



Trädbeståndets utveckling i en natureskog efter storm och barkborreangrepp

Blir granskogen en bokskog efter storm- och
barkborreskador?

Andrea Törnqvist

Examensarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Vatten och miljö
Miljövetenskap
Uppsala 2023



Trädbeståndets utveckling i en naturskog efter storm och barkborreangrepp - Blir granskogen en bokskog efter storm- och barkborreskador?

Handledare: Ulf Grandin, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vatten och miljö
Bitr. handledare: James Weldon, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vatten och miljö
Examinator: Martyn Futter, Sveriges Lantbruksuniversitet, Vatten och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Miljövetenskap
Kurskod: EX0896
Program/utbildning: Miljövetenskap
Kursansvarig inst.: Vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Regimskifte, resiliens, succession

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Vatten och miljö

Sammanfattning

Den pågående klimatförändringen förväntas leda till att frekvensen och intensiteten av olika störningar i naturen ökar. Eftersom skogen är en viktig resurs för oss människor är det viktigt att förstå hur den påverkas av detta för att vi ska kunna bibehålla skogens resiliens i framtiden. I detta arbete undersöktes hur stormen Gudrun (2005) och ett efterföljande kraftigt angrepp av granbarkborrar påverkat ett område med naturskog i Aneboda, beläget i södra Sverige. Hypoteserna var att det inte skulle ske en nyetablering av granar, att det skulle ske en etablering av björk samt att det skulle ske en expansion av de små bokträd som fanns i skogen redan innan störningarna.

Resultatet tyder på att det inte skett någon större etablering av gran eller björk efter störningarna, men att det skett en expansion av bok. Det var oväntat att vi inte kunde se någon markant ökning av björk eftersom björk är känd för att gynnas av de öppna ytor med blottlagd jord som uppstått efter störningarna. Det saknas dock data från de provytor med störst potential för etablering av björk, eftersom störningarna gjort dessa ytor otillgängliga. Expansionen av bok kan tyda på att ett regimskifte från grandominerad till bokdominerad skog har inletts, men det är för tidigt i processen för att avgöra detta.

Nyckelord: regimskifte, resiliens, succession

Abstract

The ongoing climate change is expected to lead to an increase in quantity and increase in intensity of different disturbances in nature. Since the forest is an important resource to humans, it is important to understand how it is affected by this in order to maintain the resilience of the forest in the future. In this report the effects of the storm Gudrun (2005) and a following severe bark beetle attack on a natural forest in Aneboda, southern Sweden, was examined. The hypotheses were that there would not be an establishment of spruce, that there would be an establishment of birch and that there would be an expansion of the young beech trees that were present in the area before the disturbances.

The results show that no major establishment of spruce or birch has occurred, but that there has been an expansion of beech. It was unexpected that we did not see any significant increase of birch, since birch is known for benefiting from the gaps and exposed soil that is caused by the disturbances. There is, however, missing data from the areas with the highest potential for beech establishment since the disturbances have made these inaccessible. The expansion of beech could indicate that a regime shift from a spruce-dominated to a beech-dominated forest has been indicated, but it is too early in the process to determine whether that is the case.

Keywords: regime shift, resilience, succession

Innehållsförteckning

Figurförteckning	5
Inledning.....	7
1.1 IM.....	8
1.2 Ekologiska grupper i skog	9
1.3 Syfte.....	10
2. Metod.....	11
2.1 Inventering.....	11
2.2 Data	12
2.3 Hantering av data.....	13
Resultat.....	15
3.1 Vegetationsytor	15
3.1.1 Gran.....	15
3.1.2 Björk.....	16
3.1.3 Bok.....	17
3.2 Trädtytor.....	18
3.2.1 Gran \geq 5 cm DBH	18
3.2.2 Björk \geq 5 cm DBH	20
3.2.3 Bok \geq 5 cm DBH.....	22
3.2.4 Gran $<$ 5 cm DBH	24
3.2.5 Björk $<$ 5 cm DBH	26
3.2.6 Bok $<$ 5 cm DBH	28
4. Diskussion	30
4.1 Vegetationsytor	30
4.2 Trädtytor.....	31
4.2.1 Träd \geq 5 cm DBH.....	31
4.2.2 Gran $<$ 5 cm DBH	32
4.2.3 Björk $<$ 5 cm DBH	32
4.2.4 Bok $<$ 5 cm DBH	33
4.3 Slutsats	33
Referenser.....	34

Figurförteckning

Figur 1: De fyra IM-områdena i Sverige.	8
Figur 2: Placering av provytorna i IM-området i Aneboda. Varje cirkel är en provyta, men på grund av att många blivit otillgängliga har endast ett urval av ytorna kunnat inventeras efter 2006.	11
Figur 3: Illustration av trädyta och vegetationsyta. I trädytan mäts bl.a. diameter för alla träd som är högre än 130 cm, och i vegetationsytan skattas täckningsgraden hos alla arter uppdelat i botten- fält- busk- och trädskikt.	12
Figur 4: Fördelning av täckningsgrad av granar lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av granar i procent och x-axeln visar inventeringsåren.	15
Figur 5: Fördelning av täckningsgrad av björk lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av björk i procent och x-axeln visar inventeringsåren.	16
Figur 6: Fördelning av täckningsgrad av bok lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av bok i procent och x-axeln visar inventeringsåren.	17
Figur 7: Fördelning av antalet granar > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet granar och x-axeln visar inventeringsåren.	18
Figur 8: Fördelning av antalet granar > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.	19
Figur 9: Fördelning av antalet björkar > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet björkar och x-axeln visar inventeringsåren.	20
Figur 10: Fördelning av antalet björkar > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.	21
Figur 11: Fördelning av antalet bokträd > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet bokträd och x-axeln visar inventeringsåren.	22

Figur 12: Fördelning av antalet bokträd > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.....	23
Figur 13: Fördelning av antalet granar <5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes, exklusive de provytor med extremt avvikande värden som korrigerats för att få ett mer tillförlitligt resultat. Y-axeln visar antalet granar och x-axeln visar inventeringsåren.	24
Figur 14: Fördelning av antalet granar < 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.....	25
Figur 15: Fördelning av antalet <5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes, exklusive de provytor med extremt avvikande värden som korrigerats för att få ett mer tillförlitligt resultat. Y-axeln visar antalet björkar och x-axeln visar inventeringsåren.	26
Figur 16: Fördelning av antalet björkar < 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.....	27
Figur 17: Fördelning av antalet bokträd <5 cm DBH i de 12 trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet bokträd och x-axeln visar inventeringsåren.....	28
Figur 18: Fördelning av antalet bokträd < 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.....	29

Inledning

Skogen är en viktig resurs för oss människor. Den ger oss virke, energi och syre samtidigt som den är viktig för rekreation. Eftersom skogen är så pass viktig för oss är det viktigt att förstå hur våra handlingar påverkar den. Det är nämligen inte bara vår direkta påverkan i form av exempelvis skogsbruk som påverkar skogen, utan även klimatförändringarna vi människor står till skuld för.

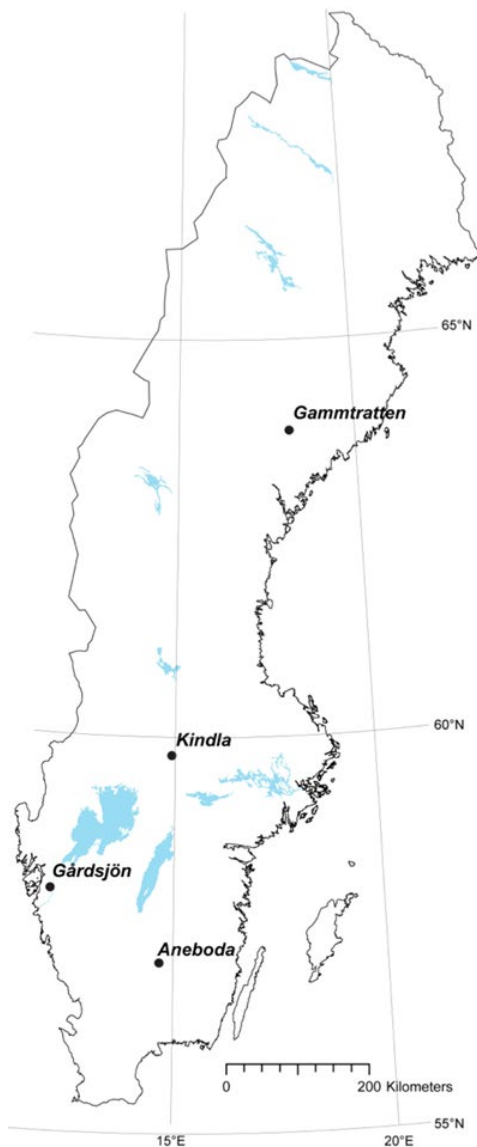
Klimatförändringarna kan leda till att frekvensen av olika störningar på naturen ökar. Ett exempel på detta är den stigande globala temperaturen (NASA u.å.) som leder till en ökad frekvens av torka och bränder (Liu 2022), men som också leder till att arter som tidigare inte klarat att leva på en plats på grund av för låga temperaturer nu kan etablera sig där till följd av temperaturökningen (Lazarus et al. 2014). Denna etablering av nya arter kan ha oväntade effekter på ekosystemen dit de flyttar.

En naturlig skog, utan direkt mänsklig påverkan, befinner sig i ett stabilt stadie och kan generellt återhämta sig till det stabila stadiet efter en störning. Det stabila stadiet definieras av stabila strukturer, funktioner, processer och återkoppling (Angeler et al. 2016). En skog kan ställas om från ett stabilt stadie till ett annat i ett så kallat regimskifte (ibid). Denna omställning inträffar vanligtvis när en gradvis förändring sker i en intern process (återkoppling) eller en enskild störning orsakad av externa påverkningar utlöser ett helt annorlunda systembeteende. Regimskiftet kan vara plötslig (år, decennier) eller ske under mycket lång tid (århundraden, årtusenden). Den mängd störningar ett system kan stå emot utan att genomgå ett regimskifte kallas för resiliens (ibid).

Eftersom skogen är viktig för oss är det viktigt att förstå hur den kommer påverkas av de snabba klimatförändringar som modeller pekar åt att vi står inför. Enligt en studie genomförd av Mauri et al. (2023) uppskattas det att tillhandahållandet av skogliga ekosystemtjänster mot slutet av århundradet att minska i genomsnitt med 15% i Europa och upp till 52% i Medelhavsområdet. Om vi förstår hur olika sorters skogar påverkas av olika störningar kan vi få en bättre förståelse för hur vi kan bibehålla skogens resiliens i framtiden.

1.1 IM

IM (Integrerad miljöövervakning) är en del av FNs konvention om långväga gränsöverskridande luftföroreningar (UNECE u.å.) och de svenska IM-områdena ingår även i den svenska nationella miljöövervakningen i skog. Programmet samlar in miljödata för att skapa tidsserier som detaljerat visar processer i naturen. De svenska IM-områdena är spridda över Sverige, vilket innebär att de täcker geografiska- depositions- och klimatgradienter över landet (figur 1).



Figur 1: De fyra IM-områdena i Sverige.

I denna studie har jag undersökt IM-området i Aneboda, ett litet obrukat skogsområde som ligger i norra delen av bokens huvudsakliga nuvarande utbredningsområde (Artfakta, SLU). Området påverkades av stormen Gudrun år

2005 och ett efterföljande angrepp av granbarkborrar under främst 2006-2009. IM-området klarade stormen relativt bra, då endast 10-15% av träden skattats ha blåst omkull (Löfgren et al. 2014). Den omgivande skogen består till stor del av produktionsskog av gran där majoriteten av träden fälldes i stormen. Till följd av att de omkullblåsta granarna i IM-området inte forslades bort blev dessa lågor angripna av granbarkborrar som åren efter orsakade ett massivt angrepp på de kvarvarande levande granarna, under främst 2006-2009, vilket ledde till att en stor andel av granarna med diameter grövre än ca 10 cm dog. Innan stormen och barkborreangreppet var skogen dominerad av gran (*Picea abies*), med förekomst av tall (*Pinus sylvestris*) och lövträd, inklusive många småträd av bok (*Fagus sylvatica*). Den långa tidsserien med träddata i kombination med dessa störningar gör att IM-området i Aneboda lämpar sig mycket väl för att studera resiliens och ett eventuellt regimskifte i ett naturligt skogsekosystem.

1.2 Ekologiska grupper i skog

Olika trädarter trivs under olika förhållanden och påverkas därför olika av störningar. Ett sätt att kategorisera träd efter deras optimala tillväxtförhållanden är Petrokas et al. (2020) indelning av träd i fyra ekologiska grupper: Skogskonkurrenter, Gläntkonkurrenter, Skogskolonisatörer och Gläntkolonisatörer.

Skogskonkurrenter har välutvecklad återväxt i skuggiga miljöer och växer bäst i skogar. De har genomsnittlig tillväxt, särskilt i deras yngre stadier (Petrokas et al. 2020). Ett exempel på en trädart från denna grupp är bok, som är en skuggtolerant art vars naturliga återväxt sker i skog med slutna lövverk (Zematis et al. 2019).

Gläntkonkurrenter har bäst tillväxt och återväxt i öppna ytor, men yngre plantor kan överleva i slutna skogar. Tillväxtpotentialen ökar med tiden för yngre individer (Petrokas et al. 2020). Ett exempel på en trädart från denna grupp är ek.

Skogskolonisatörer har tillväxt i skuggan men deras yngre stadier associeras med öppna ytor. Tillväxthastigheten är långsam men ökar med storleken (Petrokas et al. 2020). Ett exempel på en trädart från denna grupp är gran.

Gläntkolonisatörer har tillväxt när öppna ytor skapats och uppnår optimal tillväxt i alla dess yngre stadier. De yngre individerna har den största tillväxtpotentialen (Petrokas et al. 2020). Ett typexempel är björk som ofta förekommer efter störningar och blottläggning av mineraljord gynnar frögrodd och etablering av nya plantor (Otoda et al. 2013).

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka hur stormen Gudrun och efterföljande massiva angrepp av granbarkborrar påverkat IM-området i Aneboda.

En hypotes är att björk kommer gynnas av störningarna, eftersom de döda granarna som fallit har lett till blottlagd mineraljord och öppna ytor vilket gynnar björk (Otodo et al. 2013).

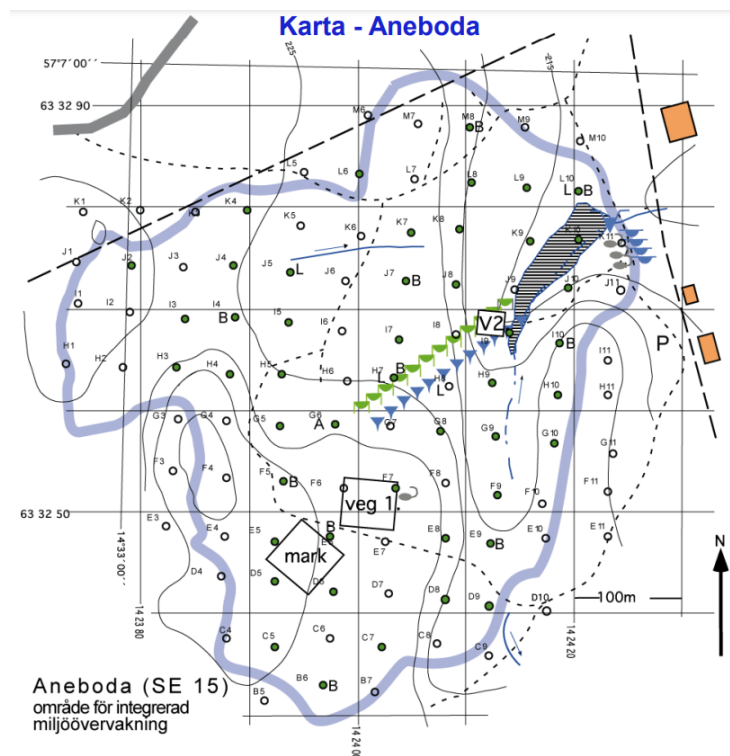
En ytterligare hypotes är att det inte kommer ske någon etablering av gran efter störningarna. Detta eftersom gran har en kortlivad fröbank och därför behövs det finnas levande granar i närheten för att nya granar ska kunna etablera sig i området. Eftersom stor andel av granarna har dött i området till följd av barkborreangreppen är det troligt att det inte finns tillräckligt med levande granar kvar för att sprida frön så att nya granar kan etablera sig. Enligt en studie genomförd av Suchokas (2002) faller 30% av granens frön till marken direkt under moderträdet, medan majoriteten av fröna sprider sig 20-30 m bort. 2,9% av granens frön sprider sig så långt som 110 m från moderträdet.

Huvudhypotesen är att det kommer ske en expansion av bok, vilket skulle kunna innebära ett regimskifte. Det som talar för att bokträden kommer öka i antal är att det redan fanns små bokträd i området innan Gudrun, vilket innebär att de kan få en chans att växa och öka i antal när konkurrensen från granarna minskar. Området ligger i norra delen av bokens nuvarande utbredningsområde, och till följd av klimatförändringarna och den stigande globala temperaturen är det troligt att boken kommer gynnas i det varmare klimatet och därmed kan en expansion av bok ske. Det som talar emot denna hypotes är att det inte finns så många vuxna bokträd i området som kan sprida nya frön. Bok har en kortlivad fröbank och dess frön sprids med hjälp av gravitationen samt av djur (Packham 2012). Enligt en studie genomförd av Hasenkamp et al. (2011) faller 63% av fröna direkt under moderträdet och 33% av fröna sprider sig upp till 15 m bort. De få frön som spred sig längre bort från moderträdet kom som längst 20 m bort. Eftersom granarnas frön tenderar att spridas längre än detta (Suchokas 2002) har granarna en fördel när det kommer till spridningen av frön över längre avstånd. Dessutom kan det tänkas att de nyetablerade björkarna kommer att konkurrera med bokplantorna.

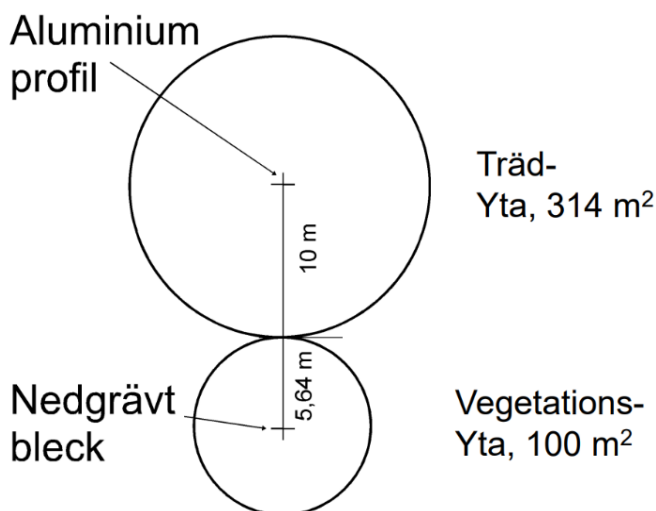
2. Metod

2.1 Inventering

IM-området i Aneboda (N57°06'43", E14°33'04") består av 49 provvytor (figur 2) som är placerade i ett ruttmönster med 50 m avstånd till varandra. Dessa provvytor inventeras vart femte år sedan 1996 (ICP IM 2022), enda undantaget är den senaste inventeringen som skedde år 2022 i stället för år 2021. Förseningen 2021 berodde på att skogen varit otillgänglig efter det massiva barkborreangreppet, men 2022 var första året det gick att ta sig fram mellan alla fallna träd. Provytorna består av en trädyta där enbart träd inventeras och en intilliggande vegetationsyta där markvegetationen inventeras (figur 3).



Figur 2: Placering av provvytorna i IM-området i Aneboda. Varje cirkel är en provvyta, men på grund av att många blivit otillgängliga har endast ett urval av ytorna kunnat inventeras efter 2006.



Figur 3: Illustration av trädyta och vegetationsyta. I trädytan mäts bl.a. diameter för alla träd som är högre än 130 cm, och i vegetationsytan skattas täckningsgraden hos alla arter uppdelat i bottenfält-, busk- och trädskikt.

Trädytorna har en area på 314 m² och där mäts diametern i brösthöjd (DBH 130 cm ovanför marken) för alla träd. För de träd som är < 5 cm DBH noteras enbart trädart och diameter, medan det för träd \geq 5 cm DBH även noteras trädets placering i cirkeln genom att mäta avstånd och riktning från cirkelns mitt. Genom att separera träden som är < 5 cm och \geq 5 cm DBH delas träden upp i två grupper med äldre respektive yngre träd.

Vegetationsytorna har en area på 100 m² och där inventeras samtliga arter uppdelat i botten-, fält-, busk- och trädskikt. Fältskiktet omfattar alla arter som är < 50 cm höga. Här finns alltså data för trädarter som är för låga för att inventeras i trädytorna. Till skillnad från trädytorna räknas inte antalet av de olika arterna, i stället skattas täckningsgraderna av dem i hela procent.

I databasen är björk ibland noterad på artnivå, glasbjörk (*Betula pubescens*) och vårtbjörk (*Betula pendula*), och ibland på släktesnivå (*Betula* sp.). Till följd av detta har all björk i alla analyser slagits samman till bara björk.

2.2 Data

Till följd av störningarna finns det många fallna granar i området, vilket medfört att det inte går att ta sig fram för att inventera alla provytor. Av de 49 provytorerna finns det endast ett fåtal provytor som har data samtliga inventeringsår. För trädytorna gäller det 16 ytor för träd \geq 5 cm DBH och 12 ytor för träd < 5 cm DBH. För vegetationsytorna finns det endast 16 ytor som kunnat inventeras samtliga

inventeringsår. Från inventeringen 2001 saknas det dessutom data för träden som är < 5 cm DBH, vilket innebär att det inte finns en helt tydlig bild av hur skogsbeståndet såg ut innan störningarna.

När samtliga inventerade provytor undersöktes för träden som var < 5 cm i diameter påträffades det år 1996 flera provytor med orimligt många träd. Vi betraktar detta som någon form av misstag och har därför ersatt antalet träd i dessa provytor 1996 med medelvärdet av antalet träd under följande inventeringar. För gran korrigerades antalet i två provytor och björk korrigerades i fem provytor. En provyta som behövde korrigeras för björk saknade data att korrigera med, och därför exkluderades den provytan.

När de 12 provytor som inventerats samtliga år, för träd < 5 cm DBH, analyserades påträffades ett fåtal ytterligare extremt avvikande värden, vilka togs bort. För granarna var det 2 och för björk 4 avvikande värden som exkluderades. Alltså kunde 10 provytor användas för gran, 8 för björk och 12 för bok för parade analyser av förändring över tid.

2.3 Hantering av data

För att undersöka återväxten efter störningarna är det mest relevant att undersöka hur många träd som dykt upp efter störningarna, vilket innebär att de yngre träden är av störst intresse. Därför sorterades data från trädytorna upp i träd < 5 cm DBH och ≥ 5 cm DBH för att få en uppdelning av äldre och yngre träd. Eftersom det tar många år innan träd når ≥ 5 cm DBH blir effekten av störningarna fördröjd i den gruppen, men den gruppen undersöktes trots allt i detta arbete för att inte gå miste om något oväntat resultat.

För att få med de träd som är för låga för att mäta i trädytorna användes data från vegetationsytorna.

För att se om antalet träd av olika arter i trädytorna ändrats signifikant mellan inventeringarna användes Friedmans test för parade prover. Vi valde ett icke-parametriskt test eftersom data på träd bygger på antal som inte är en normalfördelad variabel. I testerna prövades nollhypotesen H_0 att medianerna av de olika inventeringarna är lika, mot den alternativa hypotesen H_1 att minst två av medianerna är olika (Lindahl et al. 2012). För signifikanta Friedmantest utfördes parvisa jämförelser mellan inventeringar med Durbin-Connovers post hoc test (Pereira et al. 2015).

Täckningsgraderna i vegetationsytorna hade normalfördelad data, vilket innebär att de kan analyseras med parametriska tester. Här användes ANOVA för upprepade mätningar och för parvisa jämförelser användes t-test med Holms korrigeringsmetod för multipla tester. Precis som för Friedmans test går ANOVA ut på att testa nollhypotesen H_0 att det inte finns någon skillnad mellan grupper, mot den alternativa hypotesen H_1 att det finns en skillnad mellan grupperna (Bevans 2020).

Alla statistiska analyser gjordes i statistikprogrammet R (R Core Team 2023) med funktionen `ggwithinstats` i R-paketet `ggstatsplot` (Patil 2021).

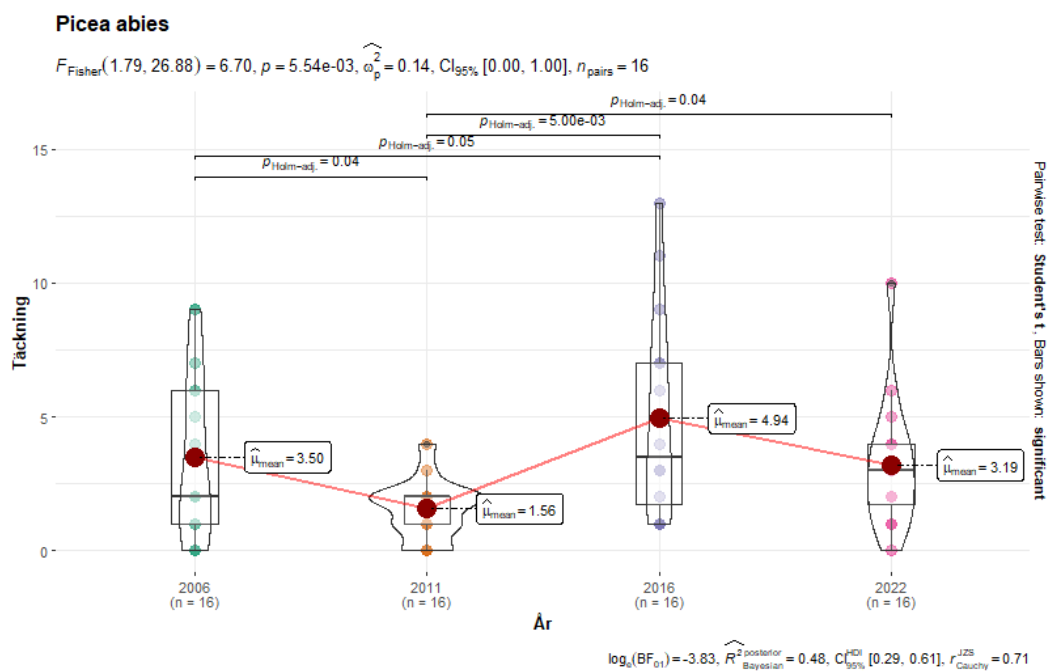
Eftersom både Friedmans test och ANOVA för upprepade mätningar kräver att det inte saknas data något år innebär detta att endast de provytor som inventerats samtliga år kunde inventeras. Efter den tidigare nämnda korrigeringen av dessa provytor tillgängliga för träd < 5 cm DBH var det 10 provytor som användes för gran, 8 för björk och 12 för bok. För att se hur väl dessa provytor som analyserades i Friedmans test liknar övriga inventerade ytor jämförde jag alla tillgängliga data från de olika åren visuellt i låddiagram, som inte begränsas av saknade data vissa år.

Resultat

3.1 Vegetationsytor

3.1.1 Gran

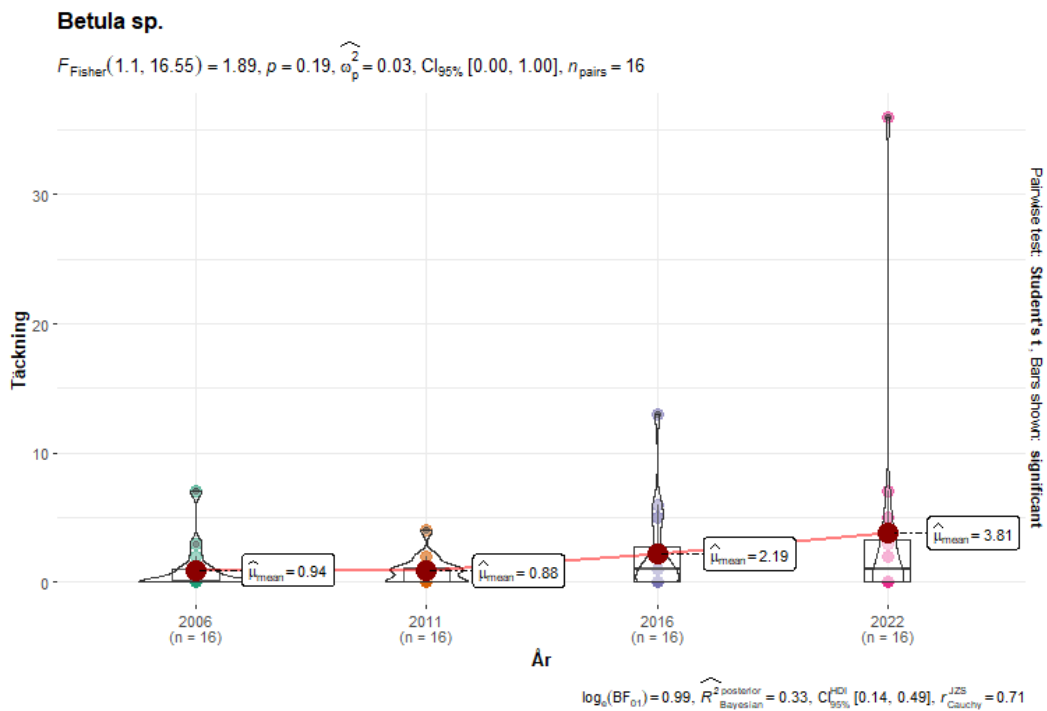
För gran lägre än 50 cm finns det en signifikant förändring av täckningsgraden per provyta (ANOVA, $p = 5,54e-03$) för de 16 ytor med data från alla inventeringsår. Parvisa tester mellan åren visar signifikant minskning i täckningsgrad mellan 2006 och 2011 och en signifikant ökning mellan 2006 och de övriga åren (figur 4).



Figur 4: Fördelning av täckningsgrad av granar lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av granar i procent och x-axeln visar inventeringsåren.

3.1.2 Björk

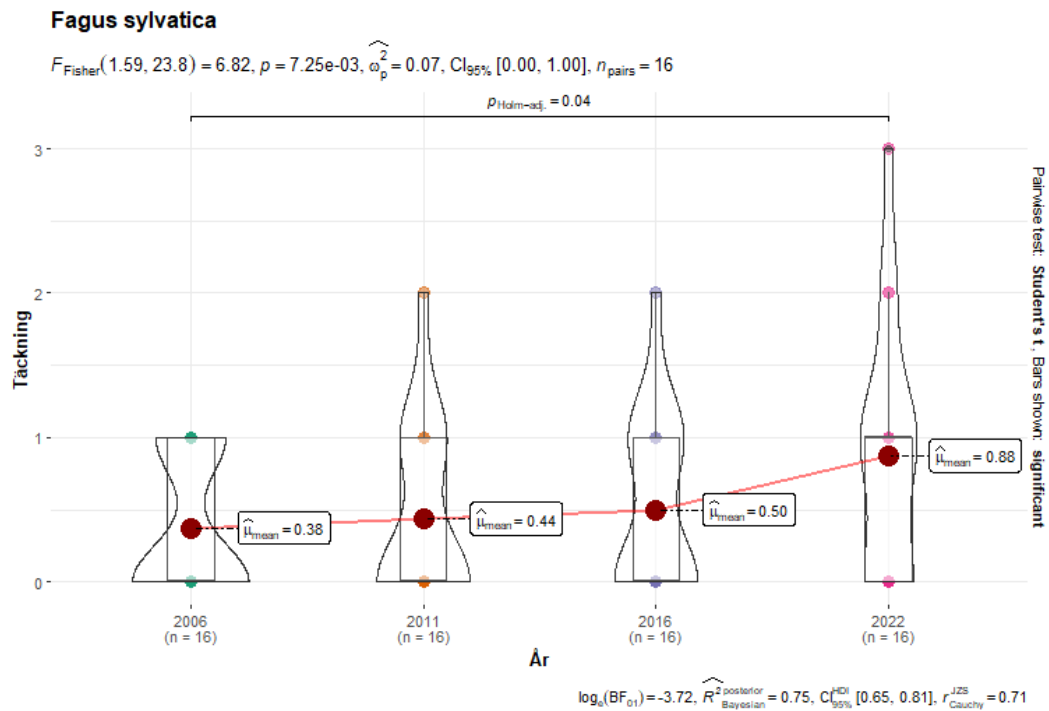
För de 16 ytor med data från alla inventeringsår finns det ingen signifikant förändring av täckningsgraden per provyta för björk lägre än 50 cm (ANOVA, $p=0,19$). Parvisa tester mellan åren visar inte heller någon signifikant förändring av täckningsgraden, även om enstaka procytor har en markant ökning av täckningsgraden för björk vid de senaste två inventeringarna (figur 5).



Figur 5: Fördelning av täckningsgrad av björk lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av björk i procent och x-axeln visar inventeringsåren.

3.1.3 Bok

Det finns en signifikant förändring av täckningsgraden per provyta för bok lägre än 50 cm i de 16 ytor med data från alla inventeringsår (ANOVA, $p=7,25e-03$). Parvisa tester mellan åren visar signifikant ökning av täckningsgrad mellan 2006 och 2022 (figur 6).

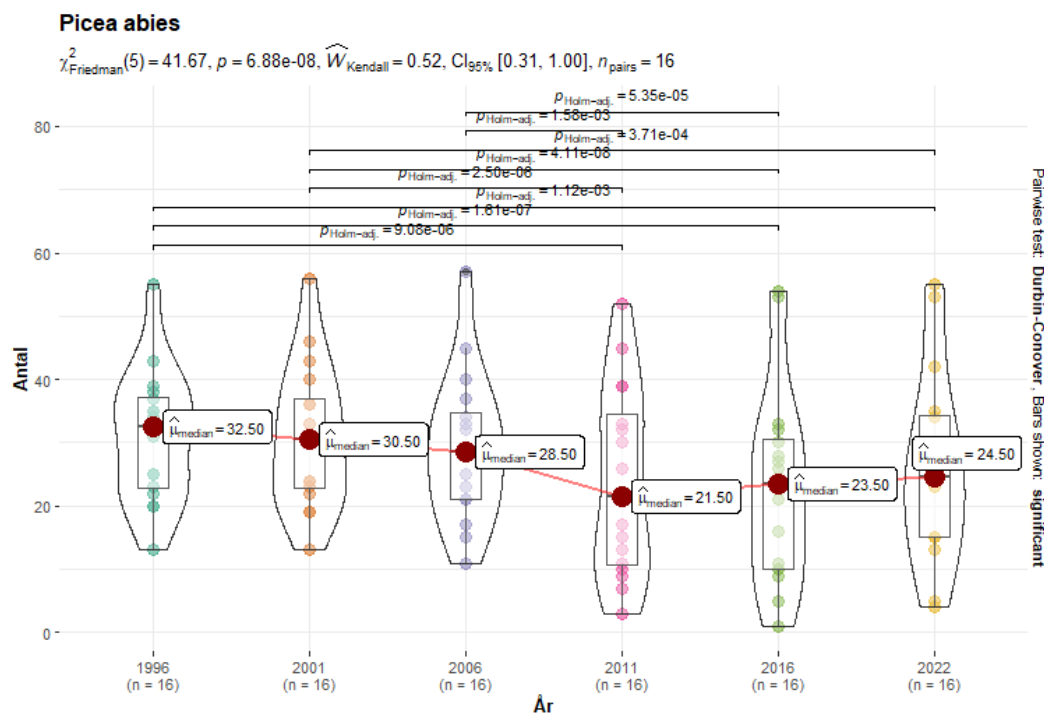


Figur 6: Fördelning av täckningsgrad av bok lägre än 50 cm i det urval av vegetationsytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar täckningsgraden av bok i procent och x-axeln visar inventeringsåren.

3.2 Trädytor

3.2.1 Gran ≥ 5 cm DBH

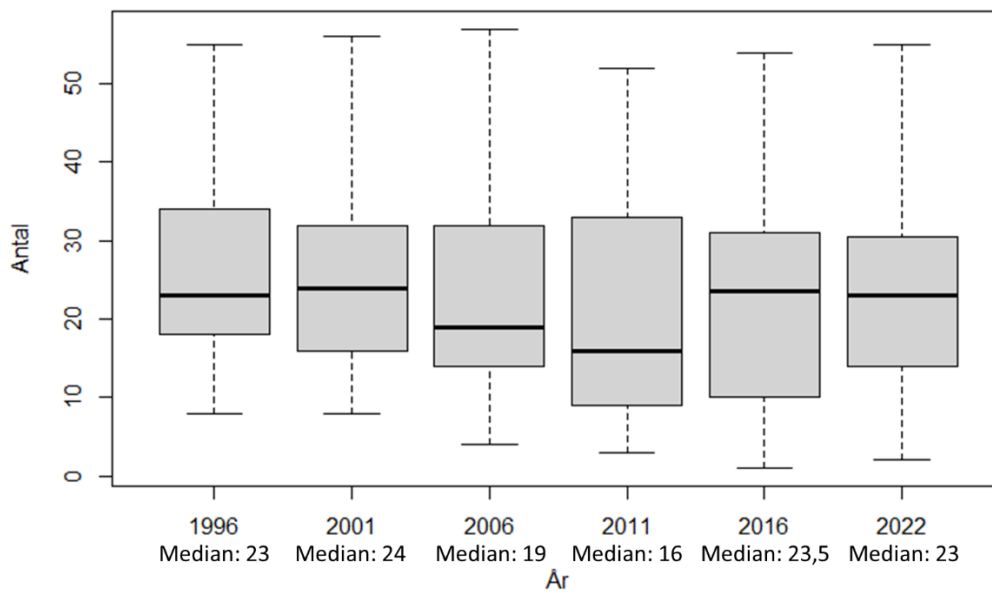
För gran större än 5 cm DBH finns det en signifikant minskning i antalet träd per provyta (Friedman, $p=6,88e-08$) för de 16 ytor med data från alla inventeringsår, framför allt efter 2006. Parvisa tester mellan åren visar signifikant minskning av antalet granar > 5 cm DBH åren 2011, 2016 och 2022 jämfört med åren 1996, 2001 och 2006 (figur 7).



Figur 7: Fördelning av antalet granar > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet granar och x-axeln visar inventeringsåren.

Det har skett en minskning av antalet granar > 5 cm DBH per provyta, sett till samtliga inventerade provytor (figur 8), vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 7) på det urval av ytor med data från alla år. Medianen för provytorerna som användes för Friedmans test var högre än medianen från samtliga inventerade provytor åren 1996, 2001, 2006 och 2011.

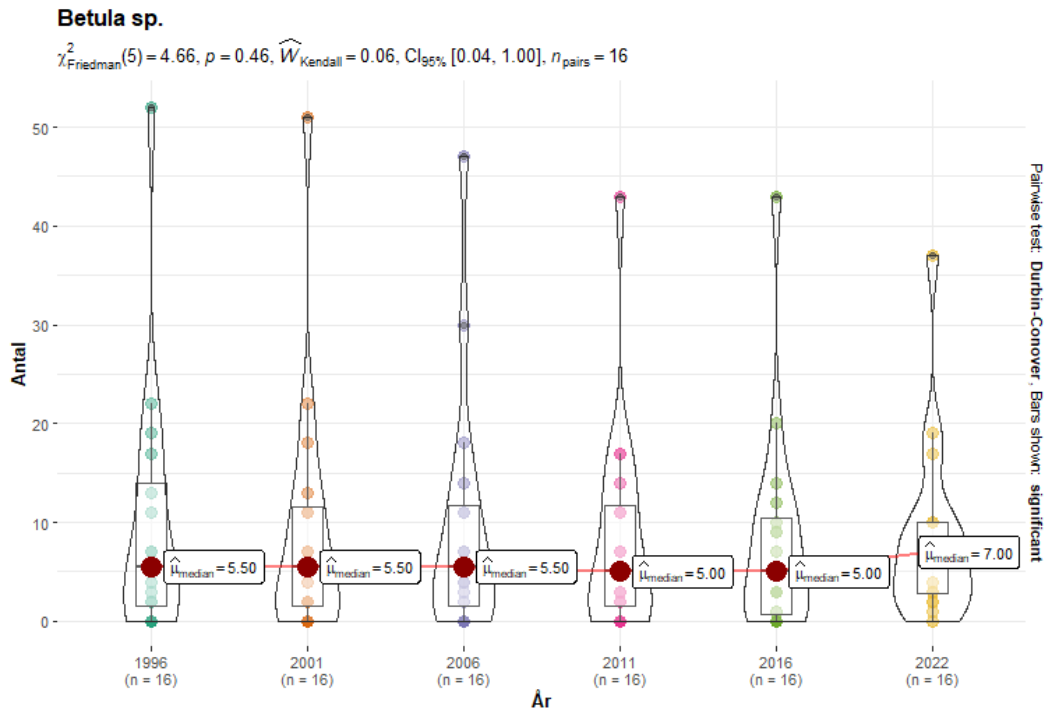
Picea abies



Figur 8: Fördelning av antalet granar > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

3.2.2 Björk ≥ 5 cm DBH

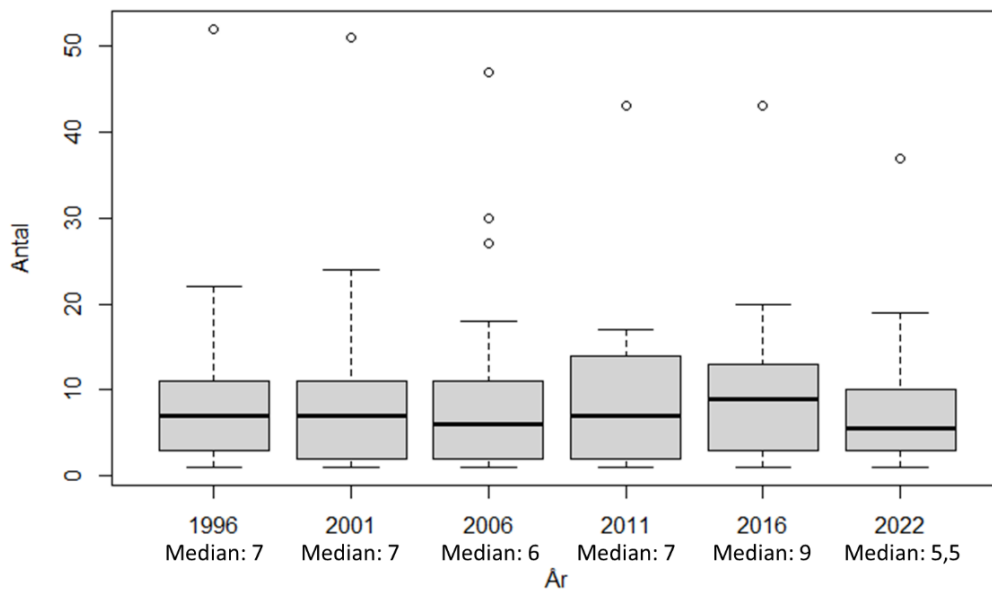
Det finns inga signifikanta förändringar i antalet träd per provyta för björk större än 5 cm DBH i de 16 ytor med data från alla inventeringsår (Friedman, $p=0,46$). Parvisa tester visar inte heller någon signifikant förändring (figur 9).



Figur 9: Fördelning av antalet björkar > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet björkar och x-axeln visar inventeringsåren.

Sett till samtliga inventerade provytor har det inte skett en ökning av medianen av antalet björkar > 5 cm DBH per provyta (figur 10), vilket stämmer överens med urvalet av ytor med data från alla år som användes till Friedmans test (figur 9). Medianen för provytorna som användes i Friedmans test var högre än vad medianen för samtliga provytor var alla år förutom 2022.

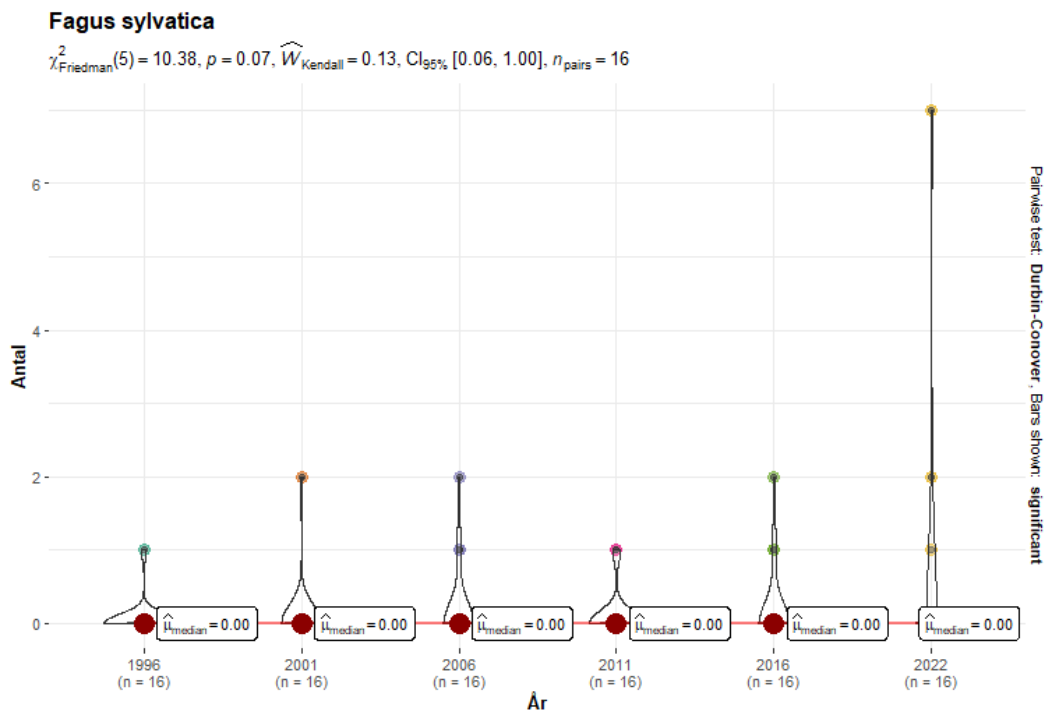
Betula sp.



Figur 10: Fördelning av antalet björkar > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

3.2.3 Bok ≥ 5 cm DBH

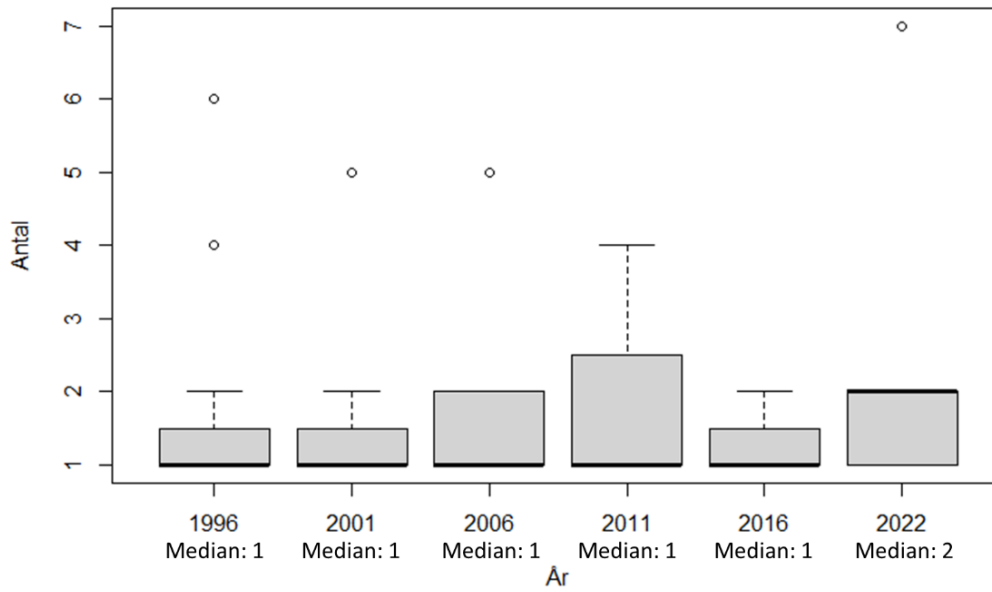
Det finns inga signifikanta förändringar i antalet träd per provyta för bok större än 5 cm DBH (Friedman, $p=0,07$) för de 16 ytor med data från alla inventeringsår. Parvisa tester mellan åren visar inte heller någon signifikant skillnad (figur 11).



Figur 11: Fördelning av antalet bokträd > 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet bokträd och x-axeln visar inventeringsåren.

Sett till samtliga inventerade provytor har det skett en ökning av medianen av antalet bokträd per provyta (figur 12), vilket skiljer sig från resultatet från Friedmans test (figur 11) på det urval av ytor med data från alla år. Medianen för provytorna som användes i Friedmans test var lägre än vad medianen för samtliga provytor var samtliga år.

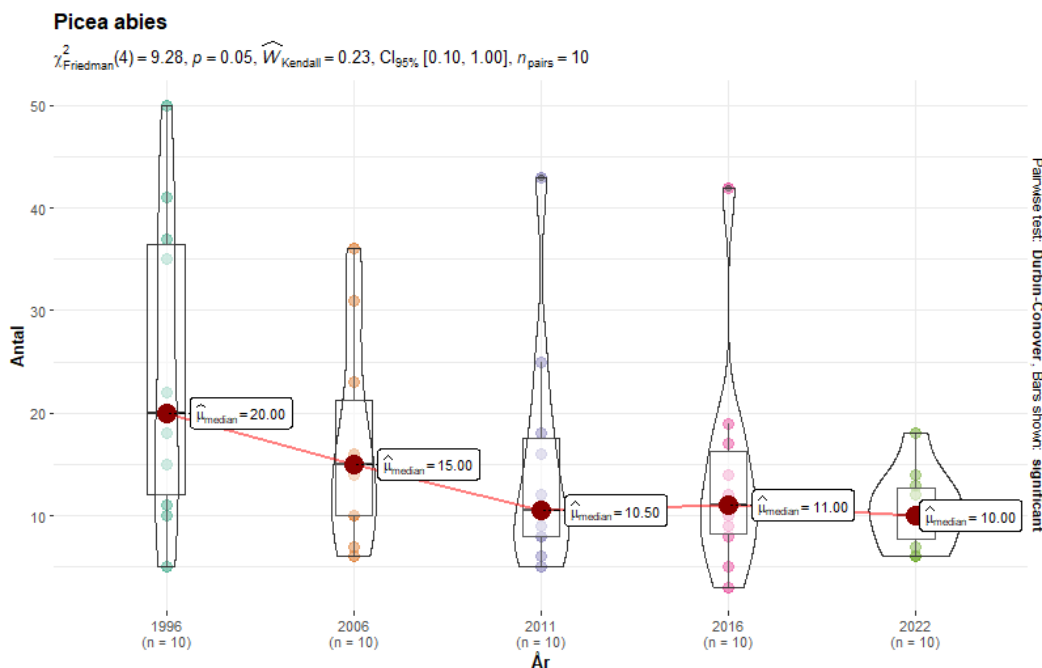
Fagus sylvatica



Figur 12: Fördelning av antalet bokträd > 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

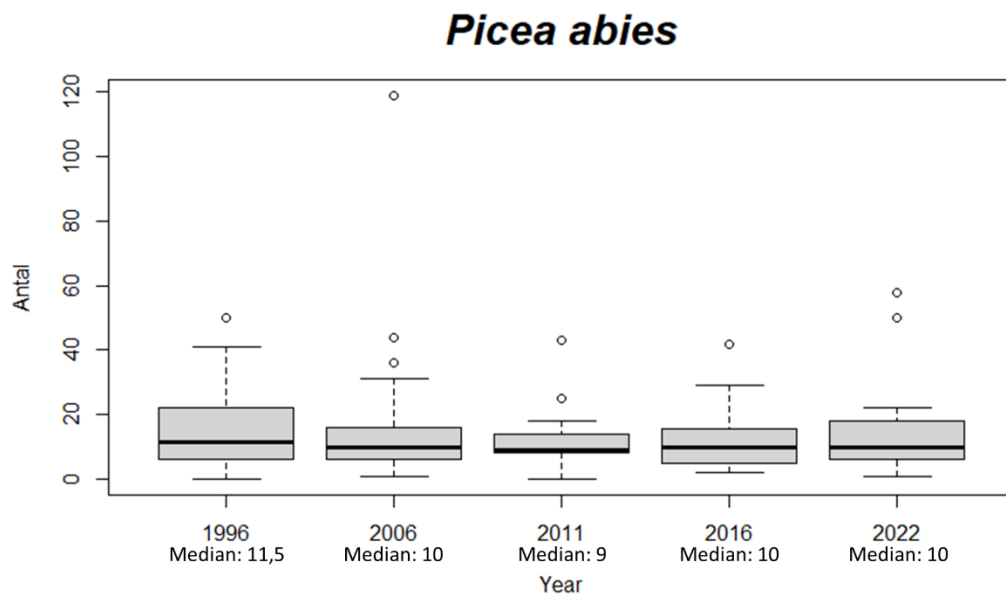
3.2.4 Gran < 5 cm DBH

För gran mindre än 5 cm DBH finns det en tendens till signifikant minskning i antalet träd per provyta (Friedmans test, $p = 0.05$) för de tio ytor med data från alla inventeringsår, framför allt fram till 2011. Efter det har antalet träd per yta stabiliserats (figur 4). Parvisa tester mellan åren ger dock inga signifikanta skillnader (Figur 4).



Figur 13: Fördelning av antalet granar < 5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes, exklusive de provytor med extremt avvikande värden som korrigerats för att få ett mer tillförlitligt resultat. Y-axeln visar antalet granar och x-axeln visar inventeringsåren.

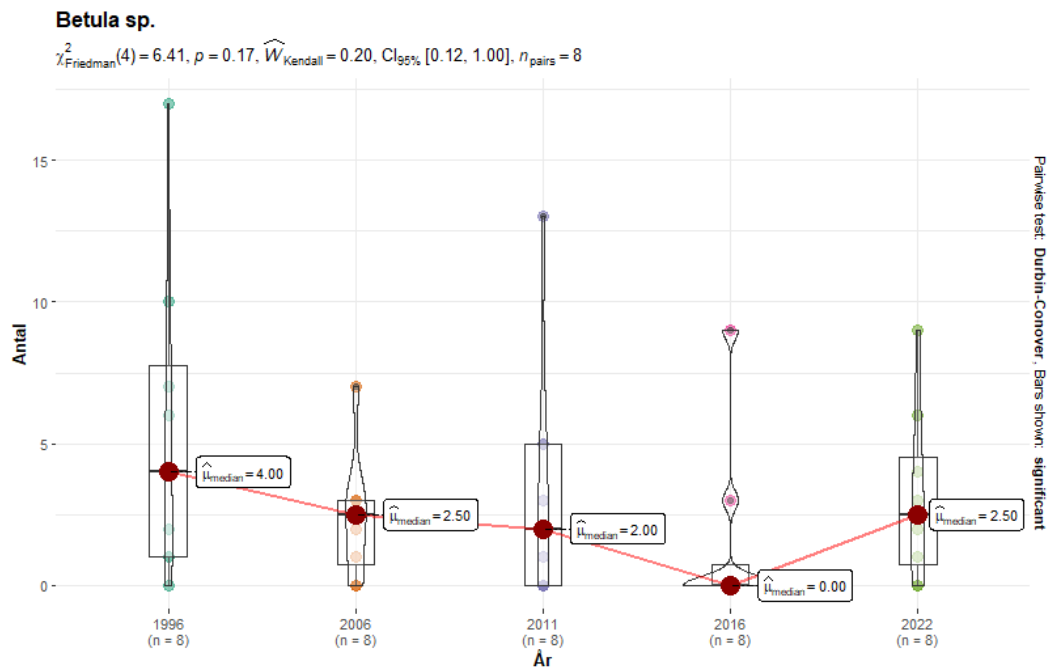
Det har inte skett en ökning av medianen av antalet granar per provyta, sett till samtliga inventerade provytor (figur 14), vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 13) på det urval av ytor med data från alla år. Medianen för provytorerna som användes i Friedmans test var högre åren 1996 och 2006 än vad medianen för samtliga provytor var de åren.



Figur 14: Fördelning av antalet granar < 5 cm DBH i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

3.2.5 Björk < 5 cm DBH

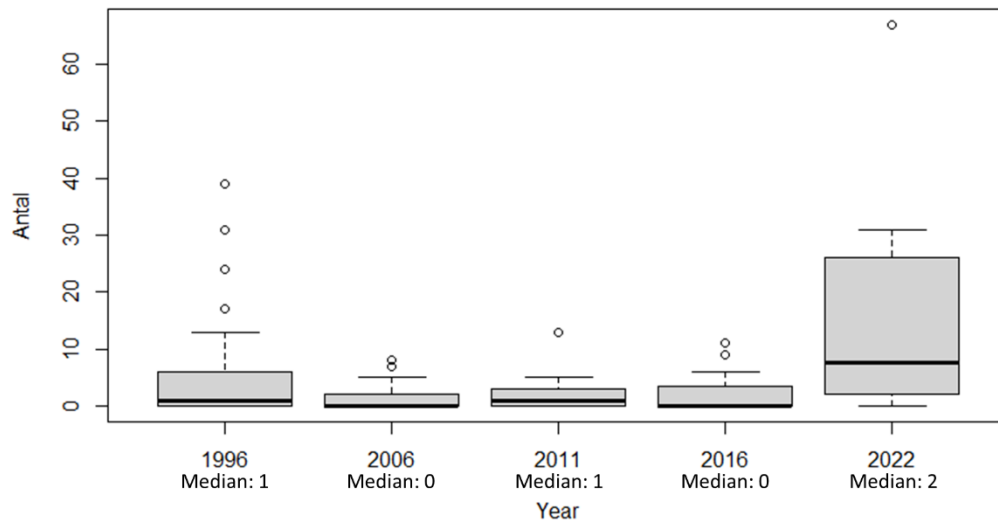
Det finns inga signifikanta förändringar i antalet träd per provyta för björk mindre än 5 cm DBH (Friedmans test, $p = 0.17$), för de åtta ytor med data från alla inventeringsår. Parvisa tester mellan åren ger inte heller några signifikanta skillnader men det finns en tendens till en ökning mellan de senaste två inventeringarna (Figur 15).



Figur 15: Fördelning av antalet <5 cm DBH i det urval av trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes, exklusive de provytor med extremt avvikande värden som korrigerats för att få ett mer tillförlitligt resultat. Y-axeln visar antalet björkar och x-axeln visar inventeringsåren.

Sett till samtliga inventerade ytor har det skett en ökning i medianvärdet för antalet björkar per provyta efter störningarna och framför allt vid den senaste inventeringen (figur 16), vilket stämmer överens med resultatet av Friedmans test på det mindre urvalet av provytor (figur 15).

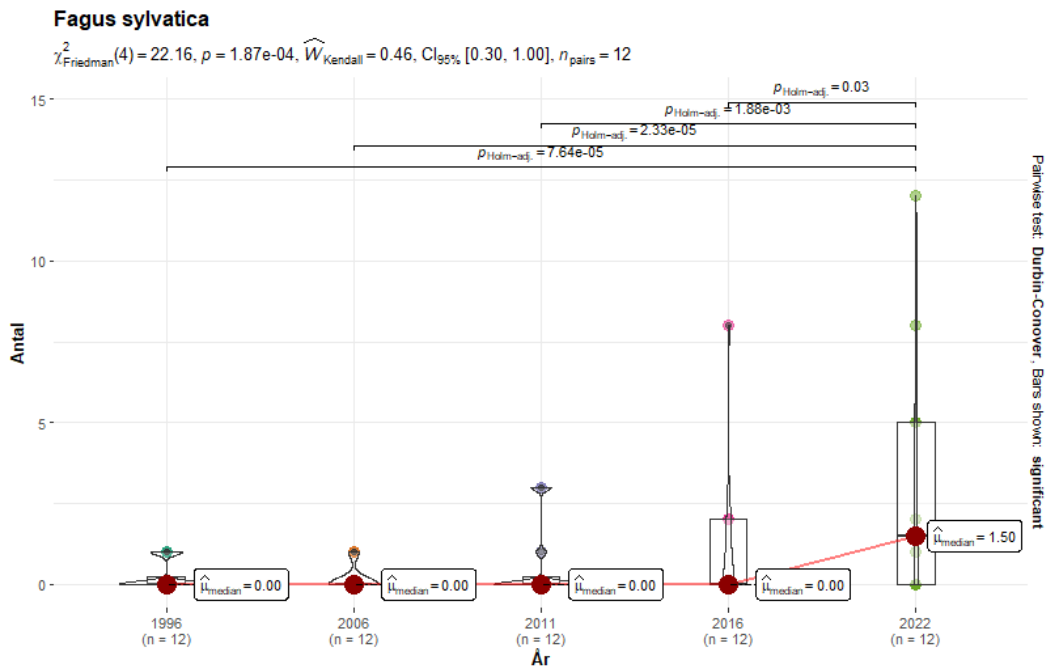
Betula



Figur 16: Fördelning av antalet björkar <math>< 5\text{ cm DBH}</math> i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

3.2.6 Bok < 5 cm DBH

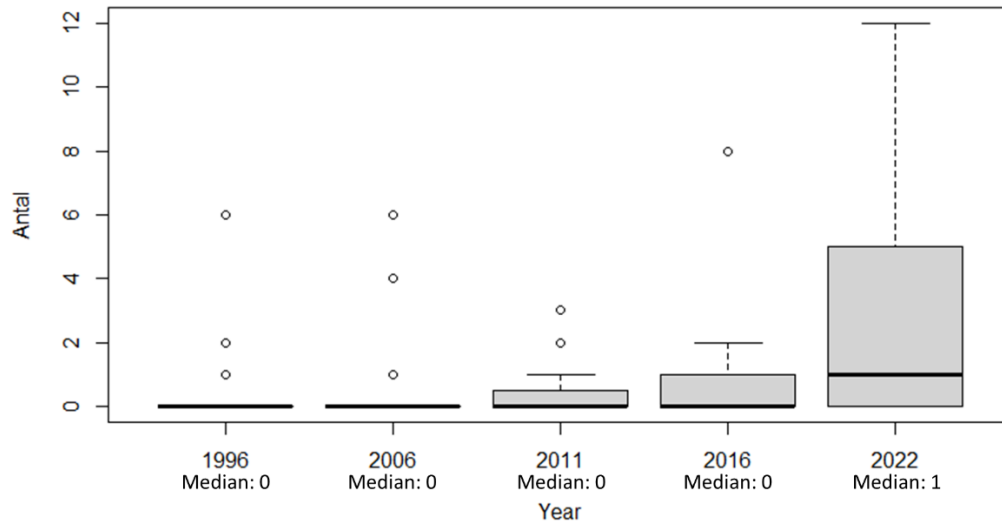
För bok mindre än 5 cm DBH finns det en signifikant ökning i antalet träd per provyta (Friedmans test, $p = 1,87e-04$) för de 12 ytor med data från alla inventeringsår. Parvisa tester mellan åren visar signifikant ökning år 2022 jämfört med respektive av de övriga inventeringsåren (Figur 17).



Figur 17: Fördelning av antalet bokträd < 5 cm DBH i de 12 trädytor som inventerats samtliga år inventeringen genomfördes. Y-axeln visar antalet bokträd och x-axeln visar inventeringsåren.

En ökning av medianen av antalet bokträd per provyta för den senaste inventeringen har skett, sett till samtliga inventerade provytor (figur 18). Detta stämmer överens med urvalet av ytor med data från alla år som användes till Friedmans test (figur 17). Medianen för provytor som användes för Friedmans test var samma som medianen för samtliga inventerade provytor, förutom sista inventeringen som var något högre för Friedmantestet.

Fagus sylvatica



Figur 18: Fördelning av antalet bokträd <math>< 5\text{ cm DBH}</math> i samtliga tillgängliga trädytor. Y-axeln visar antalet träd och x-axeln visar inventeringsåren.

4. Diskussion

4.1 Vegetationsytor

Data som kom från vegetationsytorna gav svårtolkade resultat. Detta beror dels på att det saknades data från år 1996 och 2001 vilket innebär att det inte finns någon referensdata för hur mycket småträd, lägre än 50 cm, det fanns innan störningarna, dels på att metodiken för inventering av markvegetation inte fungerar för skattning av antalet småträd.

För gran visar resultatet från ANOVA och de parvisa testerna både signifikant ökning och minskning av täckningsgraden (figur 4). Därför går det inte att se någon tydlig trend för hur mängden granar lägre än 50 cm utvecklats efter störningarna. Detta stödjer hypotesen om att det inte skulle ske någon etablering av gran efter störningarna.

För björk visar varken ANOVA eller de parvisa testerna någon signifikant förändring av täckningsgraden (figur 5), vilket går emot hypotesen om att björk skulle öka efter störningarna.

För bok visar ANOVA att det skett en signifikant förändring av täckningsgraden, och de parvisa testerna visar att täckningsgraden av bok ökat signifikant mellan år 2006 och 2022 (figur 6). Detta styrker hypotesen om en expansion av bok.

Eftersom täckningsgraden i vegetationsytorna anges i procent, där varje procent är 1 m^2 , innebär det att det inte går att få så noggranna resultat. En procent kan utgöra så lite som mindre än 1 cm^2 eller så mycket som 9999 cm^2 , vilket i praktiken kan vara en förändring på tiotals småträd som inte syns när täckningsgrad och inte antal används som abundansmått. Det kan därför ha förekommit signifikant förändring av antalet träd som inte syns i resultatet, samt att den förändring som visades vara signifikant i resultatet kan ha varit betydligt större än vad som framgick.

4.2 Trädytor

4.2.1 Träd ≥ 5 cm DBH

För gran har det skett en signifikant minskning av antalet träd efter år 2006 (figur 7), vilket visar hur granarna har drabbats av barkborreangreppet som följde stormen. För björk har det inte skett någon signifikant förändring av antalet träd > 5 cm DBH (figur 9) och inte heller för bok (figur 11).

Resultatet från samtliga tillgängliga provytor för gran (figur 8) indikerar att det skett en minskning av antalet granar > 5 cm DBH, vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 7). Detta tyder på att de 16 provytor som användes för Friedmans test representerar de övriga provytorna väl när gran studeras.

Resultatet från samtliga tillgängliga provytor för björk (figur 10) indikerar ingen signifikant förändring av antalet björkar > 5 cm DBH, vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 9). Detta tyder på att de 16 provytor som användes för Friedmans test representerar de övriga provytorna väl när björk studeras.

Resultatet från samtliga tillgängliga provytor för bok (figur 12) indikerar att det skett en ökning av antalet bokträd > 5 cm DBH år 2022, vilket skiljer sig från resultatet från Friedmans test (figur 11). Dock är denna ökning mycket liten, vilket tyder på att de 16 provytor som användes för Friedmans test representerar de övriga provytorna väl när bok studeras.

Att inga signifikanta ökningar av antalet träd > 5 cm DBH skett är rimligt eftersom det kan ta många år för träd att nå den storleken, vilket innebär att effekterna av störningar eller annan påverkan inte visar sig i förrän flera år senare. För att kunna se effekten i dessa träd behövs därför data från framtida inventeringar. En utveckling av detta hade kunnat vara att undersöka diameterutvecklingen hos dessa träd, för att undersöka hur tillväxten av redan etablerade träd påverkades av störningarna.

De ytor som drabbats hårdare av störningarna har inte kunnat inventerats på grund av de många lagren fallna träd som gjort terrängen mycket svårframkomlig, vilket innebär att dessa inte inkluderats i studien. I dessa ytor har det skett en betydlig minskning i antalet träd och i många ytor finns det inga kvarvarande levande träd grövre än 5 cm DBH (U. Grandin, pers. obs.).

4.2.2 Gran < 5 cm DBH

Vid undersökningen av träd < 5 cm DBH visade det sig att det inte skett någon signifikant ökning av antalet granar (figur 13), vilket stödjer hypotesen om att det inte skulle ske någon etablering av granar efter störningarna.

Resultatet från samtliga tillgängliga provytor (figur 14) indikerar att det inte skett en ökning av antalet granar i samtliga inventerade provytor, vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 13). Detta tyder på att de 10 provytor som användes för Friedmans test representerar de övriga provytorna väl när gran studeras.

Unga granar hade kunnat gynnas av de öppna ytor som skapades när de äldre granarna fallit, eftersom gran är en skogskolonisatör vars yngre stadier associeras med öppna ytor (Petrokas et al. 2020). Eftersom det trots det inte skett någon etablering av gran får vi leta efter någon annan förklaring för den långsamma etableringen. En studie genomförd av Suchockas (2022) visade hur granfrön har förmågan att spridas längre sträckor men att de vanligtvis sprids närmare trädet de kommer från. Studien visade att 30% av granfrön faller till marken direkt under granen och endast 2,9% av fröna sprider sig så långt som 110 m från källan. Majoriteten av fröna spreds 20-30 m från trädet de kom ifrån, vilket ungefär motsvarar trädets höjd. Detta visar att trots att granarnas förmåga att sprida sina frön längre sträckor gör de inte det vanligtvis, vilket kan förklara varför etableringen av nya granar går långsamt när det finns få vuxna granar på plats som mer effektivt kan sprida frön.

4.2.3 Björk < 5 cm DBH

Det har inte skett någon signifikant ökning av antalet björkar (figur 15), vilket går emot hypotesen om att antalet björkar skulle öka efter störningarna. Eftersom björkar är gläntkolonisatörer som gynnas av öppna ytor (Petrokas et al. 2020) och blottlagd jord (Otoda et al. 2013) är det troligt att de skulle öka i antal på de platser där granar fallit och gett möjlighet till etablering av nya björkar. Eftersom det inte varit möjligt att inventera de provytor där det fallit flest granar saknas det data från de provytor med störst potential för ett ökat antal nya björkar.

Resultatet från samtliga inventerade provytor (figur 16) tyder på ett ökat antal björkar efter störningarna, vilket skiljer sig från resultatet av Friedmans test (figur 15). Detta tyder på att de 8 provytor som användes för Friedmans test inte representerar de övriga provytorna särskilt väl när björk studeras.

I en studie genomförd av Otoda (et al 2013) undersöktes regenerationen av björk i störda och ostörda områden. Resultatet visade att regenerationen var hög i de

områden som utsattes för återkommande störningar, medan regenerationen var låg i de ostörda områdena. Detta skiljer sig från resultatet från IM-området i Aneboda, vilket tyder på att mitt resultat angående björk är påverkat av den ofullständiga inventeringen. De som inventerat vittnar också om en kraftig etablering av björk i hela skogen (U. Grandin, per. com.), så de få provytor som vi har data från alla inventeringsår är med största sannolikhet avvikande jämfört med skogen som helhet vad gäller björk.

4.2.4 Bok < 5 cm DBH

Det har skett en signifikant ökning av antalet bokträd år 2022 jämfört med de övriga inventeringsåren (figur 17), vilket stödjer hypotesen om att en expansion av bok skulle följa störningarna. Man bör dock beakta att det bara skett en signifikant ökning det senaste inventeringsåret och att denna ökning är blygsam. Bokträd är skogskonkurrenter som har mest effektiv återväxt i skugga (Petrokas et al. 2020), och björkarna kan vara en förklaring för expansionen av bok, eftersom björkarna ger den skugga bok beköper. Det är också relevant att återuppta inventeringen av de provytor som inte kunnat inventeras, för att se om ökningen av antalet bokträd även förekommer där.

Expansionen av bok skulle kunna vara början på ett regimskifte från en grandominerad till en bokdominerad skog men det går inte att avgöra i nuläget, eftersom det är för tidigt i processen. För att få ett mer tillförlitligt resultat om huruvida ett regimskifte inletts bör man fortsätta bevakningen av IM-området för att se hur träden konkurrerar när de blir större, samt se hur den fortsatta nyetableringen blir. Om ett regimskifte har inletts tyder detta på att resiliensen av skogen i IM-området i Aneboda var för låg för att återhämta sig från störningarna.

Resultatet från samtliga provytor (figur 18) tyder på en expansion av bok, vilket stämmer överens med resultatet från Friedmans test (figur 17). Detta tyder på att de 12 provytor som användes för Friedmans test representerar de övriga provytorna väl när bok studeras.

4.3 Slutsats

Resultatet från denna studie tyder på att det skett en begränsad etablering av gran och björk, men att det skett en expansion av bok, vilket kan vara början på ett regimskifte. Dock är det svårt att veta hur väl dessa resultat representerar hela beståndet, eftersom data från de provytor som påverkats mest av störningarna saknas.

Referenser

Angeler, D; Allen, C (2016). Quantifying resilience. *Journal of Applied Ecology*. 53 (3), 617-624. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12649>

Bevans, R (2020). ANOVA in R A Complete Step-by-Step Guide with Examples. <https://www.scribbr.com/statistics/anova-in-r/> [2023-06-12]

Hasenkamp, N; Ziegenhagen, B; Mengel, C ; Schulze, L; Schmitt, HP; Liepelt, S (2011). Towards a DNA marker assisted seed source identification: a pilot study in European beech (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Forest Research*. 130 (4), 513-519. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-010-0439-3>

International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems, ICP IM (2022). *Manual for Integrated Monitoring*. Edition 7. The Swedish University of Agricultural Sciences. Available from <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/integrated-monitoring/monitoring-manual/>

Lazarus, E; McGill, B (2014). Pushing the Pace of Tree Species Migration. *PLOS ONE*. 9 (8), e105380. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105380>

Lindahl, L; Lindh, U (2012). *Kvantitativ Biologi*. Första upplagan, Stockholm: Liber AB

Liu, Z (2022). A global view of observed changes in fire weather extremes: uncertainties and attribution to climate change. *Climatic Change*. 173 (1-2), 14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-022-03409-9>

Löfgren, S; Grandin, U; Stendera, S (2014). Long-term effects on nitrogen and benthic fauna of extreme weather events: Examples from two Swedish headwater streams. *Ambio*. 43 (SI), 58-76. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-014-0562-3#Sec2>

Macarthur, R; Wilson, E (2001). The Theory of Island Biogeography. Första upplagan, Princeton: Princeton University Press.

Mauri, A; Girardello, M; Forzieri, G; Manca, F; Beck, P; Cescatti, A; Strona, G (2023). Assisted tree migration can reduce but not avert the decline of forest ecosystem services in Europe. *Global Environmental Change*. 80, 102676. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102676>

NASA (u.å.). World of Change: Global Temperatures. <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures> [2023-05-30]

Otoda, T; Sakamoto, K; Hirobe, M; Undarmaa, J; Yoshikawa, K (2013). Influences of anthropogenic disturbances on the dynamics of white birch (*Betula platyphylla*) forests at the southern boundary of the Mongolian forest-steppe. *Journal of Forest Research*. 18 (1), 82-92. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1007/s10310-011-0324-z?journalCode=tjfr20>

Packham, J; Thomas, P; Atkinson, M; Degen, T (2012). Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology*. 100 (6), 1557-1608. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2012.02017.x>

Patil, I. (2021). Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 3167, doi:10.21105/joss.03167

Pereira, DG; Afonso, A; Medeiros, FM (2015). Overview of Friedman's Test and Post-hoc Analysis. 44 (10), 2636-2653. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03610918.2014.931971>

Petrokas, R; Baliuckas, V; Manton, M (2020). Successional Categorization of European Hemi-boreal Forest Tree Species. *Plants-basel*. 9 (10), 1381. <https://doi.org/10.3390/plants9101381>

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 4.2.3. R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österrike. <https://www.R-project.org/>

SLU Artdatabanken (2023) Bok. <https://artfakta.se/artinformation/taxa/220778/detaljer> [2023-06-22]

Suchockas, V. (2002). Dispersal of Norway spruce and Scots pine seeds from the forest edge. *Miskininkyste*, 81–88

UNECE (u.å.). *Air*. <https://unece.org/environmental-policy-1/air> [2023-05-30]

Zematis, P; Gil, W; Wojcicki, A; Borowski, Z (2019). Importance of stand structure and neighborhood in European beech regeneration. *Forest Ecology and Management*. 448 (117648), 57-66.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112719304281?via%3Dihub>

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. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

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

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.