer direkt kopplade till individens kondition och utvecklingsförhållanden. I framtida studier skulle det därför kunna vara intressant att inkludera flera morfologiska eller fysiologiska mått, samt att samla in täthetsdata från fällorna för att mer exakt kunna koppla kroppsstorlek till konkurrensnivå.

Sammanfattningsvis kunde inga signifikanta skillnader i kroppsstorlek påvisas mellan generationer eller mellan år med antagen låg respektive hög konkurrens.

Detta tyder på att kroppsstorleken hos granbarkborre i detta dataset inte visade någon tydlig variation kopplad till generationstillhörighet eller konkurrensnivå.

Det är möjligt att metodologiska begränsningar, såsom osäkerhet i generationsindelning eller avsaknad av direkt täthetsdata, har bidragit till resultatet. Alternativt kan kroppsstorleken vara relativt stabil mellan generationer under de aktuella förhållandena. För att få en mer nyanserad bild av artens respons på konkurrens och utvecklingsmiljö rekommenderas framtida studier med utökade morfologiska mått och mer detaljerad ekologisk kontext.

4.7 Metodreflektion

Metoden som användes i den här studien kan absolut förbättras för att ge mer tillförlitliga och repeterbara resultat. För det första hade en längre period för datainsamling varit önskvärd, för att bättre fånga variationen inom och mellan populationer. Det största metodologiska problemet rörde dock själva förberedelsen inför mätningarna av kroppsstorlek.

Varje enskild bagge behövde placeras i exakt rätt position för att vinkeln mot kameran skulle bli rakt ovanifrån. Om baggen låg snett resulterade det i mätfel, vilket gjorde datan oanvändbar. Detta problem förvärrades av att många individer varit frysta innan fotografering, vilket gjorde deras ben stela och svåra att manipulera. Även om ett litet hål i frigoliten ibland kunde hjälpa till att få baggarna att ligga någorlunda rakt, var det svårt att skapa en grop som passade alla individer på grund av deras variation i storlek och form.

En möjlig lösning på detta problem hade varit att utveckla en upphängningsmekanism – till exempel med hjälp av en justerbar klämma eller hållare – som kunde hålla varje bagge i en standardiserad position, oberoende av morfologiska skillnader. En sådan anordning skulle kunna minska variationen i fotograferingsvinkeln och öka precisionen i mätningarna, samtidigt som det skulle effektivisera processen. Detta hade i sin tur möjliggjort mätning av fler individer, vilket hade gett ett mer nyanserat och representativt resultat.

Ett annat moment som hade kunnat förbättras är färgbestämningen. Enligt Fritscher och Schroeder (2022) är färgbedömning av granbarkborrar mest tillförlitlig när både ryggsidan (elytra) och buksidan (thoraxets ventralsida) analyseras, eftersom dessa kan skilja sig något i nyans men tillsammans ger en bättre uppskattning av individens utvecklingsstadium. Denna studie fotograferades endast elytra, vilket innebar en viss begränsning i färgbedömningen. Anledningen till detta var att hanteringen av varje individ tog mycket tid, särskilt eftersom det krävdes noggrann justering för att få rätt fokus och vinkel. Att dessutom behöva vända varje individ för att fotografera thorax hade sannolikt lett till färre mätta individer totalt sett.

I framtida studier hade det därför varit värdefullt att utveckla ett mer tidseffektivt protokoll för hantering och fotografering, exempelvis genom att använda ett roterbart monteringsystem där både elytra och thorax kan fotograferas utan att individen behöver flyttas manuellt. Ett sådant system skulle bidra till ökad datakvalitet, förbättrad färgkarakterisering och större jämförbarhet mellan individer.

Sammanfattningsvis finns det flera förbättringsmöjligheter i metodiken, särskilt gällande standardisering av positionering vid fotografering och hantering av färgbestämning. Med bättre verktyg och längre datainsamlingstid skulle framtida studier kunna generera mer robusta och generaliserbara resultat.

4.8 Framtida forskning och tillämpningar

Resultaten från den här studien visar att kroppsstorleken hos granbarkborrar kan variera geografiskt, men att generationstillhörighet och antagen konkurrensnivå inte gav upphov till signifikanta skillnader i materialet som analyserades. Detta väcker flera frågor som framtida forskning skulle kunna besvara.

4.8.1 Fördjupad analys av klimat och biotop

För att förstå vad som orsakar den geografiska variationen vore det värdefullt att kombinera kroppsstorleksdata med detaljerade klimatdata från varje insamlingslokal, inklusive temperatur, fuktighet och väderförhållanden under larvutvecklingen. Även information om skogstyp, trädålder och tillgång på död ved skulle kunna ge viktig kontext. Mikroklimatensensorer eller väderloggar vid varje fälla hade kunnat öka precisionen i sådana analyser.

4.8.2 Breddade morfologiska mått

Kroppslängd är ett relativt grovt mått, och framtida studier skulle kunna inkludera ytterligare parametrar såsom vikt, vinglängd, fettreserver eller utvecklingstid. Dessa kan vara mer direkt kopplade till individens kondition och fitness, och därmed ge en mer nyanserad bild av hur miljöfaktorer påverkar individkvalitet.

4.8.3 Genetik och populationsstruktur

Eftersom kroppsstorlek potentiellt också påverkas av genetisk variation, skulle genetiska analyser av populationerna från olika lokaler kunna ge svar på om det finns lokalt anpassade skillnader som bidrar till de observerade storleksskillnaderna.

4.8.4 Tillämpningar för skogsskötsel

Kunskap om var de största (och potentiellt mest spridningsbenägna) granbarkborrarna förekommer kan ha betydelse för övervakning och bekämpning. Om exempelvis specifika biotoper eller geografiska områden tenderar att producera större individer, kan dessa prioriteras i skötselstrategier. En bättre förståelse för vilka faktorer som påverkar kroppsstorlek kan alltså bidra till mer effektivt skydd mot framtida barkborreutbrott.

Referenslista

- Ahrné, K., Johansson, N., Ljungberg, H. & Nordström, S. (2022). Blombesökande insekter: pollen och nektar som föda hos steklar, fjärilar, tvåvingar och skalbaggar. (SLU Artdatabanken rapporterar 27). SLU Artdatabanken. <https://www.artdatabanken.se/publikationer> [2025-04-11]
- Anderbrant, O., Schlyter, F. & Birgersson, G. (1985). Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*. *Oikos*. 45(1), 89–98. <https://doi.org/10.2307/3565556>
- Fritscher, D. & Schroeder, M. (2022). Thermal sum requirements for development and flight initiation of new-generation spruce bark beetles based on seasonal change in cuticular colour of trapped beetles. *Agricultural and Forest Entomology*. 24(4), 405–421. <https://doi.org/10.1111/afe.12503>
- Marini, L., Økland, B., Jönsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J.C., Hurling, R., Nageleisen, L.M. & Netherer, S. (2017). Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography*. 40(12), 1426–1435. <https://doi.org/10.1111/ecog.02769>
- Ottosson, E. (2020). Granbarkborre och dess effekter på biologisk mångfald: sammanställning av aktuell kunskap om granbarkborrens kända påverkan på biologisk mångfald och strukturer. (Rapport NV-00099-20). SLU Artdatabanken. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/artdatabanken/dokument/publikationer/rapport-nv-00099-20.pdf> [2025-04-11]
- Roberge, C. & Mikaelsson, H. (2024). Nationell riktad skogsskadeinventering – resultat från granbarkborreinventering 2024. (Arbetsrapport 566). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/sresh/miljoanalys/nrs/arbetsrapport_566_nrs_granbarkborre_2024.pdf [2025-04-11]
- Skogsstyrelsen (2024). Skogsskador i Sverige 2023. (Rapport 2024/06). Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-2024/rapport-2024-06-skogsskador-i-sverige-2023.pdf> [2025-04-11]
- Wermelinger, B. & Seifert, M. (1998). Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 122(4), 185–191. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01482.x>

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, Olle Amcoff, 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.