

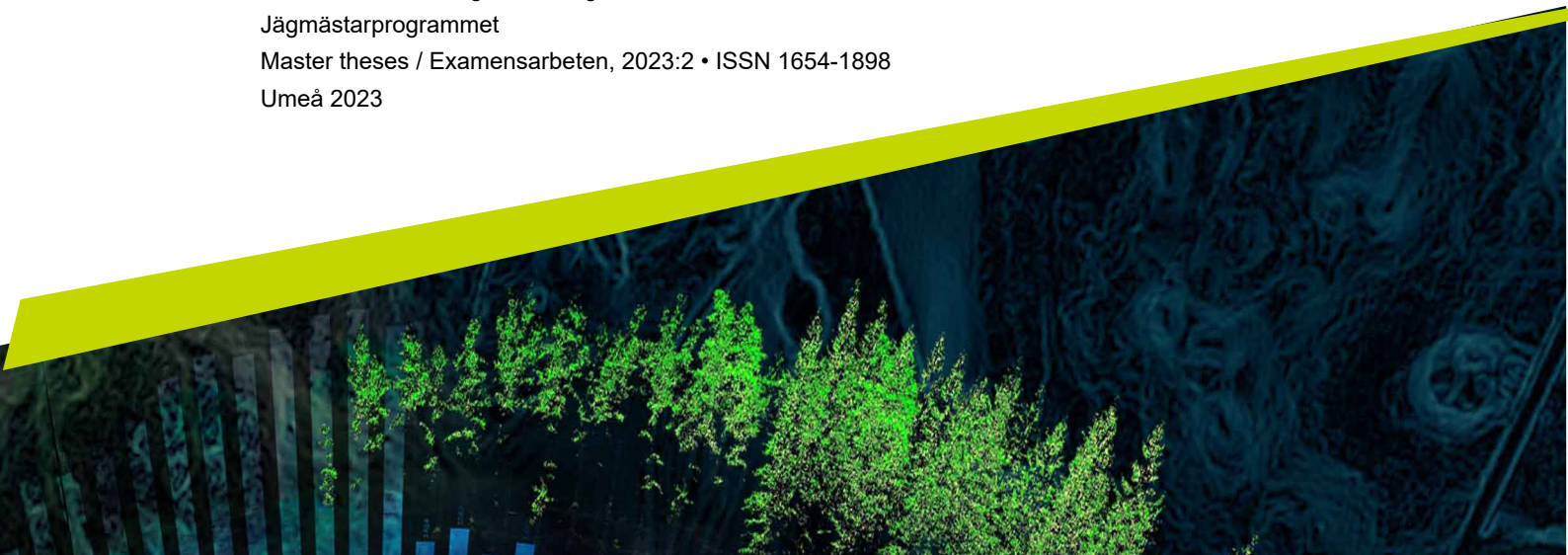


# Effekten av växtnäring på överlevnad, tillväxt och vitalitet på planterade tall- och granplantor

- En studie gjord på ett kontrollerat försök på en lokal i Västerbotten
- 

Erik Wickberg

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för Skogens ekologi och skötsel  
Jägmästarprogrammet  
Master theses / Examensarbeten, 2023:2 • ISSN 1654-1898  
Umeå 2023





# Effekten av växtnäring på överlevnad, tillväxt och vitalitet hos planterade tall- och granplantor - En studie gjord på ett kontrollerat försök på en lokal i Västerbotten

Erik Wickberg

**Handledare:** Karin Hjelm, SLU, Institutionen för Sydsvensk Skogsvetenskap  
**Bitr. handledare:** Stefan Mattsson, Sveaskog  
**Bitr. handledare:** Kristina Wallertz, SLU, Enheten för skoglig fältforskning  
**Examinator:** Nils Henriksson, SLU, Skogens ekologi och skötsel

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E  
**Kurstitel:** Mastersarbete i skogsvetenskap – Skogens ekologi och skötsel  
**Kurskod:** EX0959  
**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet  
**Kursansvarig inst:** Skogens ekologi och skötsel  
**Utgivningsort:** Umeå  
**Utgivningsår:** 2023  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.  
**Serietitel:** Master theses / Examensarbeten  
**Delnummer i serien:** 2023:02  
**ISSN:** 1654-1898

**Nyckelord:** gödselmedel, plantering, tillväxt, överlevnad, planteringspunkt, markberedning

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
Fakulteten för skogsvetenskap  
Institutionen för Skogens Ekologi och Skötsel

## Sammanfattning

Tillväxten i den svenska skogen är en central del för ett hållbart skogsbruk. Därför är markberedning och plantering viktigt för en ökad tillväxt och överlevnad för plantor av både tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*). Tillsatt växtnäring vid plantering är en metod som kan öka plantors tillväxt och överlevnad. Denna studie undersöker två olika gödselmedel, ArGrow som består av organiska aminosyror i form av arginin, och Agroblen som är oorganiskt N-P-K gödsel, för att se under en växtsäsong hur tillväxten i form av toppskottet, överlevnaden samt vitaliteten ter sig och jämföra med kontroll. Försöken gjordes på en lokal i norra Sverige ( $64^{\circ}40'0.75''N$ ,  $19^{\circ}1'22.34''O$ ). Trakten var markberedd med högläggning och planteringspunkterna var dels i mineraljorden i spåret, dels ovanpå den omvända torvan med mineraljord. Resultatet visade ett signifikant högre toppskott för gödselbehandlade plantor samt ett signifikant högre toppskott för plantor i mineraljord. Detta gällde för både tall och gran. Tallplanteringen visade att Agroblen hade ett signifikant högre toppskott medan ArGrow hade ett lika långt toppskott som kontrollplantorna. Vid tallplanteringen fanns det ej någon interaktion mellan val av gödselmedel och planteringspunkt. Vid granplanteringen fanns det en interaktion där Agroblen hade ett signifikant högre toppskott än både ArGrow och Kontroll i både mineraljord och i omvänd torva. Ingen signifikant skillnad kunde beräknas för överlevnaden då andelen överlevande plantor var över 93% för samtliga behandlingskombinationer. Skadeandelen var ej statistiskt signifikant men visade att plantor planterade utan gödselmedel hade en större andel nedsatt vitalitet för både tall och gran än gödselbehandlade plantor.

*Nyckelord:* växtnäring, plantering, tillväxt, överlevnad, planteringspunkt, markberedning

## Abstract

Growth in the Swedish is a central part of sustainable forestry. Therefore, site preparation and planting are important for increased growth and survival of both pine (*Pinus sylvestris*) and spruce (*Picea abies*) seedlings. Added plant nutrition at planting is a method that can increase seedling growth and survival. This study investigates two different fertilizers; ArGrow which consists of organic amino acids in the form of arginine, and Agroblen which is inorganic N-P-K fertilizer, to see during a growing season how the growth in the form of top shoot, survival and vitality looks like and compare it with a control. The experiment was done at a location in northern Sweden (64°40'0.75"N, 19°1'22.34"E). The area was prepared with mounding and the planting points were partly in the mineral soil in the track, partly on top of the inverted peat with mineral soil. The result showed a significantly higher top shoot for fertilizer-treated plants and a significantly higher top shoot for plants in mineral soil. This applied to both pine and spruce. The pine planting showed that Agroblen had a significantly higher top shoot while ArGrow did not have a significantly higher top shoot than the control plants. In the pine planting, there was no interaction between choice of fertilizer and planting point. At the spruce planting, there was an interaction between where Agroblen had significantly higher top shoot than both ArGrow and Control in both mineral soil and in reversed peat. No significant difference could be calculated for survival as the percentage of surviving plants was over 93% for all treatment combinations. The percentage of damage was not statistically significant but showed that seedlings planted without fertilizer had a greater proportion of reduced vitality for both pine and spruce than fertilizer-treated seedlings.

*Keywords:* fertilizing, planting, growth, survival, planting point, site preparation

# Innehåll

<b>1. Introduktion .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Material och metod .....</b>	<b>14</b>
2.1 Försökstrakt .....	14
2.1 Försöksdesign.....	16
2.2 Plantmaterial och gödselmedel.....	19
2.2.1 Plantmaterial.....	19
2.2.2 ArGrow.....	20
2.2.3 Agroblen.....	20
2.3 Insamling av data.....	20
2.4 Statistisk analys och dataframställning.....	21
<b>3 Resultat.....</b>	<b>23</b>
3.1 Tall .....	23
3.1.1 Överlevnad .....	23
3.1.2 Planthöjd.....	24
3.1.3 Toppskott.....	26
3.1.4 Skador.....	28
3.2 Gran .....	29
3.2.1 Överlevnad .....	29
3.2.2 Planthöjd.....	29
3.2.3 Toppskott.....	32
3.2.4 Skador.....	34
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>36</b>
4.1 Överlevnad.....	36
4.2 Tillväxt.....	37
4.3 Skador.....	40
4.4 Slutsats .....	41
<b>Referenser.....</b>	<b>43</b>

**Tack 49**



# 1. Introduktion

Det svenska skogsbruket har höga krav på en snabb återbeskogning och förädlade plantor är att föredra för hög produktion. Dagens skogsbruk i Sverige använder sig vanligtvis av trakthyggesmetoden med avverkning, markberedning och efterföljande plantering, sådd eller naturlig förnygring. Ofta utförs ytterligare skogsvårdande åtgärder som röjning och gallring för att sedan avverka beståndet igen. Under 2021 så planterades det ungefär 200 000 ha av den totala förnygringsarealen i Sverige enligt Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen 2021), vilket gör plantering till den vanligaste förnygringsåtgärden för svenska skogsägare. Förädlade plantor har en fördel sett till deras tillväxtförmåga då det ger större möjligheter till kontroll över genetiskt ursprung. Vid plantering används plantor som redan är flera år gamla beroende på plantsort, då de planteras efter att ha odlats i plantskolor (Albrektson et.al 2012).

Förnygringsavverkning påverkar omgivningen och den efterföljande nyetableringen. Miljön för unga barrplantor, både förädlade och naturligt förnygrade, är kritiskt under dessa förhållanden utan skärmskyddande träd. De blir mer exponerade för både abiotiska faktorer som vind, nederbörd och torka, samt biotiska faktorer som insektsangrepp och betesskador. Dessa faktorer kan påverka plantans överlevnad och tillväxt negativt (Grossnickle 2012). Det är främst under förnygringsfasen som plantan är mest utsatt och i synnerhet under dess första etablerings-år (Karlsmats et.al 1996; Albrektson et.al 2012). Den bästa chansen för överlevnad efter nyplantering är en välbalanserad rot: skott-kvot, det vill säga en lämplig mängd med stödjande funktioner i rötterna tillsammans med en lämplig mängd tillväxtfunktioner som gynnar skotttillväxten (Grossnickle 2012; Lantz 1985). Toppskottet är i första hand ett mått på fotosyntesen och transpirationskapaciteten och kan även vara en indikator på framtida tillväxt. Initialt producerar större plantor en större absolut mängd biomassa och kan därför utnyttja mer solinstrålning.

För att förbättra plantors förmåga att överleva och växa under den mest kritiska fasen används ofta markberedning. I svenskt skogsbruk utförs markberedning normalt mellan ett och tre år efter avverkning (Saurasunet et.al 2018).



Markberedning skapar förbättrade planteringspunkter genom att mineraljord exponeras på olika sätt beroende på markberedningstyp (Hallsby 2013). Unga granplantor riskerar att drabbas av vårfrost under vegetationsperioden då årsskotten är som mest känsliga. Genom att marktemperaturen höjs vid markytan när mineraljorden exponeras reduceras risken för frostsador. Konventionell markberedning tar även bort konkurrerande undervegetation som hämmar tillväxten för plantorna. Vegetationen konkurrerar om solinstrålning för fotosyntesen, vatten och viktiga näringsämnen. Markberedning höjer även temperaturen i jorden vilket är positivt för plantans rottillväxt (Nordborg & Nilsson 2003).

I Sverige är det i huvudsak två markberedningsmetoder som används, harvning och högläggning (Skogsstyrelsen 2022b). Vid högläggning används högläggningsaggregat efter skotare eller grävmaskin som gräver upp isolerade fläckar. Vid harvning så utför man kontinuerlig markberedning med långa ihållande spår som vänder om marken. Gemensamt för dessa två metoder är att efter utförd markberedning så ska det ha bildats en omvänd torva med mineraljord ovanpå som ligger över humuslagret. Detta gör att plantan får en förhöjd planteringspunkt vilket gör att konkurrensen från hyggesvegetationen minskar under det första året. Färre plantor riskerar att utsättas för skador från insekter, främst snytbagge (*Hylobius abietis*). då markberedning i stora delar av Sverige är det enda skyddet mot snytbagge, samt att planteringspunkterna blir varmare vilket minskar frostsador och gynnar tillväxt (Sutton 1993; Örlander & Karlsson 2000; Skogsstyrelsen 2022b). Vid plantering i mineraljord utan humuslager under så kan plantorna även få en säkrare vattenförsörjning och risken för torra reduceras (Skogsstyrelsen 2022a).

I den boreala skogen så är kväve (N) det mest begränsande näringsämnet (Sprent & Tamm 1991). Efter en kalavverkning så förändras dynamiken och sammansättningen av N i marken. Normalt är den totala mängden N i marken hög men tillgången för unga tall- och granplantor är låg eftersom det mesta av markens N finns i humuslagret och ej i mineraljorden (Sprent & Tamm 1991; Parker 2001). Det kan missgynna tillväxten hos nyplanterade plantor (Högbom et.al 2012). I den inledande hyggesfasen så är det markvegetationen som konkurrerar om växtnäringen (Nilsson et.al 1996). Om den avverkade trakten markbereds försvinner konkurrensen om upptaget men risken för N-förluster från marken kan öka, vilket i sin tur kan leda till försämrad grundvattenkvalitet och en reducerad framtida tillväxt (Johansson 1994). Studier utförda av (Barring 1967; Nilsson & Örlander 1999) visar att planttillväxten för barrplantor under den andra växtsäsongen är positivt kopplad till plantornas upptag av N under det första året. Därför anses det viktigt ur produktionssynpunkt att utveckla och testa metoder för

att främja planttillväxt och överlevnad med en reducerad risk för kväveläckage (Nordborg & Nilsson 2003).

Andra näringsämnen som är begränsande för unga barrplantor är fosfor (P) och kalium (K). Fosfor i marken förekommer i både organisk och oorganisk form och i den boreala skogen är organisk P en stor del av jordsammansättningen (Cross & Schlesinger 1995). Faktorer som påverkar stabiliseringen av P är bland annat halten av aluminium (Al) och järn (Fe) i marken (Turner et.al 2007). Studier gjorda av Giesler et.al (2002) visade ett samband mellan markens pH-värde, koncentration av N samt plantproduktivitet med halten Al och Fe i humuslagret. Kalium (K) är ett annat begränsande näringsämne som påverkar plantans förmåga att reglera vattenmängden som den kan ta upp (Hallsby 2013).

Svensk skogsproduktion har under senare tid blivit mer och mer lönsamhetsbaserad och från 1970-talet och framåt förbättrades skogsbrukets ekonomi och efterfrågan på virke ökade. Detta gjorde att intresset för produktionshöjande åtgärder som gödsling ökade (Ekelund & Hamilton 2001). En lyckad kvävegödsling med 150 kg per ha i ett ungbestånd kan höja produktionen så mycket som 10 - 20 m<sup>3</sup>sk per hektar och år. Tallskog i södra Sverige har den kortaste effekten innan produktionen stagnerar något medan gran planterat i norra Sverige har den mest långvariga effekten (Fries et.al 2013). Även den ekonomiska avkastningen efter gödsling har visats sig vara betydande, runt 10 - 15%, vilket är en hög siffra i skogliga sammanhang (Ståhl et.al 2013). Skogsgödsling med kväve ökar generellt tillväxten i stamvolym i den boreala skogen där jordlagret består av mineraljord (Ring et.al 2018). På senare år har oron för miljön ökat och i sin tur minskat gödslingsarealen i den svenska boreala skogen. Skogarna har fått ett större kvävenedfall och enligt Binkley et.al (1999) så ökar kvävekoncentrationen men även urlakningsgraden av gödsling. Detta trots att den största mängden gödslingskväve blir upptaget av jorden vid en standardmängd av tillsatt gödslingsmedel (Melin & Nommik 1988).

En del forskning har dock på senare tid åter framhållit gödslingen som kompatibel med olika miljömålsättningar om gödslingen är rätt utförd (Ståhl et.al 2013). Enligt studien från Högbom & Jacobsson (2002) så hotar gödsling inte de naturliga markprocesserna, den biologiska mångfalden eller ekosystemen och därmed anses som en relativt harmlös metod för ökad skogsproduktion. Studier från Fisher & Binkley (2019) visar att mer solenergi binds och fångas upp efter gödsling och är därmed positivt ur miljösynpunkt. En annan dokumenterad effekt av gödsling är att det organiska material som finns lagrat i marken får en dämpad nedbrytning vilket gör att det blir en lägre avgivning av koldioxid (CO<sub>2</sub>) (Hyvönen et.al 2008).

Eftersom det mesta av det markbundna kvävet finns i humuslagret så kan unga plantor drabbas av näringsbrist. Plantering direkt i mineraljord kan därför få en

minskad tillväxt på plantorna på grund av den reducerade tillgången av kväve. Därför rekommenderas plantering i omvänd torva då näringsämnen som frigörs vid nedbrytning av det organiska materialet är fördelaktigt för tillväxten (Skogsstyrelsen 2022a; Örlander et.al 1990). Omvända torvor kan däremot lida av försämrade fuktighetsförhållanden eftersom kapillärvattenflödet under torvan minskar i det organiska skiktet (Häggström et.al 2021).

Tallen kännetecknas som stresstålig och kan därför etablera sig på de flesta typer av markförhållanden och växer särskilt bra jämfört med gran på torra, magra marker och särskilt i norra Sverige där den initiala tillväxten under det första året är större än gran. Granen är en sen successionsart, mer skuggtålig och trivs att växa under mörkare förhållanden men är känsligare än tallen vad gäller torka och vindexponering vilket är de normala förhållanden på ett kalavverkat hygge (Nilsson 2020).

För att kompensera för kvävebortfallet i mineraljorden så finns idag möjligheter att använda olika gödselmedel som innehåller N samtidigt som plantering utförs (Brand 1991). N är naturligt tillgänglig för plantor i organisk form som aminosyror (Inselbacher & Näsholm 2012). Barrträd innehåller en aminosyra vid namn arginin ( $C_6H_{14}N_4O_2$ ) som de kan lagra. Arginin har den högsta kvävekoncentrationen av alla aminosyror vilket gör att den blir viktig för både tall och gran (Nordin et.al 2001; Canovas et.al 2007). Det är främst när upptaget av kväve är högt som plantan kan utnyttja argininet för tillväxt. Aminosyran är även fördelaktigt för tillväxten under vårsäsongen under den andra växtsäsongen (Canon et.al 2005). Arginin har en hög bindningskapacitet till jordpartiklar och läcker inte ut i marken även om den förekommer i rikliga mängder (Inselbacher et.al 2011; Hedwall et.al 2018). Om det förekommer riklig mängd upptagbart N i marken så prioriterar unga barrplantor skottsträckning före stödjande och underjordiska funktioner som rotbildning. När tillgången till kväve är som mest begränsat så är det istället rotbildning som plantorna behöver satsa på (Hermans et.al 2006).

Det fanns två gödselmedel som Sveaskog ville testa för plantering på sina egna marker. Det ena gödselmedlet som användes i denna studie var ArGrow, utvecklat av Arevo (Arevo AB, Umeå, Sverige). ArGrow är ett organiskt gödselmedel med arginin som är kristalliserat till fosfat och granulerat till att forma ett medel som binds till marken och långsamt släpper ifrån sig näringsämnen. ArGrow är tänkt att få plantan att växa snabbare samt att klara torka bättre och ska stimulera rotbildning. Det ska även bildas längre sekundärbarr vid tillväxt som gynnar fotosyntesen samt en större knopp vilket kan leda till att tillväxten ökar under den andra växtsäsongen. ArGrow ersätter det organiska materialet i torvan och plantan kan därför planteras direkt i mineraljord utan eventuell kväveförlust (Svenska skogsplantor 2022).

Det andra gödselmedlet som användes i studien var Agroblen (Agroblen 9-8.7-6.6+1.8Mg+0.1B) som säljs av Svenska skogsplantor (Interagro 2022). Det är ett oorganiskt kapslat mineralgödsel innehållande 100% inkapslade N, P och K-komponenter med extra tillsatt bor och magnesium. Syftet med att använda Agroblen är att på kort sikt öka kvävehalten i barren samt skotttillväxten. Magnesium (Mg) är tillsatt i Agroblen för att förbättra fotosyntesen och stimulera rottillväxten. Själva kapslingen består av nedbrytbart harts och är tänkt att avge näringsämnen långsamt under lång tid. Reglering av avgivningen påverkas i första hand av jordtemperaturen där +5 grader gör att mer avges och ska därför kunna följa plantans näringsbehov efter växtsäsong (Wallertz 2019; Interagro 2022). Livslängden för Agroblen är ca 8–9 månader i jordtemperatur på +21 grader vilket gör att den är tänkt att ha effekt på tillväxten i två växtsäsonger. Vid lägre temperatur är livslängden något längre, ca 14 månader (Interagro 2022).

Plantgödsling är en relativt ny metod och därför finns det inte många studier gjorda i synnerhet för tillsatt växtnäring vid plantering. Häggström et.al (2021) har gjort studier om tillväxt och överlevnad av tallplantor i norra Sverige. Försöket gick ut på att undersöka effekten från tillsats av gödselmedel (ArGrow Granulat, Arevo AB, Umeå, Sverige) innehållande argininfosfat (AP) jämfört med kontrollplantor utan gödselmedel. Planteringen gjordes i tre olika planteringspunkter, mineraljord, omvänd torva samt ej markberett. Resultatet visade att behandlingen med AP hade en signifikant betydelse för tallplantornas överlevnad. Resultaten i studien visade också på en variation i toppskott mellan trakter, planteringspositioner och val av behandling. Nyttan av tillsatsen av AP hade överlag en positiv effekt på både toppskott och överlevnad.

Det är relativt få studier gjorda på skillnad i tillväxt mellan tall och gran vid samma tillväxtförhållanden och lokaler. En studie från (Nilsson et.al 2020) visade att plantering av tall och gran på samma mark hade skillnader i tillväxt på både kort och lång sikt. På en typisk mager mark så hade tallplantor en större initial tillväxt än granen och en förklaring till det var en bättre förmåga att ta upp N från marken och att utnyttja det för tillväxten jämfört med granplantorna. Etableringen och tillväxten av både tall och gran gynnades av markberedning men efter markbehandlingar där stora delar av markens humustäcke avlägsnades så fanns det en betydande hämning av tillväxten för granplantor.

En studie från Rose & Ketchum (2003) med gödslingsbehandlade douglasgranplantor visade att koncentrationen av näringsämnen i barren i form av N, P och K hade en effekt under det första året med behandling jämfört med kontrollplantor men att effekten sedan avtog under år två.

### **Syfte och frågeställningar**

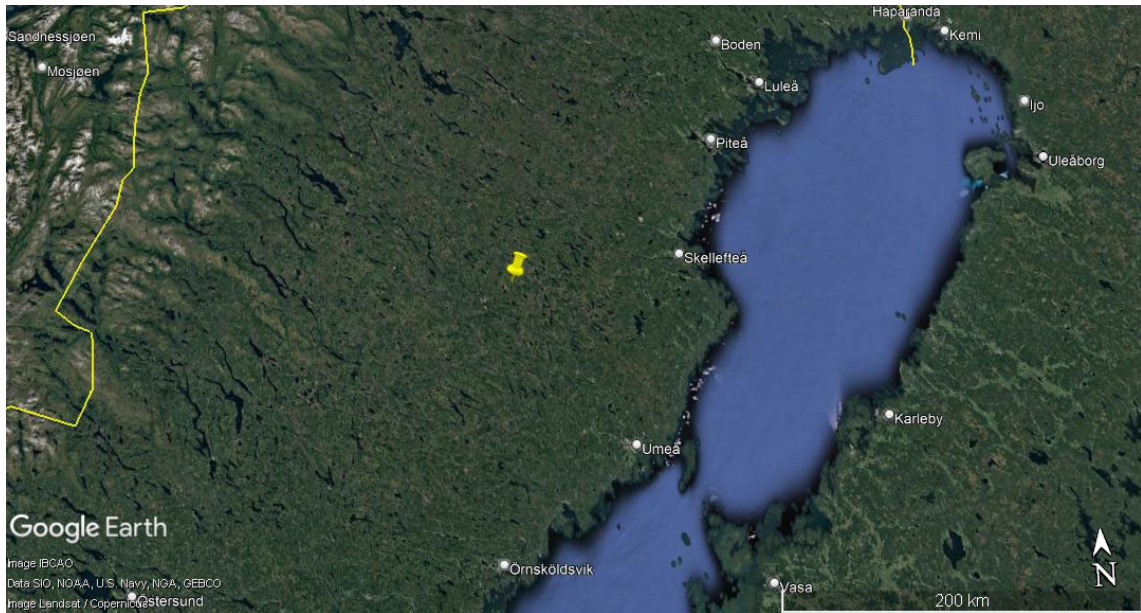
Få studier har gjorts som undersöker plantgödsling i fält och därför är det viktigt att detta undersöks mer ingående. Det är även få studier gjorda som jämför gödselmedel med varandra samt hur olika trädslag påverkas. Mer forskning behövs för att i framtiden kunna göra avvägningar mellan vilka metoder som används i skogsbruket. Syftet med studien är att jämföra två olika typer av växtnäring (ArGrow och Agroblen) med en ogödslad kontroll och undersöka dess effekt på tillväxt, vitalitet och överlevnad hos planterade tall- och granplantor. Plantorna planterades i två olika planteringspunkter. Alla jämförelser och beräkningar skedde trädslagsvis.

- Finns det signifikanta skillnader mellan gödselmedel och kontroll för tillväxt med avseende på total planthöjd och toppskott?
- Finns det signifikanta skillnader i tillväxt med avseende på total planthöjd och toppskott mellan plantering i mineraljord kontra plantering i omvänd torva med underliggande humus?
- Finns det signifikanta skillnader i tillväxt, överlevnad och vitalitet mellan planteringspunkter och gödslingsbehandling?

## 2. Material och metod

### 2.1 Försökstrakt

Försöket gjordes på Sveaskog AB:s mark i Västerbotten utanför Lycksele på Latitud: 64°40'0.75"N, Longitud: 19° 1'22.34"O och höjd över havet 282 m (SWEREF 99), se (Figur 1). Trakten som valdes skulle vara gynnsam för både tall- och granplantering, men i brist på riktigt goda granmarker valdes denna trakt som främst är god för tallplantering. Ståndorten var en T18 på frisk mark med lingontyp, morän som jordart och grov kornstorlek (Tabell 1). Dessa egenskaper är främst fördelaktiga för tall men trakten hade rörligt markvatten under kortare perioder vilket även kan gynna gran (Hallsby 2013). Trakten markbereddes intermittent med högläggare vilket skapade omvända torvor med någon eller ett par meters mellanrum och även mineraljordspunkter där markberedaren grävt i jorden. Markberedning med högläggare ger färre planteringspunkter än vid harvning, därför kan plantering i mineraljord göras i både gropen och vid det s.k. gångjärnet vid kanten till den omvända torvan. I denna studie sattes plantorna i första hand i gropen om det fanns tillräcklig med mineraljord. Vissa sattes i gångjärnet om gropen bedömdes ha för liten mängd ren mineraljord.



**Figur 1:** Lokalens placering ( $64^{\circ}40'0.75''N$ ,  $19^{\circ}1'22.34''O$ ) med gul markör i norra Sveriges inland i höjd med Skellefteå (Källa Google Earth)



**Figur 2:** Översikt över lokalens utseende. Foto: Erik Wickberg

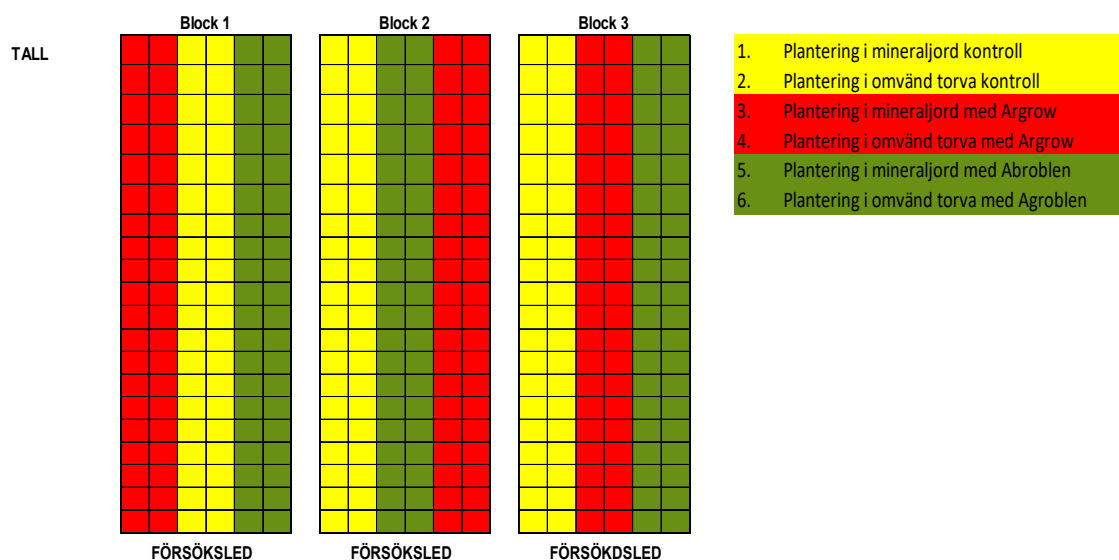
**Tabell 1:** En översikt över ståndortsegenskaperna för trakten där försöket anlades.

Lokal	Jordart	Kornstorlek	Mark.veg	SI
Sveaskog	Morän	Grov	Lingontyp	T18

## 2.1 Försöksdesign

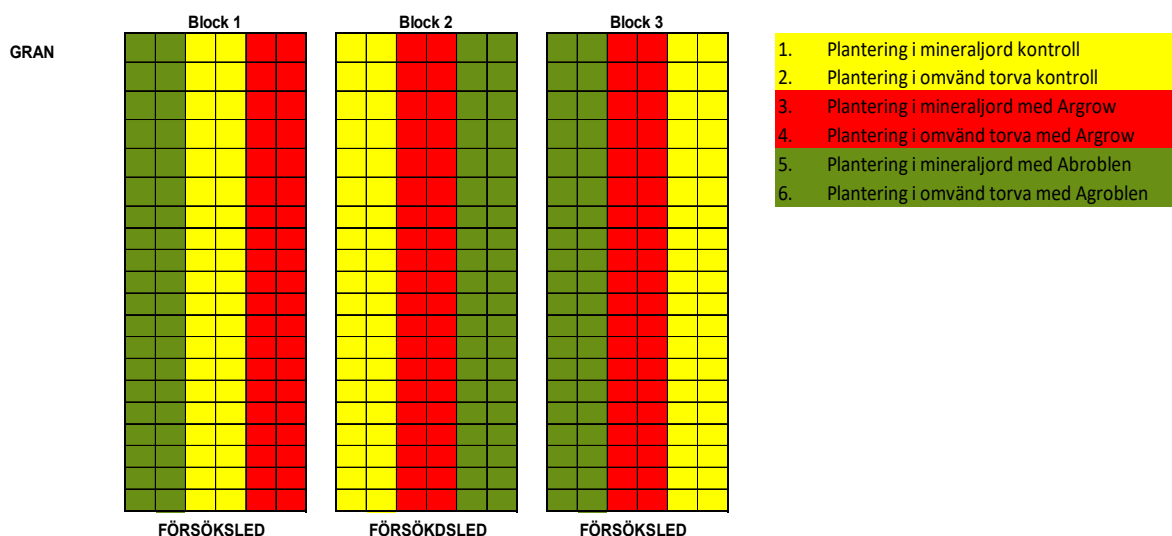
Försöket delades först upp mellan tall och gran. Varje trädslag planterades sedan i tre olika block med sex rader i varje block med olika kombinationer av planteringspunkt, gödselmedel och kontroll (Figur 3). De olika behandlingar var:

- Plantering i mineraljord Kontroll
- Plantering i omvänd torva, Kontroll
- Plantering i mineraljord med ArGrow
- Plantering i omvänd torva med ArGrow
- Plantering i mineraljord med Agroblen
- Plantering i omvänd torva med Agroblen



**Figur 3:** Försöksdesignen för tall gjord i Excel med slumpmässig ordning på försöksleden inom varje block.





**Figur 4:** Försöksdesignen för gran gjord i Excel med slumpmässig ordning på försöksleden inom varje block.

Varje planta markerades med en plastpinne som sattes bredvid med olika färger för att lättare hålla koll på vilken typ av behandling som hade utförts, (röd= ArGrow), (grön = Agroblen) och (gul = Kontroll). Ordningen för försöksleden inom varje block slumpades ut i Excel. Däremot så inleddes varje ny behandling med plantering i mineraljord i rad 1 och sedan plantering i omvänd torva i rad 2. Varje rad innehåller en typ av behandling (ArGrow, Agroblen eller Kontroll). Varje planteringspunkt sitter ej symmetriskt likt som i designen utan sattes på närmsta godkända planteringspunkt. De olika blocken används främst för att fånga variation inom mätresultaten. Tall- och granblocken låg var för sig. Varje försöksrad innehöll 20 plantor vilket gjorde att ett block innehöll  $20 \cdot 6 = 120$  plantor. Totalt planterades det  $6 \cdot 120 = 720$  plantor, 360 tall och 360 gran. Plantering gjordes under våren den 24:e och 25:e maj 2022 och uppföljning gjordes den 6:e och 7:e september 2022.



**Figur 5:** En bild på en granplanta från försöket planterad i omvänd torva. För att planteringspunkten ska vara av god kvalitet krävs det att det finns ett övergripande täcke av mineraljord på den omvända torvan. (Se bild). Foto: Erik Wickberg



**Figur 6:** En bild på en tallplanta från försöket planterad direkt i mineraljord. För att planteringspunkten ska vara av god kvalitet krävs det att det är minst 10 cm till närliggande vegetation. (Se bild). Foto: Erik Wickberg

## 2.2 Plantmaterial och gödselmedel

### 2.2.1 Plantmaterial

Det plantmaterial som användes var ett år gamla fryslagrade täckrotsplantor av tall och gran från Svenska skogsplantors plantskola i Kilåmon. Odlingssystemet var Svepot Air 30 krukor som är anpassade för plantering i norra Sverige och är tänkt att förhindra rotsnurr vid odlingen. Proveniensen för tallfröna var Dal T8 i och för granfröna Multrä i Ångermanland. Plantorna var ej behandlade med snytbaggesskydd. Plantorna hade valts och köpts in av Sveaskog.

### 2.2.2 ArGrow

Plantering med ArGrow fungerade på samma sätt som vid vanlig plantering. En flaska med en automatisk doserare innehållande granulat fästes på röret så en dos av ArGrow frigörs automatiskt och lägger sig under plantan. Varje flaska innehöll 250 ml granulat varav varje giva innehöll 40 mg N där allt kväve kommer från arginin samt 22 mg P (Arevo AB). Givan som tillgavs vid plantering var den rekommenderade givan från Arevo AB.

### 2.2.3 Agroblen

Vid plantering med Agroblen så hälldes gödselmedlet i röret och placeras i jorden under plantan. Varje dos var ett kaffemått (20 ml/planta) vilket är ca 8 gram (g). Givorna i kapslingen är ca 9% N, 8,7% P, 6,6% K, 1,8% Magnesium (Mg) och 0,1% Brom (Br), vilket gav ett ungefärligt mått på 720 mg N, 696 mg P och 528 mg K (Interagro 2022). Givan som tillgavs vid plantering var den rekommenderade givan från företaget.

## 2.3 Insamling av data

Plantorna planterades på våren i slutet av maj och inventerades under hösten i september vilket gav en växtperiod på ungefär 3,5 månader. Först mättes längden av tjugo slumpvalt utvalda provplantor av tall och tjugo av gran från kartongen innan planteringen. Detta för att få en ungefärlig bild av plantornas storlek och kunna dra trovärdiga slutsatser om tillväxten senare under hösten. Medellängden för de tjugo tallplantorna var 9 cm och medellängden för de tjugo granplantorna var 19 cm. Med hjälp av appen Survey 123 samlades data in kontinuerligt under inventeringen. Varje enskild planta analyserades och dokumenterades och alla beräkningar och mått gjordes under hösten. De data som samlades in var planthöjd (den totala längden av hela plantan ovan jord i cm), och toppskott (den del som växt under sommaren och beräknades i centimeter från det översta grenvarvet (gran) eller från där plantan fått dubbelbarr (tall)). Medelvärden beräknades sedan för alla

levande plantor. Även överlevnad noterades och betecknades som ”ja” eller ”nej” samt om plantan bedömdes vara vital eller försvagad. För att plantan skulle bedömdas som försvagad så måste den ha varit visuellt påverkad genom missfärgning av barren, toppskottsbyte eller insektsnag på stammen etcetera. Vad för typ av skada som en barrplanta har råkat ut för kan vara svårt att bedöma (Samuelsson & Örlander 2001) och därför noterades det med stor tillförsikt. Varje block i Survey registrerades och exporterades i väg som en enskild undersökning och totalt blev sex undersökningar registrerade. Data överfördes därefter från Survey till Microsoft Excel där det bearbetades och kontrollerades så att alla siffror och noteringar stämde. Insamlat data överfördes sedan från Excel som ett data-set till ett program som heter R-Studio för statistiska beräkningar.

## 2.4 Statistisk analys och dataframställning

För att testa effekten på tillväxt av gödselbehandling (ArGrow, Agroblen eller Kontroll), planteringspunkt (omvänd torva eller mineraljord) samt interaktionen mellan faktorerna tillämpades en variansanalys, även kallat ANOVA-test. I modellen som gjordes så ingick försöksdesignen med randomiserade slumpmässiga block och övriga variabler som ingick var gödselbehandling, planteringspunkt och alla dess interaktioner. En modell gjordes separat för tall och gran. Alla antagandena antogs vara normalfördelade. ANOVA-metoden passar bra att använda för att beräkna medelvärden för varje variabel och interaktionen mellan dem. Tillväxt beräknades med linjära regressionsmodeller där total planthöjd och toppskott var responsvariabler i analyserna. Summeringen av modellen gav sedan ett medelvärde för varje variabel. Om någon interaktion fanns som det sedan kunde det utläsas genom signifikansnivån.

För att utläsa skillnaden mellan de olika gödselbehandlingarna (ArGrow, Agroblen samt Kontroll) vid signifikant interaktion utfördes ett Tukeys-range-test för att hitta vilka medelvärden som skiljer sig åt mellan gödselbehandlingarna. Det är en typ av post-hoc-test som gör en enstegs multipel jämförelse för att jämföra parvisa interaktioner och kunna utläsa vilka jämförelser som är signifikanta eller ej. Alla möjliga kombinationer får varsin likadan signifikansnivå. Signifikansnivån för samtliga analyser sattes till 0,05. ANOVA-

modellen gjordes med funktionen av  
(planthöjd~behandling\*block\*planteringspunkt, data\$trädslag="tall/gran") och  
tillhörande post hoc funktion TukeyHSD(model tall/gran,  
"behandling\*planteringspunkt").

Överlevnad och skador beräknades ej genom en statistisk modell utan enbart  
genom ett test där levande plantor markerades som "ja" och döda plantor  
markerades som "nej". Samma sak gjordes för skadade plantor för att fram ett  
översiktligt resultat för trädslag, behandling och val av planteringspunkt.

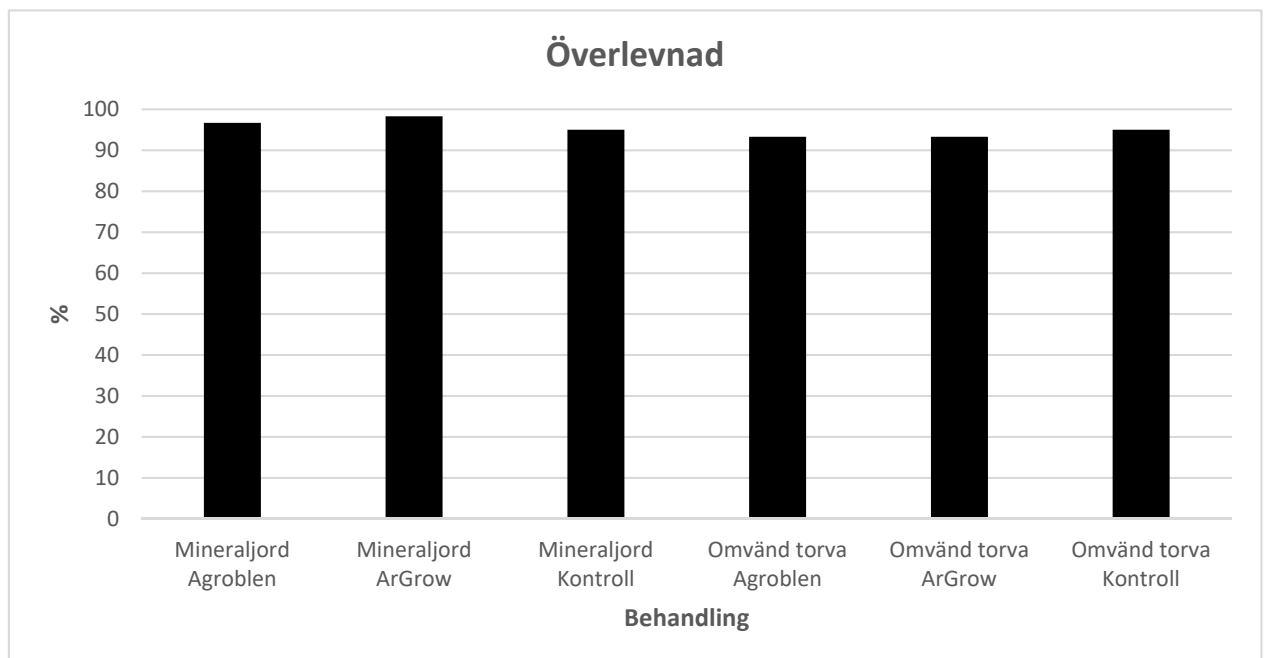
R-studio (version 4.2.1) användes för all statistisk beräkning i studien (R Core  
Team 2022).

## 3 Resultat

### 3.1 Tall

#### 3.1.1 Överlevnad

Resultatet för överlevnaden visade att lägst överlevnad hade Agroblen-planter i omvänd torva med 93% andel och högst överlevnad hade ArGrow-planter i mineraljord med 97% andel. Se (Figur 7). Ett totalt medelvärde för överlevnaden var 95,3%.



**Figur 7.** Stapeldiagram över resultatet för överlevande planter i procent (%) fördelat på behandling (ArGrow, Agroblen, Kontroll) samt planteringspunkt (Mineraljord, Omvänd torva).

### 3.1.2 Planthöjd

Resultaten i visade en signifikant skillnad mellan val av gödselbehandling ( $p < 0.01$ ) och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ) vad gällde den totala planthöjden efter en växtsäsong. Däremot fanns det ingen signifikant interaktion mellan dessa två variabler ( $p = 0.38$ ). Se (Tabell 2).

**Tabell 2:** Resultat från ANOVA-testet av planthöjden på tall med effekterna av behandlingarna (ArGrow, Agroblen, Kontroll), planteringspunkt, (mineraljord och omvänd torva) samt interaktionen mellan dessa variabler med en signifikansnivå  $p = 0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-värde	Pr>F
Gödselbehandling	2	335,6	167,82	18,495	<b>&lt;0.01</b>
Planteringspunkt	1	128,9	128,88	14,205	<b>&lt;0.01</b>
Behandling*Planteringspunkt	2	17,8	8,88	0,978	0.38
Residualer	325	2948,8	9,07		

Resultatet från Tukeys-rank-test visade en skillnad mellan de tre olika gödselbehandlingarna där Agroblen hade en signifikant högre planthöjd än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Agroblenplantorna hade även en signifikant högre planthöjd än Kontroll ( $p = 0.02$ ) Kontrollplantorna hade en signifikant högre planthöjd än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Se (Tabell 3)

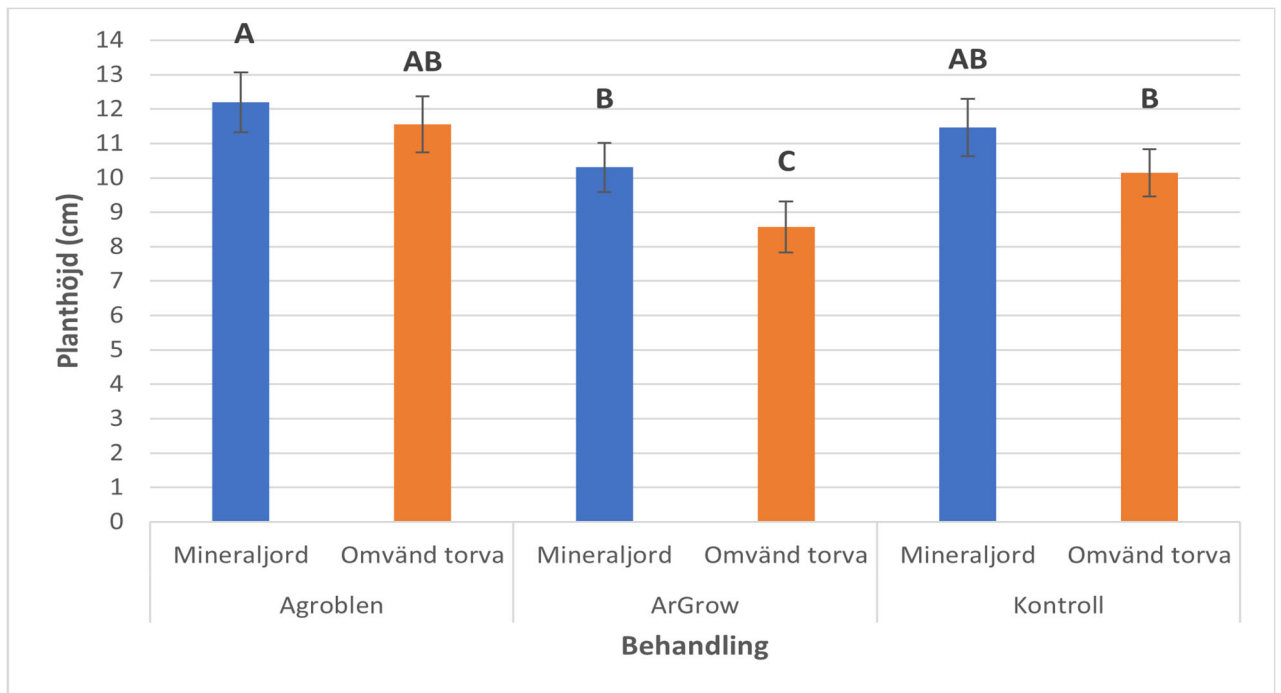
**Tabell 3.** Tukeys rank-test på tall av de tre olika behandlingarna för att hitta parvisa medelvärden som skiljer sig åt med avseende på den totala planthöjden med en signifikansnivå  $p = 0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

Behandling	Diff	lwr	Upr	P-värde adj
ArGrow-Agroblen	-2.416323	-3.3536697	1.4789772	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-Agroblen	-1.078947	-2.0183380	-0.1395567	<b>0.02</b>
Kontroll-ArGrow	1.337376	0.4000298	2.2747223	<b>&lt;0.01</b>

Resultatet för tall visade att Agroblen hade 0,6 cm högre medelhöjd i mineraljorden än i omvänd torva vilket ej var signifikant ( $p = 0.87$ ) se (Figur 8). ArGrow hade 1,7 cm högre medelhöjd i mineraljorden än i omvänd torva vilket var signifikant ( $p = 0.03$ ). Kontrollplantorna hade 1,4 cm högre medelhöjd i



mineraljorden än i omvänd torva vilket ej var signifikant ( $p=0.19$ ). Då inga interaktioner kunde utläsas från ANOVA-testet (Tabell 4) så vägde huvudeffekterna (behandling, planteringspunkt) tyngre än eventuella parvisa interaktionseffekter.



**Figur 8.** Medelvärden  $\pm$  SE för den totala planthöjden för tall ovan jord inklusive toppskott för antalet centimeter som planthöjden var vid höstinventeringen fördelat på behandling och planteringspunkt. Skalan på y-axeln betecknar planthöjden i antalet centimeter som plantorna var i medelvärde. Blå stapel indikerar plantering i mineraljord och orange stapel indikerar plantering i omvänd torva. Standard Error (SE) är markerat med felstaplar. Bokstäverna ovanför staplarna indikerar vilka behandlingar som är signifikant skilda från varandra. Staplar med samma bokstäver är ej signifikant skilda medan olika bokstäver indikerar att det finns en signifikant skillnad i de parvisa jämförelserna.

### 3.1.3 Toppskott

Resultaten visade en signifikant skillnad mellan val av gödselbehandling ( $p < 0.01$ ) och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ) vad gällde toppskottstillväxten. Däremot fanns det ingen signifikant interaktion mellan dessa två variabler ( $p = 0.21$ ). Se (Tabell 4).

**Tabell 4.** Resultat från ANOVA-testet av toppskottet på tall med effekterna av behandlingarna (ArGrow, Agroblen, Kontroll), planteringspunkt, (mineraljord och omvänd torva) samt interaktionen mellan dessa variabler med en signifikansnivå  $p = 0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

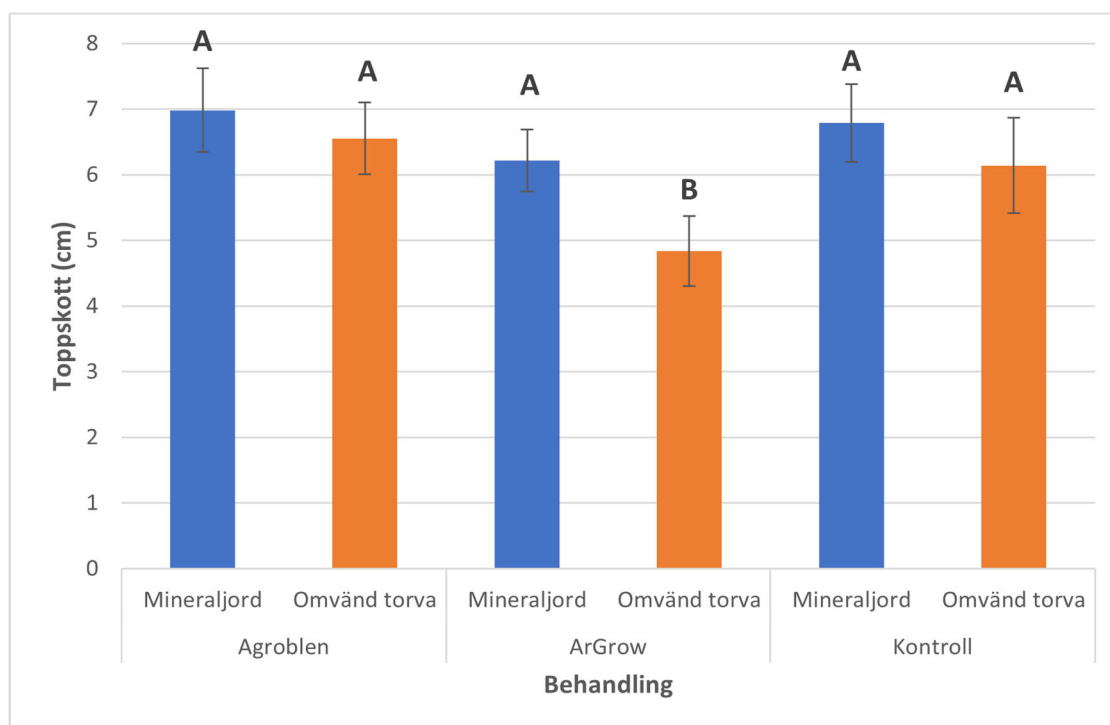
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-värde	Pr>F
Gödselbehandling	2	93.0	46.49	10.190	<b>&lt;0.01</b>
Planteringspunkt	1	57.0	56.99	12.491	<b>&lt;0.01</b>
Behandling*Planteringspunkt	2	14.4	7.18	1.574	0.21
Residualer	325	1482.9	4.56		

Resultatet från Tukeys-rank-test visade på en skillnad mellan de två olika gödselmedlen där Agroblen hade ett signifikant längre toppskott än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Kontrollplantorna hade också ett signifikant längre toppskott än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Däremot fanns det ingen signifikant skillnad mellan Agroblen och Kontroll ( $p = 0.52$ ). Se (Tabell 5).

**Tabell 5.** Tukeys rank-test på tall av de tre olika behandlingarna för att hitta medelvärden som skiljer sig åt med avseende på toppskott med en signifikansnivå  $p = 0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

Behandling	Diff	lwr	Upr	P-värde adj
ArGrow-Agroblen	-1.2241037	-1.8888092	-0.5593983	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-Agroblen	-0.3070175	-0.9731727	0.3591376	0.52
Kontroll-ArGrow	0.9170862	0.2523807	1.5817916	<b>&lt;0.01</b>

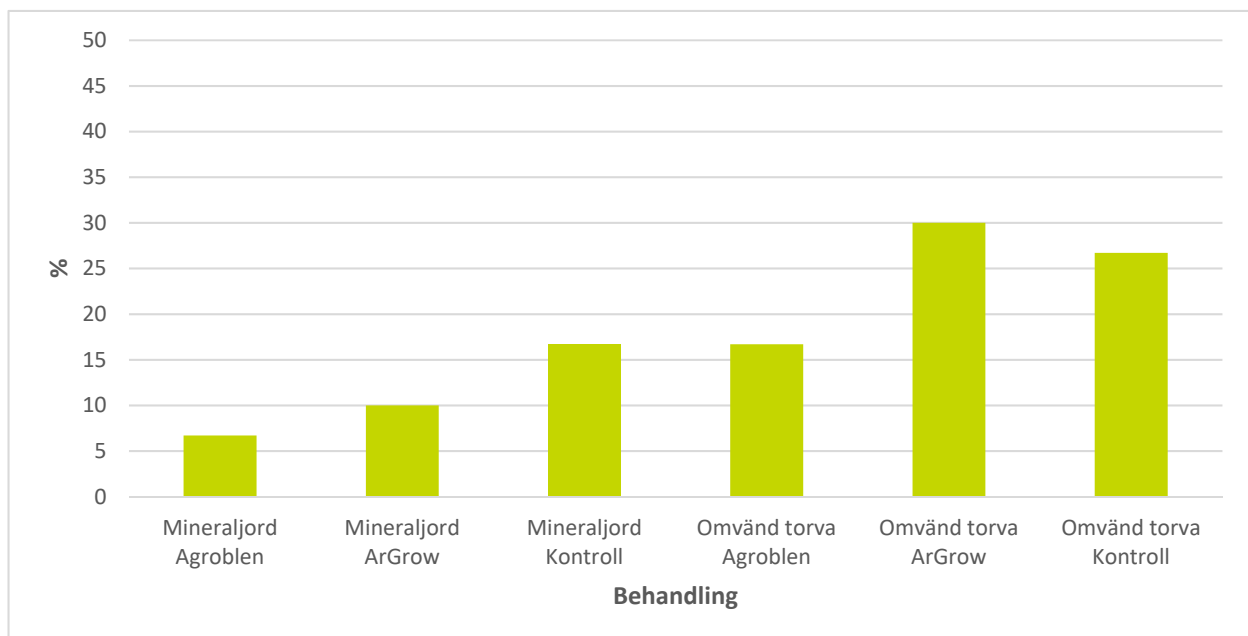
Resultaten visade att Agroblen planterad i mineraljord hade 0,4 cm längre toppskott än i omvänd torva vilket ej var signifikant ( $p=0.90$ ) se (Figur 9). ArGrow hade 1,4 cm längre toppskott i mineraljorden än i omvänd torva vilket var en signifikant skillnad ( $p<0.01$ ). Kontrollplantorna hade 0,7 cm längre toppskott i mineraljorden än i omvänd torva vilket ej var signifikant ( $p=0.57$ ). Endast ArGrow planterad i omvänd torva hade ett signifikant kortare toppskott i jämförelse med de andra kombinationerna. Då inga interaktioner kunde utläsas från ANOVA-testet så vägde huvudeffekterna (gödselbehandling, planteringspunkt) tyngre än eventuella parvisa jämförelser.



**Figur 9.** Medelvärden  $\pm$ SE för antalet centimeter som toppskottet var fördelat på gödselbehandling och planteringspunkt. Skalan på y-axeln betecknar toppskottet i antalet centimeter som plantorna var i medelvärde vid höstinventeringen. Blå stapel indikerar plantering i mineraljord och orange stapel indikerar plantering i omvänd torva. Standard Error (SE) är markerat med felstaplar. Bokstäverna ovanför staplarna indikerar vilka behandlingar som är signifikant skilda från varandra. Staplar med samma bokstäver är ej signifikant skilda medan olika bokstäver indikerar att det finns en signifikant skillnad i de parvisa jämförelserna.

### 3.1.4 Skador

Andelen skadade plantor (s) för tall visade generellt en högre andel skadade på omvänd torva och mindre skador på mineraljord för ArGrow, Agroblen och Kontroll. Dock är inga statistiska beräkningar gjorda och eventuella skillnader är inte statistiskt säkerställda. Högst andel skador hade ArGrow planterad i omvänd torva på (s=30% skador). Minst andel skador hade Agroblen planterad i mineraljord på (s=6,7% skador). Det fanns en variation bedömd i skadegraden där vissa plantor kan bedömas ha större nedsatt vitalitet och andra mindre nedsatt vitalitet. Se (Figur 10)

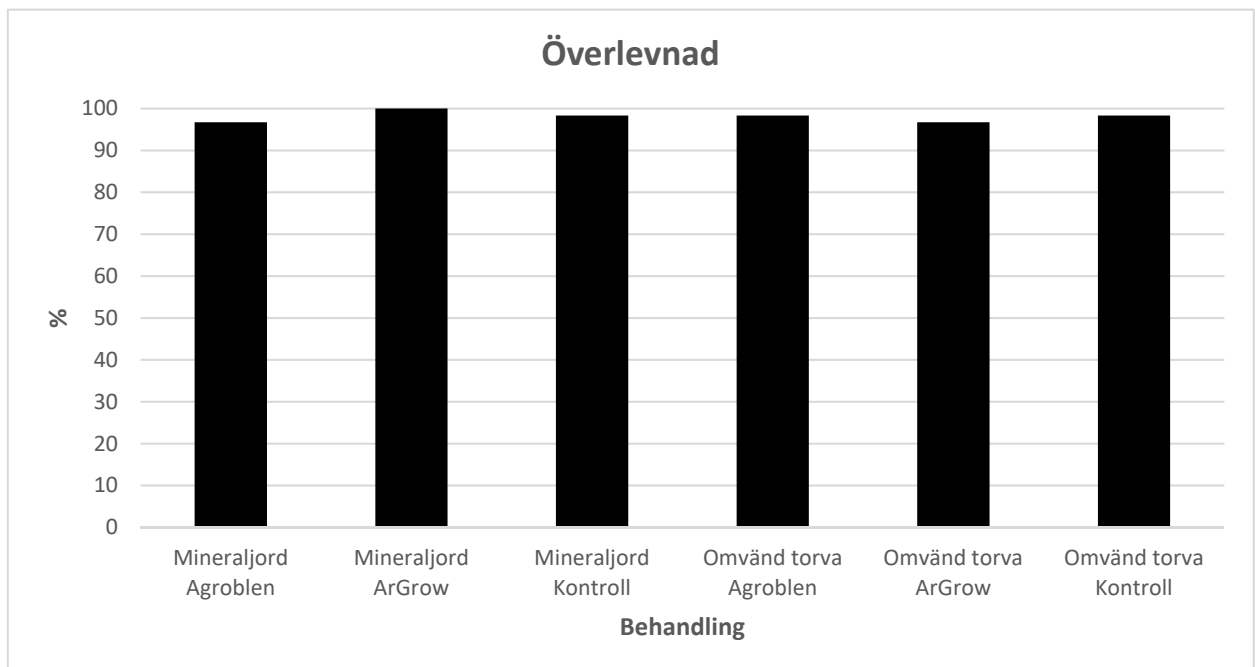


**Figur 10:** Andelen skadade tallplantor där vitaliteten bedömdes som nedsatt. Procentandelen är beräknad på samtliga plantor som planterades per kombination av behandling ( $20 \cdot 3 = 60$ ).

## 3.2 Gran

### 3.2.1 Överlevnad

Resultatet för överlevnaden visade att lägst överlevnad hade Agroblen-plantor i mineraljord och ArGrow-plantor i omvänd torva med 93% andel överlevnad, se (Figur 11). Högst överlevnad hade ArGrow-plantor i mineraljord med 100%. Ett totalt medelvärde för överlevnaden var 96,7%.



**Figur 11.** Procentandelen överlevande granplantor fördelat på gödselbehandling och planteringspunkt. Procentandelen är beräknad på samtliga plantor som planterades per kombination av behandling ( $20 \cdot 3 = 60$ ).

### 3.2.2 Planthöjd

Resultaten visade en signifikant skillnad mellan val av gödselbehandling ( $p < 0.01$ ) och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ) vad gällde den totala planthöjden för gran. Det fanns även en signifikant interaktion mellan val av gödselbehandling och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ). Se (Tabell 6)

**Tabell 6.** Resultatet från ANOVA-testet på den totala planthöjden för gran med effekterna av behandlingarna (ArGrow, Agroblen, Kontroll), planteringspunkt, (mineraljord och omvänd torva) samt interaktionen mellan dessa variabler med en signifikansnivå  $p=0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-värde	Pr>F
Gödselbehandling	2	2493	1246,7	99.989	<b>&lt;0.01</b>
Planteringspunkt	1	1168	1167,8	93.664	<b>&lt;0.01</b>
Behandling*Planteringspunkt	2	199	99,7	7.999	<b>&lt;0.01</b>
Residualer	325	4177	12,5		

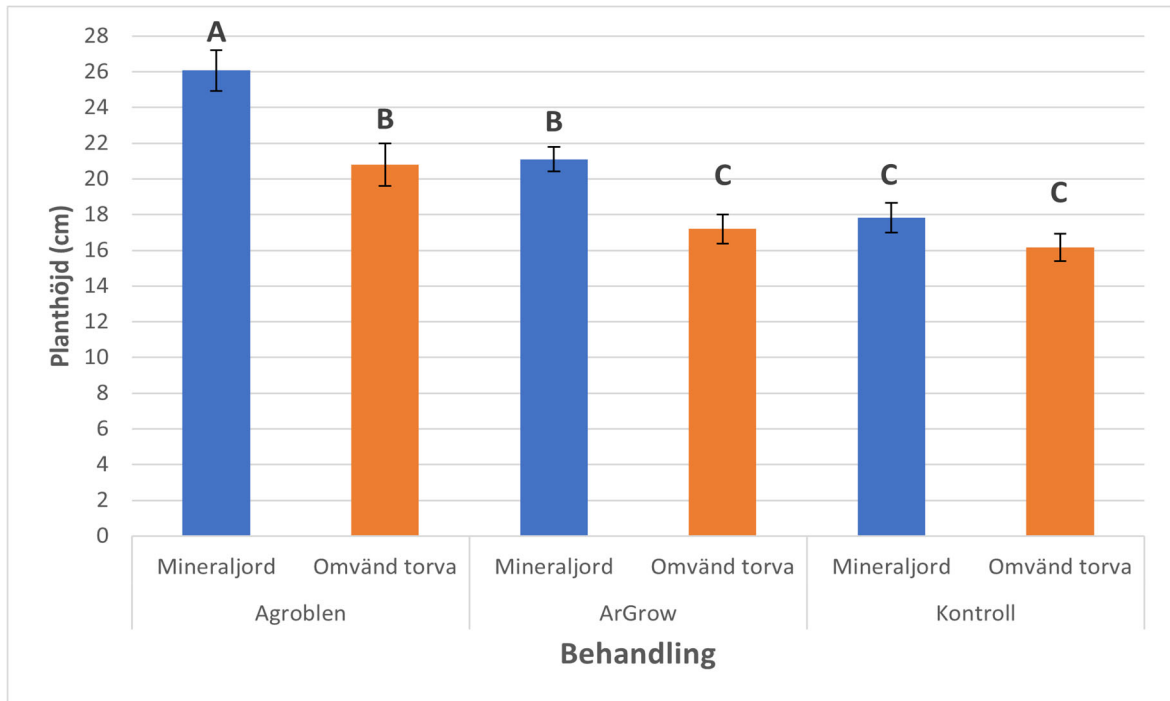
Resultatet från Tukeys-rank-test visade en skillnad mellan de tre olika gödselbehandlingarna där Agroblen hade en signifikant högre planthöjd än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Agroblenplantorna hade en signifikant högre planthöjd än Kontroll ( $p < 0.01$ ) Kontrollplantorna hade en signifikant högre planthöjd än ArGrow ( $p < 0.01$ ). Se (Tabell 7).

**Tabell 7.** Tukeys rank-test av gran på de tre olika behandlingarna för att hitta parvisa medelvärden som skiljer sig åt med avseende på den totala planthöjden med en signifikansnivå  $p=0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet stil.

Behandling	Diff	lwr	Upr	P-värde adj
ArGrow-Agroblen	-4.223743	-5.308274	-3.139212	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-Agroblen	-6.410184	-7.494715	-5.325653	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-ArGrow	-2.186441	-3.268662	-1.104220	<b>&lt;0.01</b>

Resultatet för gran visade att Agroblen hade 5,3 cm högre medelhöjd i mineraljorden än i omvänd torva vilket var signifikant med ( $p < 0.01$ ), se (Figur 12). ArGrow hade 3,9 cm högre medelhöjd i mineraljorden än i omvänd torva vilket var signifikant med ( $p < 0.01$ ). Kontrollplantorna hade 1,6 cm högre medelhöjd i mineraljorden än i omvänd torva vilket ej var signifikant med ( $p = 0.11$ ). Vid plantering i mineraljord hade Agroblen en signifikant högre medelhöjd än både ArGrow och Kontroll ( $p < 0.01$  och  $p < 0.01$ , respektive). ArGrow hade en högre medelhöjd än Kontroll ( $p < 0.01$ ). Vid plantering i omvänd torva hade Agroblen en signifikant högre medelhöjd än både ArGrow och

Kontroll med ( $p < 0.01$  &  $p < 0.01$  respektive). Ingen signifikant skillnad kunde utläsas mellan ArGrow och Kontroll planterad i omväänd torva ( $p = 0.61$ ).



**Figur 12.** Medelvärden  $\pm$  SE för den totala planthöjden för gran ovan jord inklusive toppskott för antalet centimeter som planthöjden var vid höstinventeringen fördelat på gödselbehandling och planteringspunkt. Skalan på y-axeln betecknar planthöjden i antalet centimeter som plantorna var i medelvärde vid höstinventeringen. Blå stapel indikerar plantering i mineraljord och orange stapel indikerar plantering i omväänd torva. Standard Error (SE) är markerat med felstaplar. Bokstäverna ovanför staplarna indikerar vilka behandlingar som är signifikant skilda från varandra. Staplar med samma bokstäver är ej signifikant skilda medan olika bokstäver indikerar att det finns en signifikant skillnad i de parvisa jämförelserna.

### 3.2.3 Toppskott

Resultaten visade en signifikant skillnad mellan val av gödselbehandling ( $p < 0.01$ ) och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ) vad gällde toppskottslängd. Det fanns även en signifikant interaktion mellan val av gödselbehandling och planteringspunkt ( $p < 0.01$ ). Se (Tabell 8).

**Tabell 8.** Resultatet från ANOVA-testet av toppskottet på gran med effekterna av behandling (ArGrow, Agroblen, Kontroll), planteringspunkt (mineraljord, omvänd torva) samt interaktionen mellan dessa variabler med en signifikansnivå på  $p=0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet text.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-värde	Pr(>F)
Gödselbehandling	2	2320.8	1160.4	166.272	<b>&lt;0.01</b>
Planteringspunkt	1	303.9	303.6	43.508	<b>&lt;0.01</b>
Behandling*Planteringspunkt	2	178.1	89.0	12.758	<b>&lt;0.01</b>
Residualer	335	2337.9	7.0		

Resultatet visade att Agroblen hade ett signifikant längre toppskott än ArGrow och Kontroll i både mineraljord och omvänd torva med ( $p < 0.01$ ) för samtliga fyra jämförelser. ArGrow hade ett signifikant längre toppskott än Kontroll i mineraljorden ( $p < 0.01$ ) men vid plantering i omvänd torva fanns inga skillnader mellan dessa behandlingar ( $p=0.99$ ). Se (Tabell 9).

**Tabell 9.** Resultat av Tukeys-rank-test för att hitta signifikans för gödselbehandlingar i de olika planteringspunkterna med en signifikansnivå på  $p=0,05$ . Signifikanta värden är markerade i fet text.

Mineraljord	Diff	P-värde adj	Omvänd torva	Diff	P-värde adj
ArGrow-Agroblen	-5.893138	<b>&lt;0.01</b>	ArGrow-Agroblen	-3.921730	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-Agroblen	-7.628994	<b>&lt;0.01</b>	Kontroll-Agroblen	-4.157011	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll-ArGrow	-1.735856	<b>&lt;0.01</b>	Kontroll-ArGrow	-0.235281	0.99

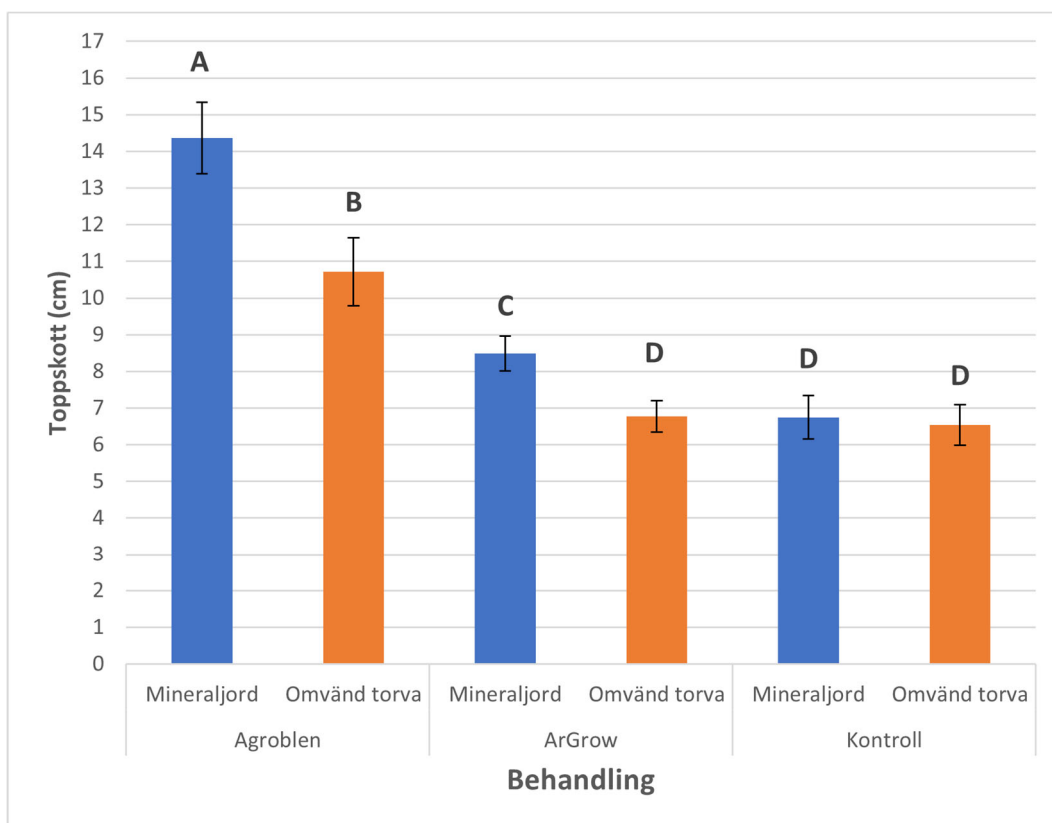
Resultatet visade att ArGrow hade en signifikant högre tillväxt i mineraljorden kontra omvänd torva vad gällde toppskottet med ( $p < 0.01$ ). Det gällde för Agroblen-plantorna med ( $p < 0.01$ ). För Kontrollplantorna fanns det ingen effekt av planteringspunkt ( $p=0.99$ ). Se (Tabell 10).



**Tabell 10.** Resultatet från Tukeys rank-test av varje enskild gödselbehandling i de två olika planteringspunkterna. Tabellen visar vilka kombinationer med medelvärden som skiljer sig åt med avseende på toppskottet på granplantorna med en signifikansnivå på  $p=0,05$ .

Behandling	Planteringspunkt	Diff	P-värde
ArGrow	Omvänd torva-Mineraljord	<b>-1.702949</b>	<b>&lt;0.01</b>
Agroblen	Omvänd torva-Mineraljord	<b>-3.674357</b>	<b>&lt;0.01</b>
Kontroll	Omvänd torva-Mineraljord	<b>-0.202374</b>	0.99

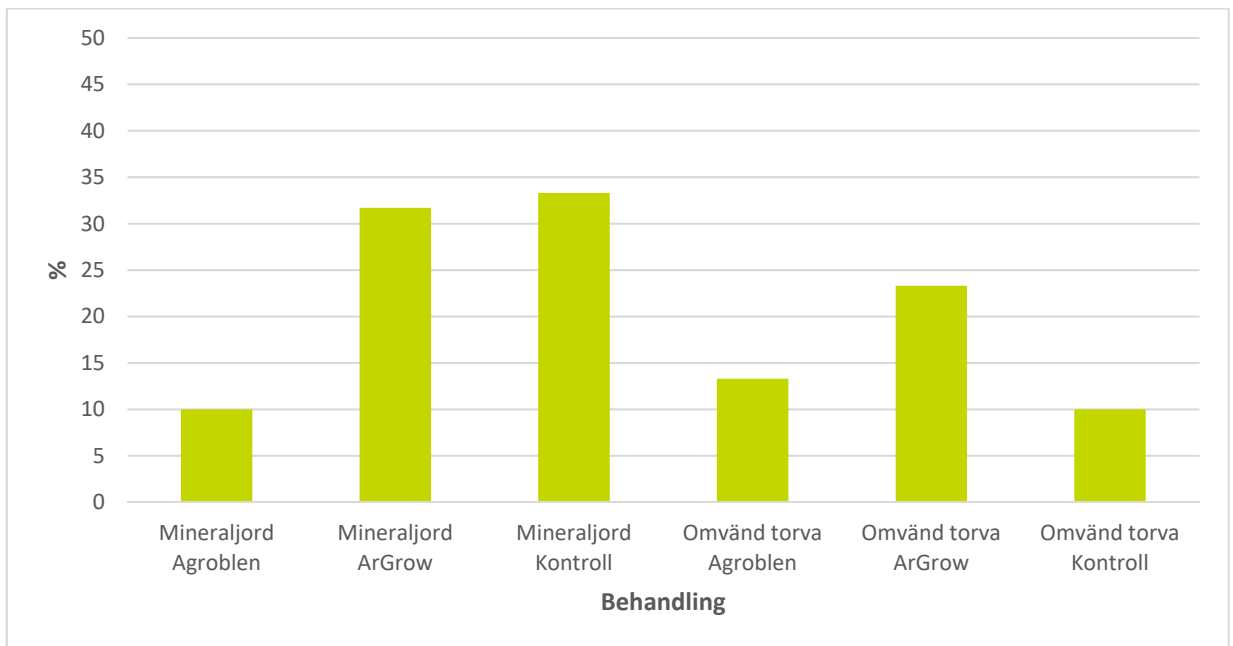
Resultaten för gran visade att Agroblen planterad i mineraljord hade i medelvärde 3,7 cm längre toppskott än i omvänd torva, vilket var en signifikant skillnad ( $p<0.01$ ) se (Tabell 10; Figur 13). ArGrow hade i medelvärde 1,7 cm längre toppskott i mineraljord än i omvänd torva vilket var en signifikant skillnad ( $p<0.01$ ), se (Tabell 10; Figur 13). Kontrollplantorna hade i medelvärde 0,3 cm längre toppskott i mineraljorden än i omvänd torva, vilket ej var signifikant ( $p=0.99$ ), se (Tabell 10; Figur 13). Vid plantering i mineraljord hade Agroblen ett signifikant längre toppskott än både ArGrow och Kontroll ( $p<0.01$  &  $p<0.01$  respektive), se (Tabell 9; Figur 13). ArGrow hade ett signifikant längre toppskott än Kontroll ( $p<0.01$ ) i mineraljorden, se (Tabell 9; Figur 13). Vid plantering i omvänd torva hade Agroblen ett signifikant längre toppskott än både ArGrow och Kontroll med ( $p<0.01$  &  $p<0.01$  respektive), se (Tabell 9; Figur 13). Ingen signifikant skillnad kunde utläsas mellan ArGrow och Kontroll planterad i omvänd torva ( $p=0.99$ ), se (Tabell 9; Figur 13).



**Figur 13.** Medelvärden  $\pm$ SE för toppskottet på gran fördelat på behandling och planteringspunkt. Skalan på y-axeln betecknar toppskottet i antalet centimeter som plantorna var i medelvärde vid höstinventeringen. Blå stapel indikerar plantering i mineraljord och orange stapel indikerar plantering i omvänd torva. Standard Error (SE) är markerat med felstaplar. Bokstäverna ovanför staplarna indikerar vilka behandlingar som är signifikant skilda från varandra. Staplar med samma bokstäver är ej signifikant skilda medan olika bokstäver indikerar att det finns en signifikant skillnad i de parvisa jämförelserna.

### 3.2.4 Skador

Andelen skadade plantor (s) för tall visade generellt en högre andel skadade på omvänd torva och lägre på mineraljord för på ArGrow, Agroblen och Kontroll. Dock är inga statistiska beräkningar gjorda och eventuella skillnader är inte statistiskt säkerställda. Högst andel skador hade ArGrow planterad i omvänd torva med (s=30% skador). Minst andel hade Agroblen planterad i mineraljord med (s=6,7%) skador. Det fanns en variation bedömd i skadegraden där vissa plantor kan bedömas ha större nedsatt vitalitet och andra mindre nedsatt vitalitet. Se (Figur 14)



**Figur 14.** Andelen skadade granplantor där vitaliteten bedömdes som nedsatt. Procentandelen är beräknad på samtliga plantor som planterades per kombination av behandling (20\*3=60 st).

## 4 Diskussion

Ingen skillnad i överlevnad kunde utläsas då överlevnadsgraden var hög, ca 96% för både tall och gran. För både tall och gran visade resultaten på signifikanta skillnader i planthöjd och toppskott beroende på både val av planteringspunkt samt av val av gödselbehandling. Däremot visade det sig för tall att ingen signifikant skillnad i tillväxt kunde ses mellan gödselbehandlade plantor och kontrollplantor. För gran hade Agrobien-plantor en signifikant bättre tillväxt än både ArGrow och Kontroll medan ArGrow hade signifikant bättre tillväxt än Kontroll. Plantering i mineraljord påverkade tillväxten positivt för både tall och gran. En viss variation i skador kunde tolkas men inga statistiska beräkningar gjordes på det.

### 4.1 Överlevnad

Ingen signifikant skillnad i överlevnad kunde beräknas varken för tall eller gran vid val av planteringspunkt eller typ av gödselbehandling. Alla kombinationer av behandling gav en överlevnad på minst 93 % (Figur 7 & Figur 11) vilket gjorde en statistisk analys ej nödvändig. Studien från Häggström et.al (2020) visade att överlevnaden ökade för plantor behandlade med ArGrow i form av arginin och även i markberedda punkter, både i mineraljord och i omvänd torva jämfört med omarkberedda planteringspunkter. Därmed så stöds teorin om en generell hög överlevnad bland gödselbehandlade plantor men det var ej någon signifikant skillnad jämfört med kontrollplantorna. Att överlevnaden var relativt hög kan bero på flera saker. Plantmaterialet kan ha varit av god kvalitet och hög vitalitet från första början eftersom dåligt skötta plantor i plantskola eller oförsiktig transport av plantorna påverkar sedan överlevnaden negativt efter plantering (Sikström et.al 2020). Planteringen kan ha varit väl utförd med hela rotklumpen planterad under jorden och ej synligt eller exponerad för yttre faktorer. En rotklump som har planterats väl nergrävt kan lättare suga åt sig det vatten den behöver och är inte exponerad för torra på samma sätt om den är satt helt under jorden (Skogsstyrelsen 2022a). Eftersom att granplantorna hade en hög överlevnad under den första växtsäsongen, och detta på en typisk tallmark, så kan den initiala plantstorleken ha haft betydelse för resultatet. Granplantorna var i genomsnitt 19 cm höga vid plantering och det kan ha haft en positiv inverkan då mer robusta plantor är den enskilt viktigaste morfologiska egenskapen för chansen till överlevnad efter första året (Mattsson 1995). För granplantor så påverkas normalt sett överlevnaden negativt av ett kargare klimat och en fattigare ståndort, som denna lokal kan klassas

som. Men eftersom det inte kan redovisas någon statistisk analys i överlevnad av tillsatt växtnäring går det inte att dra någon slutsats om några skillnader. Dessutom brukar avgångarna vara som störst under den första växtsäsongen, så det förväntas fortsätta vara en hög överlevnad bland dessa plantor även kommande år (Skogsskötselserien 2022).

Av studien från Häggström et.al (2020) visades ett samband mellan överlevnad i omvänd torva och ståndortsegenskaper. I denna studie så är samtliga block placerade på samma lokal och det går inte att dra någon slutsats om just denna lokals ståndortsegenskaper har påverkat överlevnaden. Det går heller inte stödja att växtnäring har haft någon signifikant effekt på överlevnad. Det troliga är att markberedning i sig, i detta fall högläggning, bör ha påverkat överlevnaden positivt, jämfört med om lokalen inte hade varit markberedd då markberedning är en av de mest kända dokumenterade effekterna på en förbättrad överlevnad för barrplantor (Sikström et.al 2020; Hjelm et.al 2019). Studien från Häggström et.al (2020) visar att växtnäringsbehandlade tallplantor som planteras i mineraljord ökar överlevnadsandelen och minskar avgångarna genom förmågan att klara torkstress jämfört med plantering i omvänd torva. Detta kunde inte bevisas i denna studie då överlevnaden var hög i alla behandlingskombinationer. Den till synes vanligaste avgångsorsaken bland de döda eller saknade plantorna tros ha varit torka då barren på de döda plantorna hade missfärgats och fallit av. Det gällde både för tall och gran samt vid plantering i både mineraljord och omvänd torva och oavsett typ av behandling. Den generellt höga överlevnaden bland plantor behandlade med ArGrow kan ha påverkats av Arginfosfat då det ska ha en positiv effekt på rotbildningen och även symbios med mykorrhiza vilket bör ha skapat en god vattenförsörjning för plantan och bidragit till en högre överlevnad (Öhlund & Näsholm 2002). Då Agroblen hade en giva på ungefär 18 gånger mer N samt ungefär 31 gånger mer K än ArGrow vid planteringen bör det ha haft en påverkan på rotbildningen. Enligt Jacobs et.al (2004) så kan N-P-K gödsel i hög koncentration skada rotbildningen och ha en negativ effekt på vattenupptaget. Detta kan påverka överlevnaden men det är inget som kunde ses i den här studien men det kan komma att visa sig under kommande växtsäsong om rotsystemen är skadade från detta år.

## 4.2 Tillväxt

Plantorna som var behandlade med Agroblen hade en signifikant högre tillväxt än ArGrow-behandlade plantor för bägge trädslagen. Det kan förklaras genom att Agroblen med dess näringskomponenter av oorganiskt kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) kan ha en större effekt än organiska gödselmedel att direkt påverka skottsträckning och barrmassa. Plantan kan ta upp det N som frigjorts direkt som

annars är begränsande i marken (Näsholm et.al 2009). Även mängden tillsatt N i varje dos kan ha haft en betydande effekt då Agroblen hade 18 gånger mer N och 31 gånger mer P än ArGrow vid given dosering. Dock ska dessa två gödselmedel ha helt olika egenskaper och givorna ska vara anpassade till plantornas förmåga att tillgodogöra sig det. Enligt tidigare studier så är det väl belagt att barrplantor med god tillgång av kväve prioriterar skottsträckning före rotbildning och vid en mindre mängd tillgänglig kväve prioriteras stödjande funktioner som rotbildning. Det kan vara en förklaring att med en högre kvävegiva av Agroblen blir det en extra effekt på skottsträckningen (Hermans et.al 2006).

För tall visade det sig att kontrollplantorna hade en signifikant högre tillväxt än ArGrow. Detta resultat är något svårförklarat och stöds inte av tidigare studier. Häggström et.al (2021) kom fram till att ArGrow hade en positiv effekt på skottsträckning för tall. Resultatet i denna studie kan bero på att ArGrow stimulerar stödjande funktioner som rottillväxten primärt vilket kan göra att skottssträckningen hämmas under vissa förhållanden, särskilt om det råder viss näringsbrist i marken (Öhlund & Näsholm 2002). Gruffman et.al (2012) visar dock att organiskt N är positivt för plantans morfologi och rot:skott-förhållande jämfört med oorganiskt gödselmedel, men det är inget som undersöks eller kan stödjas i denna studie. Däremot så visar den studien också på en större skottsträckning för både tall- och granplantor från oorganiskt gödselmedel vilket stödjer resultaten i denna studie. Det är även möjligt att förhållandet mellan barmassaanlag och skottsträckning i jämförelse mellan organiskt och oorganiskt N förändras under kommande växtsäsonger. Framöver så kan mycket möjligt det organiskt N i form av arginin börja ge en större tillväxt för både tall och gran (Davis & Jacobs 2005).

Att granen hade en signifikant skottsträckning efter gödsling kan stödjas av Nilsson et.al (2020) som visade att granplantors naturliga tillväxt under första året hämmas på grund av en sämre förmåga att tillgodogöra sig tillgängligt N från marken. Således är det logiskt att kvävegödsling förbättrar granplantors tillväxt i mineraljord där humustäcket är borttaget. Granen anses ha stort behov av upptagbart kväve. Det kan därför förklara granens signifikanta skottsträckning av kvävegödsling och primärt oorganiskt N från Agroblen. Tallen hade ej någon signifikant skottsträckning från ArGrow vilket kan förklaras av att tallen kan tillgodogöra sig N naturligt vilket gör att organiskt kväve kan vara svårupptagligt för tallplantor. Oorganiskt N genom Agroblen hade ett signifikant längre toppskott för granen jämfört med ArGrow. Det kan dels bero på den större givan men det kan även bero på jordtemperaturen då Agroblen släpper ifrån sig mer näring desto varmare jordtemperaturen är (Wallertz 2019). Inga mätningar gjordes på temperaturen men en förklaring till den kraftiga tillväxten för särskilt granplantorna behandlade med Agroblen kan vara en effekt av en perfekt temperatur i marken kombinerat med

granens specifika behov av att kunna ta upp N i exponerad mineraljord där tillgången på naturligt N kan ha varit begränsad. Det kan förklara den signifikanta skillnaden i tillväxt mellan Agroblen och ArGrow då plantor utnyttjar arginin bäst då upptaget av naturligt N är god (Canon et.al 2005).

Tidigare studier från Thiffault et. Al (2005) visar att markberedning har en positiv effekt på barrplantors tillväxt under de tre första åren. Marktemperaturen höjs till över +5 grader vilket kan ha påverkat Agroblen till att släppa ifrån sig mer näring och kan vara en förklaring till den generellt höga tillväxten bland Agroblen-plantor i denna studie oavsett tall eller gran. En slutsats kan också dras då att utan markberedning så kan effekten av Agroblen vara betydligt lägre under det första året då marktemperaturen är lägre vid ej markberedda bestånd (Nordborg & Nilsson 2003). Överlag bör dock markberedning ha haft en positiv effekt på tillväxten och bör även ha det under de två kommande växtsäsongerna. Det kan möjligtvis även bli ännu längre effekt beroende på hur lång livslängd Agroblen har kvar i de plantorna som då är beroende av markförhållandena och temperaturen.

Resultaten visade också på en signifikant skillnad mellan plantering i mineraljord och plantering i omvänd torva i avseende på planthöjd och toppskott vilket också stöds av tidigare studier från Häggström et.al (2021) där tall växte bättre i mineraljorden. I norra Sverige rekommenderas normalt sett plantering i omvänd torva för att kompensera för näringsbortfall som kan ske vid plantering i mineraljord (Sprenstam & Tamm 1991). Således kan det anses väntat att gödselbehandlade plantor får en förbättrad tillväxt i mineraljord. Däremot visade det sig inte vara någon signifikant skillnad på interaktionen av planteringspunkt och markbehandling för tall (Figur 6) & (Figur 10). Det gick inte enligt studien att med statistisk säkerhet påpeka att en viss gödslingsbehandling var bättre i en viss planteringspunkt för tall. Den ganska korta växtperioden och de relativt små initiala plantorna kan ha bidragit till att interaktionen mellan dessa variabler inte har skett under den första sommaren (Hallsby 2013). Den reella tillväxten från gödselmedel för tall var också betydligt mindre än för gran vilket kan ha bidragit till att det ej blev några interaktionseffekter.

Resultaten av en högre tillväxt i mineraljorden för både tall och gran för samtliga tre behandlingar Agroblen, ArGrow och Kontroll, skiljde sig något från slutsatserna i tidigare studier från (Sutton 1993) & (Örlander & Karlsson 2000) som visade att plantering i omvänd torva är det bästa för tillväxten ur näringssynpunkt. Till synes var de omvända torvorna i denna studie av god kvalitet, vilket överlevnaden indikerade. Studien från Häggström et.al (2021) visade att alla tillväxtförmåner i omvänd torva berodde starkt på lokalens ståndortsegenskaper. Därför kan en teori vara att resultatet från denna studie i de omvända torvorna kan bli annorlunda om

försöket skulle göras på en annan typ av mark med andra förutsättningar. Det gäller både för tillväxt och överlevnad. Den generellt högre tillväxten i mineraljord kan dock bero på den nämnda förmågan att tillgodogöra sig gödselmedlen men även att rötterna får en säkrare vattenförsörjning och kan koncentrera tillväxten på toppskotten primärt och på rotbildningen sekundärt (Skogsstyrelsen 2022a).

En planta vid inventeringen hade ett prolepsis-skott. Detta fenomen är när ett till barranlag utvecklas under den första växtsäsongen (Sögaard et.al 2019). Tillväxten av förädlade plantor med samma proveniens är förutbestämd för att barranlagen ligger i knoppen som skapas under pågående säsong. Cellerna kan sträcka olika långt beroende på hur växtförhållandena är (Nilsson et.al 2019). En hypotes kan vara att prolepsis-skott kan utvecklas för plantor behandlade med gödselmedel och i synnerhet med Agroblen.

### 4.3 Skador

Resultatet i denna studie visade på en del vitalt nedsatta plantor. Studier från Thiffault et.al (2003) & Thiffault et. al (2005) visade att markberedning inte ökade kväveadsorptionen i marken som består av olika organiska föreningar som kan försörja plantan med näring och även utsöndra hartser som försvar mot skador och andra ingrepp på plantan. Markberedning sänkte även halten och tillgängligheten av K, Ca och Mg. Det skulle kunna förklara att en del plantor har blivit extra utsatta för kvävebrist i form av gulfärgade barr. En skada som subjektivt bedömdes var gulfärgade barr på främst tallplantorna som ej var gödselbehandlade. Detta kan ha varit någon form utav näringsbrist och i synnerhet kvävebrist då detta symptom kan leda till just gulfärgade barr på ungpantor, utan att nödvändigtvis falla av plantan. De gulfärgade barren kunde ses på plantor i både omvänd torva och i mineraljorden och denna skada kan vara kopplad till markberedning som sänker koncentrationen av upptagbar näring i marken (Thiffault et.al 2003). Det fanns en tendens till högre andel skador för tall planterad i mineraljord vilket kan vara ett resultat från en lägre tillväxt under den gångna sommaren och därmed möjligtvis mer mottagen för skadeangrepp. För granplantorna fanns det i stället en tendens till mer skador i omvänd torva trots högre tillväxt. Där var det till synes mer rostfärgade barr som kan ha vart ett resultat från torkstressade plantor som därmed blir mer mottaglig för svampangrepp (Skogen 2017). Tallplantor som ej var behandlade med gödselmedel hade högre andel plantor med trolig näringsbrist i form av gulfärgade barr, detta både i mineraljord och i omvänd torva. Granplantor som ej var behandlade med gödselmedel hade en högre andel skadade än de som var behandlade med gödselmedel. Större plantor har mer biomassa och effekter från gödselmedel kan göra att tillväxten blir större än om de initiala plantorna hade varit mindre. Plantor



med mer biomassa är mindre känsliga mot snytbaggar, betesskador och frost (Nilsson 2020).

## 4.4 Slutsats

Att döma av resultaten från studien, visades det att ska man tillsätta gödselmedel vid plantering i norra Sverige kan man med fördel göra det på granplantor med gödselmedel från både ArGrow och Agroblen, förutsatt att trakten är markberedd samt att tillsätta gödselmedlen i både omvänd torva och i mineraljorden. Agroblen är dock att föredra framför ArGrow. Både tillväxt i form av total planthöjd och toppskott påverkas positivt. Då det inte fanns någon interaktion mellan gödselbehandling och planteringspunkt för tall så kan plantering utan gödselmedel vara ett alternativ då vare sig Agroblen eller ArGrow visade sig ha någon effekt på tillväxten jämfört med Kontroll. Om gödselmedel ska tillsättas vid tallplantering så har Agroblen mest påverkan på tillväxten och kan användas i både omvänd torva och mineraljord. Slutsatsen är dock att på en typisk tallmark i norra Sverige rekommenderas gödsling av gran framför tall.

Då överlevnaden var så pass hög i samtliga kombinationer så är den slutsatsen som dras från denna studie att markberedning med tydliga planteringspunkter samt noggrannhet i planteringen där hela rotklumpen ska vara placerad under jord är de enskilt viktigaste faktorerna för en god överlevnad, åtminstone under en normalvarm sommar som 2022 var. Den vanligaste avgångsorsaken tordes ha varit torra. Då skadorna var subjektivt bedömt så går det inte att dra trovärdiga vetenskapliga slutsatser om plantornas position eller tillsats av gödselmedel som koppling till vitalitetsnedsättningar.

Granen påverkas mest positivt av gödsling från denna studie. Plantering direkt i mineraljord rekommenderas, även för plantor som ej är gödselbehandlade. Tallplantor kan med fördel planteras utan tillsats av växtnäring. Ska tall gödslas så rekommenderas Agroblen och inte ArGrow. För gran så rekommenderas Agroblen framför både ArGrow och obehandlade plantor för tillväxt under det första året. Studiens resultat visade på att den mest optimala planteringspunkten är i mineraljorden vilket även stöds av studien från Häggström et.al (2005) för plantering i norra Sverige, men även för överlevnaden Petersson et.al (2005). Detta trots att tillgången på näringsämnen kan vara sämre i mineraljorden där inget organiskt material finns. Därför så rekommenderas enbart lätt harvning eller i detta fall, lätt högläggning som hållbara framtida markberedningsmetoder vid plantering

av barrträd i norra Sverige. Tidigare har konventionell harvning varit en populär metod men baserat på resultaten i denna studie från överlevnad och tillväxt i mineraljorden så bör denna teori omprövas. Om plantor växer bättre i ren mineraljord så kan det kombineras med lättare harvning eller högläggning för bättre tillväxt kombinerat med skonsammare markbehandling som möjligtvis kan leda till ett bibehållande av hyggets vegetation och naturliga fauna, dock efter avverkning.

För framtida studier så behöver även detta försök forskas vidare på och uppdateras efter nästa växtsäsong. Detta för att se utvecklingen av plantorna och eventuella likheter och skillnader från årets inventering och resultat. Det kan vara intressant att veta hur de två gödselmedlen ArGrow och Agroblen påverkar tillväxten för plantor planterade på andra geografiska platser än norra Sverige. I andra delar av landet finns det helt andra växtförhållanden med betydligt bördigare och näringsrikare mark där resultaten kan komma att bli helt annorlunda än i denna studie. Granplantor kanske inte kommer ha samma effekt av gödselmedel i södra Sverige som i norra Sverige. Sedan kan det även vara intressant att jämföra intermittent markberedning med lättare markpåverkan mot kontinuerlig markberedning för att se om tillväxten kan bli lika bra eller bättre vid en intermittent markberedning. Kontinuerlig markberedning med harv har ofta en högre påverkan på marken. Det kan även vara intressant att göra studier som jämför lättare markpåverkan oavsett markberedningsmetod mot större markpåverkan. Detta då lättare högläggning med små mineraljordspunkter också kan ses som en hållbar metod baserat från resultaten av denna studie. Framtida studier skulle även kunna beröra och mäta jordtemperaturen då det är en betydande faktor för gödselmedlens effekt och under hur lång tid de verkar efter plantering. Om inte tillräcklig kunskap eller utveckling har skett om just marktemperaturens effekt vid planteringsförsök med gödselmedel så kan detta vara ett prioriterat område för framtidens skogsskötsel i Sverige. Växtnäring i form av gödselmedel kommer fortsatt ha en viktig eller intressant roll i ett hållbart skogsbruk för att bibehålla eller öka tillväxten i plantstadiet.

## Referenser

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). Skogsskötselserien 1, Skogsskötselns grunder och samband. 2., omarb. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-1-skogsskotselns-grunder-och-samband.pdf> [2022-08-29]
- Binkley, D., Burnham, H., & Allen, H. L. (1999). Water quality impacts of forest fertilization with nitrogen and phosphorus. *Forest Ecology and Management*, 121(3), 191-213. [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112798005490?casa\\_token=JfzFFDc-Or8AAAAA:N80b0C76cNlhfd4Fyupdf\\_1-oIc-HPdnQhoLMmwSnVK97fuPBZQHEqBc\\_GLHE-iHrjq4aBNfigQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112798005490?casa_token=JfzFFDc-Or8AAAAA:N80b0C76cNlhfd4Fyupdf_1-oIc-HPdnQhoLMmwSnVK97fuPBZQHEqBc_GLHE-iHrjq4aBNfigQ) [2022-09-05]
- Binkley, D., & Fisher, R. F. (2019). *Ecology and management of forest soils*. John Wiley & Sons. [https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=AiCMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Binkley,+D.,+%26+Fisher,+R.,+F.,+\(2019\).+Ecology+and+management+of+forest+soils.+John+Wiley+%26+Sons.+&ots=INvyx2CHHj&sig=EYnMjDGHKAy1b0ZV1nI95zCXj6A&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=AiCMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Binkley,+D.,+%26+Fisher,+R.,+F.,+(2019).+Ecology+and+management+of+forest+soils.+John+Wiley+%26+Sons.+&ots=INvyx2CHHj&sig=EYnMjDGHKAy1b0ZV1nI95zCXj6A&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) [2022-09-05]
- Brand, D. G. (1991). The establishment of boreal and sub-boreal conifer plantations: an integrated analysis of environmental conditions and seedling growth. *Forest Science*, 37(1), 68-100. <https://academic.oup.com/forestscience/article-abstract/37/1/68/4642075> [2022-09-09]
- Bärring, U. (1967). Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige: Studia forestalia Suecica. <https://pub.epsilon.slu.se/5858/1/SFS050.pdf> [2022-09-01]
- Cánovas, F. M., Avila, C., Canton, F. R., Canas, R. A., & de la Torre, F. (2007). Ammonium assimilation and amino acid metabolism in conifers. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), 2307-2318. <https://academic.oup.com/jxb/article/58/9/2307/542683> [2022-09-09]
- Cross, A.F. & Schlesinger, W.H. (1995). A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64 (3), 197–214. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(94\)00023-4](https://doi.org/10.1016/0016-7061(94)00023-4) [2022-09-15]

- Davis, A.S., Jacobs, D.F., 2005. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forest*. 30, 295–311. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11056-005-7480-y.pdf?pdf=button> [2022-10-28]
- Ekelund, H., & Hamilton, G. (2001). *Skogspolitisk historia*. Skogsstyr... <https://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art45/4646045-67b381-1695.pdf> [2022-09-02]
- Giesler, R., Petersson, T. & Högberg, P. (2002). Phosphorus Limitation in Boreal Forests: Effects of Aluminum and Iron Accumulation in the Humus Layer. *Ecosystems* (New York), 5 (3), 300–314. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0073-5> [2022-09-16]
- Grossnickle, S.C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New forests*, 43 (5-6), 711-738. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6> [2022-09-13]
- Gruffman, L., Ishida, T., Nordin, A. & Näsholm, T. (2012). Cultivation of Norway spruce and Scots pine on organic nitrogen improves seedling morphology and field performance. *Forest ecology and management*, 276, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.030> [2022-10-28]
- Hallsby, G. (2013). Skogsskötselserien 3, Plantering av barrträd. 2., omarb. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-3-plantering-av-barrtrad.pdf> [2022-08-31]
- Hedwall, P.O., Gruffman, L., Ishida, T., From, F., Lundmark, T., Näsholm, T., & Nordin, A. (2018). Interplay between N-form and N-dose influences ecosystem effects of N addition to boreal forest. *Plant and soil*, 432(1), 385-395. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11104-017-3444-1.pdf?pdf=button> [2022-09-13]
- Hermans, C., Hammond, J.P., White, P.J., Verbruggen, N., (2006). How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends Plant Sci.* 11, 610–617. [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138506002822?casa\\_token=toX4ms-rKjwAAAAA:AlPgTCqdCfSm-PI8MdjDnN5i4hPSDSEkx7jTfNEAyx\\_C5i3jworNBIZTct3pxWJaEC7\\_H2GW4Bs](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138506002822?casa_token=toX4ms-rKjwAAAAA:AlPgTCqdCfSm-PI8MdjDnN5i4hPSDSEkx7jTfNEAyx_C5i3jworNBIZTct3pxWJaEC7_H2GW4Bs) [2022-10-28]
- Hjelm, K., Nilsson, U., Johansson, U. & Nordin, P. (2019). Effects of mechanical site preparation and slash removal on long-term productivity of conifer plantations in Sweden. *Canadian journal of forest research*, 49 (10), 1311–1319. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0081> [2022-11-15]
- Hyvönen, R., Persson, T., Andersson, S., Olsson, B., Ågren, G. I., & Linder, S. (2008). Impact of long-term nitrogen addition on carbon stocks in trees and soils in northern Europe. *Biogeochemistry*, 89(1), 121-137. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10533-007-9121-3.pdf?pdf=button> [2022-09-05]
- Häggröm, B., Domevcik, M., Öhlund, J. & Nordin, A. (2021). Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting

- position and arginine phosphate addition. *Scandinavian journal of forest research*, 36 (6), 423–433. <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1957999> [2022-08-29]
- Högbom, L. & Jacobson, S. (2002). Kväve 2002—en konsekvensbeskrivning av skogsgödning i Sverige, Redogörelse nr 6. SkogForsk, Eskilstuna.
- Högbom, L., Nilsson, U. & Örlander, G. (2002). Nitrate dynamics after clear felling monitored by in vivo nitrate reductase activity (NRA) and natural [formula omitted] abundance of *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. *Forest ecology and management*, 160 (1), 273–280. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00475-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00475-3) [2022-08-31]
- Inselsbacher, E., & Näsholm, T. (2012). The below-ground perspective of forest plants: soil provides mainly organic nitrogen for plants and mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 195(2), 329-334. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2012.04169.x> [2022-09-09]
- Interagro (2022). Produktinformation. Tillgänglig: <https://www.interagroskog.se/agroblen-fullgodselmedel/> [2022-09-19]
- JacobsDF, Rose R, Haase DL, Alzugaray PO. (2004). Fertilization at planting impairs root system development and drought avoidance of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. *Ann For Sci*. 61(7):643–651 <https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2004/07/F4044.pdf> [2022-12-09]
- Johansson, M. B. (1994). The influence of soil scarification on the turn-over rate of slash needles and nutrient release. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(1–4), 170-179. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827589409382828?journalCode=sfor20>[2022-09-01]
- Karlsmats, U., Persson, B. & Ståhl, E.G. (1996). Virkesvärde i skärmar. Uppsala: SLU. <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog96/4s96-13.pdf> [2022-08-29]
- Lantz CW (ed) (1985) Southern pine nursery handbook. USDA Forest Service Cooperative Forestry, Southern Region [https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=1T1hjx\\_ETXwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Lantz+CW+\(ed\)+\(1985\)+Southern+pine+nursery+handbook.+USDA+Forest+Service+Cooperative+Forestry,+Southern+Region+&ots=2EZ3q81q\\_j&sig=AuiNge\\_bD33tzIxMrqiMThduT20&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=1T1hjx_ETXwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Lantz+CW+(ed)+(1985)+Southern+pine+nursery+handbook.+USDA+Forest+Service+Cooperative+Forestry,+Southern+Region+&ots=2EZ3q81q_j&sig=AuiNge_bD33tzIxMrqiMThduT20&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) [2022-09-13]
- Melin, J., & Nõmmik, H. (1988). Fertilizer nitrogen distribution in a *Pinus sylvestris*/*Picea abies* ecosystem, Central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3(1-4), 3-15. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827588809382490> [2022-09-05]
- Nilsson, U., Gemmel, P. E. L. L. E., & Hällgren, J. E. (1996). Competing vegetation effects on initial growth of planted *Picea abies*. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 26(1/2), 84-98.

- [https://www.scionresearch.com/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/59559/NZJFS261-21996NILSSON84-98.pdf](https://www.scionresearch.com/_data/assets/pdf_file/0006/59559/NZJFS261-21996NILSSON84-98.pdf) [2022-09-01]
- Nilsson, U. & Orlander, G. (1999). Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Canadian journal of forest research*, 29 (7), 1015–1026. <https://doi.org/10.1139/x99-071> [2022-09-01]
- Nilsson, O., Hjelm, K. & Nilsson, U. (2019). Early growth of planted Norway spruce and Scots pine after site preparation in Sweden. *Scandinavian journal of forest research*, 34 (8), 678–688. <https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1659398>  
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02827581.2019.1659398?needAccess=true&role=button> [2023-01-19]
- Nilsson, O. (2020). Establishment and growth of Scots pine and Norway spruce: a comparison between species. Southern Swedish Forest Research Centre, Swedish University of Agricultural Sciences.  
<https://pub.epsilon.slu.se/18698/1/Oscar%20Nilsson.pdf> [2022-09-14]
- NORDBORG, F. & NILSSON, U. (2003). Growth, damage and net nitrogen uptake in *Picea abies* (L.) Karst. seedlings, effects of site preparation and fertilization. *Annals of forest science*, 60 (7), 657–666. <https://doi.org/10.1051/forest:2003058> [2022-08-31]
- Nordin, A., Ugglå, C., & Näsholm, T. (2001). Nitrogen forms in bark, wood and foliage of nitrogen-fertilized *Pinus sylvestris*. *Tree physiology*, 21(1), 59-64.  
<https://academic.oup.com/treephys/article/21/1/59/1643172> [2022-09-09]
- Näsholm T, Kjelland K, Ganeteg U (2009) Uptake of nitrogen by plants. *New Phytologist*  
<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2008.02751.x> [2022-10-27]
- Parker, B. (2001). Ecophysiology of Northern Spruce Species: The Performance of Planted Seedlings. *Tree physiology*, 21 (7), 415–416.  
<https://doi.org/10.1093/treephys/21.7.415> [2022-09-01]
- Petersson, M., Orlander, G. & Nordlander, G. (2005). Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry (London)*, 78 (1), 83–92. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi008> [2022-12-28]
- Ring, E., Högbom, L., Jacobson, S., Jansson, G., & Nohrstedt, H. Ö. (2018). Long-term effects on soil-water nitrogen and pH of clearcutting and simulated disc trenching of previously nitrogen-fertilized pine plots. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(10), 1115-1123.  
<https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.1139/cjfr-2021-0249> [2022-09-05]
- Rose, R. & Ketchum, J.S. (2003). Interaction of initial seedling diameter, fertilization and weed control on Douglas-fir growth over the first four years after planting. *Annals of forest science*, 60 (7), 625–635. <https://doi.org/10.1051/forest:2003055> [2022-10-31]
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <https://www.r-project.org/> [2022-10-21]
- Samuelsson, H., & Örlander, G. (2001). *Skador på skog*. Skogsstyr..

- <https://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art61/4646061-6b588c-1709.pdf> [2022-09-20]
- Saurasunet, M., Mathisen, K. & Skarpe, C. (2018). Effects of Increased Soil Scarification Intensity on Natural Regeneration of Scots Pine *Pinus sylvestris* L. and Birch *Betula* spp. L. *Forests*, 9 (5), 262–. <https://doi.org/10.3390/f9050262> [2022-08-29]
- Sikstrom U, Hjelm K, Hanssen KH, Saksa T, Wallertz K. (2020). Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review. [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmli/bitstream/handle/11250/2725370/2020\\_10.14214.sf.10172%2b\\_oa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmli/bitstream/handle/11250/2725370/2020_10.14214.sf.10172%2b_oa.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [2022-11-14]
- Skogen (2017). Se upp för torkskador. <https://www.skogen.se/nyheter/se-upp-for-torkskador> [2023-01-19]
- Skogsstyrelsen 2022a: Extra viktigt kontrollera plantor efter extrem torka <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/ny-skog-efter-avverkning/plantering/plantor-efter-torka/> [2022-09-08]
- Skogsstyrelsen 2022b: Markberedning <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/ny-skog-efter-avverkning/markberedning/> [2022-08-31]
- Skogsstyrelsen: Statistikfaktablad, åtgärder i skogsbruket (2021). <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistikfaktablad/jo0301-statistikfaktablad-atgarder-i-skogsbruket-2021.pdf> [2022-11-17]
- Sprent, J.I. & Tamm, C.O. (1991). Nitrogen in Terrestrial Ecosystems: Questions of Productivity, Vegetational Changes and Ecosystem Stability. *Journal of Ecology*. British Ecological Society. <https://doi.org/10.2307/2260680> [2022-08-31]
- Ståhl, P. H., Bergh, J., Redaktör, S., & Fries, C. (2013). *Skogsskötselserien: Produktionshöjande åtgärder*. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-16-produktionshojande-atgarder.pdf> [2022-09-05]
- Sutton, R.F. (Great L.F.C. (1993). Mounding site preparation: a review of European and North American experience. *New forests*, 7 (2), 151–192. <https://doi.org/10.1007/BF00034198> [2022-08-31]
- Svenska skogsplantor (2022). Naturlig och effektiv växtnäring för skogsplantor- arGrow. [https://www.skogsplantor.se/sv-se/plantor/vaxtnaringargrow/?gclid=CjwKCAjwyaWZBhBGEiwACslQo8\\_pAUqbkacjpcHXQtNJHh2ALz7Lb7RYSSDMtpn\\_dwV09rtRyVAedhoCDkMQAvD\\_BwE](https://www.skogsplantor.se/sv-se/plantor/vaxtnaringargrow/?gclid=CjwKCAjwyaWZBhBGEiwACslQo8_pAUqbkacjpcHXQtNJHh2ALz7Lb7RYSSDMtpn_dwV09rtRyVAedhoCDkMQAvD_BwE) [2022-09-20]
- Søgaard, G., Fløistad, I., Granhus, A., Hanssen, K.H., Kvaalen, H., Skrøppa, T. & Steffenrem, A. (2011). Lamm shoots in spruce - occurrence, genetics and climate. Forest management and silviculture in the North - balancing future needs. Book of abstracts for the conference in Stjørdal, Norway, September 6-8, 2011 <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmli/bitstream/handle/11250/2673109/SoL-Rapport-2011-14-s57-58.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [2023-01-19]

- Thiffault, Nelson, Robert Jobidon, and Alison D. Munson. (2003). "Performance and physiology of large containerized and bare-root spruce seedlings in relation to scarification and competition in Québec (Canada)." *Annals of Forest Science* 60.7 (645–655). <https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2003/07/F3709.pdf> [2022-12-13]
- Thiffault, N., Titus, B.D. & Munson, A.D. (2005). Silvicultural options to promote seedling establishment on Kalmia-Vaccinium-dominated sites. *Scandinavian journal of forest research*, 20 (2), 110–121. <https://doi.org/10.1080/02827580510008356> [2022-12-13]
- Turner, B.L., Condrón, L.M., Richardson, S.J., Peltzer, D.A. & Allison, V.J. (2007). Soil Organic Phosphorus Transformations During Pedogenesis. *Ecosystems* (New York), 10 (7), 1166–1181. <https://doi.org/10.1007/s10021-007-9086-z> [2022-09-16]
- Wallertz, K. (2019). The effect of the Agroblen fertilizer on Norway spruce seedling growth. [https://pub.epsilon.slu.se/15929/1/wallertz\\_k\\_190226.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/15929/1/wallertz_k_190226.pdf) [2022-09-19]
- Öhlund J, Näsholm T. 2002. Low nitrogen losses with a new source of nitrogen for cultivation of conifer seedlings. *Environ Sci Technol*. 36 (22):4854–4859. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es025629b> [2022-10-28]
- Örlander, G., Gemmel, P., & Hunt, J. (1990). *Site preparation: A Swedish overview* (No. 105). BC Ministry of Forests. <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Frr/FRR105.pdf> [2022-09-08]



## Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare på SLU, Karin Hjelm som hjälpt mig och bidragit med kunskap om växtnäring, vetenskapligt skrivande samt hur jag ska lägga upp studien för bästa resultat. Jag vill även tacka Stefan Mattsson på Sveaskog som gett mig förtroendet att utföra en studie om gödslings effekter i deras syfte och lärt mig mer hur plantgödsling fungerar i praktiken. Jag tackar också Marcus Månsson på Sveaskog som hjälpte till med att skapa ett lämpligt format i Survey samt med dataöverföringen från Survey till Excel. Jag vill även tacka Hilda Edlund på SLU som varit mycket hjälpsam med de statistiska analyserna som jag har utfört.



## 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.



## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2022:02 Författare: Pontus Nyqvist  
Utvärdering av metod för att morfologiskt särskilja björkarterna *Betula pendula* och *Betula pubescens*
- 2022:03 Författare: Julia Nygårdh  
Mosippans (*Pulsatilla vernalis* L.) reaktion på brandstörning  
– En populationsstudie på en av Sveriges rikaste mosippslokaler
- 2022:04 Författare: Oskar Karlsson  
Effects on natural seed regenerated Silver birch (*Betula pendula* Roth) and Downey birch (*Betula pubescens* Ehrh) by mechanical soil scarification and environmental factors
- 2022:05 Författare: Eric Lundqvist  
Riparian forests – a comparison of tree diversity, deadwood and canopy cover between primary and production riparian forests along headwaters
- 2022:06 Författare: Louise Nordström  
Growth and development of *Eucalyptus grandis* seedlings in response to arginine phosphate application
- 2022:07 Författare: Alice Falk  
Towards climate optimised riparian buffer zones in boreal forests. Investigation of clearcutting effects on soil temperature, soil moisture and greenhouse gas fluxes in riparian buffer zones with different widths
- 2022:08 Författare: Pelle Kronborg  
Biogeochemistry and Peat Properties of Restored Peatlands
- 2022:09 Författare: Andreas Souropetsis  
Influence of forest mires on wildfire  
A landscape analysis of the 2014 Västmanland forest fire
- 2022:10 Författare: Leon Hauenschild  
Alteration of the forest structure in historically impacted *Nothofagus* spp. forests on the Brunswick peninsula.  
Recommendations for their protection and management.
- 2022:11 Författare: Axel Strömberg  
The evaluation of novelty kilns: drying msasa wood at a small scale sawmill in Mozambique
- 2022:12 Författare: Andreas Karlstrand  
Samband mellan föryngringsresultatet år 5 och kvalitetsklassning av markberedning och planteringsåtgärder på SCA:s fasta provytor i norra Sverige.
- 2023:01 Författare: Tyra Tornberg  
Forest regeneration and edge effects – An ecophysiological analysis after gap-cutting
- 2023:02 Författare: Erik Wickberg  
Effekten av växtnäring på överlevnad, tillväxt och vitalitet på planterade tall- och granplantor - En studie gjord på ett kontrollerat försök på en lokal i Västerbotten