



Självföryngring i stickvägar – en analys av väderstreckens påverkan

*Natural regeneration in strip roads – analyzing
the influence of aspect*

VILHELM ROMAN



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2025:03

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Självföryngring i stickvägar – en analys av väderstreckens påverkan

Natural regeneration in strip roads – analyzing the influence of aspect

Vilhelm Roman

Handledare: Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2025

Omslagsbild: En stickväg med öst-västlig kompassriktning. Foto: Vilhelm Roman

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2025:03

Nyckelord: Ljustillgång, luckhuggning, hyggesfritt skogsbruk



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Adaptivt och intelligent brukande av skogen kräver god förståelse för ekologi kopplat till självföryngring, där ljus kan vara en avgörande faktor. Många av de naturligt förekommande trädslagen i boreal skog är anpassade till en störningsregim som innebär ofta återkommande samt större kalytor med ett ljusinsläpp till fältskiktet och därigenom de unga trädplantorna. Avsaknaden av detta ljusinsläpp vid hyggesfria skogsbruksmetoder innebär utmaningar, vilka kräver nytänkande och vidare förståelse för att möta.

Syftet med denna studie var att undersöka hur avlånga luckors kompassriktning påverkar ljustillgången och därigenom självföryngringen i upptagna luckor. I studien undersöktes även vilka andra beståndsfaktorer som påverkar plantetablering och tillväxt.

Studien utfördes på tio bestånd i Västmanland där totalt 100 transekter i stickvägar av nord-sydlig respektive öst-västlig riktning inventerades. Data samlades in om plantantal, trädsdag, stickvägarnas kompassriktning, markförhållanden och beståndsstruktur. Statistiska analyser genomfördes för att testa skillnader i plantetablering och tillväxt beroende på de olika beståndsfaktorerna.

Resultaten visade att både antalet etablerade plantor och deras medelhöjd var signifikant högre i stickvägar med nord-sydlig riktning än i de med öst-västlig riktning. Denna skillnad kvarstod även vid analys av enbart barrträd för planthöjd, men inte för plantantal. Markstörning och fuktiga markförhållanden visade sig också positivt påverka föryngringen.

Studien bekräftar tidigare kunskap om ljusets och markstörningens betydelse men tillför ny förståelse om väderstreckens inverkan på självföryngring. Praktiskt innebär detta att taktisk placering av stickvägar i nord-sydlig riktning kan leda till minskade viltbetesskador och förenkling vid framtida omställningar till hyggesfritt skogsbruk.

Nyckelord: *Ljustillgång, luckhuggning, hyggesfritt skogsbruk*

Abstract

Adaptive and intelligent forest management requires a solid understanding of ecological processes related to natural regeneration, where light availability can be a decisive factor. Many tree species naturally occurring in boreal forests are adapted to a disturbance regime that involves frequent and large canopy openings, allowing light to reach the ground layer and thereby support young seedlings. The absence of such light in continuous cover forestry presents challenges that demand innovative thinking and a deeper understanding to address.

The aim of this study was to investigate how the aspect (orientation) of elongated canopy gaps affects light availability and thus natural regeneration. Additionally, the study examined which other stand factors influence seedling establishment and growth.

The study was conducted in ten forest stands in Västmanland, Sweden, where a total of 100 transects in north-south and east-west oriented strip roads were surveyed. Data were collected on seedling density, tree species, strip road aspect (cardinal direction), soil conditions, and stand structure. Statistical analyses were performed to test for differences in seedling establishment and growth based on these factors.

The results showed that both the number of established seedlings and their average height were significantly higher in north-south oriented strip roads compared to those oriented east-west. This difference persisted for conifer height, but not for conifer seedling density. Soil disturbance and moist soil conditions also had a positive effect on regeneration.

The study confirms existing knowledge about the importance of light and soil disturbance, while contributing new insights into how aspect influences natural regeneration. Practically, this implies that placing strip roads in a north-south direction can help reduce browsing damage from wildlife and facilitate future transitions to continuous cover forestry.

Keywords: *light availability, gap cutting, continuous cover forestry*

Förord

Det här kandidatarbetet på 15 hp är det avslutande momentet på Skogsmästarskolan vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och avser ämnet skogshushållning. Rapporten och fältstudierna är utförda under vårterminen 2025.

Jag vill börja med att tacka Markus Steen på Plockhugget för idén att undersöka väderstreckens påverkan på självföryngring. Jag vill också tacka min handledare Back Tomas Ersson för mycket goda råd och hjälp under arbetets gång. Även Sveaskog ska ha ett stort tack för samarbetet och tillgången till beståndsdata.

Avslutningsvis vill jag tacka alla kursare och vänner för gemensamt stöd och påhejning under arbetes gång!

Skinnskatteberg maj 2025

Nils Vilhelm Roman

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 DAGENS SKOGSBRUK	1
1.2 HYGGESFRITT SKOGSBRUK	1
1.2.1 BLÄDNING	1
1.2.2 LUCKHUGGNING	1
1.2.3 ÖVERHÅLLEN SKÄRM	2
1.3 FAKTORER SOM PÅVERKAR SJÄLVFÖRYNGRING I BOREAL SKOG	2
1.4 LJUSTILLGÅNG	2
1.5 LIKNANDE STUDIER AV LJUSETS INVERKAN PÅ SKOGSSKÖTSEL	3
1.6 FRÅGESTÄLLNINGENS NISCH.....	3
1.7 SYFTET	4
2. MATERIAL OCH METOD	5
2.1 VETENSKAPLIG METOD	5
2.2 STUDIENS LOKALER.....	5
2.3 UTRUSTNING FÖR INSAMLING AV DATA	7
2.4 UTPLACERING AV PROVYTOR.....	8
2.5 DATAINSAMLING	10
2.6 DATAANALYS	13
3. RESULTAT.....	14
3.1 TID SEDAN ÅTGÄRD	14
3.2 PLANTETABLERING	14
3.3 TRÄDSLAGSFÖRDELNING	16
3.4 PLANTHÖJD	16
3.5 MARKFUKTIGHET	18
3.6 YTTRELIGARE FÖRYNGRINGSPÅVERKANDE FAKTORER	18
4. DISKUSSION	19
4.1 STUDIENS HUVUDRESULTAT	19
4.2 JÄMFÖRELSE MED BEFINTLIG KUNSKAP	19
4.3 FÖRKLARA DEN NYA KUNSKAPEN.....	19
4.3.1 DET OMGIVANDE BESTÅNDET.....	20
4.4 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER.....	20
4.5 REKOMMENDATIONER	21
4.6 SLUTSATSER.....	21
REFERENSER.....	22
BILAGOR	25

BILAGA 1: INVENTERINGSBLANKETT FÖR INVENTERING AV TRANSEKTER OCH CIRKELYTOR.	25
BILAGA 2: KARTOR ÖVER SAMTLIGA BESTÅND MED RELEVANTA STICKVÄGAR UTMÄRKTA	26
BILAGA 3. STATISTISKA BERÄKNINGAR	35
BILAGA 4. YTTERLIGARE DATA, SAMBANDET MELLAN FÖRYNGRINGEN I PLANT/HA OCH BONITETEN, STAMANTALET, STICKVÄGSBREDDEN OCH GRUNDYTAN.	39

1. Inledning

1.1 Dagens skogsbruk

Trakthyggesbruket har länge varit och är idag fortfarande den dominerande formen av skogsbruk i Sverige (Skogsstyrelsen 2024). Detta är den skogsbruksmetod som producerar den största möjliga mängden råvara (Appelqvist et al. 2021). Denna massproduktion av råvara var också skogsvårdslagens huvudsakliga mål fram till 1993 (Enander 2009). I kontrast till detta fokuserar dagens skogsvårdslag på att uppnå en jämvikt mellan ekonomiska, sociala och ekologiska mål, i detta arbete är det hyggesfria skogsbruket ett viktigt verktyg (Appelqvist et al. 2021). Hyggesfritt skogsbruk spelar en viktig roll i denna strävan efter balans, då det kan bidra till att upprätthålla sociala värden genom att sprida skogsbruksåtgärder över tid och skapa en mer kontinuerlig skogsmiljö (Appelqvist et al. 2021). Det kan också i vissa fall vara ekonomiskt fördelaktigt, särskilt på ståndorter med låg bonitet eller under perioder med höga räntor, då investeringskostnaderna blir lägre i denna form av skogsskötsel (Ersson 2020). Samtidigt anses en kombination av både trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk vara det bästa för att gynna biologisk mångfald och därigenom de ekologiska målen (Sonesson et al. 2017).

1.2 Hyggesfritt skogsbruk

1.2.1 Blädning

Blädningsbruk syftar till att bevara en sluten skog genom återkommande uttag av enskilda träd utan att skapa öppna ytor (Appelqvist et al. 2021). Detta kräver en kontinuerlig föryngring med skuggtåliga träd, så kallade sekundärträdslag. I Sverige handlar det främst om Gran (*Picea abies*) och Bok (*Fagus sylvatica*), där gran dominerar då bok främst finns i södra delen av landet (Andersson et al. 2017). Granen gynnas av visst ljusinsläpp men kan även utvecklas under skuggiga förhållanden, vilket ibland främjar föryngring genom minskad konkurrens (Erefur et al. 2008; Dyderski et al. 2018).

1.2.2 Luckhuggning

Luckhuggning är hyggesfritt skogsbruk där små ytor (max 0,25 ha) avverkas helt för att gynna ljuskrävande pionjärträdslag (Appelqvist et al. 2021). Dessa inkluderar huvudsakligen Tall (*Pinus sylvestris*), Glasbjörk (*Betula pubescens*), Vårtbjörk (*Betula pendula*) och Asp (*Populus tremula*). Den begränsade ytan har dock trots öppningen en begränsad mängd ljusinsläpp i jämförelse med de traditionella föryngringsytorna som är mycket större. Andra faktorer som också påverkar ljusinsläppet är exempelvis de omgivande trädens höjd, täthet och terrängens lutning. I gynnsamma förhållanden kan mindre luckor fungera, annars kan det krävas större för god föryngring (Erefur 2010).

1.2.3 Överhållen skärm

Överhållen skärm är en hyggesfri metod för pionjärträdslag (Appelqvist et al. 2021). Vid avverkning lämnas fler vuxna träd kvar än vid fröträdsställning, vilket skapar en känsla av kvarstående skog. Dessa träd står kvar i 20–40 år tills den nya generationen ger ett självständigt skogsintryck. Ett mål är att de äldre träden inte längre ska vara synliga i beståndet när ungskogen etablerats.

1.3 Faktorer som påverkar självföryngring i boreal skog

Självföryngring i boreala skogar påverkas av flera miljöfaktorer så som konkurrens mellan växter, temperatur, tillgång på vatten, näringstillgång och ljustillgång (Häggström et al. 2024; Axelsson et al. 2014; Erefur 2010). Vilken faktor som är mest begränsande varierar beroende på ståndortens förutsättningar. I hyggesfritt skogsbruk är ljustillgång ofta avgörande eftersom skugga från mogna träd hämmar fotosyntesen hos de yngre träden som skall bli succesionsgenerationen, särskilt för de arter som har ett stort ljusbehov (Erefur 2010; Häggström et al. 2024). Underjordisk konkurrens från mogna träd är också en betydande begränsning (Häggström et al. 2024). Jordtemperatur påverkar frögroning och rottillväxt, där hyggen erbjuder gynnsammare temperaturer jämfört med skuggade miljöer (Häggström et al. 2024). Vattentillgången är avgörande för alla trädets överlevnad och tillväxt, och dess betydelse blir särskilt framträdande på torra och näringsfattiga jordar där resurser är begränsade (Häggström et al. 2024). Brist på vatten påverkar också näringsupptaget, eftersom vattenflöde är nödvändigt för att transportera näringsämnen så som kväve till plantornas rötter, vilket gör vatten till en kritisk faktor för framgångsrik etablering (Häggström et al. 2024). Alla dessa faktorer i samspel måste beaktas för att optimera självföryngring vid olika former av skogsbruk. Därför krävs strategier som balanserar dessa faktorer, och tar välinformerade beslut gällande avverkningsformer, skogsskötselstrategier och trädslagsval vid föryngring.

1.4 Ljustillgång

Ljustillgången är en viktig faktor för alla former av skogsbruk och begränsas inom de olika metoderna för hyggesfritt skogsbruk (Erefur 2010). Granen kan ha lite skuggning utan att påverkas medan tallen behöver så mycket ljus som möjligt för att få en lyckad föryngring, vid förhållanden där det finns god tillgång av andra begränsande faktorer så som näring och vatten är ljustillgången flaskhalsen för tallens föryngring och tillväxt. (Häggström 2024).

I skogar som befinner sig på nordliga latituder med låga solvinklar påverkas ljustillgången i en lucka av luckans form i förhållande till solen (Promis et al. 2009). Studier har visat mer ljusinsläpp i den norra kanten av luckor och mindre ljusinsläpp i den södra kanten av luckor på den norra hemisfären (He et al. 2023). Ljusinsläppet i den norra kanten har också visat sig vara mer direkt och därigenom ha ett större energivärde (He et al. 2023). Detta innebär att en optimering av hur luckor läggs ut vid luckhuggning skulle kunna öka ljusinsläppet och därigenom stärka föryngringen. Det innebär också en möjlighet att styra hur stickvägar läggs ut vid blädning för att öka eller minska ljusinsläppet vid olika målbilder.

1.5 Liknande studier av ljusets inverkan på skogsskötsel

En tidigare studie (Promis et al. 2009) har sett till ljusinsläppet i fyrkantiga luckor och sett bäst ljusförhållanden i mitten, näst bäst i den nordliga kanten och sämst i den södra kanten. Enligt Erefur et al. (2008) behöver tallen mer tillgång till ljus för att lyckas med sin föryngring. Dessutom visar Häggström et al. (2024) att sämre ljustillgång inte kan kompenseras för genom en förbättrad näringstillgång utan att ljuset är ett grundläggande krav, vid god ljustillgång blir dock andra faktorer begränsande. En annan studie (Dyderski et al. 2018) visar att naturligt föryngrad gran vill ha lite skuggning och inte helt öppet för ljusinsläpp då lite skuggning förminskar konkurrerande växtlighet. I studien av Dyderski et al. (2018) visades en högre täthet av självföryngrade granplantor i måttligt skuggade förhållanden än i helt öppna så som på hyggen. Drössler et al. (2017) utförde en studie som visade en ökad självföryngring i upptagna luckor, främst av vårtbjörk (*Betula Pendula*) som är ett pionjärträdslag aktuellt vid luckhuggningar. He et al. (2023) såg ett större ljusinsläpp i den norra kanten av mycket små luckor, 20 - >120 m². Ljuset i den norra kanten var också mer direkt, och man såg en positiv korrelation mellan etableringen av flera trädslag och ljusinsläppet. Man lyfter i He et al. (2023) att rätt utplacerade luckor med rätt storlek kopplat till de ekologiska karaktärsdragen hos önskat trädslag öppnar för optimering av ljustillgång för respektive trädslags tillväxt och föryngring. I Axelsson et al. (2014) dras slutsatsen att konkurrensen under jord har en stor påverkan på föryngringen och därför blir en mycket stor faktor vid etablering av plantor nära andra stående träd, så som i luckor.

1.6 Frågeställningens nisch

En av de viktigaste faktorerna för föryngring av träd är ljustillgången (Häggström et al. 2024). Vid ett hyggesfritt skogsbruk är ljustillgången en av de svårare faktorerna att hålla tillräcklig för föryngringen då det bygger på att träd står kvar i olika konstellationer, vilket innebär beskuggning (Appelqvist et al. 2021). Att optimera ljustillgången vid de olika hyggesfria metoderna är därför av intresse för att säkra och stärka föryngringen (Erefur 2010).

Eftersom solens instrålning varierar över olika delar av luckor bör luckornas form påverka den totala ljustillgången (He et al. 2023). Enligt Promis et al. (2009) är ljustillgången i den norra hemisfären större i de nordliga kanterna än i de södra, vilket troligen beror på att träden på den södra kanten skuggar luckan vid låga solvinklar när solen lyser söderifrån. Detta skulle i förlängningen innebära att avlånga luckor från norr till söder skulle ha ett högre totalt ljusinsläpp än kvadratiska luckor som i sin tur skulle ha ett högre totalt ljusinsläpp än avlånga luckor från öst till väst. Ett extremfall av avlånga luckor är stickvägar. Vid litteratursökning återfinns det inga studier som har undersökt skillnaden mellan föryngring i stickvägar som sträcker sig i nord-sydlig kontra öst-västlig riktning.

1.7 Syftet

Syftet med studien är att undersöka påverkan av väderstreck på föryngringsuppkomsten i stickvägar. Ett ytterligare syfte med studien är att undersöka vilka andra bestånds faktorer som påverkar föryngringen i stickvägar.

2. Material och metod

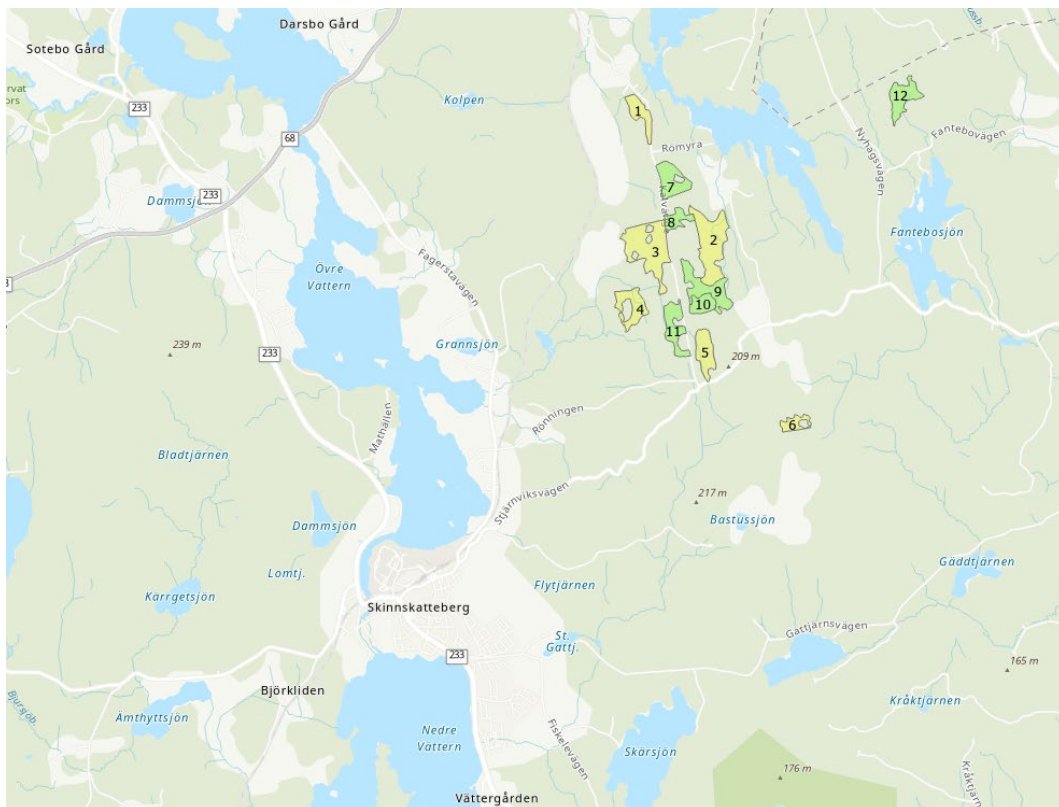
2.1 Vetenskaplig metod

Innan studien påbörjades utfördes en litteraturstudie som såg över de tidigare vetenskapliga studierna inom självföryngring i boreal skog och ljusets påverkan. Detta för att få en bättre förståelse för vilka faktorer som tidigare visat sig stärka eller försvaga självföryngring. Ett annat ändamål var utforska hur väl tidigare studier undersökt möjligheterna att lägga ut luckformer baserat på väderstreck för att maximera ljustillgång.

Studien har utförts genom att objektivt utlagda 10 meter långa transekter totalinventerats, och utifrån transekterna har cirkelprovytor systematiskt lagts ut för att samla in beståndsdata. I transekterna har data om föryngringen samt de relevanta markförhållandena samlats in medan beståndsdata som beskriver de stående skogarna har samlats in i cirkelprovytorna.

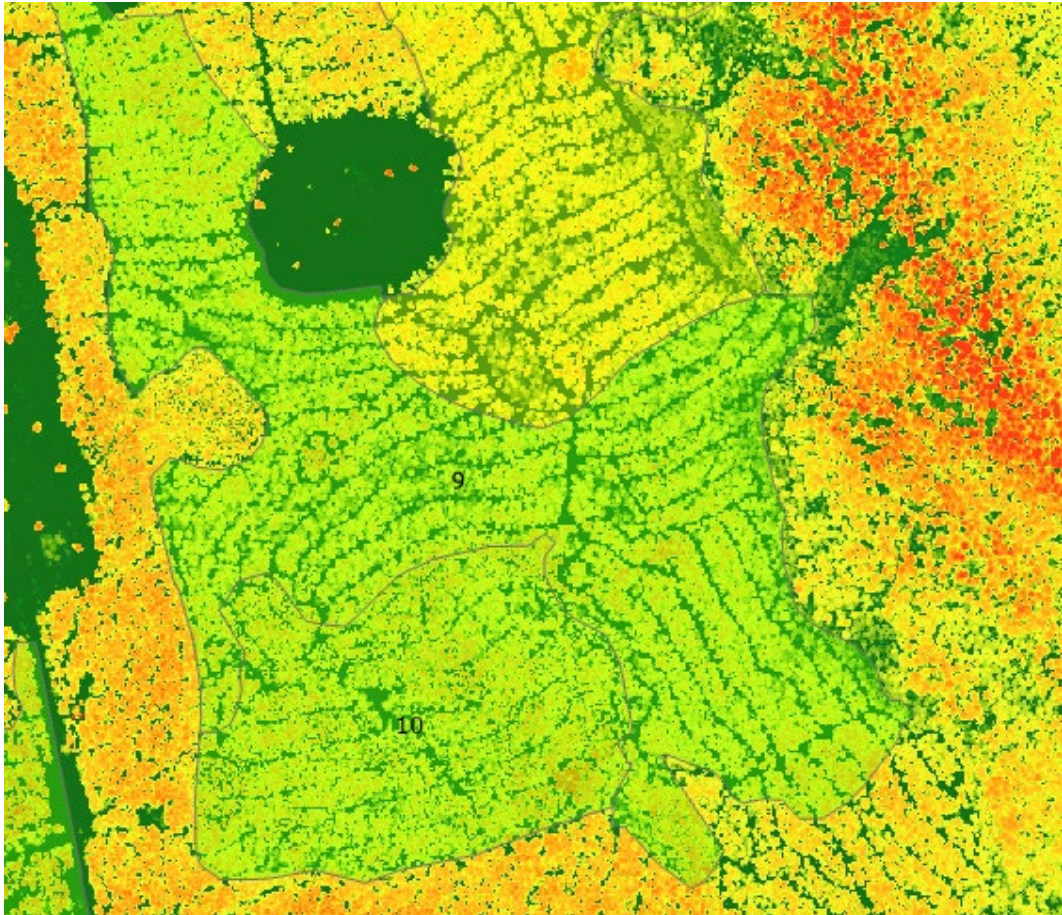
2.2 Studiens lokaler

Studien har utförts på 10 olika ståndorter inom Västmanland, strax nordöst om Skinnskatteberg (Figur 1). Skogsområdet ligger på latitudgrad 59 och är beläget ungefär 165 meter över havet.



Figur 1. Beståndens placering i förhållande till Skinnskatteberg, Västmanland. Bestånd 1-5 och 6-11 inventerades, och bestånd 6 och 12 var reservbestånd som inte ingick i studien. Beståndens omnummerades sedan för att vara 1 - 10.

Bestånden valdes ut i samarbete med Sveaskog där man på ortofoton och ett raster baserat på laserdata (Figur 2) kunde urskilja tydliga stickvägar som sträckt sig öst-väst samt nord-syd. Lokalerna har även filtrerats mot bestånd med friska/fuktiga marker för att vara belägna på ståndorter där självföryngrad gran kan anses som huvudstam/önskvärt trädslag.



Figur 2. Ett exempel på en karta baserad på laserdata som användes för att utläsa stickvägarna i bestånden och deras kompassriktning. I detta fall är det bestånd 9 och 10 som visas.

Bestånden hade varierande arealer, ståndortsindex och åldrar (Tabell 1). Även antalet år sedan utförda gallringar varierade mellan bestånden.. Totalåldrarna i de olika bestånden var relativt likartade. Kartorna över samtliga bestånd sparades efter att data hämtats in (Bilaga 2).

Tabell 1. Beståndsdata från samtliga tio bestånd inhämtade ur Sveaskogs register. SI står för ståndortsindex, ett mått på hur höga olika trädslag blir på ståndorten efter ett visst antal år. G27 betyder exempelvis att granar kommer att växa till en höjd om 27 meter vid 100 års ålder på ståndorten. TGL står för tall, gran och löv vilket är ett vanligt mått på trädslagsblandning i skogsbruket. En TGL om 244 innebär 20 procent tall, 40 procent gran och 40 procent lövträd i beståndet.

Bestånd	Tid sedan gallring (år)	Ålder (år)	TGL	SI	Medelhöjd (m)	Areal (ha)
1	19	53	244	G27	22	7,6
2	11	47	820	T25	18	23,9
3	7	44	820	T25	17	25,7
4	12	54	351	T24	18	10,5
5	7	47	730	G24	19	10,1
6	15	52	721	T25	18	10,9
7	15	50	820	T27	20	5,2
8	11	46	361	T25	17	13,9
9	12	48	532	T26	16	6,1
10	7	50	262	G28	23	10,5

2.3 Utrustning för insamling av data

Utrustningen som användes för att samla in data var som följer:

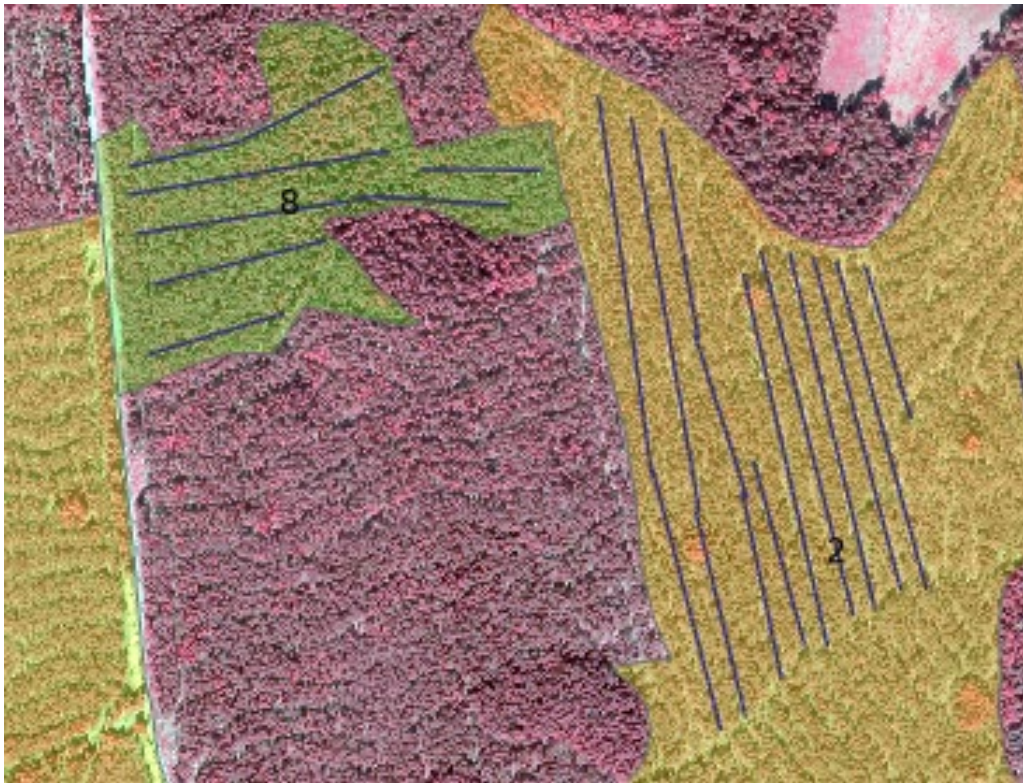
- Måttband, 15 m
- Tumstock för höjdmätning av plantorna (Figur 3)
- Relaskop för grundyttemätningar
- Mobiltelefon för höjdmätning av träd
- Fältblankett (Bilaga 1)



Figur 3. En tumstock användes för att mäta höjden på plantorna. Denna granplanta var ungefär 43 cm hög.

2.4 Utplacering av provytor

För att placera ut transekterna mättes med hjälp av dator och programmet Arcgis den totala stickvägslängden av vägar med subjektivt bedömd kompassriktning relevant för frågeställningen, vilket i praktiken innebar vägar med tydlig nord-sydlig riktning eller tydlig öst-västlig riktning. Detta mättes på bestånden så som visat i Figur 4.



Figur 4. Ett ortofoto över bestånd 8 och 2 där de vägar som är relevanta för frågeställningen märkts ut och deras längd mätts in. Bestånd 8 hade en total relevant stickvägslängd om 1 180 meter medan bestånd 2 hade en total relevant stickvägslängd om 3 150 meter.

Efter att alla relevanta stickvägar valts ut dividerades stickvägarnas totallängd med tio eftersom det skulle vara tio transekter per bestånd. Denna siffra blev då avståndet som det skulle vara mellan centrum av varje transekt (Tabell 2). Den första punkten i alla bestånd blev belagd på ett slumpmässigt framtaget antal meter in på beståndens relevanta stickvägar

Tabell 2. Beståndens totala relevanta stickvägslängd och den därifrån härrörda distansen mellan transektcentrum.

Bestånd	Stickvägslängd (m)	Distans mellan transektcentrum (m)
1	1090	109
2	3150	315
3	1300	130
4	2360	236
5	1490	149
7	1620	162
8	1180	118
9	2180	218
10	1270	127
11	1530	153

Transekternas längd var 10 meter då detta samspelade med Skogsforsks metod för att mäta stickvägsbredd (Bergkvist & Staland 2003). Stickvägsbredden mättes på varje transekt och blev den transektens bredd. Siffrorna för varje transekt

beräknades sedan per ha så differerande areal mellan transekter inte spelade roll. Cirkelprovytorna lades systematiskt ut 10 meter syd om transektcentrum i stickvägarna som gick öst-väst, och 10 meter väst om transektcentrum i stickvägarna som gick nord-syd. Detta gjordes med 90 graders dragning mot transekten för att bibehålla systematisk placering vid varierande kompassriktningar hos stickvägarna.



Figur 5. En typisk stickväg som transekterna lades ut i. Den orangemarkerade staven markerar transektcentrum, som används för att mäta transekterns utsträckning i de olika riktningarna.

2.5 Datainsamling

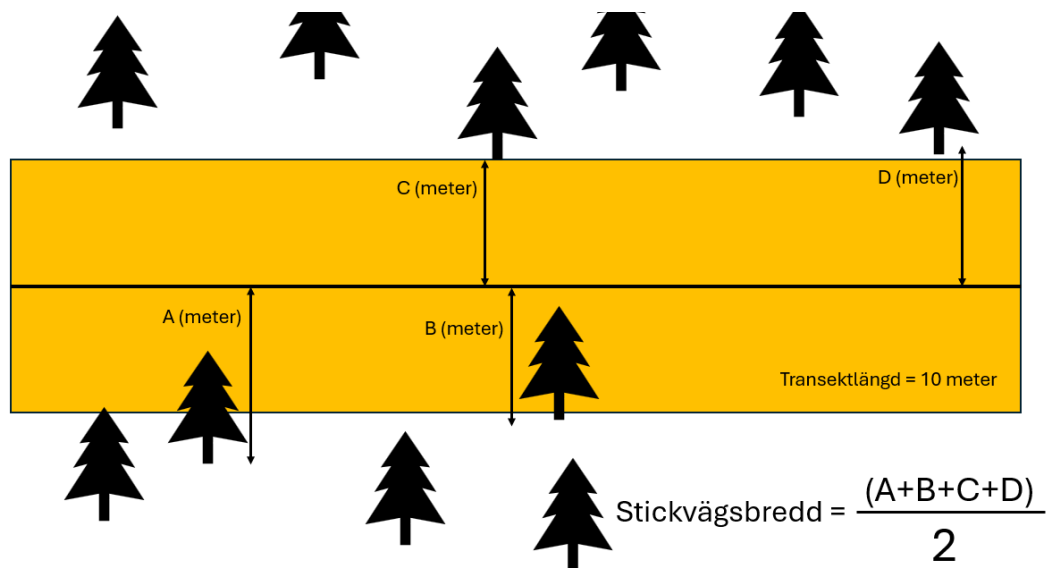
Då markstörning har en inverkan på plantetablering så som lyfts av Karlsson et al. (2017) var detta en faktor som på något vis behövde bedömas i sammanhanget. Att göra en rättvis bedömning mellan markstörningen i bestånd som haft åtgärder så nära i tiden som 7 år sedan mot bestånd som haft åtgärder för 19 år sedan ledde till svårigheter att få en hög upplösning i insamlat data. Därför samlades bara tre mått på markstörning in (Tabell 3). Dessa delades upp i klasser där klass ett var ytor med ingen eller mycket lite störning, klass två områden med störning och klass tre områden med mycket störning. Avgränsningarna var att klass ett bedömdes ha haft maximalt 10 procent av sin yta störd, klass två mellan 10 och 80 procent och klass tre över 80 procent av sin markyta störd.

Tabell 3. Faktorerna som samlades in i de olika provytorna och enheterna de mättes i. Markstörningen mättes in på en skala från 1 till 3.

Faktor	Enhet/Kategori
Totalt antal plantor	Antal
Plantornas höjd	centimeter
Plantornas trädslag	Tall, gran, löv
Markfuktighet	Torr, frisk, fuktig, blöt
Stickvägsbredd	meter
Vegetationstyp	Blå, Lingon, Bredbl, Smalbl, Mark utan fältskikt
Marklutning	Procent
Markstörning	Ej störd (1), Störd (2), Mycket störd (3)
Grundyta	m ² /ha
Övre höjd	meter
Stam/ha	Antal/ha

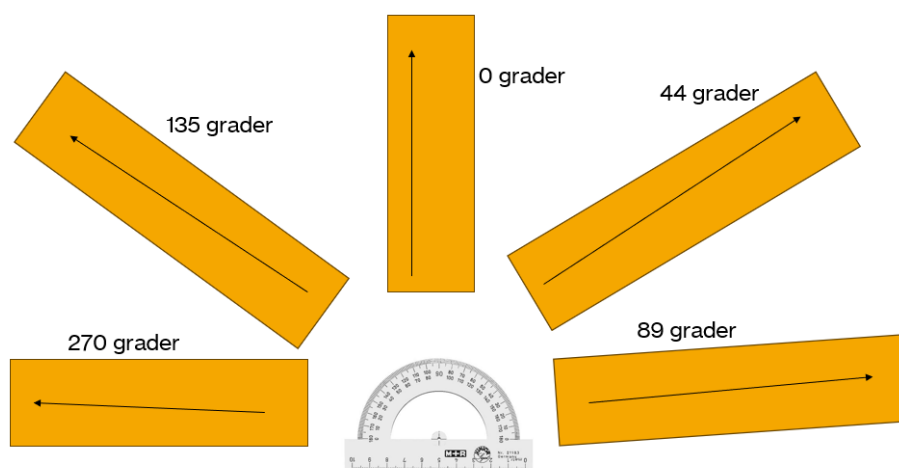
Ståndortsindexet (SI) för de olika bestånden samlades in från Sveaskogs register. För att sedan kunna göra beräkningar och jämförelser mellan bestånd med olika bonitetsvisande trädslag så togs boniteten för alla bestånd fram med hjälp av Skogshögskolans verktyg (Skogskunskap 2025). Eftersom Sveaskogs register ibland registrerat udda SI och Skogshögskolans verktyg bara arbetar med jämna siffror togs ett snitt ut från siffran över och under i de fall rapporterat SI var ett udda tal. Vegetationstypklasserna är hämtade från Skogsstyrelsen (1985).

Stickvägsbredden mättes enligt Skogsforsks metod där avståndet från de två närmaste träden på vardera sida av stickvägen till stickvägens mitt mäts, sedan tas ett medelvärde för att få fram stickvägsbredden (Bergkvist & Staland 2003)(Figur 6).



Figur 6. En illustration över hur stickvägsbredden mäts. På en 10 meter lång del av stickvägen mättes avståndet till stickvägsmitten från de två träderna på vardera sida av stickvägen som stod närmast. Sedan summerades dessa fyra siffror och dividerades med två för att få fram en genomsnittlig stickvägsbredd i transektlängden.

Eftersom marklutningen och dess riktning också kan ha en stor inverkan på ljusinsläppet tack vare solens vinkel (Erefur 2008) samlades även denna data in. Då riktningen i förhållande till väderstrecken är en kontinuerlig variabel och skiljer sig i dess riktning och lutning så fanns det ett behov av att samla in denna data på ett kvantifierbart sätt (Binkley 2008). Detta gjordes genom att vid datainsamlingen benämna stickvägar som var helt lodräta nord-syd 0 grader och vägar som var helt vågräta öst-väst 270 grader, en väg som då hade en lutning mitt mellan dessa två skulle då få ett gradantal om 135 grader. Eftersom vägarna kan luta åt olika håll, alltså sträcka sig österut söderifrån eller västerut söderifrån samlades riktningen in i ett gradantal upp till 89 grader för att även samla in denna variabel (Figur 7).



Figur 7. En illustration över hur gradantalet mäts i stickvägar med olika kompassriktningar där de gula rektanglarna motsvarar stickvägar. Det kan utläsas att vägar mycket nära att vara belagda helt öst-västligt hade ett gradantal nära 270 eller 89 medan vägar som nästan låg helt nord-sydligt hade ett gradantal nära 0.

Gradantalet mättes i varje enskild transekt med hjälp av en syftkompass där 0 grader kunde ställas till att motsvara helt nord-sydlig riktning (Figur 8).



Figur 8. En syftkompass som används för att mäta ut stickvägens kompassriktning.

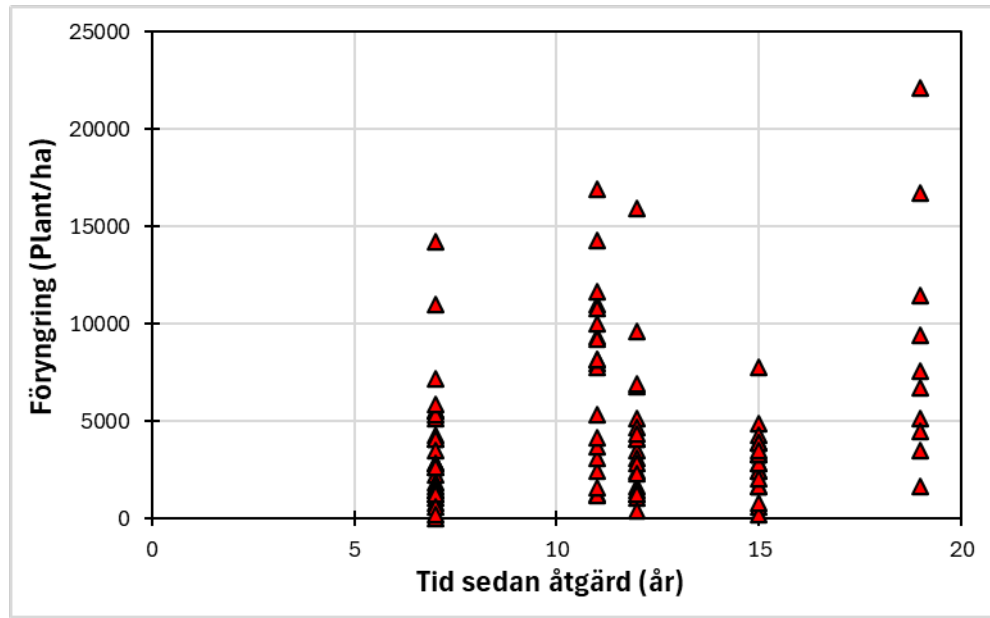
2.6 Dataanalys

Microsoft Excel har använts för att analysera det data som samlats in i fält. Medelplantetableringen för ytor med de två olika kompassriktningarna analyserades med hjälp av hypotesprövningar för att undersöka huruvida statistiskt signifikant skillnad fanns i samplen (Stenhag 2021). Vid datanalis gjordes först ett hypotestest för den lägsta signifikansnivån 95%. Om nollhypotesen kunde förkastas gjordes ytterligare hypotestest med högre signifikansnivå. Samtliga resultat som visade sig vara signifikanta i denna studie uppnådde en signifikans om 99,9%. För att kunna hantera vägnas kompassriktning som två olika behandlingar med syfte att göra hypotesprövningar behandlades stickvägar med 0 ± 45 grader som nord-sydliga stickvägar och vägar med $90 - 45$ eller $270 + 45$ grader som öst-västriga vägar. I analysen blev de faktiska gruppgränserna $0 + 39$ och $0 - 31$ grader för de nordsydliga stickvägarna samt $274 + 24$ och $89 - 21$ grader för de öst-västriga stickvägarna. Efter datainsamlingen visade det sig att endast två ytor hade klassats som mycket störda, varvid dessa slogs ihop med kategorin störd, och bara två klasser (ej störd och störd) analyserades.

3. Resultat

3.1 Tid sedan åtgärd

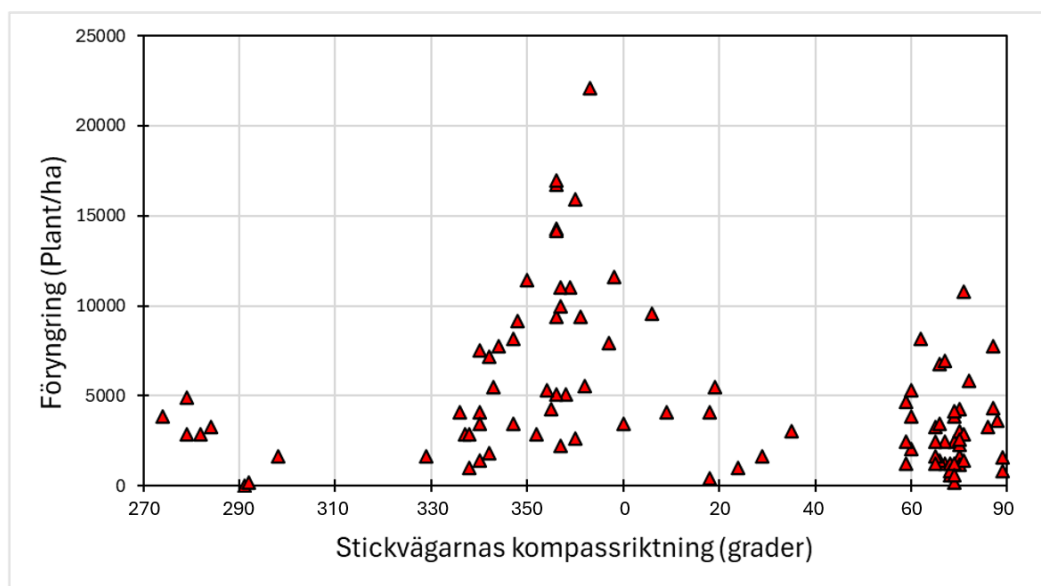
Tiden som hade passerat sedan den senaste skogliga åtgärden utfördes i de undersökta bestånden varierade (Figur 9). Denna variation visade sig inte ha en utläsbar påverkan på plantetableringen i provytorna.



Figur 9. Sambandet mellan etablerade plantor per hektar och tid sedan åtgärd i samtliga provytor. Ingen trend går att utläsa.

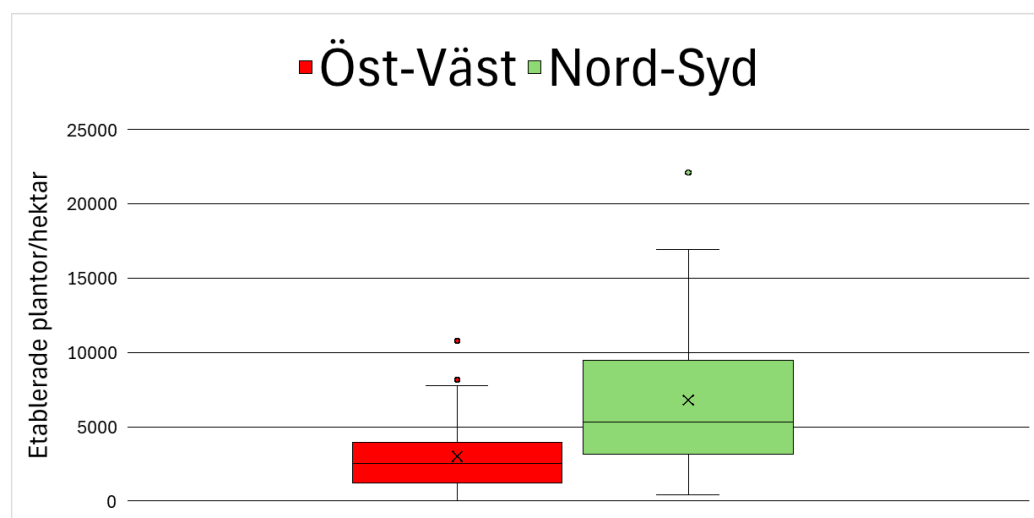
3.2 Plantetablering

Antalet etablerade plant per hektar hade en relativt stor spridning i de olika provytorna (Figur 11). Det fanns en tydlig trend mot fler etablerade plantor i stickvägar närmare nord-sydlig riktning än öst-västlig riktning.



Figur 11. Samtliga provtytor representerade i punkter som visar stickvägarnas kompassriktning vid provtyteplatsen och antal etablerade plantor per hektar i provtyterna. En trend mot ett högre plantantal desto närmare kompassriktningen 0 alltså nord-sydlig riktning, kan utläsas.

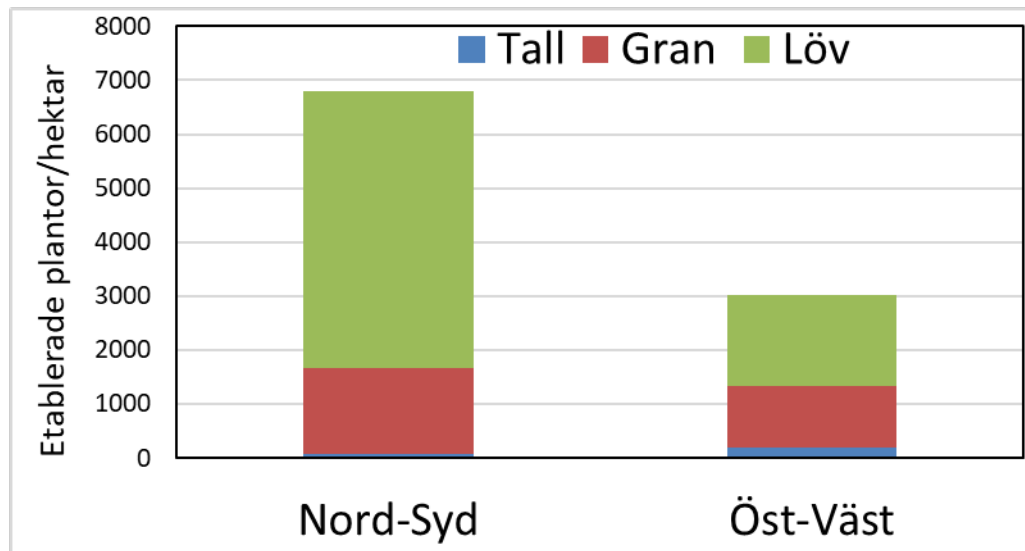
Antalet etablerade plantor var högre i stickvägar med nord-sydlig riktning (totalt 6801 pl/ha) än i stickvägar med öst-västlig riktning (totalt 3016 pl/ha; Figur 12). Skillnaden var till 99,9% signifikant. Dock saknades signifikans mellan väderstrecken för antalet etablerade barrplantor (data ej visad). Se även Bilaga 3 för detaljerat analysförfarande.



Figur 12. En representation av det analyserade datat över plant per hektar vid de olika behandlingarna. Det går att utläsa att det vid nord-sydlig riktning i genomsnitt fanns ungefär 7000 plantor per hektar medan det vid öst-västlig riktning i genomsnitt fanns ungefär 3000 plantor per hektar.

3.3 Trädslagsfördelning

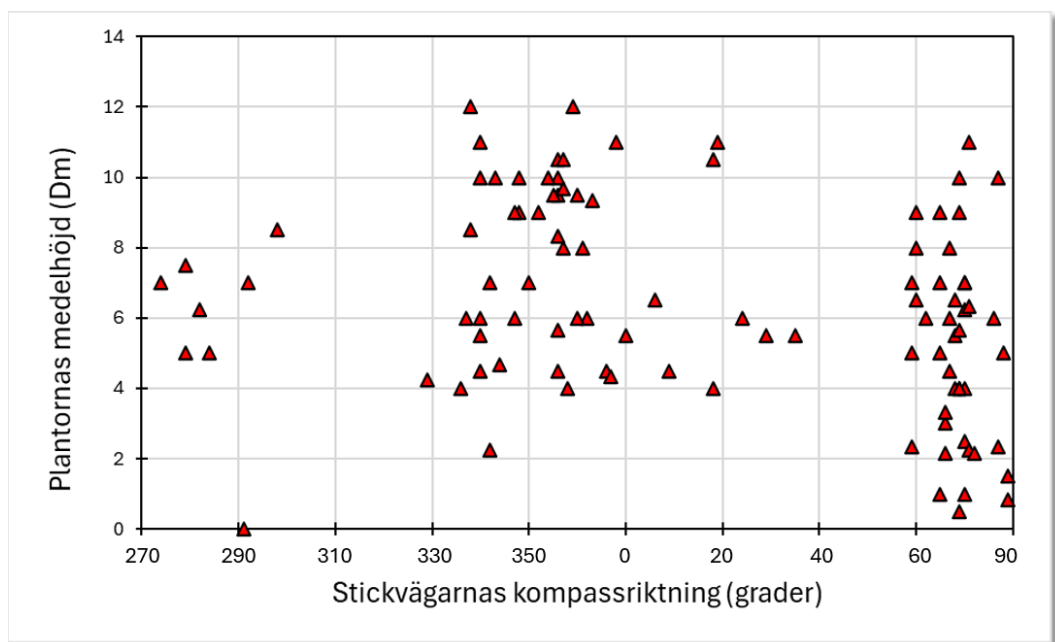
Av de tre insamlade trädslagsvariablerna så var det tall som var mest sällsynt i samplen och löv som var vanligast (Figur 10). Den största skillnaden som fanns mellan väderstrecken var att det i medeltal fanns mer än dubbelt så många etablerade lövplantor i de nord-sydliga stickvägarna än i de öst-västliga (5148 pl/ha vs 1689 pl/ha).



Figur 10. Genomsnittantalet etablerade plantor per hektar i absoluta siffror fördelat på de olika behandlingarna och i de olika trädslagen. För granen var det i medeltal 1574 plantor etablerade i de öst-västliga stickvägarna respektive 1141 etablerade plantor i de nord-sydliga. För tallen var motsvarande siffror 199 i de öst-västliga stickvägarna samt 80 i de nord-sydliga. Begränsningarna för vad som räknades som stickvägar med olika kompassriktningar var 329-39 grader för de nordsydliga stickvägarna samt 270+24 och 89-21 grader för de öst-västliga stickvägarna

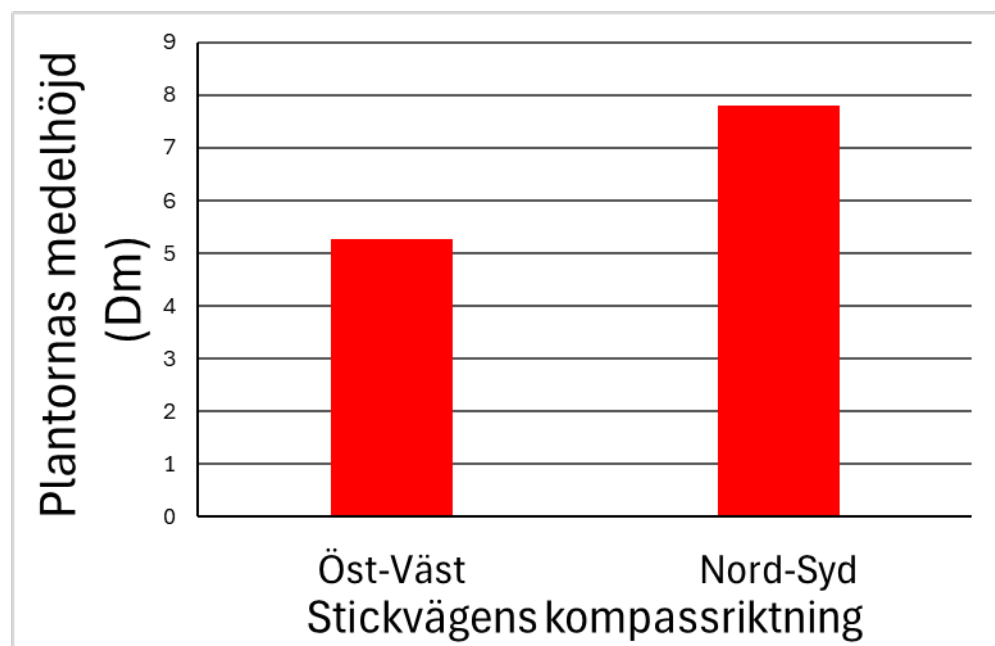
3.4 Planthöjd

I likhet med plantetableringen per hektar så var även datat relativt spritt i hänseende till planthöjd (Figur 13). Även här syntes dock en trend mot högre plantor vid kompassriktningar närmare 0 grader.



Figur 13. Plantornas medelhöjd i de olika provytorna ställt mot stickvägarnas kompassriktningar. En stor spridning kan utläsas, men även en trend mot att plantorna närmre 0 grader var högre.

Vid statistiska test av datat visades att plantorna i nord-sydliga riktningar med 99,9% signifikans hade en högre medelhöjd än plantorna med öst-västliga riktningar. Denna starka signifikans kvarstod även om datat för lövplantorna uteslöts (data ej visad). Medelhöjden för samtliga ytor i de två olika behandlingarna skiljde sig över 2 decimeter (Figur 14). Se även Bilaga 3 för detaljerat analysförfarande.



Figur 14. Plantornas medelhöjd i de olika behandlingarna. Det kan utläsas att plantorna i de nord-sydliga stickvägarna hade en medelhöjd som var mer än två decimeter högre än den hos de öst-västliga stickvägarna.

3.5 Markfuktighet

Markfuktigheten visade sig ha en påverkan på antalet etablerade plantor (Tabell 4). De fuktiga ytorna hade ett högre antal etablerade lövplantor än de friska ytorna med 99,9% signifikans (Bilaga 3). Vid beräkningar rörande skillnaden av etablering för alla trädslag tillsammans eller för enbart barrträdslagen vid olika markfuktighetsgrader fanns inga statistiska signifikanser.

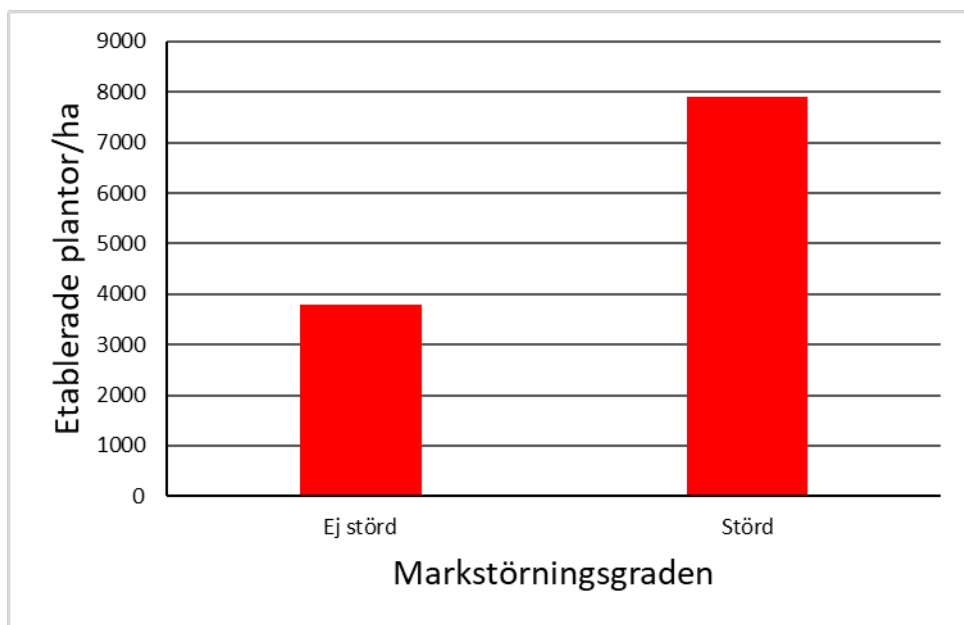
Tabell 4. Medelantalet etablerade plantor per hektar vid de olika graderna av markfuktighet i bestånden. Statistisk signifikans mellan markfuktighetsgraderna finns där antalet stjärnor skiljer sig, så som för antalet etablerade lövplantor (konfidensintervall 99,9%).

Markfuktighets- grad	Antal provytor	Plantor/ha total	Plantor/ha Tall	Plantor/ha Gran	Plantor/ha Löv
Frisk	58	3868*	103*	1527*	2237*
Fuktig	42	6256*	182*	1132*	4941**

3.6 Ytterligare föryngringspåverkande faktorer

De ytterligare föryngringspåverkande faktorerna som undersöktes var markstörning, bonitet, stamantal, grundyta och stickvägsbredd.

Markstörningsfaktorn visade sig ha en stark påverkan på antalet etablerade plantor (Figur 15). Vid statistiska undersökningar visades att provytorna som bedömts störda vid den senaste skogliga åtgärden med 99,9% signifikans hade ett högre medelvärde av etablerade plantor (Bilaga 3).



Figur 15. Antalet etablerade plantor per hektar vid de olika markstörningsnivåerna. Det kan utläsas att de störda ytorna i genomsnitt hade ungefär dubbelt så många etablerade plantor som de ostörda.

Varken boniteten, stamantalet, grundytan eller stickvägsbredden visade sig ha något samband med plantetableringen i detta arbete. Data för dessa finns redovisat i Bilaga 4.

4. Diskussion

4.1 Studiens huvudresultat

I denna studie hade markstörning och stickvägars riktning i förhållande till väderstrecken en inverkan på nyetablering av självföryngrade skogsplantor. En högre grad av markstörning ledde till ett större antal etablerade plantor. Dessutom hade nord-sydliga stickvägar ett större antal etablerade plantor än öst-västliga stickvägar. Denna signifikans gällde dock bara när lövträdslagen togs med i beräkningarna, gjordes statistiska beräkningar på enbart data för barrträdslagen saknades statistisk signifikans. Vidare visade sig plantorna i de nord-sydliga stickvägarna vara signifikant högre, och denna signifikans kvarstod även när enbart statistik för barrträdslagen beräknades.

4.2 Jämförelse med befintlig kunskap

Att markstörning är förenat med en högre grad av självföryngring är sedan tidigare väl förankrat i den vetenskapliga litteraturen (Sikström et al. 2020). Även att trädens tillväxt och självföryngring stärks av ett bättre ljusinsläpp finns väl förankrat (Erefur 2010). Dock saknas förklaring i litteraturen till varför de starka sambanden i denna studie kopplat till föryngring enbart visats på lövträdslagen. Detta resultat kan dock ha att göra med de studerade beståndens lokala förutsättningar. Att samtliga trädslag gynnats i höjdtillväxt kan också kopplas till ett bättre ljusinsläpp, vilket finns i nord-sydliga luckor (He et al. 2023). Boniteten har i tidigare litteratur visat sig ha en stark inverkan på självföryngring (Häggström & Lundmark 2017). Detta visades inte i min egen studie. Förklaringen till bonitetens uteblivna inverkan kan tänkas ligga i de mycket likartade bestånden som undersökts. Även krontäckningen som stamantalet och grundytan skulle vara mått på har tidigare visat sig ha en inverkan på ljusinsläppet och därigenom föryngringsförutsättningarna (Erefur 2008). Även denna diskrepans mellan litteraturen och min studie kan tänkas bero på de mycket små skillnaderna i krontäckning mellan bestånden i min studie, vilket kan ha lett till att tydliga skillnader på skalan ej uppmätts.

4.3 Förklara den nya kunskapen

Inget samband mellan tiden sedan åtgärd och antalet etablerade plantor har uppmätts i denna studie, vilket skulle kunna bero på att trädens frösläpp varierar över tid. Hur dessa samspelar med åtgärder och tillhörande markstörning har en stark korrelation med plantetablering och plantornas höjdtillväxt (Karlsson & Örlander 2000). Denna faktor är slumpmässig i detta material då tiden för de olika åtgärderna och därigenom luckupptagningarna samt markstörningen ej skett samtidigt och därför inte haft samma förutsättningar gällande mängden frö.

På en stor del av arealen ses en etableringsmängd av plantor som skulle vara en godkänd föryngring sett i plant per hektar i det traditionella skogsbruket. Att plantor etableras och att plantor växer upp till fullstora träd är dock inte samma sak. Träd kan växa en liten bit och sedan stå nästan helt still i sin tillväxt i många år (Glöde & Sikström 2001). Denna studie visar inte att den uppkomna mängden

plantor över tid skulle bilda skog i stickvägarna utan att de omgärdande bestånden förändras.

Vid framtida omställning till hyggesfria metoder skulle taktiskt utlagda stickvägar i det traditionella skogsbruket kunna förenkla omställningsprocessen. Detta eftersom ett större antal etablerade skogsplantor står då redo att ta över vid störningar så som luckhuggningar, vilket i sin tur innebär större sannolikhet för lyckade föryngringar och kortare väntetid på att den nya generationen skog ska ta sig upp. Vidare kan denna kunskap användas för att strategiskt lägga ut avlånga luckor vid luckhuggning med syftet att maximera ljusinsläppet och därigenom föryngringen samt tillväxten (He et al. 2023).

En stor majoritet av de etablerade plantorna i stickvägarna var löv. Subjektiva observationer vid datainsamlingen noterade att många av dessa plantor var viltbetade. Dessutom observerades att den största delen av dessa lövplantor var björk, men en stor del var även rönn. Båda dessa trädslag är viktiga källor för foder till viltet (Felton et al. 2020). Framtida studier skulle kunna undersöka detta samband vidare. Att det finns en signifikant skillnad mellan lövetablering i stickvägar med nord-sydlig kompassriktning kontra öst-västlig innebär att fodermängden som de självföryngrade plantorna bidrar med varierar beroende på stickvägens kompassriktning. Detta kan leda till arbetssätt som ökar tillgängligheten av viltfodret i våra skogar. I nästa steg skulle detta då kunna minska betetrycket på våra traditionella föryngringar och leda till stor finansiell fördelaktighet över tid (Kajen 2006).

4.3.1 Det omgivande beståndet

Ett antal mått på det omgivande beståndet samlades in i studien så som grundyta, stam per hektar och övre höjd. Marklutningen samlades in men har inte presenterats i resultatet då de undersökta bestånden var helt platta. Tidigare studier har dock visat att marklutning är en viktig faktor som inte bör uteslutas (Erefur 2010).

Mått på det omgivande beståndets trädslagsblandning och kronslutenhet samlades inte in. Observationer vid datainsamlandet lyfte en sämre plantetablering i täta granbestånd än i rena tallbestånd. Denna observation samstämmer med tidigare kunskap som visar på sämre ljusinsläpp i granbestånd än i bestånd av pionjärträdslag som tall (Pettersson 2019).

4.4 Studiens styrkor och svagheter

Studiens främsta styrkor ligger i att bestånden som studien utförts i är placerade mycket nära varandra, i de flesta fall gränsar de mot varandra. Detta i kombination med att marklutning helt saknas på studieytorna innebär att många faktorer som vid andra fall har inverkan på skogliga förutsättningar, så som lutning och höjd över havet, inte spelar in/stör i denna studie.

Vidare leder studiens utförande med tydliga behandlingar och systematisk kvantitativ datainsamling till tydliga dataanalyser med statistisk styrka och

lättolkade slutsatser. Dessa slutsatser är dessutom lättapplicerade på det praktiska skogsbruket.

Studiens svagheter kopplade till bestånden hör till de olika mätmetoderna. Måtten på omgivande bestånd och krontäckning var något begränsade och skulle vid vidare studier behöva utvecklas för att kunna få bättre upplösning på dessa påverkansfaktorer. Markstörningsmålet var något subjektivt, detta skulle troligen behöva göras på ett mer objektivt sätt vid framtida studier. Dessutom är styrkan i den lilla geografiska spridningen av de studerade bestånden också en svaghet, eftersom den geografiska koncentrationen innebär att man troligtvis inte kan uttala sig alltför säkert om de undersökta faktorernas påverkan i exv. andra landsändor (Binkley 2008).

4.5 Rekommendationer

Den främsta rekommendationen som kan härröras från studien är att när lokala förutsättningar (ekonomiska, ekologiska, sociala och operativa aspekter) ej begränsar stickvägarnas utläggning bör dessa läggas i en nord-sydlig riktning. Nord-sydliga stickvägar kan delvis leda till att maximera viltfodertillgången i våra gallringsskogar, vilket kan innebära minskade viltskador i våra föryngringar. Delvis kan det även förenkla framtida omställning till hyggesfritt brukande.

Vidare studier bör se till hur väderstreckens påverkan samspelar med andra faktorer som utesluts ur denna studie. Dessa inkluderar exempelvis faktorer som marklutning och höjd över havet. Dessutom bör studier eftersöka en större geografisk spridning för att se hur väderstrecksfaktorn påverkar självföryngring i stickvägar i olika delar av landet.

Avslutningsvis bör framtida studier undersöka avlånga luckors optimala form vid olika förutsättningar hos de omgivande bestånden för att kunna hitta optimum vid hyggesfria åtgärder.

4.6 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras av den utförda studien, vilka kan implementeras och beaktas i ett väl genomtänkt brukande av den svenska skogen.

- Stickvägar med en nord-sydlig riktning har en större etablering av självföryngrade plantor än stickvägar med öst-västlig riktning.
- Trädplantor som står i nord-sydliga stickvägar har en större höjdtillväxt än de som står i öst-västliga stickvägar.
- Markstörning främjar självföryngring.
- Hänsyn till väderstreck vid utläggning av stickvägar kan leda till ökade viltfodertillgångar samt förenkling vid framtida omställning till hyggesfritt skogsbruk.

Referenser

Andersson, R., Bergqvist, J. & Näslund, B., 2017. *Skoglig produktionsekologi*. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Appelqvist, C., Sollander, E., Norman, J., Forsberg, O. & Lundmark, T., 2021. *Hyggesfritt skogsbruk: Skogsstyrelsens definition*. Rapport 2021/8. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Axelsson, E.P., Lundmark, T., Högborg, P. & Nordin, A., 2014. Belowground competition directs spatial patterns of seedling growth in boreal pine forests in Fennoscandia. *Forests*, 5(9), pp.2106–2121. <https://doi.org/10.3390/f5092106>.

Bergkvist, I. & Staland, F., 2003. *Gallra med kvalitet – förberedelser, utförande, uppföljning & återkoppling*.Handledning. Skogforsk.

Binkley, D., 2008. Three key points in the design of forest experiments. *Forest Ecology and Management*, 255(7), pp.2022–2023. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.01.047>.

Drössler, L., Fahlvik, N., Wysocka, N.K., Hjelm, K. & Kuehne, C., 2017. Natural regeneration in a multi-layered *Pinus sylvestris*-*Picea abies* forest after target diameter harvest and soil scarification. *Forests*, 8(2), p.35. <https://doi.org/10.3390/f8020035>.

Dyderski, M., Gazda, A., Hachułka, M., Horodecki, P., Kałucka, I., Kamczyc, J., Malicki, M., Pielech, R., Smoczyk, M., Skorupski, M., Wierzcholska, S. & Jagodziński, A., 2018. Impact of soil conditions and light availability on natural regeneration of Norway spruce *Picea abies* (L.) H. Karst. in low-elevation mountain forests. *Annals of Forest Science*, 75(91). <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0770-8>.

Enander, K.-G., 2009. *Ett uthålligt skogsbruk växer fram*. Fakta skog nr 9. Fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.

Erefur, C., 2010. *Regeneration in continuous cover forestry systems*. Avhandling. Institutionen för skogens ekologi och skötsel vid sveriges lantbruksuniversitet.

Erefur, C., Bergsten, U. & de Chantal, M., 2008. Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 255(3), pp.1186–1195. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.024>.

Ersson, B.T., 2020. *Hyggesfritt skogsbruk*. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg.

Felton, A.M., Holmström, E., Malmsten, J., Felton, A., Croomsigt, 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, pp.1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79737-0>.

Glöde, D. & Sikström, U., 2001. *Föryngring av gran under högskärm*. Serie 825–2014. SkogForsk,. ISBN 91-7614-097-0.

Häggström, B., Gundale, M.J. & Nordin, A., 2024. Environmental controls on seedling establishment in a boreal forest: Implications for Scots pine regeneration in continuous cover forestry. *European Journal of Forest Research*, 143(1), pp.95–106. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01609-1>.

He, D., Peng, D., Yang, H. & Zhang, X., 2023. The response of seedlings and saplings to canopy structure and light in different gaps in a spruce-fir mixed stand in Changbai Mountains, China. *Forest Ecology and Management*, 546, p.121365. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121365>.

Karlsson, C. & Örlander, G., 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15, pp.256–266. <https://doi.org/10.1080/028275800750014996>.

Karlsson, C., Sikström, U., Örlander, G., Hannerz, M., Hånell, B. & Fries, C., 2017. *Naturlig föryngring av tall och gran*, Skogsskötselserien nr 4. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Promis, A., Schindler, D., Reif, A. & Cruz, G., 2009. Solar radiation transmission in and around canopy gaps in an uneven-aged *Nothofagus betuloides* forest. *International Journal of Biometeorology*, 53(4), pp.355–367. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0220-7>.

Sikstrom, U., Hjelm, K., Hanssen, K.H., Saksa, T. & Wallertz, K., 2020. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – A review. *Silva Fennica*, 54(2), p.1. <https://doi.org/10.14214/sf.10172>.

Skogskunskap, 2025. *Bonitet - Skogshögskolans system*. <https://www.skogskunskap.se/rakna-med-verktyg/mata-skogen/bonitet/> [Accessed 24 February 2025].

Skogsstyrelsen, 2024. *Hyggesfritt skogsbruk och biologisk mångfald*. Faktablad, Skogsstyrelsen.

Skogsstyrelsen, 1985. *Bonitering: Örebro och Västmanlands län*. Fälthäfte. Skogsstyrelsen.

Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Wilhelmsson, L., 2017. *Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå*. Arbetsrapport nr. 926–2017. Skogforsk.

Stenhag, S. 2021. *Åt skogen med statistik*. 2024:01.Handledning.
Skinskatteberg: Skogsmästarskolan, Sveriges lantbruksuniversitet.

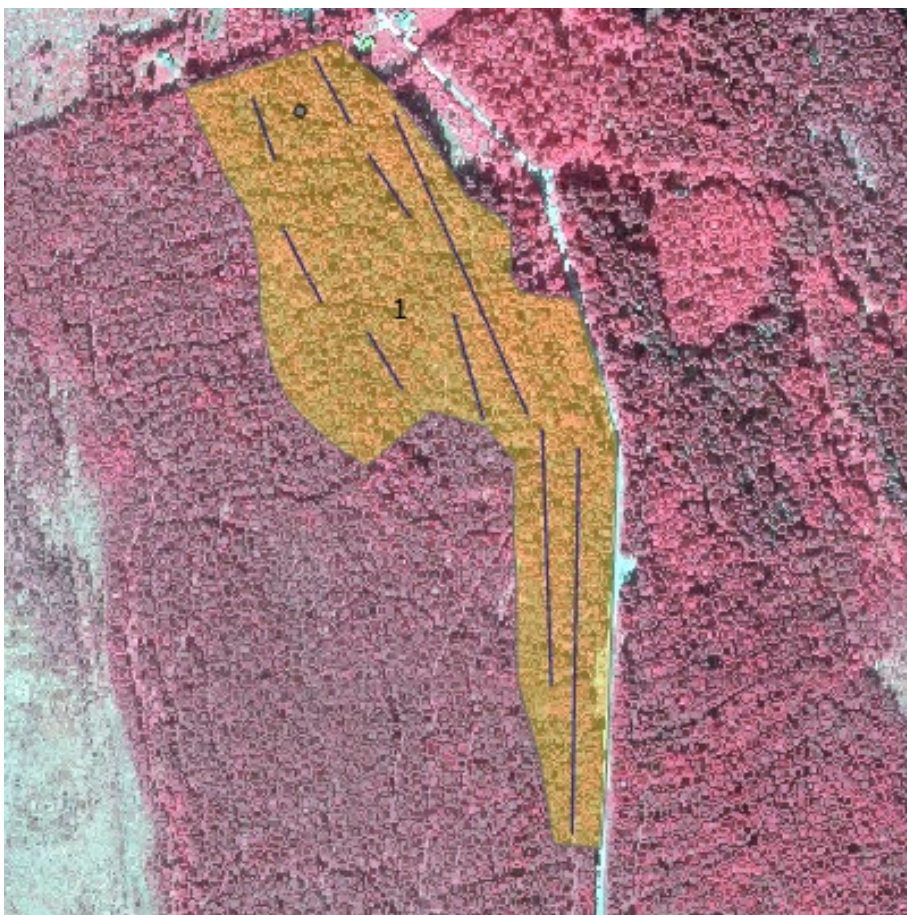
Bilagor

Bilaga 1: Inventeringsblankett för inventering av transekter och cirkelytor.

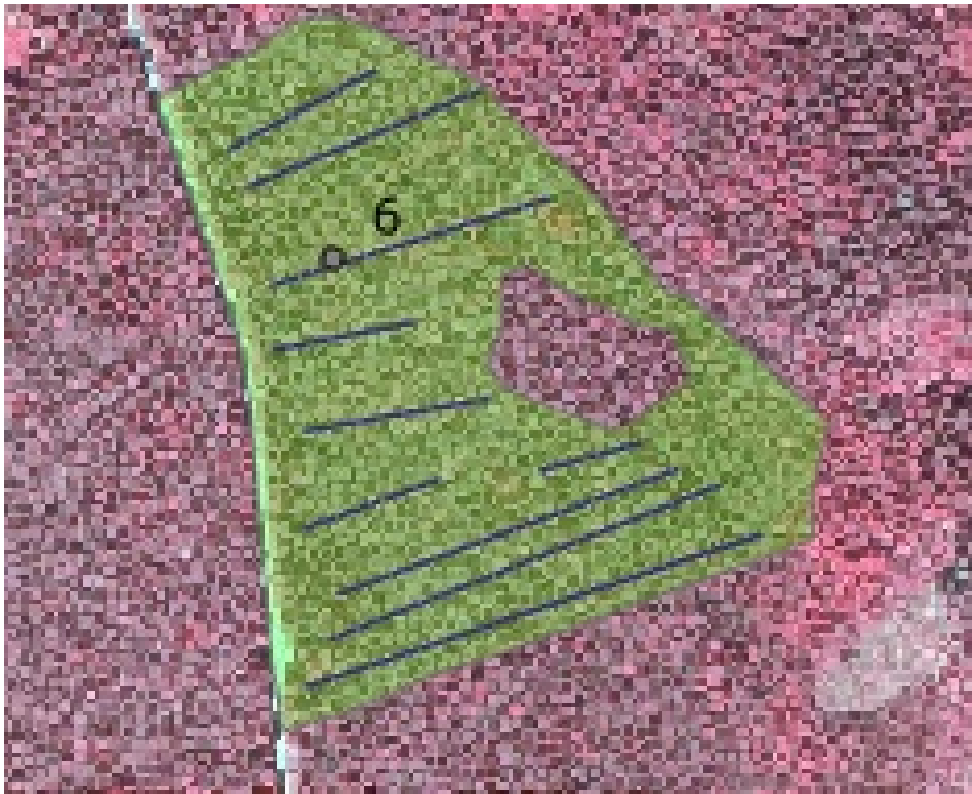
	Bestånd nr:		Provyta nr:	
Planthöjd, Cm	Tall	Gran	Löv	Stickvägsbredd,m:
0-9,9				Markfukt:
10-29,9				Markveg:
30-59,9				Markstör 1-3
60-79,9				Marklutning, %, Riktning
80-99,9				Kompassbäring,0-180
100-119,9				Cirkelyta, Radie 7,98 m
120-139,9				Grundyta/ha:
140-159,9				ÖH:
160+				Stamantal
Övrigt:				

	Bestånd nr:		Provyta nr:	
Planthöjd, Cm	Tall	Gran	Löv	Stickvägsbredd,m:
0-9,9				Markfukt:
10-29,9				Markveg:
30-59,9				Markstör 1-3
60-79,9				Marklutning, %, Riktning
80-99,9				Kompassbäring,0-180
100-119,9				Cirkelyta, Radie 7,98 m
120-139,9				Grundyta/ha:
140-159,9				ÖH:
160+				Stamantal
Övrigt:				

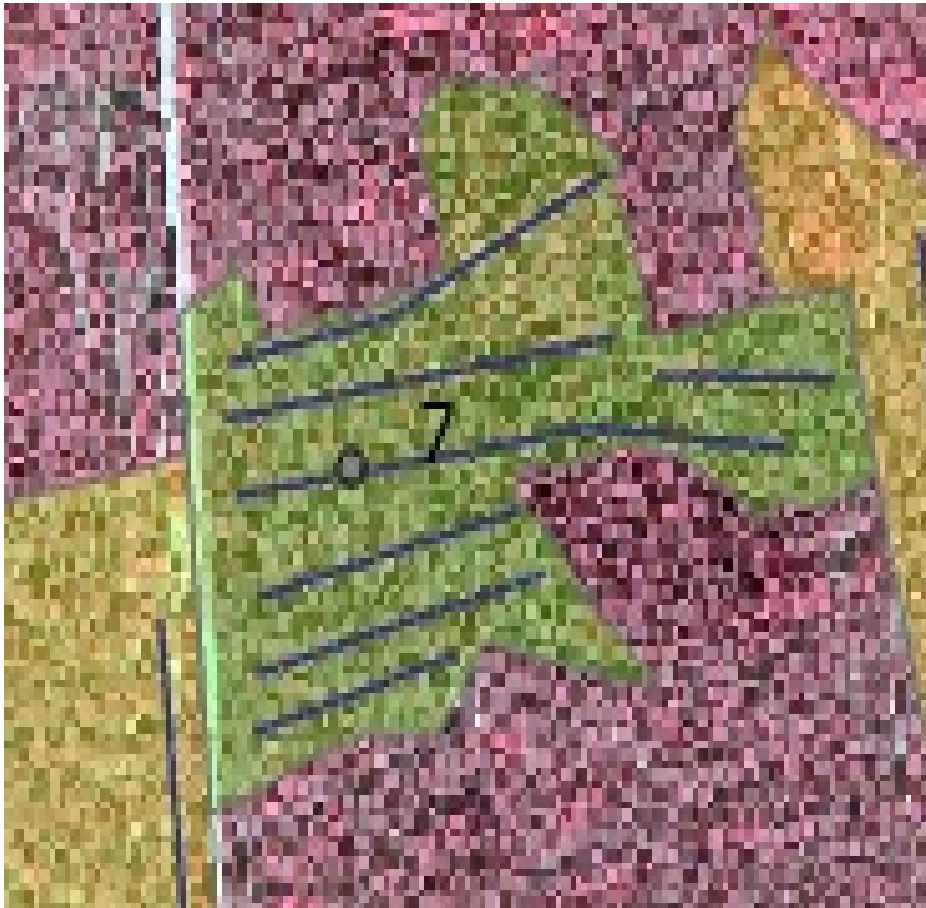
Bilaga 2: Kartor över samtliga bestånd med relevanta stickvägar utmärkta



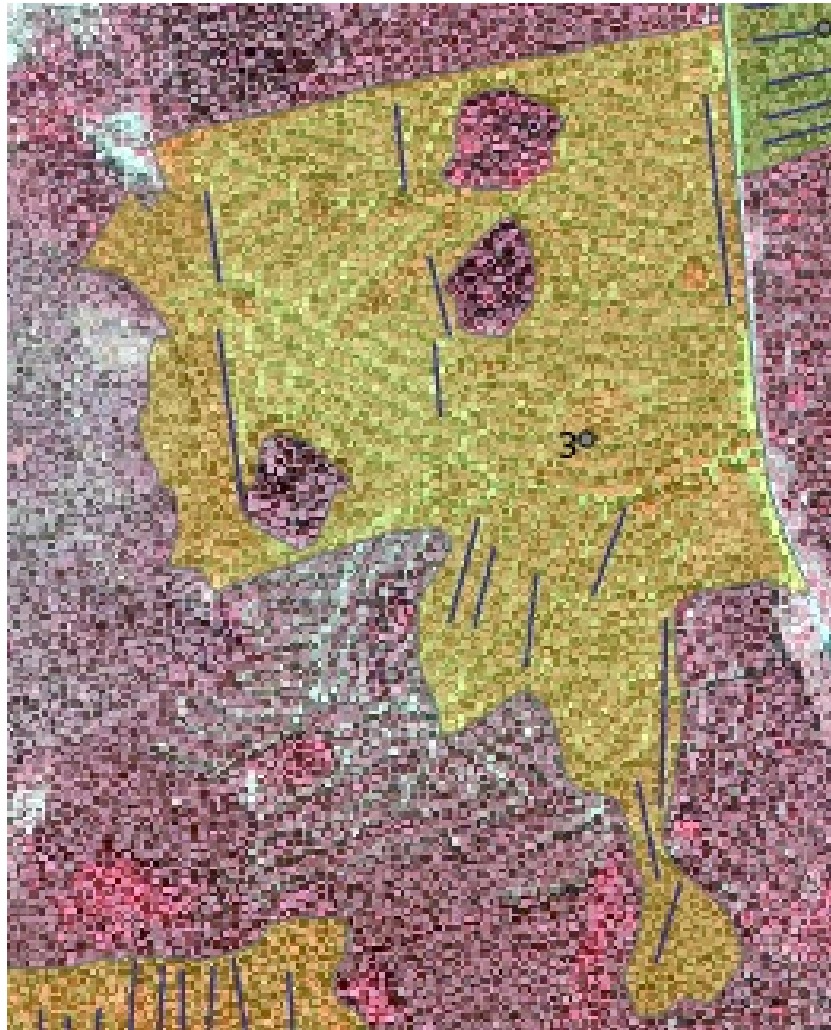
Figur 16. En karta över bestånd 1 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



Figur 17. En karta över bestånd 6 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



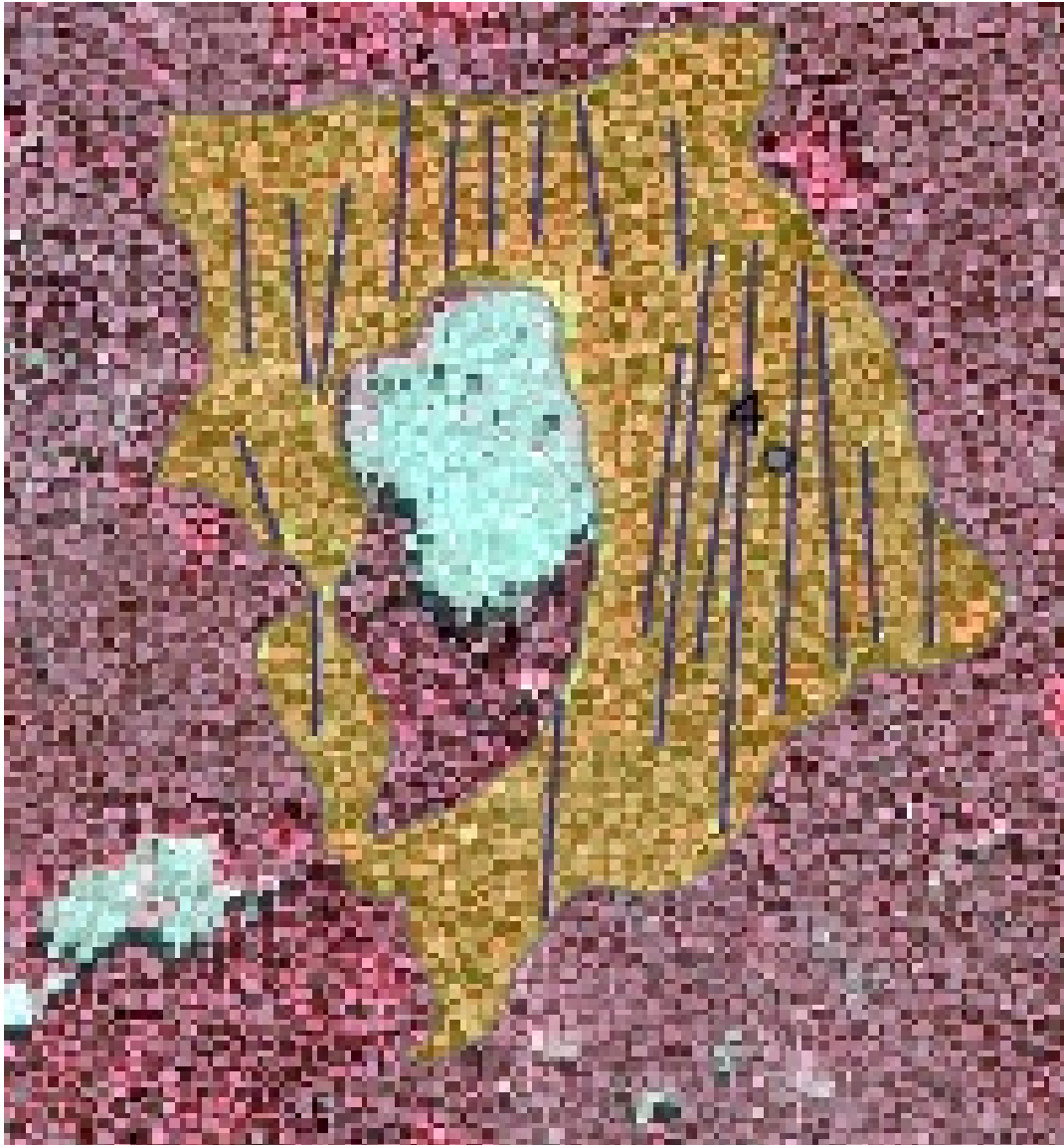
Figur 18. En karta över bestånd 7 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



Figur 19. En karta över bestånd 3 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



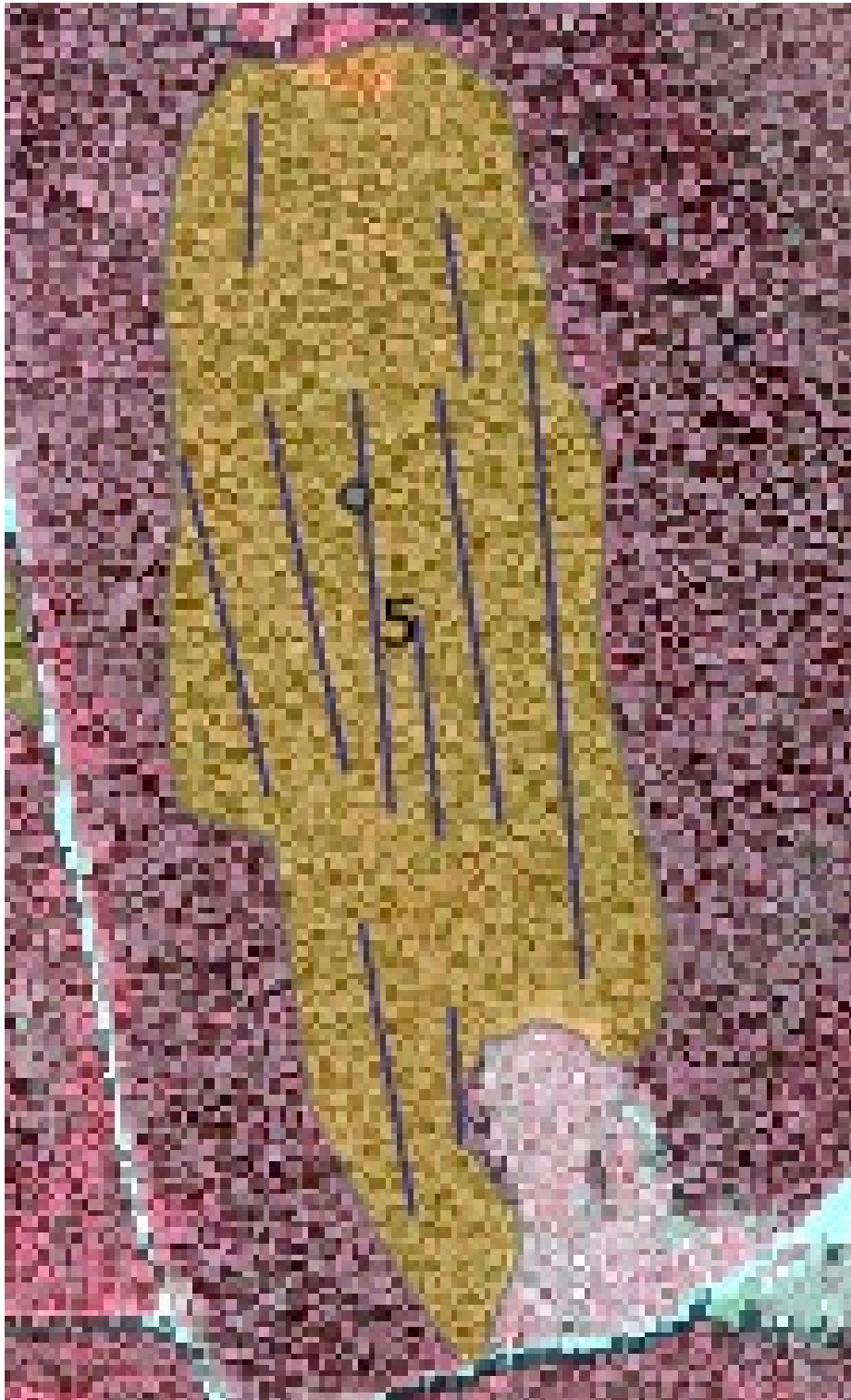
Figur 20. En karta över bestånd 2 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



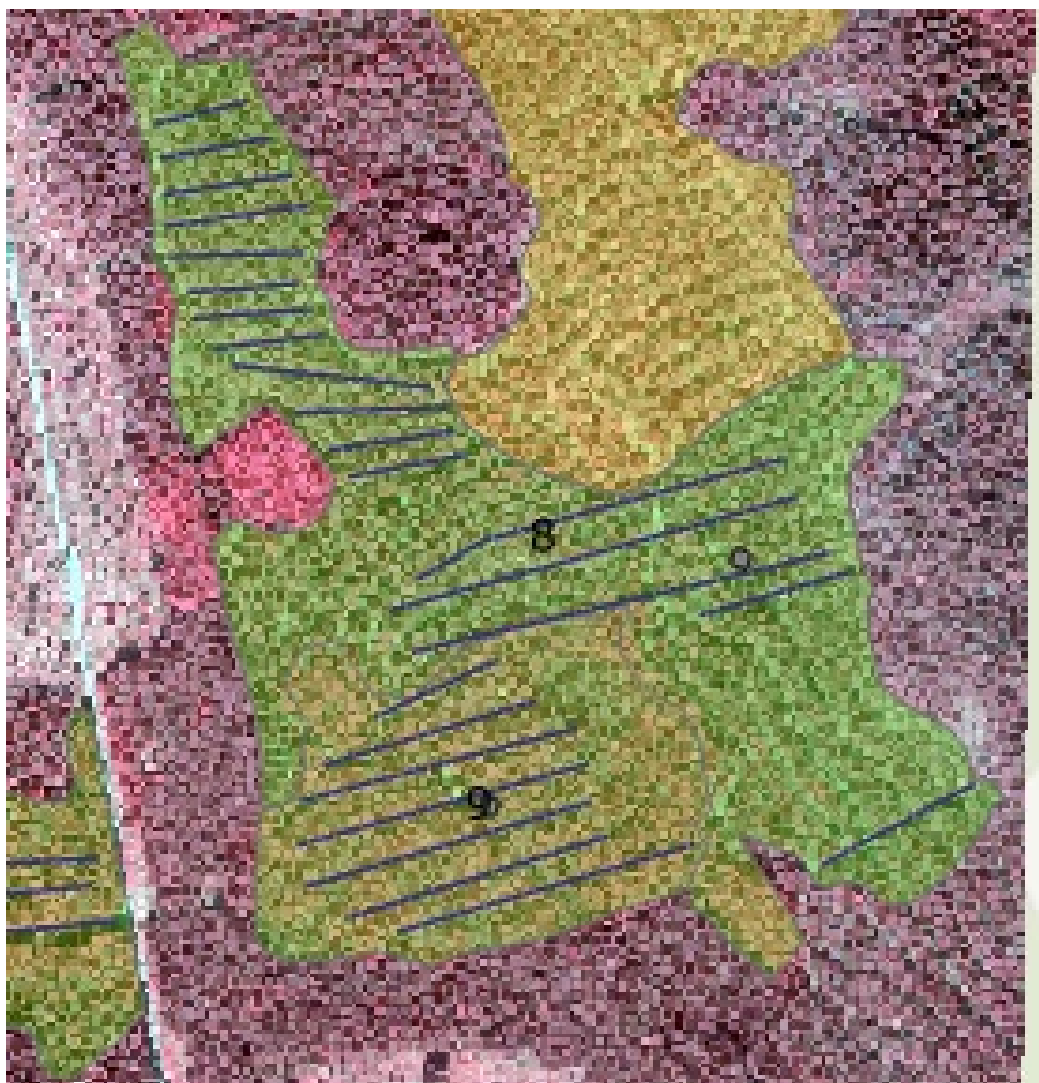
Figur 21. En karta över bestånd 4 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



Figur 22. En karta över bestånd 10 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



Figur 23. En karta över bestånd 5 med de relevanta stickvägarna utmärkta.



Figur 24. En karta över bestånd 8 och 9 med de relevanta stickvägarna utmärkta.

Bilaga 3. Statistiska beräkningar

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel, Markstörning plantetablering

μ_A = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar med markstörning PMS

μ_B = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar utan markstörning PUS

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \\ H_1: \mu_A > \mu_B \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1: \mu_A - \mu_B > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{PMS och PUS har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ \text{PMS har } \textit{högre} \text{ medelvärde än PUS} \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Behandling PMS: $\bar{x} = 7914$ $s = 5284$ $n = 26$

Behandling PUS: $\bar{x} = 4227$ $s = 2245$ $n = 71$

Formel 6.2.2 väljs då $N < 30$ för den ena behandlingen.

Pooled standardavvikelse (s_p):

$$s_p = \sqrt{[(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2] / (n_1 + n_2 - 2)}$$

$$s_p \approx \sqrt{[(70 \cdot 10519570,3 + 25 \cdot 27921591,4) / 95]} \approx 3886,54$$

Testvariabel (t):

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / (s_p \cdot \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)}) \approx (4226,73 - 7913,99) / (3886,54 \cdot \sqrt{(1/71 + 1/26)}) \approx -4,14$$

Frihetsgrader: $df = 71 + 26 - 2 = 95$

Det beräknade testvärdet $t \approx -4,14$ är större i absolutvärde än det kritiska värdet 1,985. Resultatet är därför signifikant med 95 procents säkerhet. Vi har tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta nollhypotesen H_0 och dra en bestämd slutsats att det etableras fler plantor på marken som är störd mot den som ej är störd.

Nästa kritiska t-värde är 2,626 (för 99 % signifikansnivå med 95 frihetsgrader), vilket även detta slås av det beräknade t-värdet. Vi har därmed tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna nivå, och dra slutsatsen att skillnaden i medelvärde är signifikant även med 99 procents säkerhet.

Nästa kritiska t-värde är 3,390 (för 99,9 % signifikansnivå med 95 frihetsgrader). Även detta överskrids av testvärdet, vilket innebär att vi har tillräcklig säkerhet för att förkasta H_0 även vid 99,9 procents säkerhet.

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel, Markfukt

μ_A = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar med fuktig markfuktighetsgrad, PFU

μ_B = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar med frisk markfuktighetsgrad, PFI

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \\ H_1: \mu_A > \mu_B \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1: \mu_A - \mu_B > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{PFU och PFI har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ \text{PFU har } \textit{högre} \text{ medelvärde än PFI} \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Behandling PFU: $\bar{x} = 4941$ $s = 4070$ $n = 42$

Behandling PFI: $\bar{x} = 2238$ $s = 2664$ $n = 58$

Formel 6.2.3 väljs då $N > 30$ för båda behandlingarna.

$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_A} + \frac{s_2^2}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(4941 - 2238) - (0)}{\sqrt{\left(\frac{4070^2}{42} + \frac{2664^2}{58}\right)}} = -3,76$$

Det beräknade testvärdet Z klarar här att slå tabellvärdet (1,64). Resultatet är därför signifikant med 95 procents säkerhet. Vi har tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 och dra en bestämd slutsats att PFU med 95 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PFI.

Nästa tabellvärde är 2,33 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PFU med 99 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PFI.

Nästa tabellvärde är 3,09 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PFU med 99,9 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PFI.

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel, Plantetablering

μ_A = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar med nord-sydlig riktning
PNS

μ_B = Medelantalet etablerade plantor/ha i Stickvägar med öst-västlig riktning
PÖV

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \\ H_1: \mu_A > \mu_B \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1: \mu_A - \mu_B > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{PNS och PÖV har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ \text{PNS har } \textit{högre} \text{ medelvärde än PÖV} \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Behandling PNS: $\bar{x} = 6801$ $s = 4876$ $n = 49$

Behandling PÖV: $\bar{x} = 3015$ $s = 2245$ $n = 50$

Formel 6.2.3 väljs då $N > 30$ för båda behandlingarna.

$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_A} + \frac{s_2^2}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(6801 - 3015) - (0)}{\sqrt{\left(\frac{4876^2}{49} + \frac{2245^2}{50}\right)}} = 4,95$$

Det beräknade testvärdet Z klarar här att slå tabellvärdet (1,64). Resultatet är därför signifikant med 95 procents säkerhet. Vi har tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 och dra en bestämd slutsats att PNS med 95 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

Nästa tabellvärde är 2,33 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PNS med 99 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

Nästa tabellvärde är 3,09 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PNS med 99,9 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

Uppställning vid hypotesprövning för två sampel, Planthöjd

μ_A = Medelhöjden av plantor i stickvägar med nord-sydlig riktning PNS

μ_B = Medelhöjden av plantor i stickvägar med öst-västlig riktning PÖV

$$\begin{cases} H_0: \mu_A = \mu_B \\ H_1: \mu_A > \mu_B \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_0: \mu_A - \mu_B = 0 \\ H_1: \mu_A - \mu_B > 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{PNS och PÖV har } \textit{samma} \text{ medelvärde} \\ \text{PNS har } \textit{högre} \text{ medelvärde än PÖV} \end{array}$$

Vi antar att H_0 är sann.

Behandling PNS: $\bar{x} = 7,551$ $s = 2,597$ $n = 49$

Behandling PÖV: $\bar{x} = 5,268$ $s = 2,733$ $n = 50$

Formel 6.2.3 väljs då $N > 30$ för båda behandlingarna.

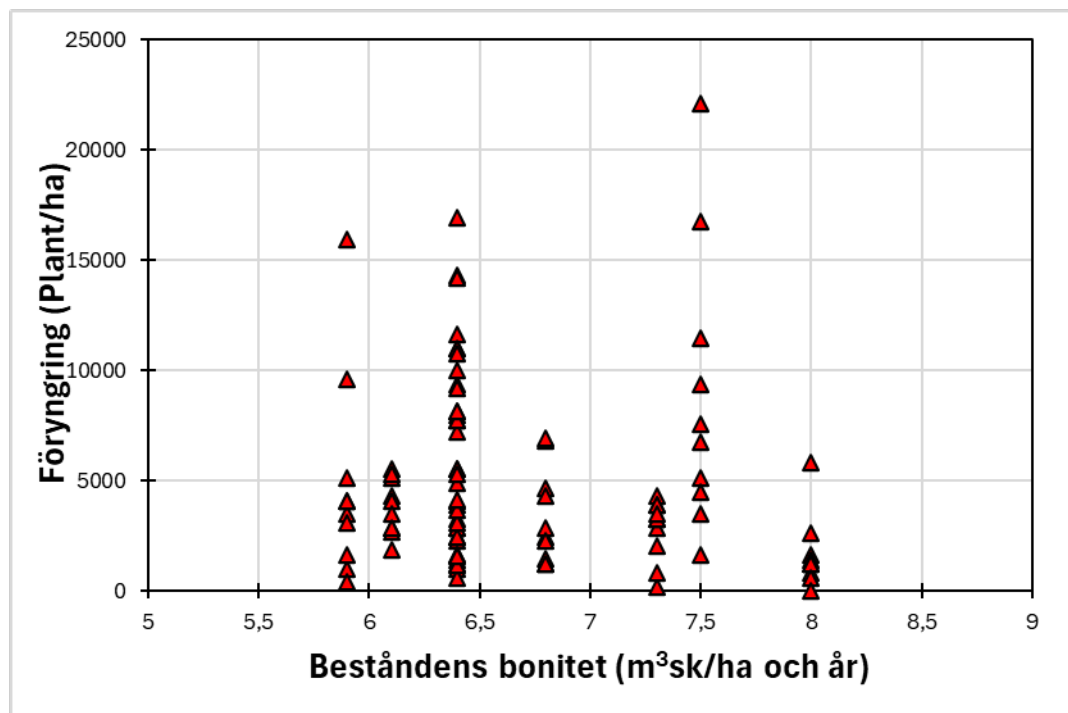
$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_A} + \frac{s_2^2}{n_B}\right)}} = \text{Om } H_0 \text{ sann} = \frac{(7,551 - 5,268) - (0)}{\sqrt{\left(\frac{2,597^2}{49} + \frac{2,733^2}{50}\right)}} = 4,261$$

Det beräknade testvärdet Z klarar här att slå tabellvärdet (1,64). Resultatet är därför signifikant med 95 procents säkerhet. Vi har tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 och dra en bestämd slutsats att PNS med 95 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

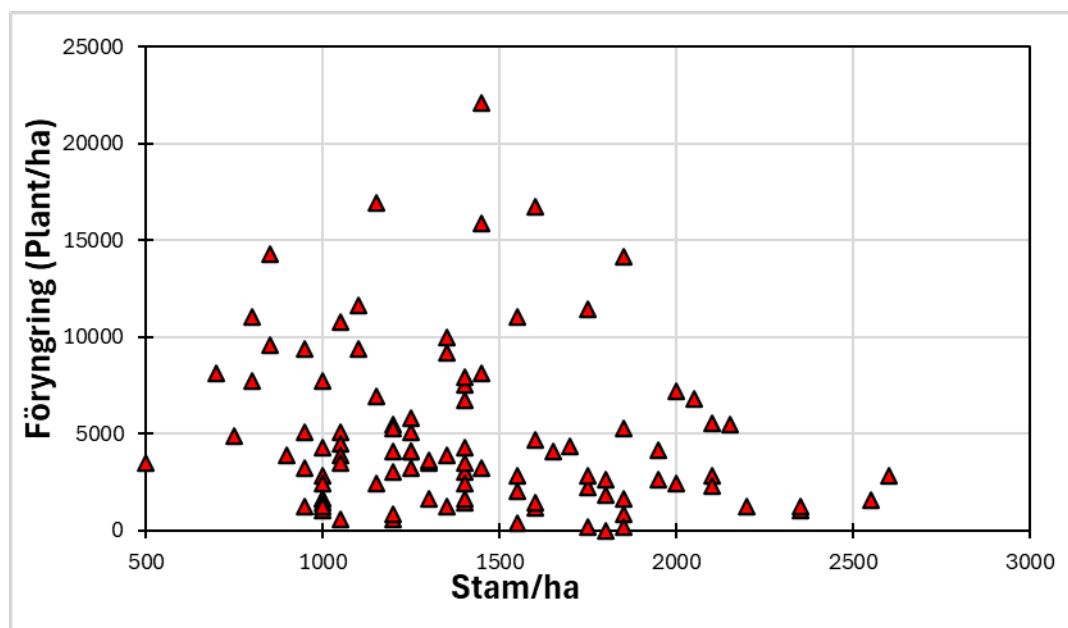
Nästa tabellvärde är 2,33 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PNS med 99 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

Nästa tabellvärde är 3,09 och även detta slås av Z -värdet. Vi har då tillräcklig säkerhet i våra sampel för att förkasta H_0 även vid denna signifikansnivå och dra slutsatsen att PNS med 99,9 procents säkerhet har ett högre medelvärde än PÖV.

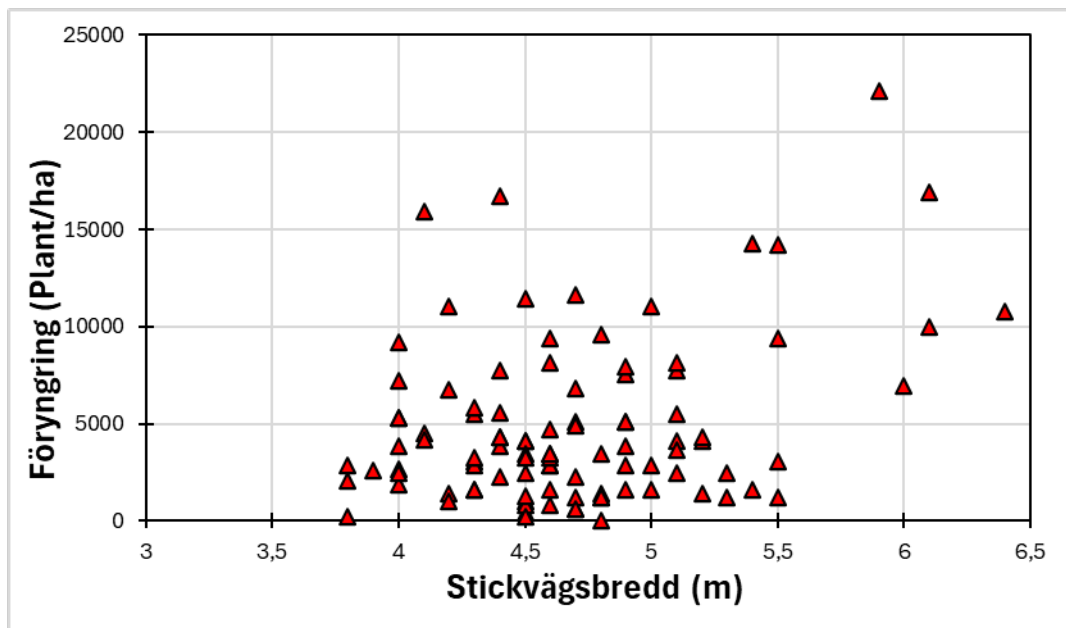
Bilaga 4. Ytterligare data, sambandet mellan föryngringen i plant/ha och boniteten, stamantalet, stickvägsbredden och grundytan.



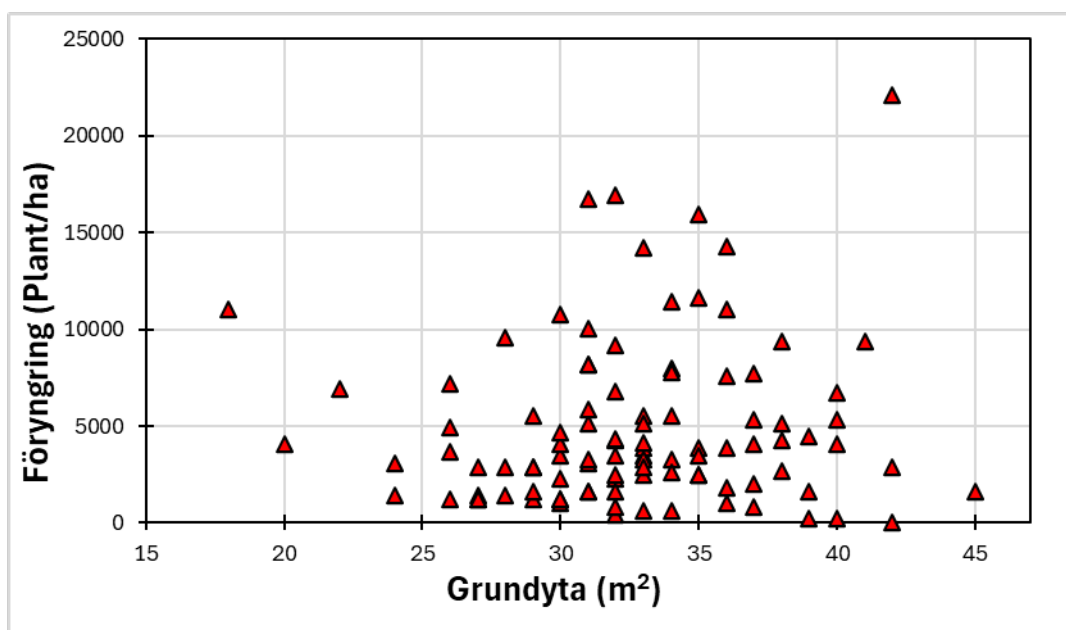
Figur 25. Sambandet mellan föryngringen antar etablerade plantor per hektar och beståndets bonitet. Ingen trend kan utläsas.



Figur 26. Sambandet mellan föryngringen antar etablerade plantor per hektar och provytans stamantal per hektar. Ingen trend kan utläsas.



Figur 27. Sambandet mellan föryngringen antar etablerade plantor per hektar och provytans stickvägsbredd. Ingen trend kan utläsas.



Figur 28. Sambandet mellan föryngringen antar etablerade plantor per hektar och den på provytan uppmätta grundytan. Ingen trend kan utläsas.

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.