

Ökad skogsproduktion och förbättrad miljöhänsyn

- genom anpassning till lokala förutsättningar

Rasmus Sörensen, Fredrik Johansson, Helena Gålhander



Foto: Rasmus Sörensen, Skogforsk

Förord

Denna rapport redovisar det av Skogforsk initierade och drivna projektet ”Ökad skogsproduktion och förbättrad miljöhänsyn genom anpassning till lokala förutsättningar utifrån ”Stora Data” genererade från tidigare skogsbruksåtgärder och digitala kartor.” Syftet var att öka anpassningen av produktion och miljöhänsyn till landskapets förutsättningar genom att dels undersöka föryngringens kvalitet, dels undersöka trakt direktivens kvalitet, samt vidareutveckla ett verktyg för ståndortsanpassad föryngring. I projektet ingick en diskussion med de företag som bidrog med synpunkter och information om ett antal trakter i deras innehav.

Projektet initierades av Isabelle Bergkvist, som tillsammans med Helena Gålnander (tidigare Skogforsk, nu Stora Enso) och Fredrik Johansson drev och genomförde inventeringar. Helena och Fredrik förde diskussioner med företagen utifrån den initiala analysen av insamlat datamaterial. Fredrik drev också utvecklingen av verktyget i projektets tredje del. Utifrån den initiala utvärderingen och anteckningar har Rasmus Sörensen tillsammans med Fredrik analyserat resultaten. Slutligen har Rasmus sammanställt arbetet. Fredrik har deltagit under hela projektets gång.

I detta projekt hade vi stor nytta av samarbetet med forskningsprogrammet Värdekedjor som innehar expertis om bland annat flöde och tolkning av skördardata.

Projektet finansierades delvis av den Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling genom Landsbygdsprogrammet 2014-2020 med journalnummer 2018-3999-1. Samarbetspartner i projektet var företag som utgjordes av skogs- och skogsägarföreningar, Holmen, Mellanskog, SCA, Sveaskog, Stora Enso Skog AB och Södra.

Uppsala augusti 2023

Rasmus Sörensen, Fredrik Johansson, Helena Gålnander

Summary

Forest products are fundamental for the function of society, and demand is increasing in the transition away from dependency on fossil products.

Several steps during the forest rotation period can be optimised to increase biomass yield. One important step is regeneration, where new seedlings can be planted earlier and with greater precision.

This study investigated which aspects of regeneration can be optimised to increase production and strengthen environmental conservation. Methods were as follows:

- Inventories were carried out in 228 randomly selected, regenerated forest stands
- 129 site directives were reviewed
- A digital tool was developed and evaluated
- The results were discussed with forest companies

Several aspects of regeneration processes could be improved to facilitate planning and execution, thereby increasing production and improving conservation values. Examples are the scope of site directives and the quality of site preparation and planting of seedlings. These factors influence the number of plants and their survival, as well as the number and quality of planting spots.

These improvements require more detailed and clearer site directives, with closer adherence in the field in terms of both site preparation and planting. A digital tool based on harvester data and available GIS can also be used for optimisation, both by visualising the varying growth potential in the landscape, and by increasing the resolution.

In the regeneration phase, such a tool can improve adaptation to the site index, thereby increasing production and improving conservation. The tool also has potential to be applied at larger scale in order to plan and coordinate the need for plants over an entire forest holding. Available seedlings can then be distributed according to conditions in the landscape.

The results qualitatively highlight differences between the forest growth potential and the actual outcome, and can be used to facilitate changes in the forestry sector. The results can also serve as guidelines for future studies in several aspects, including regeneration quality, and to determine the actual regeneration area. Prior to the publication of this report, the preliminary results had already triggered the initiation of new projects about regeneration planning and follow-up.

Innehåll

Förord	2
Summary	3
Sammanfattning	7
Inledning	8
Bakgrund	8
Föryngringar	8
Traktdirektiv	8
Ståndortsindex	9
Ståndortsanpassning och trädslagsval	9
Digitalt verktyg	9
Genomförande	10
Syfte och mål	10
Material och metod	11
Del 1 - Inventering av utförda föryngringar	11
Urval år 2019	11
Urval 2020	14
Inventeringens utförande år 2019 och år 2020	15
Del 2 – Utvärdering av traktdirektiv	18
Del 3 – Digitalt beslutsstöd med fältbesök	20
Plantbeställningsverktyget, vidareutveckling	20
Plantbeställningsverktyget, test och utvärdering	22
Del 4 - Dialog med företagen	24
Resultat och Diskussion	24
Del 1 - Inventering 2019 och 2020	24
Inventerade ytor år 2019	24
Antal trakter, provytor och plantor	25
Analys	26
Planteringsår	26
Jordart	26
GYL	27
GYL jämfört med levande plantor	28
Markfuktighet	29
Vegetationstyp	29
GROT som hindrar	30
Självföryngring	30

Naturvård/Lågor	31
Markberedningsmetodernas varierande styrkor	31
Del 1 – Inventering 2020.....	33
Inventerade ytor år 2020.....	33
Antal trakter, provytor och plantor	34
Analys	35
Vegetationstyp	35
Markberedning	35
Självföryngring.....	35
Naturvård/Lågor	36
Utfallet av planteringspunkter fördelat på markberedningsmetod	36
Planteringspunkter – andel mineraljord i planteringspunkt	36
Plantvitalitet	37
Ståndortsindex jämfört med antal planterade plantor	38
Del 1 – Naturvårdsytor.....	39
Ålder	39
Avstånd till naturvårdsobjekt	40
Del 2 - Traktdirektiven	42
Grunduppgifter – Traktdirektiv för markberedning	42
Beskrivning av objektet - Traktdirektiv för markberedning.....	43
Instruktion av åtgärd – Traktdirektiv för markberedning.....	44
Grunduppgifter – Traktdirektiv för plantering:	46
Beskrivning av objektet - Traktdirektiv för plantering.....	46
Instruktion av åtgärden – Traktdirektiv för Plantering.....	47
Antal plantor per hektar	48
Hänsyn till Natur- och Kulturmiljö	49
Arealen – i TD för markberedning och för plantering.	50
Del 3 - Verkyget Plantbeställning version 2.....	52
Verkyget utvärderades.....	53
Del 4 – Utvärdering med branschföreträdare, inklusive diskussion	58
Plantering med förädlad material	63
Slutsats.....	64
Förbättring av befintliga arbetssätt	64
Förslag till nya arbetssätt.....	65
Ytterligare studier	65
Referenser.....	66



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (internt på Skogforsk) har genomförts 9 augusti 2023 av Line Djupström, Bitr. programchef, och 30 augusti 2023 av Erik Ling, Programchef. Därefter har Johan Sonesson, Seniorforskare, granskat och godkänt publikationen för publicering den 21 september 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

Sammanfattning

Skogens produkter är en förutsättning för att dagens samhälle ska fungera, och behovet ökar i takt med omställningen från fossilberoende.

Det är flera steg under skogens omloppstid som kan optimeras för att höja utbytet av biomassa. Ett viktigt steg är föryngringen, dels att den utförs så tidigt som möjligt, dels att den utförs noggrannare.

För att kartlägga vilka aspekter i föryngringen som kan optimeras för ökad produktion och bättre hänsyn har:

- 228 slumpmässigt utvalda föryngrade trakter inventerats
- 129 traktdirektiv granskats
- ett digitalt verktyg skapats och utvärderats
- resultaten diskuterats med deltagande skogsföretag.

Det visade sig att åtskilliga aspekter i föryngringsarbetet skulle kunna förbättras för att underlätta planering och utförande, och därmed höja produktionen och samtidigt förbättra hänsynen. Det gäller omfattning av traktdirektiv samt kvaliteten av markberedning och plantering. Samtliga är faktorer som påverkar plantantal och -överlevnad samt planteringspunkternas antal och kvalitet.

För att uppnå dessa förbättringar kan traktdirektiven bli mer fullständiga, tydliga och efterlevas bättre, både för markberedning och för plantering. Dessutom kan ett verktyg som använder skördardata och annan tillgänglig geoinformation användas för att både åskådliggöra landskapets varierande tillväxtpotential och öka upplösningen. Ett sådant verktyg kan öka ståndortsanpassningen och därmed öka både produktion och lämnad hänsyn. Det vidareutvecklade verktyget har också potential att användas i större skala för att planera och samordna behovet av plantor inom ett helt innehav och på så sätt fördela tillgängliga plantor enligt landskapets förutsättningar.

Resultaten belyser kvalitativt skillnader mellan skogens tillväxtpotential och det faktiska utbytet, och kan utgöra underlag för förändringar i branschen. Resultaten kommer därför att vara vägledande för kommande studier ur flera olika aspekter, bland annat vad gäller föryngringarnas kvalitet och för bestämningen av den faktiska föryngringsarealen. Redan innan denna rapport publicerades, har de preliminära resultaten bidragit till att nya projekt startats kring bland annat föryngringsplanering och -uppföljning.

Inledning

Biomassa från skogen är en förnybar resurs som kan minska det fossila beroendet, och samhällets efterfrågan på biomassa ökar i och med den storskaliga gröna omställningen (Sverige 2022). Den högre efterfrågan på skogsråvara skapar incitament till en optimerad produktion. Samtidigt ökar medvetenheten om biodiversitetens värde i sig samt dess roll för ekosystemets stabilitet. Också sociala och andra kulturella värden i skogen vinner ökad uppmärksamhet. Dessa tre huvudkategorier av skogens värden; *produktion*, *biodiversitet* och *sociala/kulturella värden*, kan vara svåra att förena (Hannerz 2014), men i viss mån överlappar de också varandra (Sténs 2014). Den offentliga debatten har ett allt starkare fokus på skogens alla värden. Framför allt förs diskussioner om balansen mellan produktion och biologisk mångfald i framtidens skogsbruk. Det finns ett stort behov av att utvärdera dessa aspekter samlat, och hitta metoder och verktyg som kan effektivisera skogsskötsel och därmed ta tillvara flera av skogens värden samtidigt.

I denna studie undersöks hur både produktion och miljöhänsyn kan anpassas bättre till landskapets förutsättningar, dels genom att nyttja beprövad skötsel och befintliga arbetssätt bättre, och genom att analysera och kombinera flera olika digitala underlag från kartleverantörer och från skördardata. Projektets huvudfokus är förnygringsarbetet så som det bedrivs idag och att identifiera olika steg i förnygringsarbetet som är möjliga att förbättra med enkla medel. Kan det till exempel utvecklas med digitala hjälpmedel?

Bakgrund

Skogsskötsel utförs för att öka det långsiktiga ekonomiska utbytet av skogsråvara. Det sker under flera faser av skogens omloppstid. Detta projekt undersöker aspekter av förnygringsfasen. Det är flera aspekter i förnygringsfasen som inverkar på förnygringens kvalitet. Nedan nämns några av dem.

Förnygringar

Förnygringsfasen är tiden från avverkning till det att nya plantor har börjat växa till sig och bildar ett nytt bestånd, efter cirka 10–15 år. I förnygringsfasen ingår bland annat hyggesvila (i vissa fall), markberedning och plantering – med målet att varje enskild produktionsplanta ska få bästa möjliga förutsättningar och i förlängningen att producera så mycket timmer som möjligt och av hög kvalitet.

Traktdirektiv

Traktdirektiv (TD) innehåller instruktioner på hur arbetet ska utföras, normalt finns ett TD för markberedning och ett för plantering. De innehåller instruktioner om hur åtgärden ska utföras, det vill säga åtgärdens omfattning (hektar som ska markberedas respektive planteras), med vilka metoder, trädslag och planteringstäthet. De innehåller också information om traktens specifika förutsättningar.

Denna information samlas in av planeraren ur den samlade kunskap som finns om trakten hos markägaren och ur digitala källor, allt för att anpassa åtgärderna så bra som möjligt till traktens specifika förhållanden. Av traktdirektivet framgår även den hänsyn som ska tas till miljö, kulturlämningar, friluftsliv och rekreation. Traktdirektivens noggrannhet får konsekvenser för förnygringens utfall och kvalitet.

Ståndortsindex

Olika delar av landskapet ger olika förutsättningar för plantor att överleva och växa till sig. Det kan handla om tillgång till vatten och näring, temperaturer, försommartorka, solexponering, frostrisk, markens bördighet, med mera. Traditionellt har alla dessa förutsättningar integrerats till ett och samma mått, ett ståndortsindex (SI). Det anger hur gynnsam ståndorten är för tillväxten. Till exempel kan tall på en ståndort med index T26 växa till 26 meters höjd på 100 år. SI kan anges för olika trädslag. I denna studie används SI för tall (T) och gran (G).

Ståndortsindex kan beräknas på olika sätt (Skogsstyrelsen 1985), till exempel:

1. Från observationer i fält av bland annat markvegetation, jorddjup och breddgrad som tillsammans indikerar en viss ståndort enligt schablon (Bonitering med ståndortsegenskaper).
2. Från övre höjd av de två grövsta träden inom en yta med 10 m radie. Detta kan också mätas direkt i fält med enkla verktyg och tolkas genom standardkurvor (Bonitering med höjdutvecklingskurvor).

Ståndortsindex bestäms oftast samlat för hela avverkningstrakten och är vägledande för val av trädslag och plantantal vid plantering.

Ståndortsanpassning och trädslagsval

Förutom ståndortsindex har trädslaget betydelse för tillväxt. På vissa skogsmarker växer gran bättre än tall och på andra är det tvärtom (Nilsson 2020). Planteringspunkten inverkar starkt på vilket trädslag som trivs bäst, till exempel den längsta perioden utan tillgång till vatten, eller den längsta perioden med dränkt rotzon. Både överlevnad och tillväxt påverkas. Det kan också handla om högsta eller lägsta temperatur eller när köldknäppar eller torka infaller under tillväxtsåsonen. På ytterligare andra ståndorter väljs löv eller lövinblandning, delvis på grund av tillväxten, delvis av andra anledningar som minskad brandrisk eller för naturvård.

Ofta föryngras hela trakter med samma trädslag och plantantal. Men variationen i tillväxtpotential varierar ofta i mindre skala, och det finns därmed en outnyttjad potential i att öka upplösningen på ståndortsanpassningen.

Digitalt verktyg

Skogforsk har tidigare tagit fram ett digitalt kartverktyg som kan avspegla ståndortsindex med högre upplösning än traditionell föryngringsplanering. Verktöget heter Plantbeställning och skapades för att förbättra anpassningen av trädslag och plantantal till varierande lokala förutsättningar i landskapet (Gustav Friberg 2019).

Under avverkning samlar skördaren in information om varje avverkat träd i så kallade hpr-filer, **harvester production files**. Med vissa antaganden kan skogen ur dessa filer återskapas digitalt i tre dimensioner, som den såg ut vid tidpunkten för avverkning.

Den återskapade skogen ger möjlighet att beräkna ståndortsindex utifrån trädhöjd.

Utöver ståndortsindex registreras även information som kan indikera förekomst av rotröta i beståndet. Vid hög frekvens av röta kan det vara lämpligt att byta från gran till något annat trädslag.

Baserat på denna information ger verktöget Plantbeställning förslag till föryngring per cirka 1 hektar stora områden.

Genomförande

Projektet utvärderade flera aspekter av föryngringen i fyra delprojekt:

Del 1. Inventering av föryngringar

Under åren 2019 och 2020 inventerades nyplanterade trakter med avseende på olika aspekter som inverkar på plantornas överlevnad och tillväxt, samt på naturhänsyn. Aspekterna rörde terrängen och de lokala naturliga förutsättningarna, samt de skötselmässiga aspekterna.

Till skillnad från traditionella, tillrättalagda försök kan inventeringen av plantor i praktiskt skogsbruk ge en inblick i utfallet av föryngringen i verkligheten, med avseende på bland annat trädsdrag, förband, planteringspunkter, ståndort med mera, utanför tillrättalagda försöksytor.

Från inventeringarna kunde ståndortsindex beräknas enligt skogsstyrelsens boniteringshäfte (Skogsstyrelsen 1985).

Del 2. Analys av traktdirektiv

Traktdirektiv för både markberedning och plantering granskades med avseende på vilken information som ingick. En del av traktdirektiven gäller de trakter som hade inventerats år 2020 och det var möjligt att jämföra direktiven med det faktiska utfallet avseende plantantal.

Del 3. Vidareutveckling av digitalt verktyg

Det digitala verktyget Plantbeställning vidareutvecklades med data om markfuktighet, skogsbilvägar och skogliga grunddata. Utvecklingen syftade till att ge noggrannare arealuppskattning vilket i sin tur minskar osäkerheten kring lämpligt antal av plantor. Verktyget testades på 30 trakter och jämfördes med inventeringarna med avseende på markfuktighet och ståndortsindex.

Del 4. Dialog med företag

Samtliga resultat kommunicerades med de företag som hade bidragit med information till studien. Vid slutredovisningen visades också verktyget i fält, och diskussionerna därifrån sammanfattas längre fram i rapporten.

Syfte och mål

Projektets syfte var att tydliggöra hur en noggrannare föryngring kan uppnås och hur förutsättningarna för naturhänsyn kan förbättras, genom att dels inventera utförda föryngringar, dels öka traktdirektivens kvalitet och efterlevnad samt förbättra ståndortsanpassningen till terrängens naturliga variation. Effektiviseringen omfattade därvid både ökad produktion och på samma gång bättre anpassade naturhänsyn.

Målet var att undersöka föryngringars utfall, hur väl traktdirektiv var utformade och hur väl de efterlevdes, samt att ge förslag till ett digitalt verktyg som kan anpassa både föryngring och naturhänsyn bättre till landskapets varierande förutsättningar. Inkluderat i båda delarna var att presentera resultaten till branschen och ta del av deras återkoppling.

Material och metod

Redovisningen av vilka material och metoder som användes i projektets olika delar är uppdelat per delprojekt 1–4.

Del 1 - Inventering av utförda föryngringar

År 2019 och år 2020 inventerades utförda föryngringar utvalda efter varierande kriterier (Tabell 1).

Tabell 1. Översikt över kriterierna för urvalen år 2019 och 2020. SKS = Skogsstyrelsens databas över avverkningsanmälningar.

	<u>2019</u>	<u>2020</u>
Ursprung	SKS databas	Deltagande företag
Ålder maximalt	3 år	1 år
Traktstorlek minst	0,5 ha	2 ha
Skogstyp	Produktiv	Produktiv
Typ av åtgärd	Föryngringsavverkning	Föryngringsavverkning och plantering
Ägarskap	Okänd	Känd
Skördardata tillgängligt	Nej	Ja
Traktdirektiv tillgängligt	Nej	Delvis

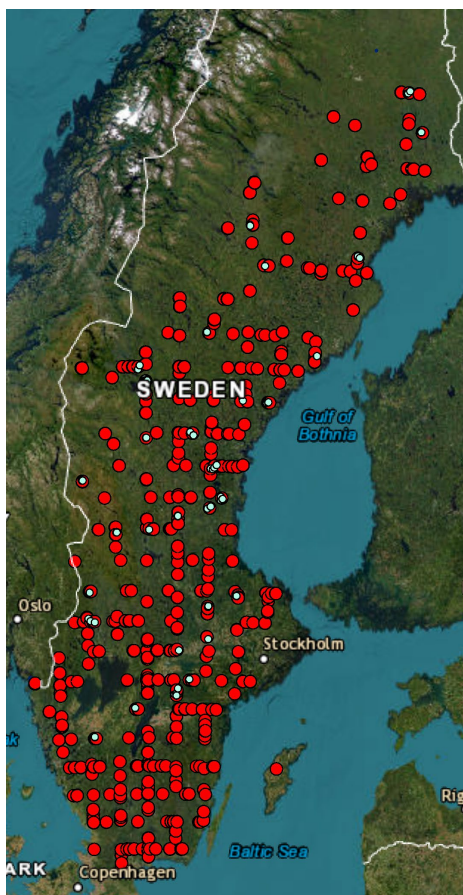
Urval år 2019

Kriterierna för urvalet av trakter år 2019 var följande:

- Maximalt tre tillväxtsånger sedan avverkning
- Minst 0,5 hektar i storlek
- Skogstyp produktiv skog
- Föryngringsavverkning

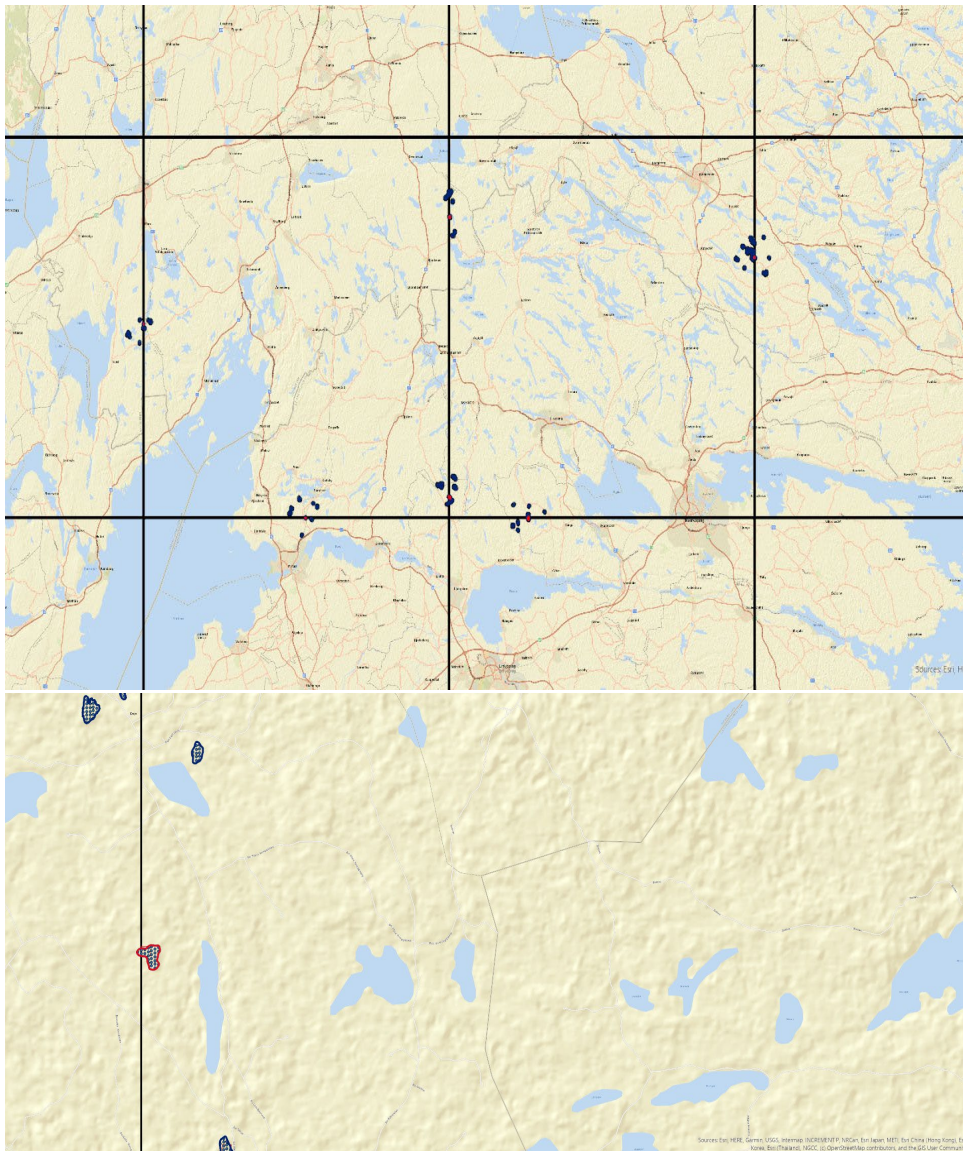
Trakter som uppfyllde kriterierna år 2019 sorterades fram ur Skogsstyrelsens databas, *Utförda Avverkningar*, som också innehåller koordinatsatt information om trakternas läge.

Ett rutnät skapades i ArcGIS Pro för hela Sverige, med 50 kilometer mellan de parallella linjerna. Trakter som sammanföll med linjerna valdes för inventering (se Figur 1 och Figur 2).



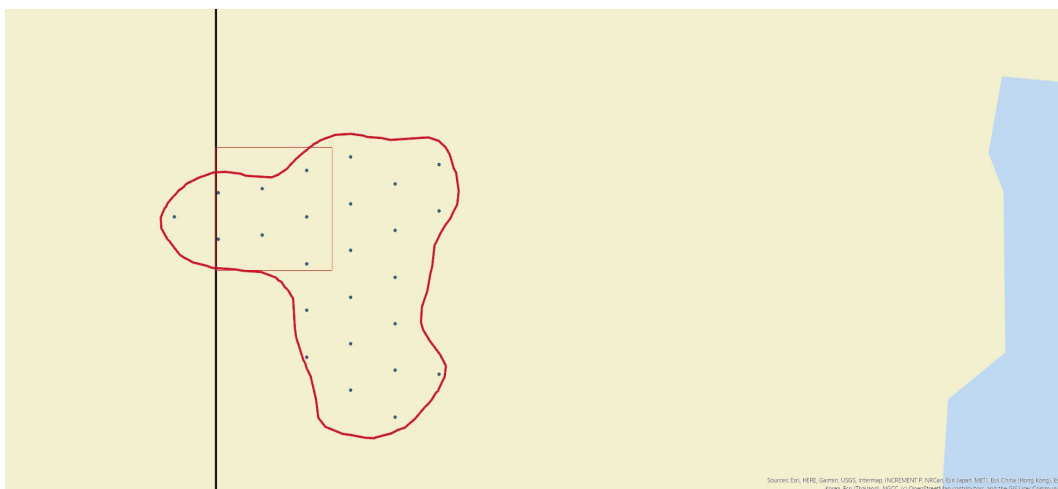
Figur 1. Samtliga ytor som både uppfyllde kriterierna och sammanföll med det utlagda rutnätet. Även reservytor syns i figuren.

För varje ordinarie hygge, valdes närliggande ytor som reservytor. Detta sätt att slumpa ut reservytor i anslutning till varje ordinarie trakt föredrogs framför att ha utslumpade hyggen över hela landet, för att minska resandet men ändå upprätthålla slumpmässighet.



Figur 2. Kartor över provytor som sammanföll med rutnätet. Även reservytorna är utritade. Överst syns en karta i större skala (utzoomad), nederst en karta i mindre skala (inzoomad). Ordinarie provytor är rödmarkerade, reservytor är markerade i grått.

När trakterna hade valts ut lades återigen ett rutnät, nu inom trakten och med 20 meters mellanrum (se Figur 3). Inom varje trakt lades punkter ut längs linjerna, med 20 meters mellanrum. Dessa utgjorde möjliga provpunkter för inventeringen.



Figur 3. Skiss av en trakt som sammanföll med rutnätet av linjer. Inom trakten lades parallella linjer ut med 20 meters mellanrum, längs linjerna lades provytor, även de med 20 meters mellanrum. I traktens nordvästra hörn är en 100 x 100 m² naturvårdsruta utlagd (gjordes endast för 2020 års inventering).

För att få ett representativt och relativt jämnt antal provpunkter per trakt inventerades endast en andel av alla de provpunkter som låg längs linjerna (Tabell 2).

Tabell 2. Föryngringens storlek avgjorde hur stor andel av provytorna som skulle inventeras.

Föryngringens storlek	Andel inventerade provytor
Mindre än 7,5 ha	1/1
7,5–12 ha	1/2
12–15 ha	1/3
15–20 ha	1/4
Större än 20 ha	1/5

Urval 2020

Sex företag bidrog till projektet som markvärdar, med trakt direktiv och med reflektioner på resultaten: Holmen, Mellanskog, SCA, Stora Enso (ej markvärdar), Sveaskog och Södra.

Kriterierna för urvalet av trakter år 2020 var följande:

- planterad 2019
- minst två hektar
- spridda över innehavet/arbetsområdet (subjektiv bedömning av varje företag)
- skördardata tillgänglig (hpr-filer)
- trakt direktiv tillgängligt.

Kriterierna ändrades bland annat på grund av lärdomar dragna från 2019 års inventering. Då var erfarenheten att plantor var svåra att hitta, och att markberedningen hade påverkats så mycket av vädret att det var utmanande att avgöra vilken typ av aggregat som hade använts. Planteringspunkternas egenskaper hade också förändrats avsevärt sedan markberedning och plantering. Därför ändrades kriterierna till att ha kortare tid mellan plantering och inventering.

År 2020 samlades även skördardata och traktdirektiv in för de inventerade föryngringarna.

Markvärdarna valde fritt cirka 20 trakter var att bidra med till projektet. Kriterierna medförde att företagen hade så få trakter att välja bland att det inte var nödvändigt att slumpa fram vilka trakter som skulle väljas.

På trakterna valda för 2020 års inventering placerades provytorna genom ett anpassat rutnät och utifrån anpassning till hyggesareal valdes en andel av provytor för inventering, samstämmt med den metod som användes för urvalet 2019.

Vi 2020 års inventering placerades också en naturvårdsruta ut på varje trakt (Figur 3). Rutan valdes ut slumpmässigt ur ett nätverk av hektarstora rutor över trakten. Endast naturvårdsrutor där 80 procent av ytan rymdes innanför hygget valdes för inventering av naturvärden. På vissa hyggen rymdes inga naturvårdsrutor och då inventerades hygget enbart för de ordinarie parametrarna. Totalt inventerades 60 naturvårdsrutor.

Inventeringens utförande år 2019 och år 2020

Inför fältarbetet hade shapefiler och provpunkter för samtliga trakter lagts in i mjukvaran ArcGIS online. Punkterna utgjorde mitten av en cirkelprovyta med 1,78 cm i diameter, vilket gav provytor av med en areal om 10 kvadratmeter.

På en läsplatta som var förbered för fälthantering åskådliggjordes trakterna på en karta i appen Collector.

Genom appen navigerade inventeraren till trakten och vidare till inventeringspunkten. Väl framme markerades den aktuella punkten i Collector-appen, vilket öppnade en ny sida i Survey-appen med ett frågeformulär knutet till den specifika provytan.

Formuläret i Survey-appen krävde sedan värdering och manuellt val av information, först om hela hygget, sedan om den specifika provytan och slutligen om alla planterade plantor och planteringspunkter inom den aktuella provytan.

Av Tabell 3 framgår vilken information som samlades in vid inventeringarna år 2019 och år 2020.

Tabell 3. Inventerade parametrar på varje provyta och i varje planteringspunkt i 2019 och 2020 års inventeringar. Möjliga val inom parentes.

Inventering av hela provytan	
Markanvändning	Skogsmark / Sparad hänsyn hela ytan / Sparad hänsyn enskilda träd / Impediment / Utanför hygget
Bärighet (Grundförhållanden)	1 (Mkt god) – 5 (Mkt dålig)
Markstruktur (Ytstruktur)	1 (Jämn) – 5 (Mkt ojämn)
Lutning	1 (Ingen lutning) – 5 (Kraftig lutning)
Rörligt markvatten	Kortare perioder / Längre perioder / Saknas
Markberedd	Ja / Nej
(Om ja) Typ av markberedning	Fläck / Harv / Högläggning / Invers / Övrigt
Mineraljord, andel på hela ytan	0 % / 1–10 % / 11–20 % / 21–30 % / 31–50 % / >50 % / Går ej att bedöma
Markpåverkan, hela ytan	0 % / 1–10 % / 11–20 % / 21–30 % / 31–50 % / >50 % / Går ej att bedöma
Finns låga	Ja / Nej
(Om ja) Är den skadad av skogsmaskin	Ja / Nej
Jordart	Går ej att bedöma / Torv (djup >30 cm) / Grusig morän (kornstorlek <20 mm) / Sandig morän (kornstorlek <2 mm) / Sandig-moig morän (kornstorlek <0,6 mm) / Brunjord
Ris kvar som påverkar markberedning?	Ja / Nej
Fältskikt	Lavtyp / Ljung-Kråkbär / Lingon / Blåbär / Smalbladigt gräs / Bredbladigt gräs / Lågört / Högört / Starrfräken
Markfuktighetsklass	Torr / Frisk / Fuktig / Blöt
Finns planterade plantor	Ja / Nej
Planteringsår	1 år / i fjol / äldre / utförd under olika år

Självföryngring, förekomst	Ja / Nej
(Om ja) Trädslag	Tall / Gran / Björk / Övrigt
Inventering av varje planterad planta inom provytan	
Trädslag	Tall / Gran / Björk / Övrigt
Plantvitalitet	Vital planta / Betydande nedsättning / Svår nedsättning / Död planta
Är plantan viltbetad	Ja / Nej
(Om ja) Vilken djurgrupp	Hjortdjur / Hare / Går ej att bedöma
(Om ja)	Möjlighet att bifoga fotografi
Snytbaggeangrepp	Ja / Nej
Planteringspunkt, andel mineraljord inom 10 cm radie	0 % / 1–25 % / 26–50 % / 51 – 75 % / 76–99 % / 100 % / Går ej att bedöma
Finns självföryngring	Ja / Nej
Basmaskin (markberedning)	Drogen / Grävmaskin / Går ej att bedöma
Planteringspunkt, typ	Ej markberett / Fläck över marknivå / Fläck i marknivå / Fläck under marknivå / Mineraljord på humus / Omvänd torva / Påverkat, ej definierbart / Går ej att bedöma

Steget att registrera planta upprepades tills samtliga planterade plantor inom provytan hade registrerats. Därefter kunde foton tas och eventuella kommentarer skrivas i fritext innan allt skickades till projektets databas.

Följande information om trakten överfördes direkt från databasen och från läsplattan till Survey-appen:

- trakt-id (ett nummer specifikt för varje trakt)
- hyggesareal
- inventerare
- provytans gps-position (från läsplattans interna gps-enhet)
- provyte-ID
- datum.

För att kunna utföra inventeringen krävdes följande verktyg:

- läsplatta
- tummstock
- jordsond
- måttpinne för att mäta ut cirkelprovytans radie
- inventeringsmanual.

Inventerarna visste inte vem som ägde marken eller vem som hade utfört förnygringsarbetet.

Vid 2020 års inventering samlades samma information in som år 2019 med några tillägg:

- Skördarfiler samlades in för varje trakt.
- Jorddjup insamlades för varje provyta i fyra klasser för att kunna uppskatta ståndortsindex utifrån Skogsstyrelsens regionspecifika boniteringssystem (Skogsstyrelsen 1985).
- Självförygrade plantor noterades noggrannare, med både förekomst och antal.
- Naturvårdsrutor inventerades på aktuella trakter.

Naturvårdsytorna inventerades med avseende på avstånd till markberedning och plantering, och kategoriserades till tio olika typer av hänsyn:

- kulturhänsyn och hänsynskrävande biotop
- kantzon mot annat ägoslag
- kantzon mot vatten
- kantzon mot blötområde
- naturvärdesträd
- utvecklingsträd
- stor trädgrupp
- liten trädgrupp
- solitärträd
- vattendrag.

I naturvårdsytorna bestämdes också beståndets ålder utifrån årsringar på stubbar från två granar och två tallar i den mån de förekom på ytan.

Del 2 – Utvärdering av traktdirektiv

Traktdirektiv från 5 företag granskades utifrån hur väl de hade utformats. Det gällde både traktdirektiv för markberedning och för plantering.

Följande företag bidrog med traktdirektiv:

- Holmen
- Mellanskog
- SCA
- Sveaskog
- Södra Skogsägarna.

I utvärderingen ingick 129 traktdirektiv för plantering och 94 traktdirektiv för markberedning. Av de 129 trakterna med traktdirektiv för plantering ingick 61 i 2020 års inventering. Av de 94 traktdirektiven för markberedning ingick 50 i inventeringen.

Tabell 4 visar respektive företags bidrag av traktdirektiv. Bortfallen beror på att vissa hyggen inte var åtgärdade eller att skördardata var otillgängligt.

Tabell 4. Företagens bidrag av trakttdirektiv (TD), av vilka ett antal ingick i inventeringen med avseende på plantering respektive markberedning.

	Nyttjade TD	Inventerade trakter med TD för plantering	Inventerade trakter med TD för markberedning
Holmen	22	7	5
Mellanskog	27	6	0
SCA	22	7	7
Sveaskog	27	23	21
Södra	31	18	17
Totalt	129	61	50

Trakttdirektiven för markberedning utvärderades med avseende på 25 parametrar fördelade i tre kategorier.

Grunduppgifter:

Kontaktuppgifter markägare, Kontaktuppgifter skogsvårdsledare, Översiktskarta, Larmkoordinater, eventuellt certifieringssystem.

Beskrivning av objektet:

Detaljerad karta, Markfuktighetskarta, Terrängmodell, GYL, Fuktighetsklass, Kornstorlek, Notering om förröjning, Notering om GROT-uttag, Notering om föryngringsmetod (plantering/sådd/naturlig föryngring), Areal.

Instruktion av åtgärd:

Metod 1 (Harv eller Högläggare), Maskintyp (Grävmaskin eller Dragen), Metod 2 (Harv eller Högläggare), Marktryck, Tidpunkt för utförande, Påverkad mark, Antal planteringspunkter, Extra anteckning i löpande text, Detaljerad hänsyn och kulturmiljö fr. avverkning, Detaljerad hänsyn och kulturmiljö TD.

Trakttdirektiven för plantering utvärderades med avseende på 25 parametrar fördelade i tre kategorier.

Grunduppgifter:

Kontaktuppgifter markägare, Kontaktuppgifter skogsvårdsledare, Översiktskarta, Larmkoordinater, Certifiering (FSC och PEFC).

Beskrivning av objektet:

Detaljerad karta, Markfuktighetskarta, Areal, GYL, Höjd över havet (HÖH), Tidpunkt (höst/vår), Notering av GROT-uttag och andra tidigare åtgärder, Notering om förröjning, Notering om markberedning, Notering om Markberedningsmetod.

Instruktion av åtgärden:

Trädslag, Plantantal pl/ha, Totalt antal plantor, Planttyp (Starpot, powerpot etc.), Storlek (på plantan), Plantskydd, Proveniens, Tidpunkt, Detaljerad planering.

Del 3 – Digitalt beslutsstöd med fältbesök

Plantbeställningsverktyget vidareutvecklades till en version 2, med ytterligare dataunderlag innan det utvärderades.

Plantbeställningsverktyget, vidareutveckling

Vid avverkning samlar skördare in information om varje avverkat träd, bland annat:

- skördarens position vid fällning
- trädslag
- diameter vid varje aptering
- längd på varje produkt av timmer eller massaved som inte utgörs av grenar och toppar (GROT).

Samtliga data lagras i skördarens hårdvara i hpr-filer (**harvester production files**). Dessa data gör det möjligt att återskapa en digital modell av skogen som den såg ut vid avverkningstidpunkten. Trädhöjden räknas ut som summan av stockarna plus en extrapolering från stammens avsmalnande diameter (Siljebo m.fl. 2017).

Manuellt vald aptering lågt ner på stammen tolkas som förekomst av rotröta. Högre upp längs stammen kan manuella kap förekomma om stammen är för krokig för att uppfylla villkoren för de önskade sortimenten av timmer.

I en tidigare studie har trädhöjder och beståndsålder från hpr-filerna använts för att beräkna ståndortsindex (SI) på areor om cirka 1 hektar. I bearbetningen av skördardata matades ålder in i modellen som ett standardvärde (100 år). Avverkat trädslag, SI och förekomst av rotröta har sedan väglett föryngringsplaneringen med avseende på trädslag, proveniens och förband (Siljebo m.fl. 2017). En begränsande faktor var den låga precisionen på trädpositioneringen.

Informationen har sedan använts för att skapa verktyget Plantbeställning. Verktyget delar upp trakten i mindre delar och föreslår lämpliga trädslag och plantantal för varje del.

I denna studie har Plantbeställningsverktyget utvecklats ytterligare genom att lägga till följande kartinformation:

- nationella vägdatatabasen (NVDB), för att kunna avgränsa hyggesgränser mot väg
- skogliga grunddata från Skogsstyrelsen, för att bidra med information om bland annat grundyta, volym och höjd (upplösning 12,5x12,5 m²)

- markfuktighetsindex, ur NMD (Naturvårdsverket 2018), för att ta höjd för de partier i landskapet som är för torra eller för blöta för plantering
- jordartskartan (SGU) för att undvika områden som inte är lämpliga för plantering, till exempel hållmarker och fuktiga torvmarker.

Delar av utvecklingen skedde parallellt med en annan studie inom Skogforsk, som publicerades 2022 (Möller 2022). Mer information än tidigare samlas nu in manuellt av skördarföraren:

- positionering av sparade hänsyn
- notering av om en stam plockades utanför hyggesgränsen
- ökad in-data till modellen antas ge mer precisa uppskattningar av hyggets nettoareal, och exkludera områden med avsättningar och hänsyn samt vägar.

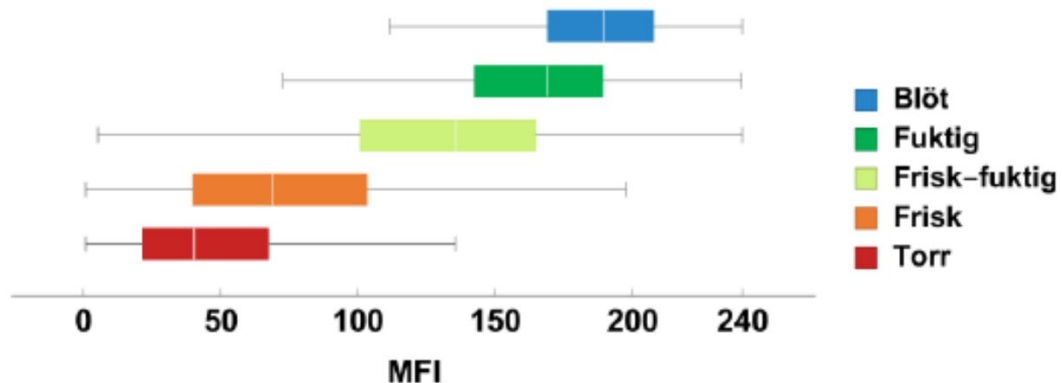
Verktygets olika inställningar kan justeras. Som framgår av Tabell 5 kan användaren anpassa verktygets olika parametrar efter egna preferenser och skiftande förutsättningar i landskapet. Än så länge är verktyget i konceptstadiet, men vid en tillämpning kan en användaryta skapas för dessa justeringar. I tabelltexten beskrivs exempel på vilka justeringar som är möjliga.

Tabell 5. Exempel på inställningar i verktyget. P = pine (Tall), S = spruce (Gran). I detta fall ändras trädslag (SI-species) från tall till gran om SI är högre än P28, då det vid avverkningar fanns minst 25 procent gran. Plantantalet/ytenhet (Plant density) specificerades för olika ståndortsindex (SI detected). Vid förekomst av mindre än 30 procent rotröta, behålls rekommenderat trädslag, mellan 30 procent och 70 procent rotröta rekommenderas blandskog, vid högre förekomst än 70 procent rekommenderas att byta trädslag.

SI-species	
>P28 → change to spruce, if at least 25 % spruce at harvest	
SI detected	Plant density (pl/ha)
P25+	2300
P20-P24	2000
<P20	1700
S32+	2300
S24-S31	2000
<S24	1700
Decay occurrence when spruce is dominating species	
< 30 %, no change of species	
30–70 %, mixed species recommended	
> 70 %, change to species from spruce to pine	

I projektet valdes förbandet enligt listan i Tabell 5, vilket i sin tur ligger inom ramarna för generell praxis i skogsbruket.

Markfuktighetskartan visar markfuktighetsindex (MFI) där 240 är vattenmättad och 0 (noll) är ett teoretiskt markförhållande utan något markvatten alls (Willén m.fl. 2021). Vid markfuktighetsindex lägre än 20 föreslogs alltid tall. Vid markfuktighetsindex högre än 180 föreslog modellen att området var för blött för åtgärd.



Figur 4. Markfuktighetsindex enligt Nordisk Marktäckedata (NMD) i de fem fuktighetskategorier som fältbedömts i riksskogstaxeringen. Det vita strecket anger medianen, 50 procent av värdena ligger inom boxarna och 90 procent inom morrhåren. I denna studie föreslogs plantering med tall på index lägre än 20, och orörd på index högre än 180. (Willén m.fl. 2021)

Vid markfuktighetsindex högre än 20 och lägre än 180 trädde verktygets algoritm i kraft och föreslog trädslag och förband (Figur 4).

Plantbeställningsverktyget, test och utvärdering

Ståndortsindex och rotröta beräknades på 70 trakter baserat på hpr-filer. Detta låg till grund för bearbetning i det uppdaterade plantbeställningsverktyget.

Resultaten utgörs av kartsikt med förslag på aggregering av beräkningsenheter med samma trädslag och plantantal¹.

För att utvärdera hur kartorna överensstämde med det verkliga utfallet inventerades ett antal trakter som även skulle fungera som diskussionsobjekt vid fältövningarna med företagen. Resultaten jämfördes med verktygets förslag. Inventeringen genomfördes med mjukvaran ArcGIS Survey. Fältundersökningen av trakterna gjordes enligt protokollet i Tabell 6.

¹ Skriptet på det vidareutvecklade verktyget finns att tillgå på begäran.

Tabell 6. Protokollets innehåll för undersökningen av de provytor som ingick i jämförelsen med verktygets förslag.

Inventering av hela provytan	
Hygget inventeras	Ja/Nej
Om nej, orsak	Hänsyn/ Utanför Hygget/Övrig mark (t.ex. basväg till hygget)
Markfuktighetsklass	Torr / Frisk / Fuktig / Blöt
Bärighet (Grundförhållanden)	1 (Mkt god) – 5 (Mkt dålig)
Markstruktur (Ytstruktur)	1 (Jämn) – 5 (Mkt ojämn)
Lutning	1 (Ingen lutning) – 5 (Kraftig lutning)
Jordart	Grusig morän (kornstorlek 2–20 mm) / Sandig morän (kornstorlek <2 mm) / Sandig-moig morän (kornstorlek <0,6 mm) / Finmo-Mjåla-Lera
Föryngringsmetod	Plantering/Självföryngring/Osäkert
Om plantering->trädslag	Tall/Gran/Tall och Gran/Björk/Annat trädslag
Bedömning lämpligt trädslag	Tall/Gran/Tall och Gran/Björk/Annat trädslag
Bedömning lämplig metod	Plantering/Självföryngring/Osäkert
Noteringsfält	<i>Fritext möjlig.</i>

Ytterligare hyggen utvärderades visuellt och kvalitativt tillsammans med de bidragande företagen i projektets sista del. Denna utvärdering dokumenterades inte, utan syftade till att demonstrera konceptet för företagen.

Jämförelser mellan modellerade och inventerade variabler gjordes med avseende på markfuktighet, ståndortsindex och plantantal.

I denna rapport presenteras enbart de samlade, anonymiserade resultaten för alla företag, inte företagsspecifika resultat.

Del 4 - Dialog med företagen

Dialog med företagen skedde löpande under hela projektiden. Efter 2019 års inventering presenterades resultaten för företagen vilket även gav underlag för att justera utformningen av fältarbetet inför 2020 års inventering. Under hösten 2021 presenterade Skogforsk slutresultaten separat till varje företag. Då presenterades det specifika företagets resultat och de samlade resultaten från alla deltagande företag för jämförelse. När fysiska träffar var möjliga ordnades vid samma tillfällen exkursioner för företagen, där modellen demonstrerades i fält. Företagens respons och reflektioner noterades och sammanfattas i denna rapport.

Resultat och Diskussion

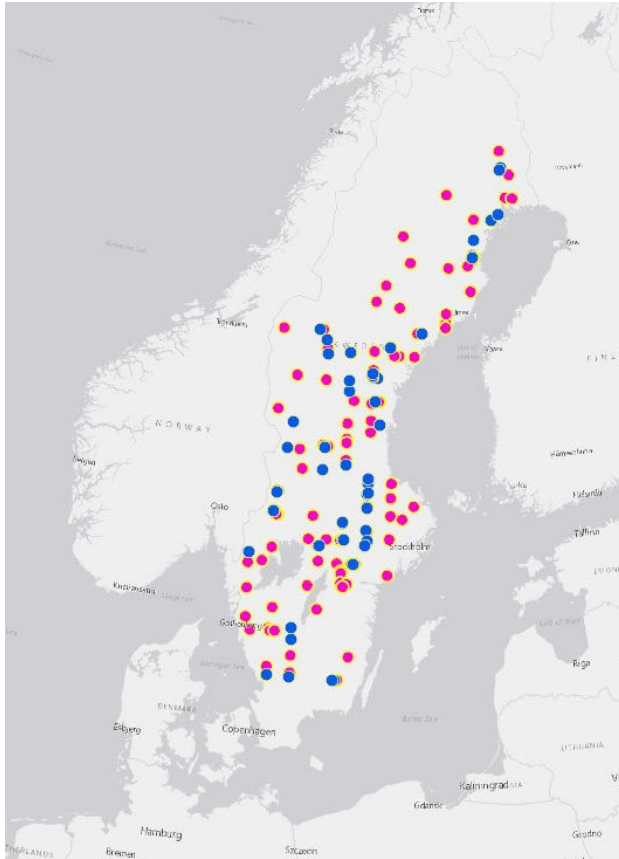
Under analysen av alla insamlade data har ett stort antal korrelationer och samband granskats. I denna rapport har vi valt ut de resultat som vi bedömer är relevanta i sammanhanget. De presenteras här och diskuteras dels efterhand som resultaten visas, dels i samband med presentationen för företagen i del 4.

Del 1 - Inventering 2019 och 2020

Inventerade ytor år 2019

Vid 2019 års inventering var 152 trakter planerade för besök. Av dessa hindrades tillträde till 9 trakter av vägbommar eller fallna träd på skogsbilvägen. Följaktligen inventerades 143 trakter år 2019. Trakternas placering framgår av Figur 5. Karta med de 143 trakter som inventerades under 2019.

Inom de inventerade trakterna var vissa provpunkter inte avverkade, och vissa var belägna inom hänsynsytor av olika slag.



Figur 5. Karta med de 143 trakter som inventerades under 2019. De 87 rosa prickarna visar de trakter som ingick i analysen. De 56 blåa prickarna visar de 53 trakter som inte hade planterats eller avverkats, samt de 3 trakter som inte låg på produktiv skogsmark. Observera att vissa prickar överlappar varandra.

Antal trakter, provytor och plantor

Av de 143 inventerade trakterna var 53 ej planterade. Det innebär att 37 procent av trakterna inte var planterade tre år efter avverkning. På vissa håll i landet är tre års hyggesvila vanligt för att minska risken för snytbaggeangrepp och för att avverkningsrester ska hinna brytas ned tillräckligt. På andra håll i landet är lång hyggesvila ett tecken på förseningar i förnygringsarbetet vilket medför förlorad tillväxt och längre omloppstid för samma utbyte. Där hyggesvilan är kortare än tre år ökar risken för snytbaggeangrepp.

De resterande 90 trakterna innehöll totalt 1872 provytor som inventerades. I genomsnitt var det 20,8 provytor per trakt. Storleken på hyggerna var mellan 0,5 hektar och 25 hektar. Av de 1872 inventerade provytorna var 159 inte avsedda för plantering, av vilka 68 ej var avverkat², 16 låg på impediment och 75 var hänsynsytor. Av resterande 1713 provytor var 374 belägna på skogsmark men ändå inte planterade.

I de 1713 provytor belägna på produktionsmark hittades 2451 planterade plantor, det vill säga 1,43 plantor per inventerad provyta (2468 plantor/1713 provytor).

² Oftast låg dessa strax utanför hyggets periferi p.g.a. ööverensstämmelse mellan karta och verklighet.

Detta motsvarar 1440 planterade plantor per hektar. Det registrerade plantantalet, 1440 plantor per hektar, är lågt jämfört med företagets egna mål (Tabell 7, sidan 48).

Fördelning mellan planterade trädslag på samtliga inventerade provytor på produktionsmark var:

- 1217 gran
- 1231 tall
- 14 björk
- 6 lärk

Vissa av plantorna var planterade på andra ägoslag än produktionsskog, 14 gran- och 3 tallplantor var planterade på hänsynsytor. Dessa utgick ur den vidare analysen.

Enligt planteringsinstruktioner bör inga plantor planteras på hänsynsytor, men ibland kan det vara vanskeligt att avgöra exakt var gränsen går, både för plantören och för inventeraren. 14 gran- och 3 tallplantor bör inte ge upphov till oro för resultatens giltighet, då det trots allt är en relativt liten andel.

Av de provytor som inte var belägna i produktionsskog var 16 provytor impediment, 28 var helt eller delvis under hänsynsträd och 54 provytor var inom ytor med sparad hänsyn. Denna förekomst av planterade plantor utanför produktionsskog är helt förväntad. Det går inte att undvika att en marginell andel plantor hamnar utanför tilltäckt yta. Impediment och hänsyn går inte att förutsäga enbart via kartmaterial.

Analys

Till den vidare analysen användes endast planterade gran- och tallplantor på produktionsmark. Det gav 87 hyggen med 1331 provytor där 2431 tall- och granplantor var planterade. Resterande 3 hyggen hade inga provytor med planterade gran- eller tallplantor inom på produktionsmark. Dessa avvikelser sorterades bort för att de är för få för att kunna dra slutsatser ifrån.

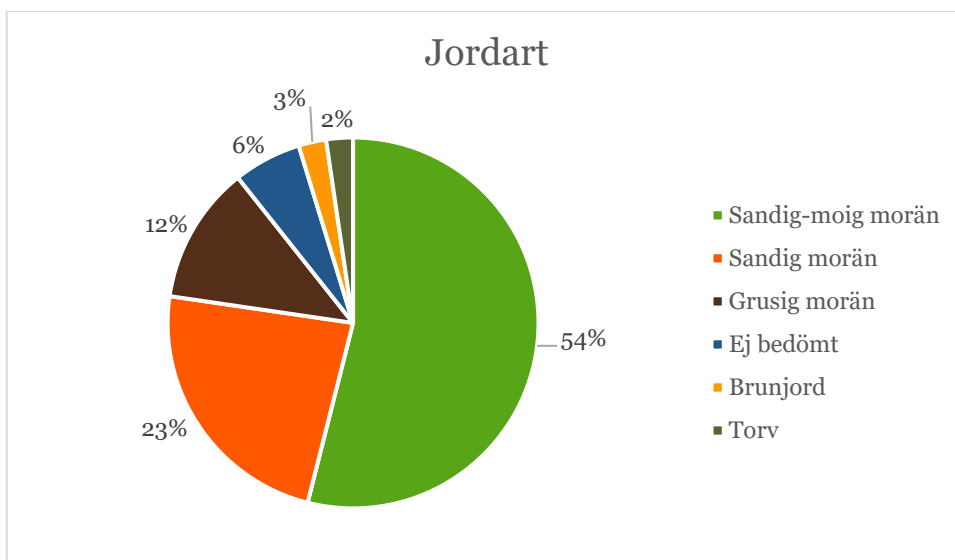
Att hyggena saknade planterade plantor beror på att det avverkade området ännu inte hade föryngrats, eller att det var lämnat för självföryngring. Dessa aspekter låg utanför denna studie att undersöka.

Planteringsår

Planteringsåret var svårt att tolka i fält, och interkalibreringar visade stor risk för godtycklighet. Därför har uppdelningen på planteringsår annullerats i analysen, och tolkningen görs nu utifrån alla planteringsår samlat.

Jordart

Av de inventerade provytorna var 54 procent belägna på sandig-moig morän, 23 procent på moig morän, 12 procent på grusig morän, 3 procent på brunjord, 2 procent på torv, och på 6 procent kunde jordarten ej bedömas. Sandig-moig morän och finjordsrik morän visade sig vanskliga att särskilja i fält och den klassningen blev så osäker att klasserna slogs ihop vid denna sammanställning (Figur 6).

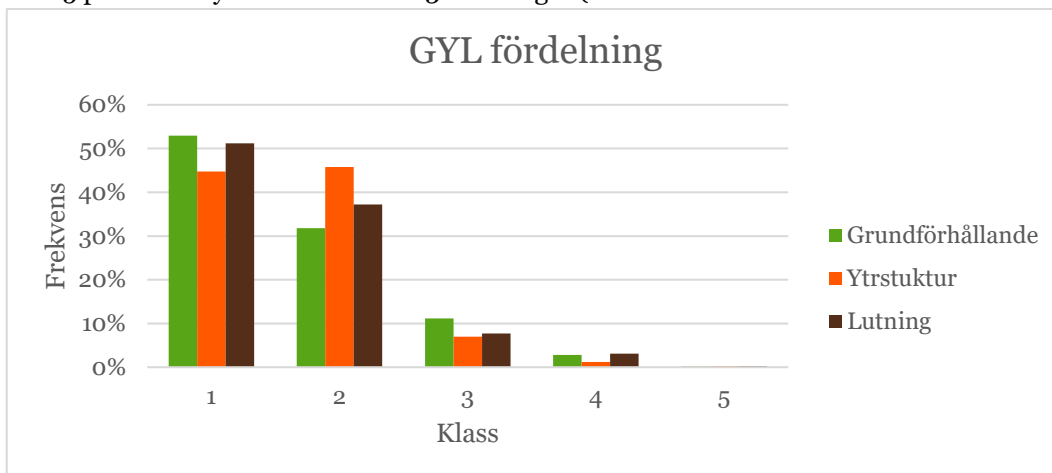


Figur 6. Fördelning av jordarter på provytorna vid 2019 års inventering.

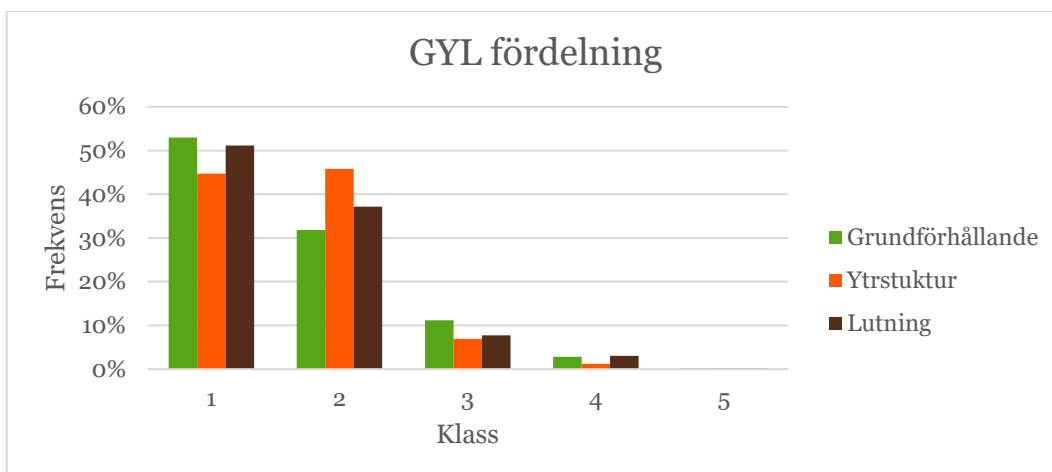
Majoriteten av ytor (89 procent) fanns på moränjordar. Brunjordar är lämpliga som åkrar för odling av spannmål och liknande grödor. Morän är mindre bördig och därför lämplig för odling med lägre intensitet, vilket passar för skog. Därför är majoriteten av planteringspunkterna belägna på morän.

GYL

Grundförhållanden, Ytstruktur och Lutning (GYL) karakteriserar hur svår terrängen är att bedriva skogsbruk i och är mått på bärigheten, på hur ojämn ytan är respektive på lutning. De anges i klasserna 1–5, där klass 1 är lättframkomligt och klass 5 är mycket svårframkomligt (Berg 1995). De analyserade ytorna var generellt lättframkomliga. Cirka 10–15 procent av ytorna hade klass 3 eller högre (



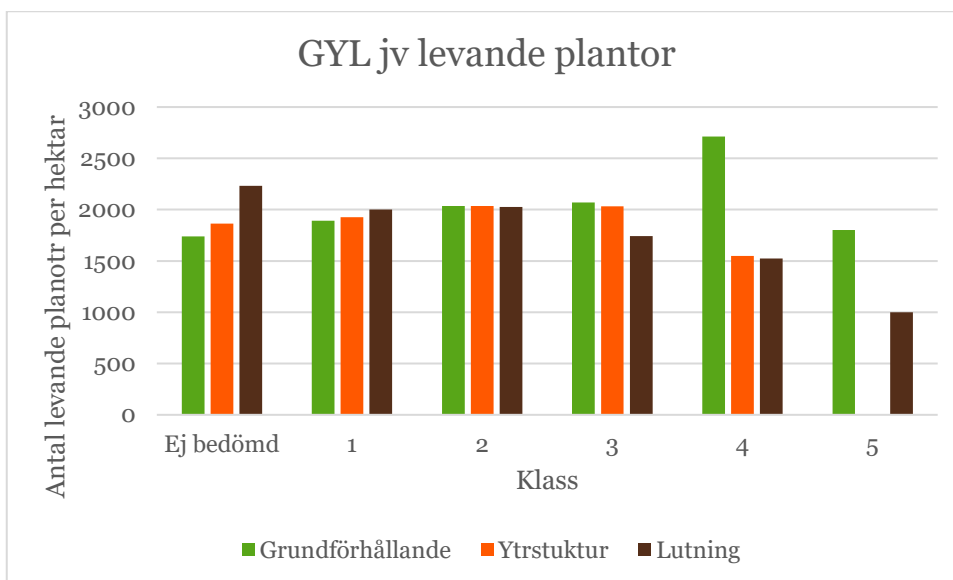
Figur 7). Det är logiskt att skogsbruk bedrivs där det är praktiskt möjligt, det vill säga på marker med lägre GYL-förhållanden. Marker med sviktande bärighet, väldigt grov struktur (till exempel blockighet) eller branta lutningar är besvärliga att avverka, och lämnas oftare än annan mark åt naturhänsyn.



Figur 7. Andel provytor inom respektive klassificering för GYL vid 2019 års inventering. Lägre siffror är mer lättframkomliga.

GYL jämfört med levande plantor.

GYL har ingen märkbar effekt på antal plantor förrän vid klasser över 3 och 4, då minskar antalet plantor för lutning respektive ytstruktur. Terrängen i dessa klasser tillät helt enkelt färre planteringspunkter (Figur 8). Men fler plantor registrerades på sämre bärighet (G4), särskilt inom klass 4 och 5, troligen för att sämre bärighet oftast sammanfaller med bättre tillgång till vatten och näringsämnen. Denna effekt försvann vid G5, troligen för att det var för blött där och plantorna fick för lite luft till rötterna, samt att antalet planteringspunkter var lägre på grund av svårtillgänglighet för markberedaren. Dessa mått är relativa. I absoluta värden faller väldigt få ytor inom de högre klasserna, och resultaten bör tolkas med försiktighet eftersom representationen är så låg.



Figur 8. Antal levande plantor vid olika GYL-mått vid 2019 års inventering.

Markfuktighet

Markfuktigheten bedömdes som frisk i 9 av 10 provytor (88 procent), och som fuktig i 7 procent. Resterande ytor var torra, blöta eller kunde ej bedömas (Figur 9).

Resultaten avspeglar väl att plantor framför allt planteras med tillgång till vatten för att överleva och växa till, men inte i eller nära områden med vattenmättnad, då plantorna inte skulle klara sig där, och för att det troligen inte har markberetts där i någon större omfattning.

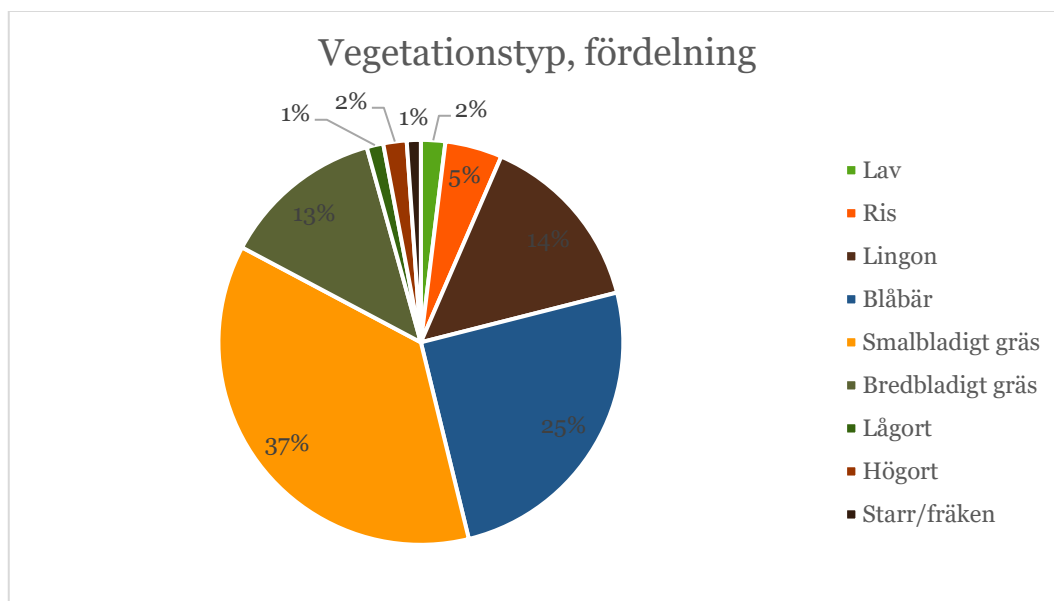


Figur 9. Fördelning av markfuktigheten på de inventerade ytorna vid 2019 års inventering.

Vegetationstyp

Vegetationen på provytorna (Figur 10) bestod till största del av smalbladigt gräs (34 procent), därefter blåbär (25 procent), bredbladigt gräs (15 procent) och lingon (14 procent), vilket bekräftar att majoriteten av ytorna var inom frisk till fuktig markmiljö. Ljung och kråkbär samt lav, som dominerar på torrare marker, utgjorde endast 4 procent respektive 2 procent av provytorna. De vegetationstyper som dominerade på blöta markområden (lågört, högört och starrfräken) utgjorde cirka 2 procent vardera.

Resultatet visar att det sällan planterades på de torraste områdena i skogen (lav, ljung/kråkbär) liksom på de blötaste områdena (starrfräken, lågört, högört). Jämfört med förhållandena i en fullvuxen skog är smalbladigt gräs överrepresenterad på ett hygge. Det beror dels på att mer ljus når marken, dels på att markberedningen har öppnat för denna snabbt etablerande art, och att markvatten är mycket rikligare när träd inte är med och konkurrerar om det. Vid inventeringen noterades även vegetationen i intilliggande skogen, vilket bekräftade denna observation.



Figur 10. Fördelning av vegetationstyp på provytorna vid 2019 års inventering.

Markberedning och markpåverkan

På skogsmark med planterad gran eller tall var 86 procent av ytorna markberedda, 14 procent var inte markberedda.

Markberedning utfördes till 90 procent med dragna aggregat, och till 10 procent med grävmaskin. Dragna aggregat var till hälften harv och till hälften högläggning.

Andelen av provytan som var påverkad av markberedaren bedömdes på varje yta. På 34 procent av ytorna var markpåverkan 0–20 procent, på 44 procent av ytorna var markpåverkan mellan 21 procent och 40 procent, och endast på 22 procent av provytorna var påverkan mer än 40 procent.

Harv gav generellt högre andel markpåverkan än högläggare inom de inventerade provytorna. Se vidare resonemang kring detta under rubriken Markberedningsmetodernas varierande styrkor.

GROT som hindrar

GROT (avverkningsrester av **g**renar och **t**oppar) i en sådan omfattning att det bedömdes påverka markberedningen förekom på 26 procent av ytorna.

GROT som hindrar markberedning kan inverka på antal planteringspunkter. Men GROT kan under mineralisering samtidigt bidra med näring till de planterade plantorna och därvid gynna tillväxten (Thiffault m.fl. 2011).

Självföryngring

Bedömningen av självföryngring vid 2019 års inventering hade formulerats tvetydigt och tolkades olika av inventerarna. Resultatet blev därför inte representativt. Lärdom drogs av detta och det hänvisas till 2020 års inventering i denna fråga.

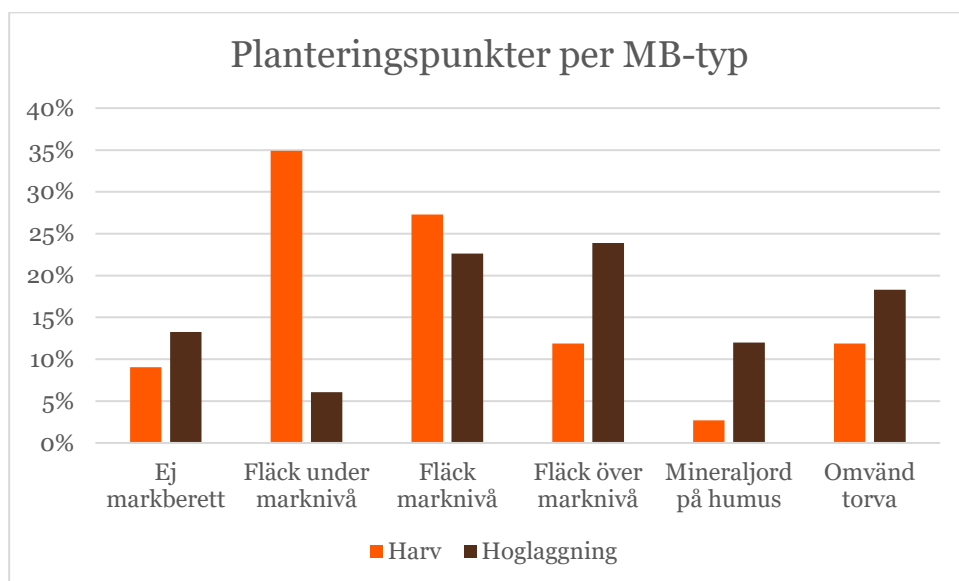
Naturvård/Lågor

Lågor registrerades på 6 procent av ytorna, hälften (47 procent) av dessa var överkörda av markberedningsmaskinen.

Död ved så som lågor har en viktig funktion som livsmiljö för många arter av bland annat insekter och svampar och ska därför bevaras. Lågor kan ibland vara svåra att upptäcka från förarhytten och det kan inte konkluderas att överkörningarna beror på oaktsamhet. Ett sätt att undvika att lågor körs sönder är att flytta de lågor som är möjliga att flytta och att de lågor som skapas nya vid avverkningstillfället placeras intill annan hänsyn för att just undvika att de körs över.

Markberedningsmetodernas varierande styrkor

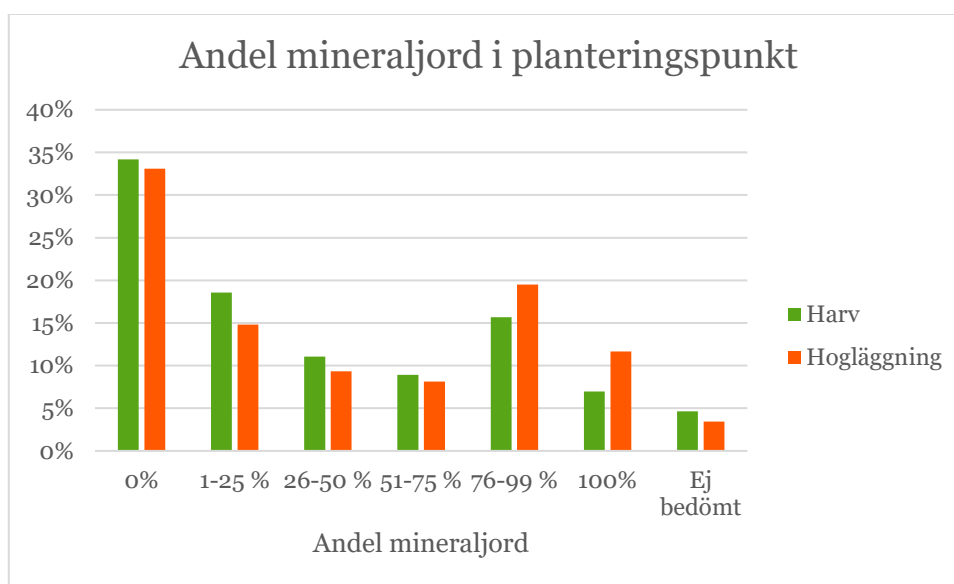
Harv och högläggare har olika styrkor och kommer till sin rätt på olika marktyper. Harv ger generellt fler markberedningspunkter och färre plantor behöver då sättas i omärkeredda planteringspunkter, men punkterna är inte av lika hög kvalitet som för högläggaren. Högläggaren ger planteringspunkter med mineraljord på humus vilket anses mest gynnsamt för plantor (Nordin 2023). Generellt sett ger högläggaren därmed bättre men färre planteringspunkter. Högläggare används oftare på torvmark och i denna inventering är fler planteringspunkter med omvänd torva skapade av högläggare (Figur 11).



Figur 11. Andel planterade plantor i olika planteringspunkter vid 2019 års inventering.

Planteringspunkter – andel mineraljord i planteringspunkt

Andelen mineraljord närmast plantan var oftast låg. I 34 respektive 33 procent av planteringspunkterna för harv respektive högläggning fanns ingen mineraljord i en radie av 10 cm närmast plantan (Figur 12). Notera att dessa siffror är från 2019 års inventering då markberedningen var upp till tre år gammal.



Figur 12. Andel mineraljord i 10 cm radie runt plantan fördelat på föryngringsmetod. Harvning och høgläggning utgör cirka hälften av markberedningsmetoderna vardera. Fläckmarkberedning som metod har registrerats i endast cirka 1 procent av planteringspunkterna och har uteslutits ur denna figur.

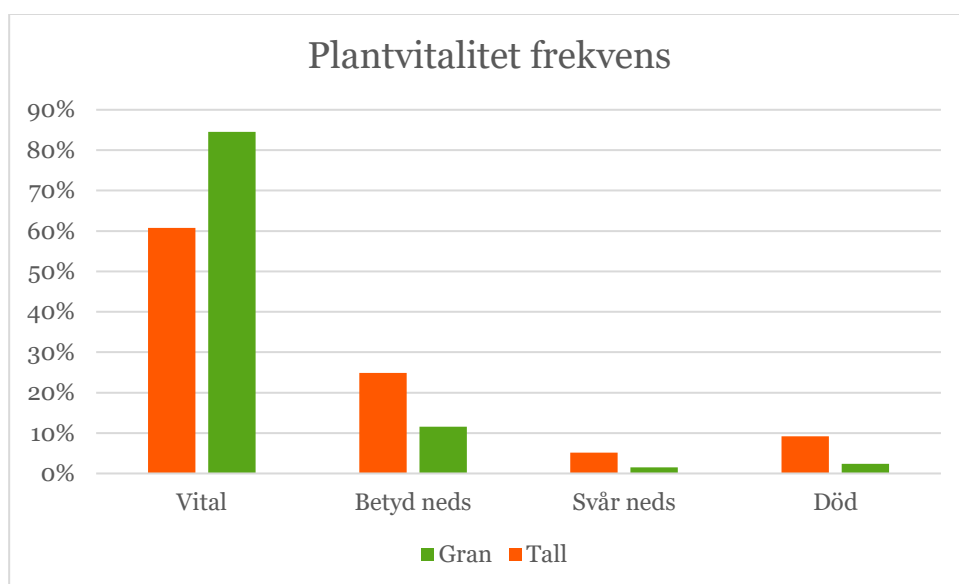
Plantvitalitet

Majoriteten av plantorna värderas som vitala, 61 procent för tall och 85 procent för gran. Betydande nedsättning registrerades på 25 procent (tall) och 12 procent (gran), 5 procent (tall) och 1 procent (gran) hade svår nedsättning, och 9 procent (tall) och 2 procent (gran) var döda (Figur 13). En planta med betydande nedsättning bedöms överleva, men med lägre tillväxt eller sämre virkeskvalitet.

Skillnaden i vitalitet beror troligen på att tallen är eftertraktad som bete för viltet i mycket högre utsträckning än vad gran är. Snytbaggar och svamp drabbar granar oftare, men inte i samma storleksordning som viltbete. I denna inventering undersöktes inte skadeorsak annat än viltbete och snytbaggeangrepp.

En annan anledning till att tall verkar vara i sämre skick hade kunnat vara att invintrade tallar kan se angräpnade ut fast de i själva verket bara är under invintring. Dock utfördes inventeringarna i denna studie tidigare på året, innan invintringen inträdde, och invintringens inverkan på plantvitalitet kan uteslutas som faktor i denna inventering.

I Skogforsks projekt Föryngringskollen kommer dessa samband att undersökas närmare då även skadeorsak inventeras (Berglund 2022).



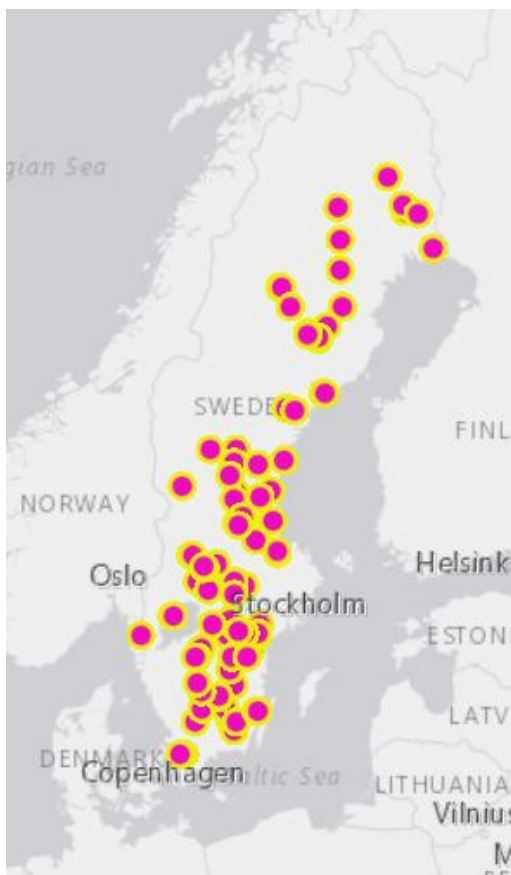
Figur 13. Plantvitalitet per trädslag vid 2019 års inventering.

Del 1 – Inventering 2020

Förutom grundläggande beskrivande statistik om urvalet kommer resultaten från 2020 års inventering primärt att kretsa kring resultat som nyanserar eller skiljer sig från resultaten av 2019 års inventering.

Inventerade ytor år 2020

Under sommaren 2020 besöktes och inventerades ytterligare 76 trakter. Trakternas placering framgår av Figur 14.



Figur 14. De 76 inventerade trakterna år 2020. Observera att vissa prickar överlappar varandra.

Antal trakter, provytor och plantor

De 76 trakterna innehöll sammanlagt 3439 provytor, det vill säga i genomsnitt 45 provytor per inventerad trakt. Emellertid var 1093 provytor utan planterade plantor, av olika anledningar, oftast var provytan i hyggets periferi och inte avverkat eller planterat.

Samtliga trakter var planterade enligt urvalskriterierna (sidan 14), utom en trakt som inte var planterad med tall eller granplantor. Resterande 75 trakter innehöll 2689 provytor med 4605 planterade plantor. 16 av dessa plantor var planterade på ytor som inte var produktiv skogsmark.

På produktiv skogsmark fanns 2689 provytor som låg inom hyggesgränsen och som inte var avsatt för hänsyn. Det observerades således 1,7 plantor per provyta (4589 plantor/2689 provytor), vilket motsvarar 1700 plantor per hektar³.

Det var 355 ytor utan planterade plantor, och 63 ytor hade lärkplantor planterade.

³ Att det fanns fler plantor per hektar under 2020 års inventering jämfört med 2019 års inventering beror på att urvalet skiljde sig åt, se Tabell 1.

Analys

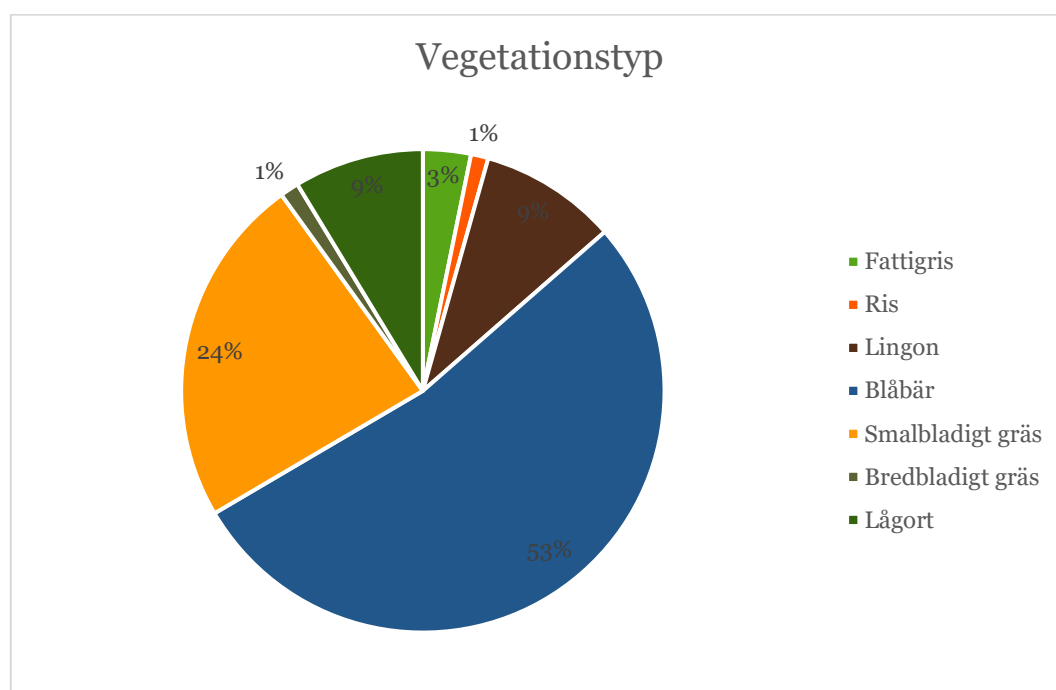
I analysen användes därför 2271 av dessa provytor belägna på produktiv skogsmark med totalt 4462 planterade tall- och granplantor, 2348 respektive 2114.

Trakternas storlek varierade mellan 1,3 ha och 57 ha.

Vegetationstyp

I 2020 års inventering var blåbär den dominerande vegetationstypen, följt av smalbladigt gräs, lingon och lågört (Figur 15). Hyggerna var yngre och därför hade gräs inte hunnit etablera sig lika mycket som under 2019 års inventering.

De två inventeringarna visar olika tidpunkter i de nyplanterade plantornas etableringsförlopp.



Figur 15. Fördelning av vegetationstyp mellan de inventerade ytorna år 2020.

Markberedning

Markberedda ytor utgjorde 96 procent av 2020 års inventerade ytor. År 2019 var 86 procent markberedda. Samtliga av dessa ytor ligger inom produktiv skogsmark, och samtliga ytor inom hänsyn och avsättningar har sorterats bort innan jämförelsen. Skillnaden var inte stor, men ändå tydlig, och kan bero på att 2020 års urval var av ytor som hade planterats.

Självföryngring

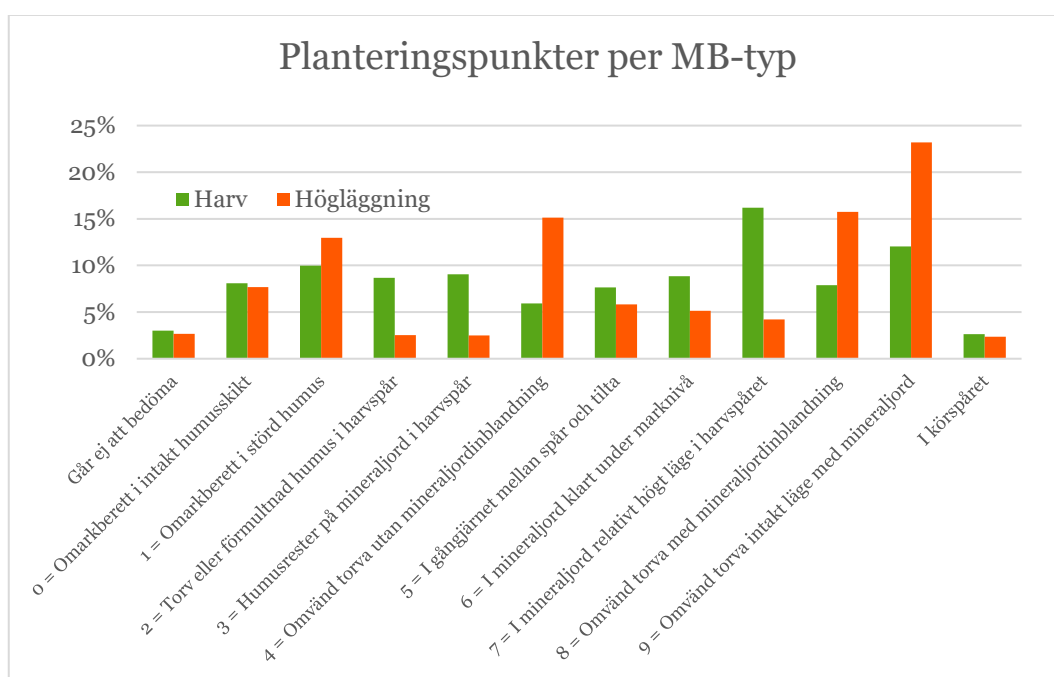
Självföryngring fanns på 78 procent av de inventerade ytorna, och bestod till 44 procent av björk, till 40 procent andra trädslag (nästan uteslutande andra lövträdsdrag), till 13 procent av tall och till 3 procent av gran. Självföryngring förekom lika ofta på ytor som var markberedda med harv som med högläggning.

Naturvård/Lågor

Vid 2020 års inventering registrerades lågor på 8 procent av provytorna. Av dessa var en fjärdedel (26 procent) överkörda. Dessa resultat är relativt samstämmiga med 2019 års resultat.

Utfallet av planteringspunkter fördelat på markberedningsmetod

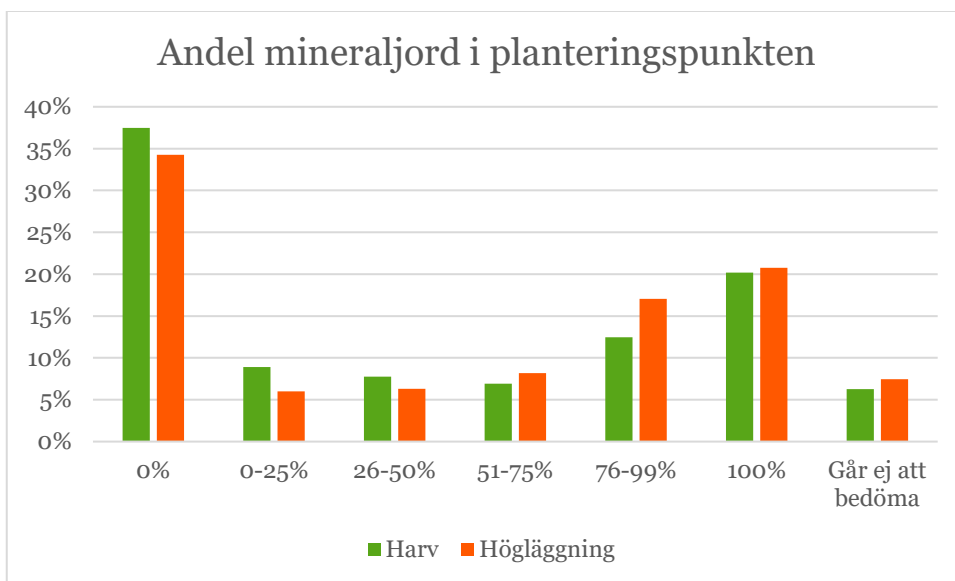
Markberedningen gav upphov till olika planteringspunkter enligt Figur 16. Resultaten är analoga med 2019 års resultat men med ökad upplösning i beskrivning av planteringspunkter.



Figur 16. Andel planterade plantor i olika planteringspunkter vid 2020 års inventering fördelade på markberedningsmetod. Relativa siffror för varje metod.

Planteringspunkter – andel mineraljord i planteringspunkt

Vid 2020 års inventering hade fler planteringspunkter 100 procent mineraljord runt plantan jämfört med resultaten vid 2019 års inventering (Figur 17). Det beror troligen på att planteringspunkterna som ingick i 2020 års inventering generellt var yngre. Med tiden ackumuleras organiskt material och växtlighet i och kring planteringspunkten.

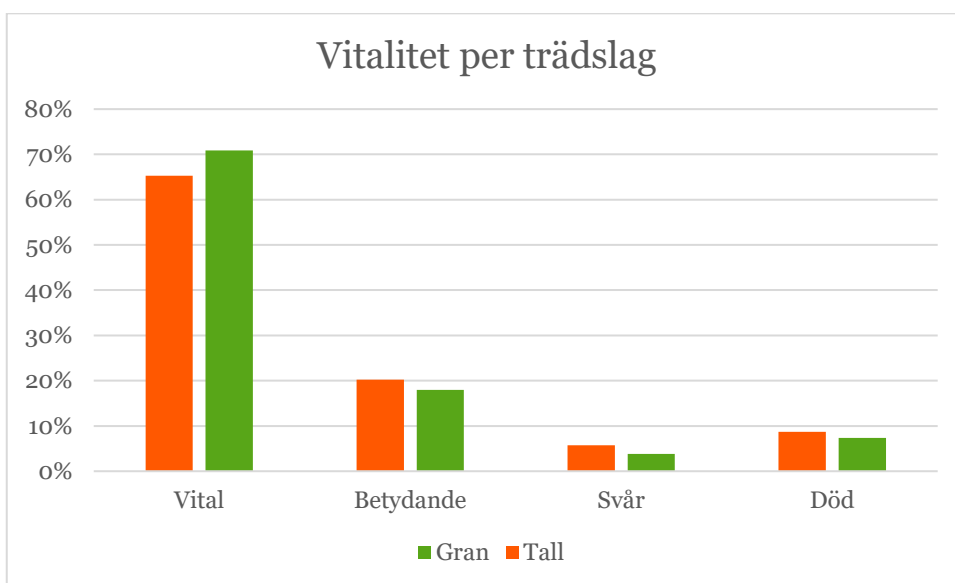


Figur 17. Andel mineraljord i planteringspunkten vid 2020 års inventering.

Plantvitalitet

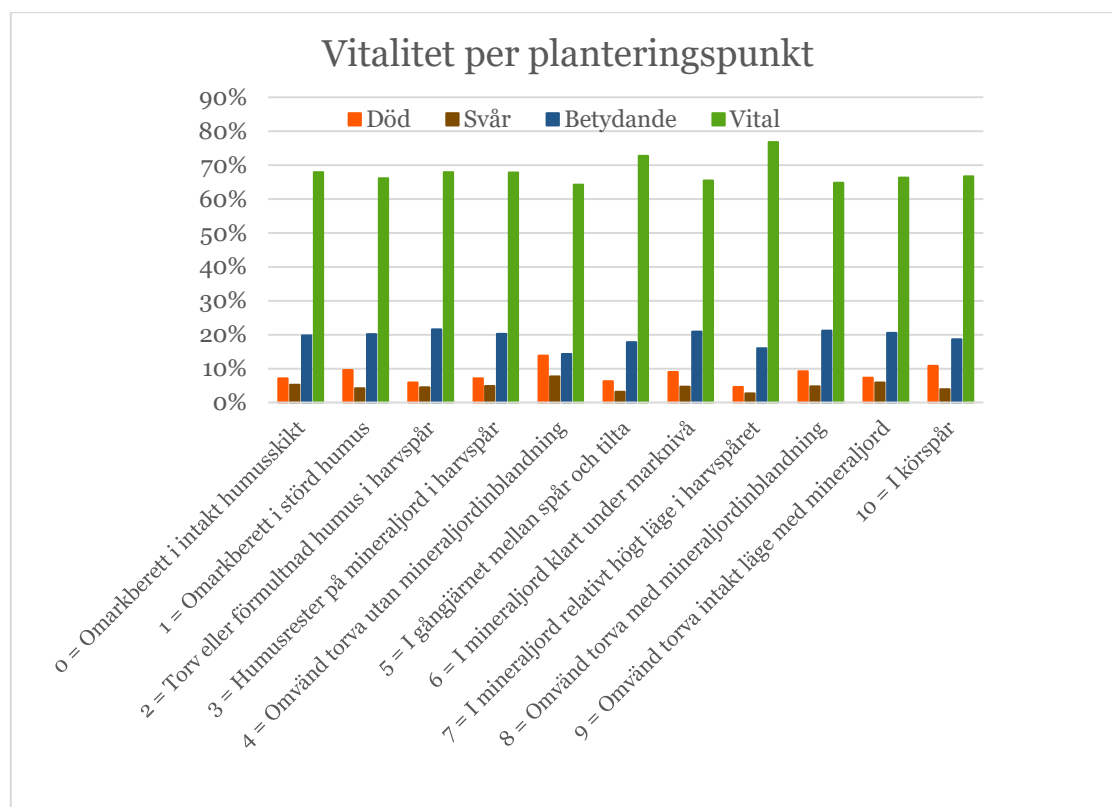
Majoriteten av plantorna värderades som vitala, 65 procent av tallarna och 71 procent av granarna. Betydande nedsättning registrerades på 18–20 procent för tall respektive gran, och 4–6 procent och 7–9 procent av plantorna var svårt nedsatta eller döda (Figur 18). Det var endast en liten skillnad mellan tall och gran.

Detta är ett tydligt exempel på att resultaten från 2019 och 2020 års inventeringar var likartade.



Figur 18. Plantvitalitet per trädslag vid 2020 års inventering.

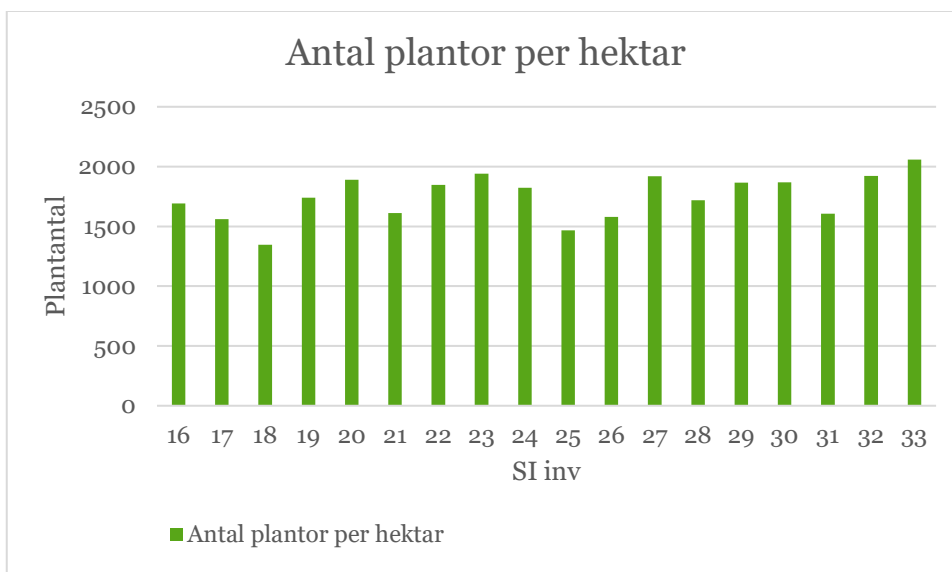
Plantvitaliteten varierade något mellan de olika planteringspunkterna (Figur 19). Samtliga typer av planteringspunkter hade mer än 65 procent vitala plantor, och två typer av planteringspunkter hade större andel vitala plantor, planteringspunkt ”gångjärn” och ”i mineraljord högt läge i harvspåret” med 73 respektive 77 procent. Skillnaderna är relativt små eftersom det har gått så kort tid sedan plantering.



Figur 19. Plantvitalitet per planteringspunkt vid 2020 års inventering. Resultaten visar hur fördelningen av vitalitet är för samtliga plantor i en typ av planteringspunkt.

Ståndortsindex jämfört med antal planterade plantor

Ur 2020 års inventering beräknades ståndortsindex (SI) baserat på ståndortsegenskaper (Skogsstyrelsen 1985). Av Figur 20 framgår att det inte fanns något samband mellan observerat antal planterade plantor och uppskattat SI.



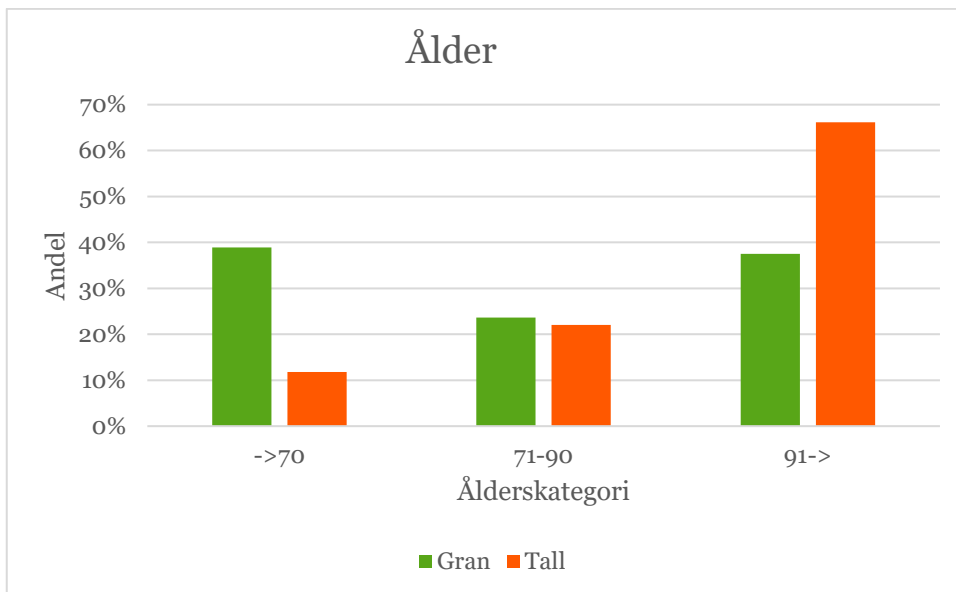
Figur 20. Antal plantor per hektar fördelat på ståndortsindex från fältinventering (SI inv.). Observera att urvalet till denna figur inkluderar samtliga ytor på skogsmark, inklusive ytor utan planterade plantor. Observera också att varje stapel representerar olika antal observationer, varför ett medelvärde av dessa staplar skulle behöva viktas för att bli representativt. Observationer fanns för SI13-15 men var för få för att inkludera i denna översikt.

Del 1 – Naturvårdsytor

På 71 av de 76 inventerade trakterna år 2020 inventerades även naturvårdsytor.

Ålder

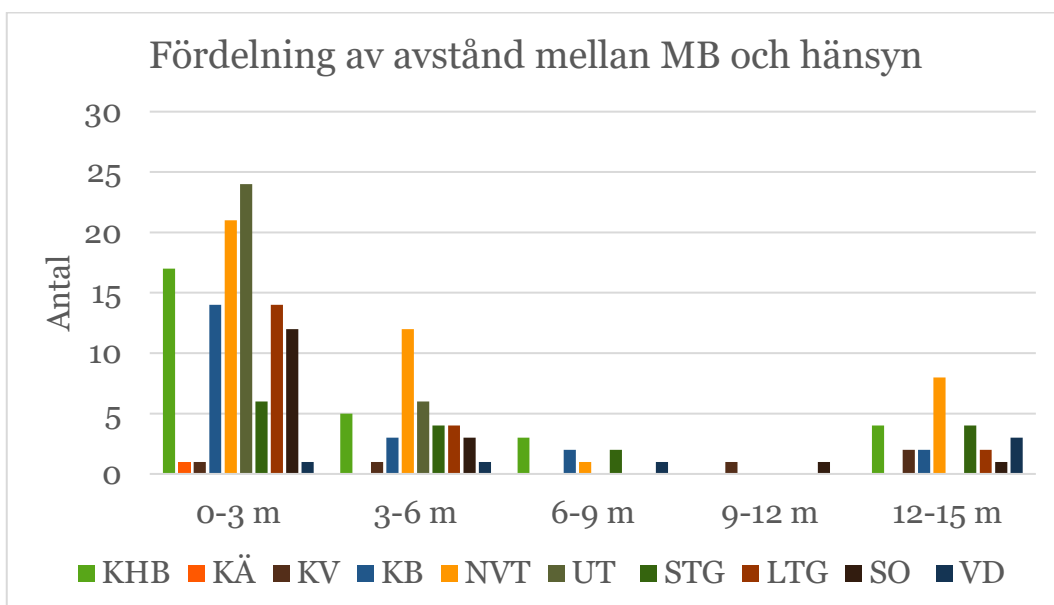
Åldern inventerades på två stubbar av varje av trädslagen gran och tall i varje ruta. En större andel av träd yngre än 70 år var granar och en större andel av träd äldre än 90 år var tallar (Figur 21). Åldern registrerades i boniteringssyfte.



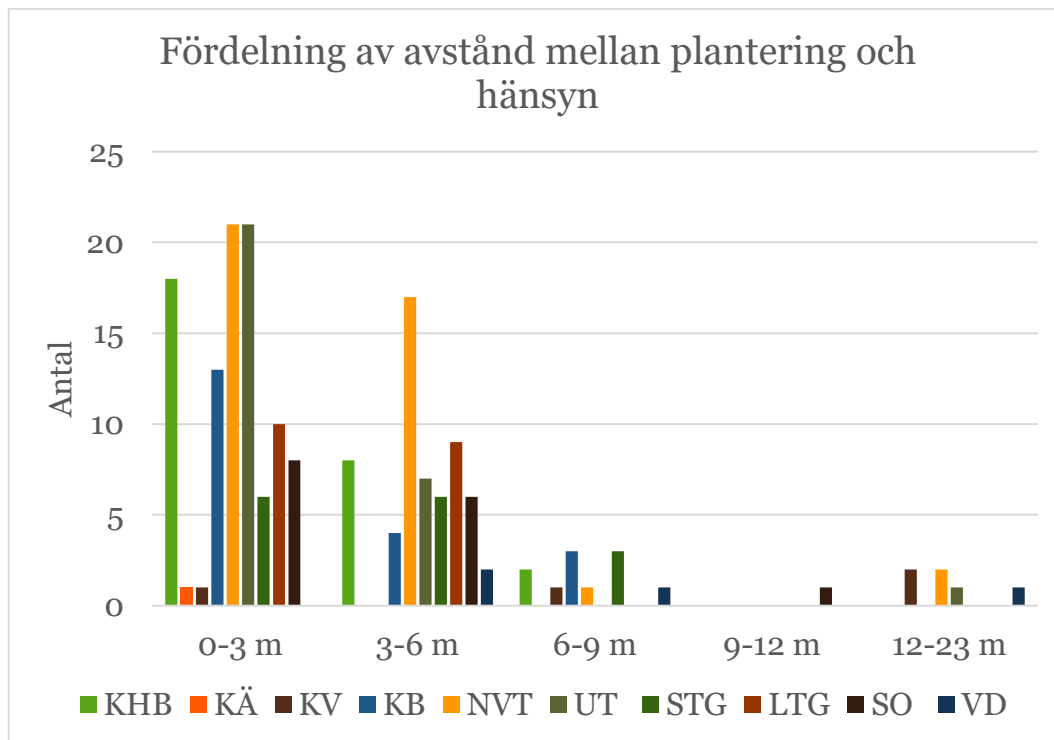
Figur 21. Fördelning av ålder i tre ålderskategorier för stubbar av gran och tall i varje naturvårdsruta.

Avstånd till naturvårdsobjekt

Det finns råd och rekommendationer för miljöhänsyn och körning på skogsmark och däri anges att inte skada lämnad hänsyn genom att köra och markbereda för nära (Bergkvist m.fl. 2020). För att utvärdera hur väl naturvårdshänsyn efterlevdes mättes avståndet mellan markberedning och olika typer av hänsyn (Figur 22) och mellan planteringspunkt och hänsyn (Figur 23).



Figur 22. Fördelning av avstånd mellan markberedning och hänsyn uppdelat i 3-meters klasser. Olika hänsyn representeras av olika färger. KHB: Kulturhänsyn och hänsynskrävande biotop; KÄ: Kantzon mot annat ägoslag; KV: Kantzon mot vatten; KB: Kantzon mot blöt område; NVT: Naturvärdesträd; UT: Utvecklingsträd; STG: Stor trädgrupp; LTG: Liten trädgrupp; SO: Solitärträd; VD: Vattendrag.



Figur 23. Fördelning av avstånd mellan plantering och hänsyn uppdelat i 3-meters klasser. Olika hänsyn representeras av olika färger. KHB: Kulturhänsyn och hänsynskrävande biotop; KÄ: Kantzon mot annat ägoslag; KV: Kantzon mot vatten (sjöar); KB: Kantzon mot blötområde; NVT: Naturvärdesträd; UT: Utvecklingsträd; STG: Stor trädgrupp; LTG: Liten trädgrupp; SO: Solitärträd; VD: Vattendrag.

Generellt visar resultatet att i en majoritet av fallen har markberedningen skett inom en zon om 0–3 meter från lämnad hänsyn men skillnader finns mellan olika typer av hänsyn, och för vissa typer av hänsyn var observationerna väldigt få.

I inventeringen ingick inga rekreationshänsyn. Riktlinjer för dessa är till exempel cirka 2 meters avstånd mellan markberedning och stigar, och gränsen markeras av kvarlämnade stubbar i brösthöjd, så kallade kulturstubbar. I denna inventering är det i detta intervall, 0–2 meter, som flest hänsyn observeras, det vill säga alldeles för kort avstånd.

Kantzon mot annat ägoslag förekom endast i något enstaka fall och avståndet var kort. Hälften av de registrerade kantzonerna mot sjöar (visat som KV i figuren) uppfyllde kraven på 10 meter lämnad marginal. Men slutsatsen dras utifrån endast fyra observationer och kan inte anses som ett representativt underlag. Samtliga 40 kantzoner mot blötområden var smalare än 10 m utom ett för markberedning. Avståndet till naturvärdesträd och utvecklingsträd var alldeles för kort. Likadant med kategorierna av trädgrupper och solitärträd. Att markbereda inom 5 meter från ett lämnat naturvärdesträd riskerar att skada rötterna och i sin tur öka risken för trädet att blåsa omkull. Dessutom får planterade träd nära lämnade träd och trädgrupper svårt att etablera sig i konkurrensen med de stora träden, och på längre sikt kan mer konkurrenskraftiga planterade träd försämra förutsättningarna för de lämnade naturvärdesträden.

Endast en av fyra kantzoner mot vattendrag hade de rekommenderade 10 meter eller större marginal för planteringar. För MB var det en av två.

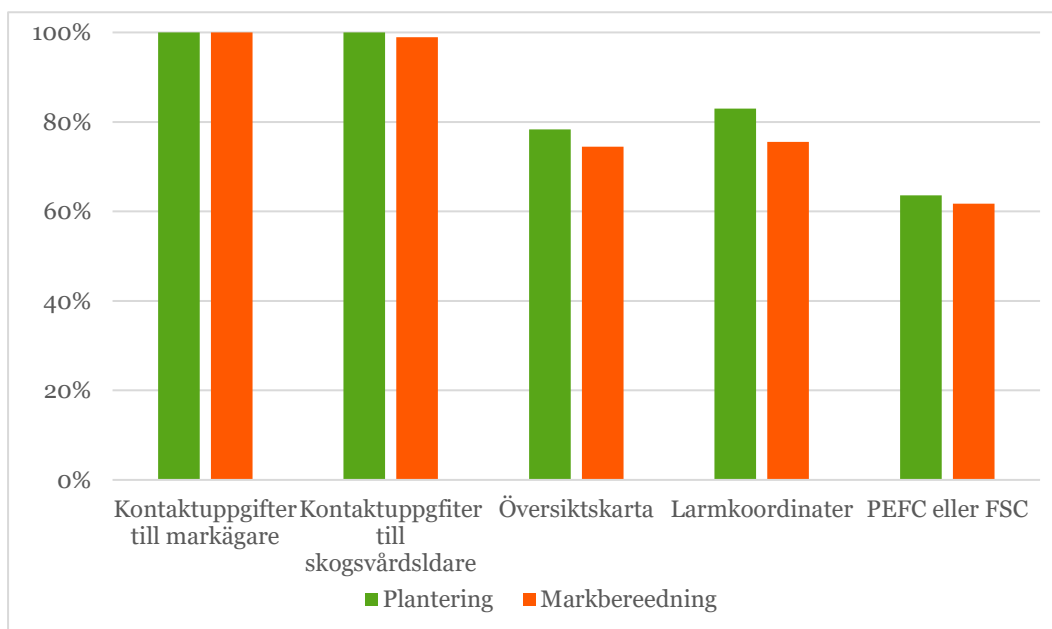
Runt kulturlämningar ska hänsyn tas genom att lämna stubbar i brösthöjd (1,3 m), så kallade *kulturstubbar*, närmast kulturlämningen för att markera gränsen för störande åtgärder. Avstånd till sjöar, vattendrag och blöta områden bör vara minst 10 meter. I denna undersökning framgår det att avstånden underskrider 10 m i nästan samtliga registrerade fall. Detta avstånd är särskilt viktigt för markberedning, då den annars riskerar att bryta det viktiga filter som kantzonen utgör genom att skydda ytvatten från att ta emot höga halter av näringsämnen och partiklar som rinner från störda markområden (Skogsstyrelsen 2014).

Del 2 - Traktdirektiven

Traktdirektivens innehåll granskades och sammanställdes både för markberedning och för plantering. Många av parametrarna var med på alla företags mallar för traktdirektiv, men vissa parametrar var endast med i traktdirektiven från ett eller några företag.

Grunduppgifter – Traktdirektiv för markberedning

Grunduppgifternas förekomst är visualiserade i Figur 24. Kontaktuppgifter till skogsägare fanns på alla traktdirektiv, och till skogsvårdsledare/virkesköpare saknades kontaktuppgifter på ett. Översiktskarta fanns med på 74 procent av traktdirektiven för markberedning. Larmkoordinaten fanns på 76 procent av TD för markberedning. Vilket certifieringssystem som skulle följas angavs i 62 procent av fallen. Det framgick inte om resterande 38 inte skulle skötas enligt certifieringssystem eller om informationen bara saknades.



Figur 24. Andel av traktdirektiven som innehöll information om grunduppgifter, uppdelade på direktiv för plantering och markberedning.

Beskrivning av objektet - Traktdirektiv för markberedning

Markberedningen kan ha stor inverkan både på planterings kvaliteten genom att skapa bra planteringspunkter, och på miljön genom bland annat vattennära markpåverkan. Därför är ett omfattande informationsunderlag avgörande för en lyckad markberedning. Figur 25 visar en översikt över traktdirektivens innehåll och dess förekomst. Figur 26 visar ett exempel på hur delar av ett TD kan se ut.

Samtliga traktdirektiv för markberedning hade en detaljerad karta över trakten.

Markfuktighetskarta var däremot endast inkluderat i 5 procent av direktiven, och terrängmodellen i endast 6 procent av fallen. Just markfuktighetskartan är värdefull för att minska risken för att köra sönder kantzoner mot våtmarker och ytvatten. Särskild vid mörker eller då det är snötäcke brukar informationsstödet från markfuktighetskartan uppskattas.

Faktorer som påverkar markberedningen betydligt är grundförhållande, ytstruktur, lutning. Det spelar in på val av markberedningsmetod. Endast 27 procent av direktiven redovisade GYL-mått. Att GYL-mått inte redovisas i TD kan bero på att denna information anses överflödigt, eftersom den inverkar på markberedningsmetod och årstid för markberedning. Men dessa faktorer avgörs ändå av planeraren och då behöver de inte också framgå av TD.

Blöta jordar har andra egenskaper än torra. Därför är denna information användbar vid planering av markberedningen. Fuktighetsklass indikerar till exempel hur stor risken är att skada marken vid körning i terrängen, och om marken kan tänkas vara bärig även i samband med nederbörd. Fuktighetsklass fanns angett på 26 procent av TD.

Återigen kan denna information anses överflödigt eftersom planeraren ändå bestämmer markberedningsmetod och årstid för markberedning.

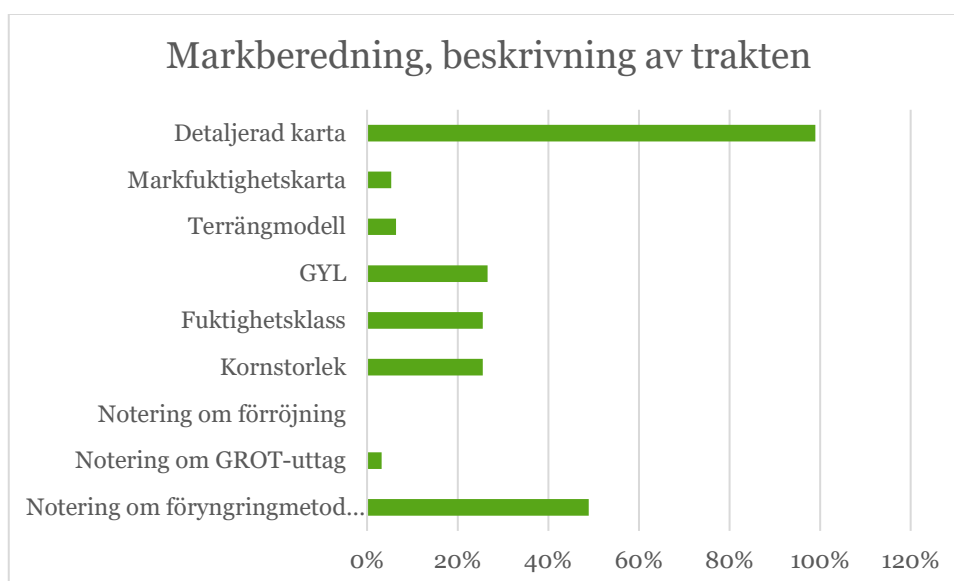
Kornstorlek på mineraljorden var angett på 26 procent av TD. Denna parameter ger också indikationer om markens egenskaper. Grovkorniga jordar brukar ha högre bärighet, även när marken är fuktig efter nederbörd.

Information om förröjning angavs inte på något TD. Troligen är detta inte relevant information att ha med i ett traktdirektiv eftersom förröjning är reglerad i avtalen om avverkning.

Information om GROT-uttag framgick i 3 procent av TD. Kvarvarande GROT kan hindra markberedningen, och det kan i vissa fall inverka på val av markberedningsmetod.

Föryngringsmetod framgick i 49 procent av TD. En lyckad markberedning är särskilt viktig för planteringar som kräver tillräckligt många planteringspunkter av godkänt kvalitet. Men även sådd och självföryngring gynnas av markberedning.

Information om vilka areal som finns angivna i TD finns beskrivna i ett eget stycke nedan.



Figur 25. Andel av trakt direktiven för markberednings som innehåller information om respektive rubrik för beskrivning av trakten.

Ingående Markberedning			Koordinat: 6708897-558695					
Objekt-ID	Åtgärd	Metod	Mål	Nettoareal	Markfukt	Kornstorlek	Föryngringssätt	B Y L
D153465	Kont.	Kont. MB. Normal	2000 pl/ha	4.0	Frisk	Medel	Plantering	3 2 2

Figur 26. Utklipp från ett exempel på ett trakt direktiv. BYL motsvarar GYL, där B anger "Bärighet" vilket motsvarar "Grundstruktur." "Kont." betyder kontinuerlig i motsättning till intermittent.

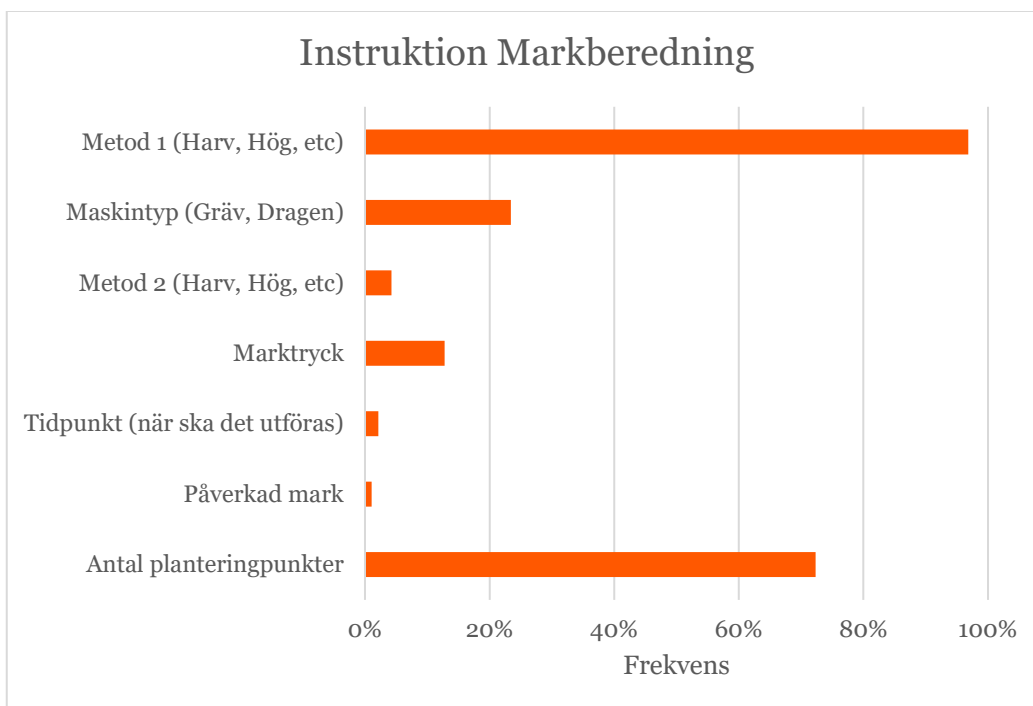
Instruktion av åtgärd – Trakt direktiv för markberedning.

Instruktionen för markberedning angav metod (Harv eller Högläggning) i 97 procent av fallen och typ av aggregat i 23 procent (kallad maskintyp i Figur 27). Ett företag hade angett ett möjligt alternativ till markberedningsaggregat i några få fall (4 procent av samtliga fall i undersökningen).

Samma företag hade i en viss andel av sina TD angett marktrycket som aggregatet skulle ligga an med för att passa till den specifika traktens förutsättningar.

Två företag hade i var sitt fall angett lämplig tidpunkt för utförande. Vanligtvis styrs tidpunkten för utförande genom att entreprenören får TD tillgängligjord. Ett trakt direktiv angav hur stor andel av marken som fick påverkas av markberedningen (Påverkad mark). Denna information kan annars ingå indirekt genom att ange önskade antal planteringspunkter och markberedningsmetod, och samtidigt en generell hänsyn med instruktion om att inte störa marken mer än nödvändigt.

Minsta antal planteringspunkter som markberedningen skulle resultera i angavs i 72 procent av TD.



Figur 27. Andel av markberedningstraktdirektiven som innehåller information om respektive rubrik för instruktion till utförande på trakten.

Utöver de informationspunkter som anges i Figur 27 fanns ytterligare information med i vissa TD:

- Av de undersökta TD är det 6 procent som beskriver åtgärden i text. Dock är det oftast inte kopplat till kartan utan bara beskrivet i text. Exempel visas i Figur 28.
- Den information som fanns sedan avverkningen om hänsyn till natur- och kulturmiljö angavs även i TD för markberedningen i 59 procent av TD.
- Information om hänsyn till natur- och kulturmiljöer, utöver informationen från avverkningen, var med i 5 procent av TD.
- Ytterligare beskrivning av kultur- och miljöhänsyn finns under en egen rubrik längre fram i dokumentet.

Produktionskommentar:

MB H17
Gör fläck i de torrare partierna där det inte blir bra kvalitet på högarna.

Målkod: PG
Åtgärdstyp: Högläggning

Figur 28. Exempel på hur en detaljerad beskrivning kan se ut.

Generellt är det stor variation både mellan och inom företagen i hur mycket information som anges i traktdirektiven. Mallarna är olika mellan företagen, och vissa företag har olika eller flera punkter att fylla i än andra.

Grunduppgifter – Traktdirektiv för plantering:

Grunduppgifternas förekomst är visualiserade i Figur 24 ovan. Figur 24. Andel av traktdirektiven som innehöll information om grunduppgifter

Kontaktuppgifter till skogsägare och skogsvårdsledare/virkesköpare fanns på alla traktdirektiv för plantering.

Översiktskarta fanns med på 78 procent av traktdirektiven för plantering.

Larmkoordinater fanns på 83 procent av traktdirektiven för plantering.

På 64 procent av traktdirektiven angavs certifieringssystem.

Beskrivning av objektet - Traktdirektiv för plantering

Planteringen utfördes i samtliga fall manuellt av plantörer⁴.

Detaljerad karta ingick i samtliga traktdirektiv (TD), och är en förutsättning för effektiv fördelning av plantörer över trakten (Figur 29).

Markfuktighetskarta bifogades endast till ett TD. Det betyder att de som har skrivit TD förlitade sig på plantörernas erfarenhet.

Brutto- och nettoareal finns med på 72 procent respektive 60 procent av traktdirektiven. Arealangivelsen i traktdirektiven för plantering anges i ett eget stycke nedan.

Grundförhållande, Ytstruktur och Lutning (GYL) är tre faktorer som kan påverka planterings utfall men återfanns inte på något traktdirektiv för plantering.

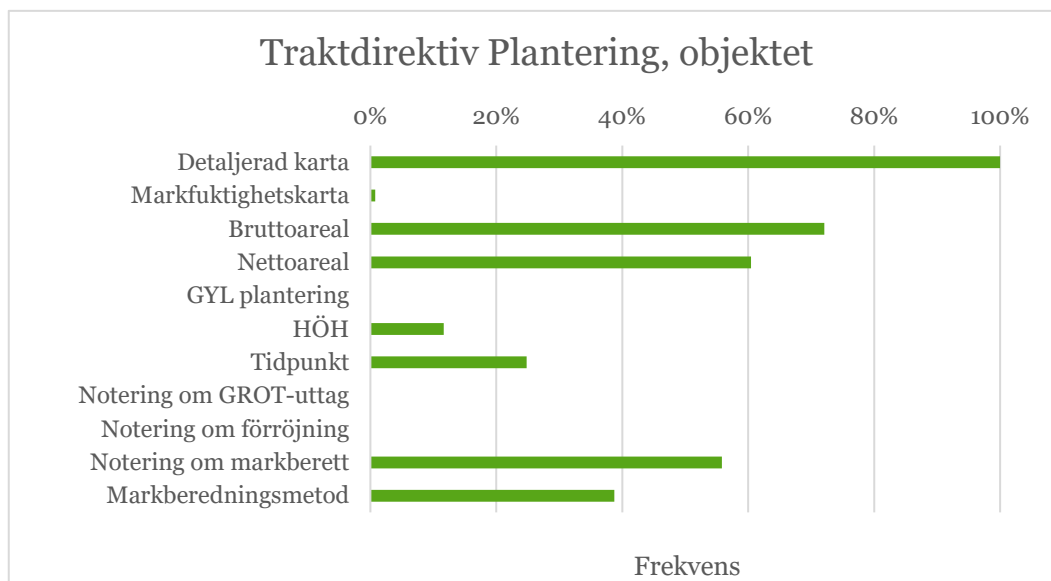
Höjd över havet (HÖH) är en ståndortsfaktor som påverkar valet av plantmaterial, vilket görs av planeraren. Därför är HÖH överflödigt information på traktdirektiven och återfanns bara på 12 procent av dem.

Tidpunkt för plantering (höst/vår) angavs endast på en fjärdedel av TD.

Tidigare åtgärder som kan underlätta föryngringen (markberedning & plantering) är hyggesrensning/förröjning och GROT-uttag men noterades inte på något av de granskade TD.

Markberedningsmetoden påverkar planteringspunkternas utformning, men på traktdirektiven fanns det enbart noterat om markberedning hade utförts på 56 procent av traktdirektiven, och på 39 procent hade även markberedningsmetod angetts.

⁴ Det finns ännu inga kommersiella automatiserade planeringsmetoder.



Figur 29. Figuren visar hur många av planteringstraktdirektiven som innehåller information om respektive aspekt av objektet.

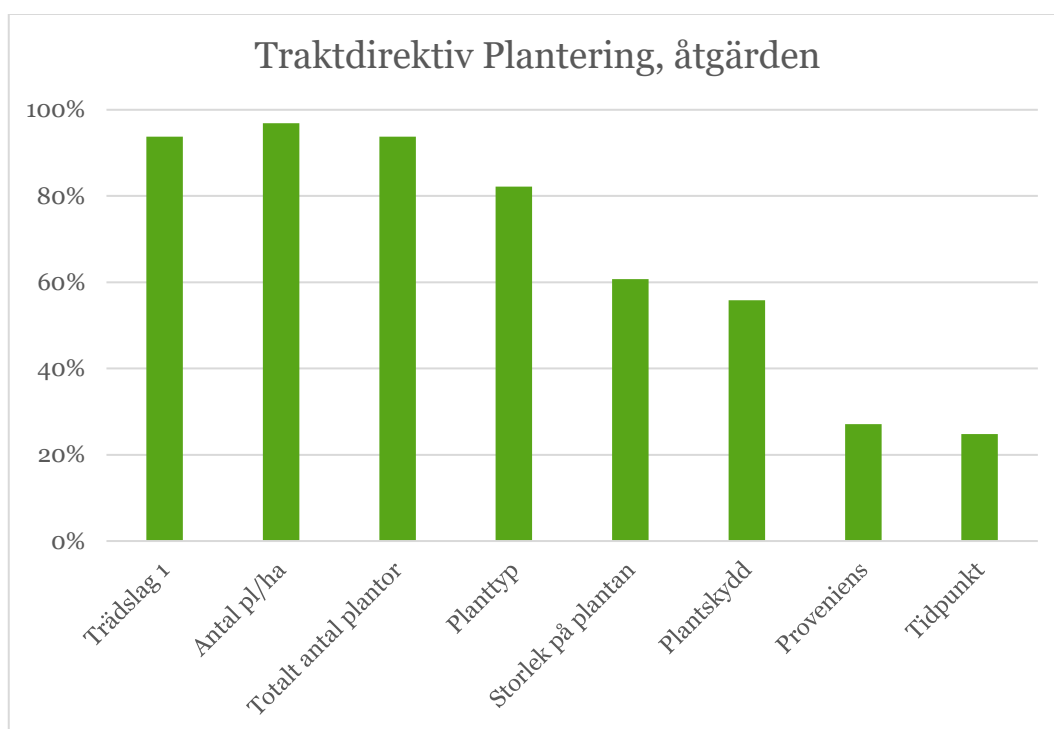
Instruktion av åtgärden – Traktdirektiv för Plantering

I traktdirektiv för plantering framgick trädslag i 94 procent av traktdirektiven och plantantal i 97 procent (Figur 30). Dessa uppgifter är helt essentiella för att anpassa föryngringen till ståndortens förutsättningar, och för att kunna planera framtida skötselåtgärder som röjningar och gallring. Plantantal redovisas även nedan i ett eget stycke.

Planttyp (Täckrot, Plug, Barrot, Starpot, Powerpot och Jackpot) fanns med på 82 procent, plantstorlek på 61 procent, och proviniens på 27 procent av TD. Ett företag nyttjade enbart en plantstorlek, och då kan det vara överflödigt information att ange detta.

Plantskydd, till exempel Coniflex, angavs på 56 procent av TD och är viktig information för att veta hur plantan ska hanteras vid plantering.

Planteringstidpunkt (höst eller vår) fanns med på 25 procent av TD. Denna information är vägledande för entreprenörernas planering av planteringsåtgärden.



Figur 30. Figuren visar hur många av planteringstraktdirektiven som innehåller information om respektive aspekt av åtgärden.

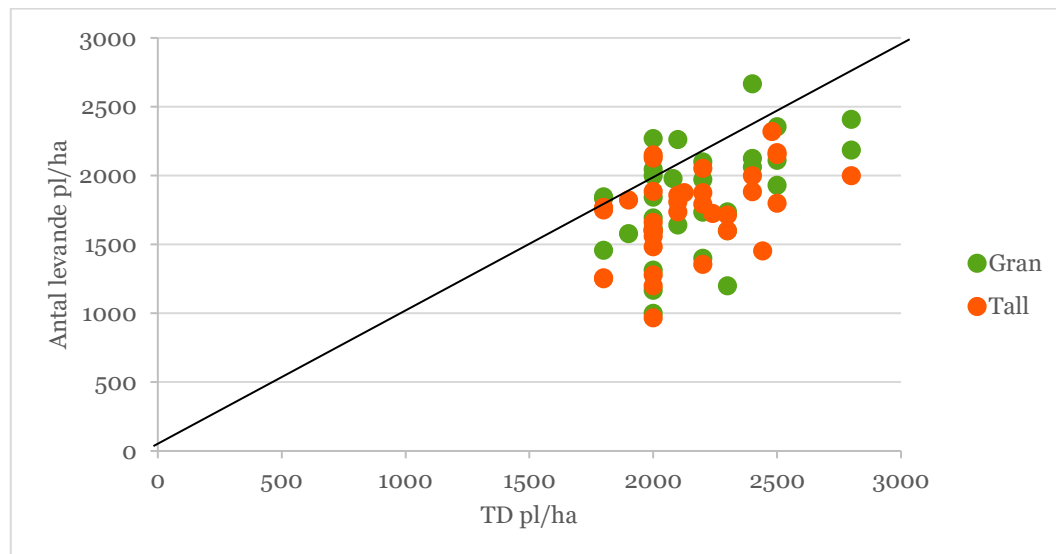
Antal planter per hektar

De deltagande företagen hade olika riktlinjer för plantantal vid plantering (Tabell 7). I enstaka fall angav instruktionen lägre plantantal än vad skogsvårdslagen kräver, vilket betyder att företaget då förlitar sig på självföryngring som komplement.

Tabell 7. Företagens instruktion för plantantal vid olika ståndortsindex (SI). Skogsvårdslagens (SVL) gräns finns med för referens. Företagen är anonymiserade med siffror.

Trädslag och SI	SVL gräns	1	2	3	4	5	6
Gran							
G36	2300		3000	2000–2400	2500	2500	2400
G32	2000	2600	2800	2000–2400	2500	2500	2400
G28	1800	2500	2500	2000–2400	2500	2300	2400
G24	1500	2250	2300	2000–2400	2500	2300	2100
G20	1100	1900	2000	1600–2000	2000	2000	2100
G16	900	1800		1600–2000	2000	2000	1800
Tall							
T30			3200		2500	2500	2400
T28	2300	2500	3200	2000–2400	2500	2500	2400
T24	2000	2300	2800	2000–2400	2500	2300	2100
T20	1700	2100	2500	1600–2000	2500	2300	2100
T16	1300	1900		1600–2000	2000	2000	1800
T14				1600–2000	2000	2000	1800

Av Figur 31 framgår det att det vid inventeringarna observerade antal plantor per hektar generellt är lägre än vad traktdirektiven föreskriver.



Figur 31. Observerade antal plantor per hektar jämfört med planerat antal enligt traktdirektiv, fördelade på gran och tall.

Hänsyn till Natur- och Kulturmiljö

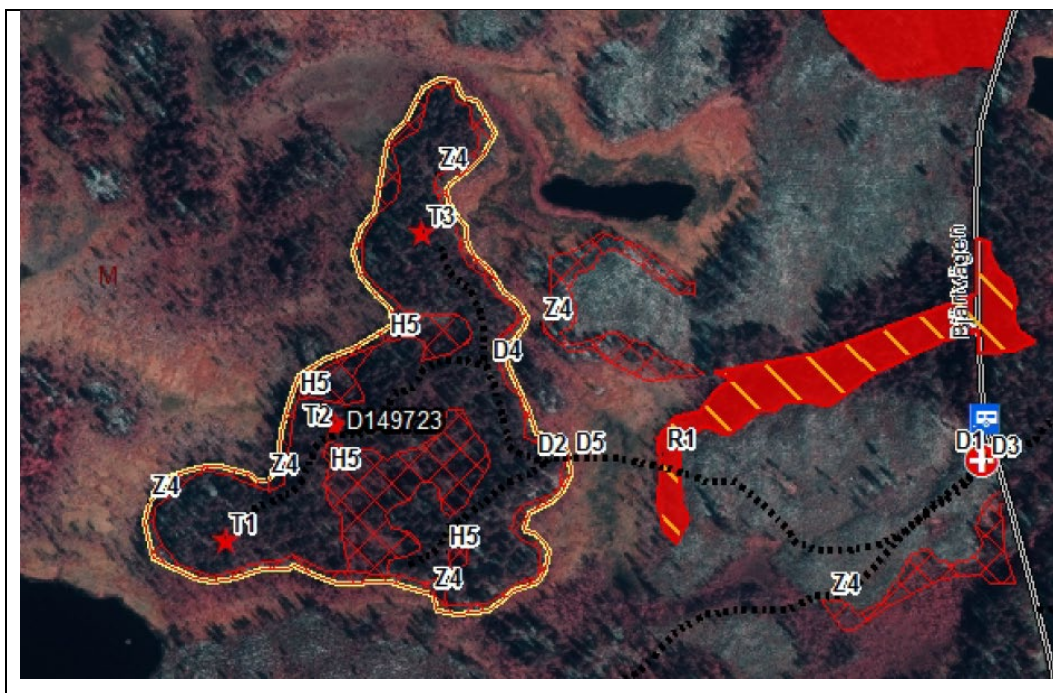
Hänsyn till natur- och kulturmiljö vid avverkningen är helt avgörande, då denna i många fall är oåterkallelig under omloppstiden till nästa avverkning. Dokumentationen av hänsynsplaneringen är därför som mest noggrann vid avverkningsåtgärden, och det är ofta lämpligt att redovisa dessa tagna hänsyn i TD för markberedning och plantering.

Beskrivningen av hänsyn innehåller både en generell standardinstruktion, och en specifik instruktion anpassad till det aktuella objektet.

Den generella standardinstruktionen beskriver vad markberedningen ska förhålla sig till såsom lagar, certifieringsstandarder, målbilder, branschgemensamma riktlinjer, gällande hänsyn till miljö- och kulturvärden. Där ingår bland annat vilket avstånd som ska hållas till olika hänsyn både vid markberedning och plantering.

I Figur 32 visas ett exempel från ett TD, på beskrivning av hänsyn inom objektet och i nära anslutning till det.

Hänsyn			
Nr	Grupp	Hänsyn	Anteckning
T1	Träd/Trädgrupp pkt		Mindre trädgrupp, cirka 4 klena träd. Död ved mellan träden.
T2	Träd/Trädgrupp pkt		Cirka 6 träd runt en lucka med en god del död ved.
T3	Träd/Trädgrupp pkt		Cirka 5 träd, död ved i olika stadier av nedbrytning och en brandstubbe
Z4	Kantzonen		
H5	Hänsynsyta		



Figur 32. Exempel från ett traktdirektiv, på specifika hänsyn inom en trakt och i nära anslutning till det. Text och karta har sitt ursprung i TD för avverkning och har lyfts in i TD för markberedning och plantering.

När det behövs kan planeraren välja att påminna om och beskriva i löpande text vilka specifika hänsyn som är nödvändiga på den aktuella trakten, se Figur 33.

<p>Natur och Kulturvårdskommentar:</p> <p>Kulturmiljö Torpgrund, milsten vid vägen</p>
<p>Anteckningar</p> <p>Planerare: OBS!!! Kulturminnen i gränsen, norr om vägen! Trakten gränsar även mot kulturminne söder om vägen. Dessa ska ej planteras.</p>

Figur 33. Exempel på planerarens traktsspecifika instruktion om kulturmiljöhänsyn.

Arealen – i TD för markberedning och för plantering.

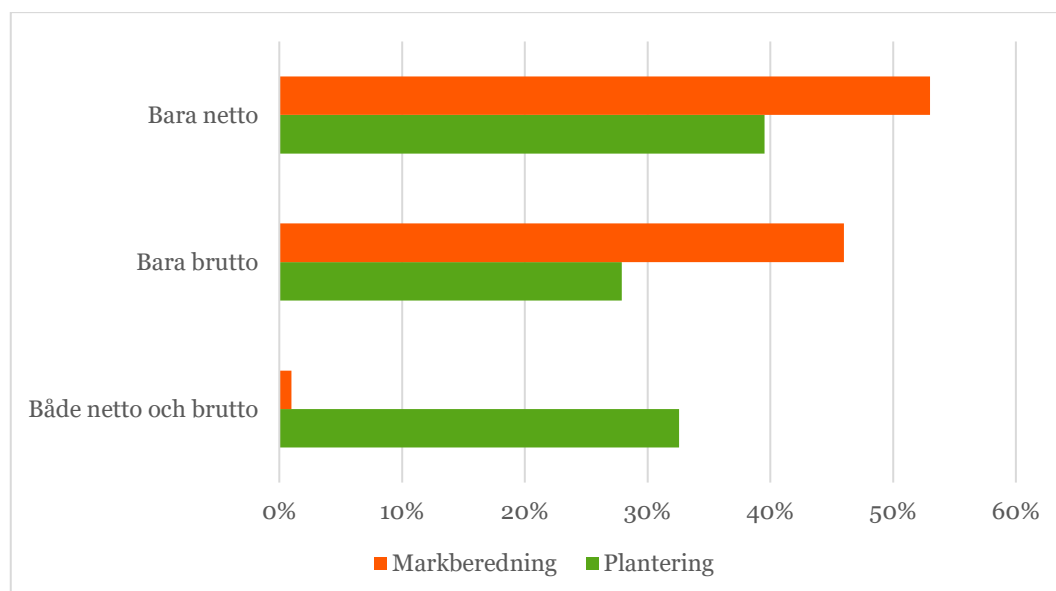
Arealen anges ibland som brutto- och ibland som nettoareal, och ibland både och (Figur 34). Att veta nettoarealen ger en bättre uppskattning av plantbehov och tidsåtgång för både markberedning och plantering.

Endast nettoareal angavs på 40–53 procent av direktiven för plantering och markberedning.

Endast bruttoareal angavs på 28–46 procent av direktiven för plantering och markberedning.

På 33 procent av trakttdirektiven för plantering angavs både nettoareal och bruttoareal, motsvarande andel för markberedning var 1 procent.

Det är sällan beskrivet vad som ingår i bruttoareal respektive nettoarealen. Vanligtvis är det naturhänsyn, vägar, diken och liknande som utgör skillnaden mellan brutto- och nettoareal, men den anges som en schablonfaktor som dras av från bruttoarealen. Denna osäkerhet i areal försvårar planeringen av markberedning och plantering.



Figur 34. Andelen av trakttdirektiven som har registrerat respektive arealstyp.

Figur 35 och Figur 36 visar exempel på arealangivelser för bruttoareal respektive nettoareal.

Åtgärd:	Plantering					
Total ytareal:	Total arealavdrag:	Total objektsareal:				
3,5	0	3,5				

Områdesnamn	Åtgärdstyp	Mål-kod	Areal (ha)	Önskat antal per ha	Totalt antal planter	Planter
Område 1		PG	6.1	2 500	15 250	
SUMMA			6.1		15 250	

Åtgärd: Plantering manuell	Åtgärdsareal (Ha): 5,48
----------------------------	-------------------------

Trädslag	Planttyp	Plant/Ha	Plantskydd	Andel (%)	Tot plant
Gran	Starpot 120	2 400		100	13 152

Figur 35. Exempel på direktiv där endast en areal har redovisats, vilket i denna undersökning har tolkats som en bruttoareal.

Ingående plantering		Koordinat: 6299675-519362			
Trädslag	Planttyp	Skydd	Mål(pl/ha)	T.A.P.	Nettoareal
Tall	Täckrot (TR)		2800	10836	3,87 (90%)
Totalt				10836	4.3

Trädslag	Netto ha	Mål plantor per ha	Planttyp	Proveniens	Plantskydd	Antal plantor
1 Tall	6,29	2442	2 Jackpot	T 630	0 Saknas	14467
Summa	6,29				Summa plantor:	14467

Figur 36. Två exempel på information i direktiv där både netto och bruttoareal anges (överst) och när endast nettoareal redovisas (nederst).

Del 3 - Verktøget Plantbeställning version 2

Verktøget Plantbeställning uppdaterades med fler digitala underlag enligt metodbeskrivningen för att kunna anpassa trädslag och plantantal bättre till landskapets förutsättningar. Det uppdaterade verktøget kallas här version 2, och hämtar information från följande underlag:

- Nationella vägdatabasen (NVDB), för att kunna avgränsa hyggesgränser mot väg.

NVDB är redan utformad med viss marginal mellan vägbanan och produktiv skogsmark, för att tillåta för dike och viss buffertzon. Därför behöves ingen ytterligare marginal läggas till.

- Skogliga grunddata från Skogsstyrelsen, för att bidra med information om bland annat grundyta, volym och höjd (upplösning 12,5x12,5 m²).

Skogliga grunddata gav indikationer om anledningen till att ett visst område inte hade avverkats. Som standard tolkades ett icke avverkat område som att det hade avsatts för hänsyn, men denna karta kunde visa om ett icke avverkat område i stället var sparad för att det var impediment eller tidigare stormskadat (om skadan var tillräckligt gammal).

- Markfuktighetsindex, ur NMD (Nordisk Marktäckedata, (Naturvårdsverket 2018)), för att ta höjd för de partier i landskapet som är för torra (index lägre än 20) eller för blöta för plantering (index högre än 180).

Om ett område inte hade avverkats kunde det även vara på grund av hänsyn mot vatten eller blöta områden, vilket framgick av markfuktighetskartan.

- Jordartskartan (SGU) för att undvika områden som inte är lämpliga för plantering, till exempel hållmarker och fuktiga torvmarker samt storblockighet.

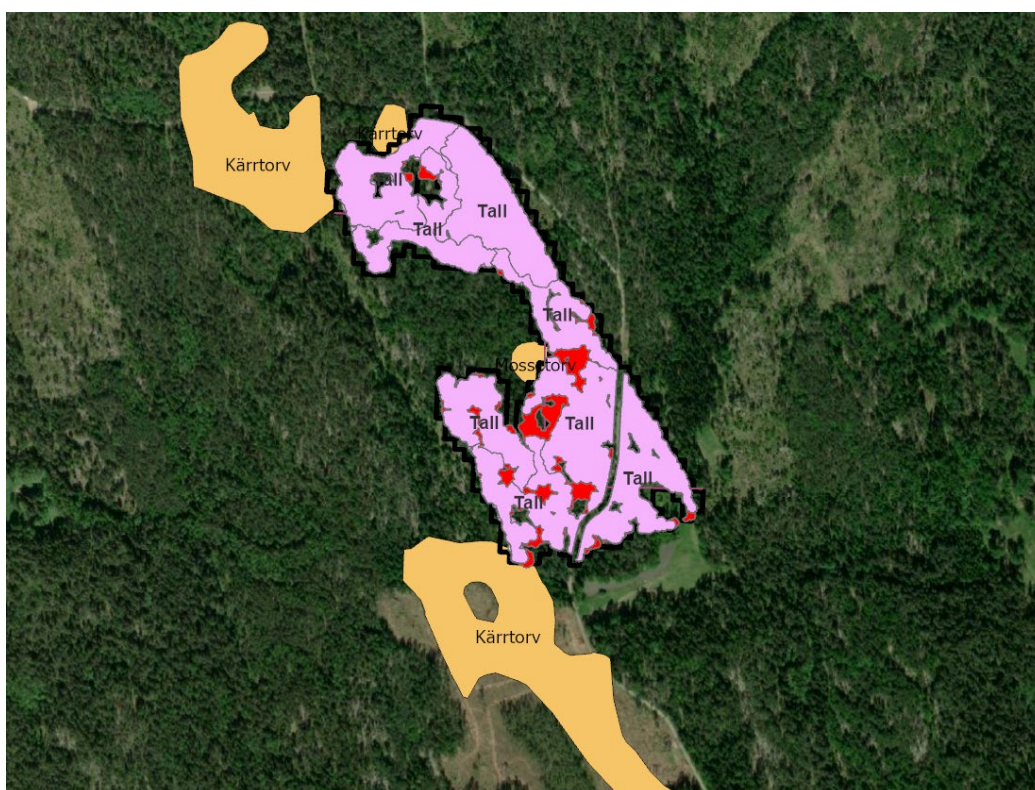
Områden med hållmark och områden med djupa torvlager var inte heller lämpliga för markberedning och plantering, och ibland inte heller avverkning, beroende på produktionsförmåga. Jordartskartan kunde ge inblick i dessa aspekter.

Dessa kartor utgjorde tillsammans ett underlag som visade vilka områden som inte var lämpade för traditionellt skogsbruk, men som i stället kunde ingå i naturhänsyn och framtida avsättningar.

Verktøget utvärderades

Beräkningsytor

Kartskikt för 72 trakter skapades i verktøget, där varje trakt automatiskt delades in i mindre beräkningsytor med förslag på trädslag och förband vid kommande plantering (se exempel i Figur 37). Det fanns totalt 1060 beräkningsytor på de 72 trakterna. Genomsnittstorleken på samtliga beräkningsytor var 1,0 hektar.

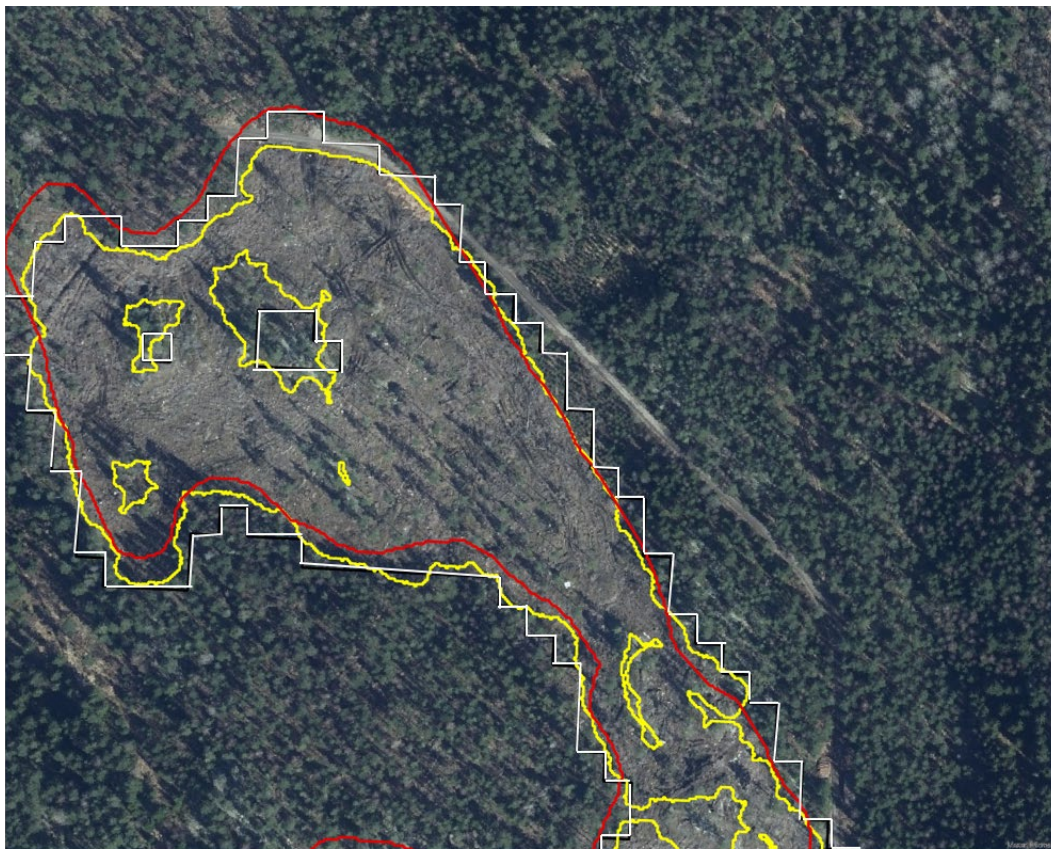


Figur 37. Exempel på en trakt som verktøget har delat in i beräkningsytor. Gula ytor betraktas av modellen som torfmark och föreslås inte planterade. Lila ytor föreslås planterade med tall. Röda ytor har markfuktighetsindex under 20, och betraktas av modellen som impediment som inte ska markberedas eller planteras. Genom områdets sydvästra hörn har modellen identifierad en skogsbilväg som korsar trakten och inte ska planteras. I detta specifika område gav modellen inga förslag på gran eller blandskog.

Areal

Summan av beräkningsytorna utgör traktens samlade areal. Den blir olika om det beräknas i det ursprungliga verktøget som enbart baseras på hpr-filer från skördaren, jämfört med det vidareutvecklade verktøget som också tar hänsyn till andra källor av geodata. I Figur 38 syns arealuppskattningarna från de olika sätten att utföra beräkningen baserat på hpr-filer från skördaren. I samma figur syns också arealen enligt avverkningsanmälan i Skogsstyrelsens databas.

Skillnaden är betydande mellan nya verktyget och övriga uppskattningar. Nya verktygets uppskattning av areal bör vara mest relevant för de efterföljande markberednings- och planteringsåtgärderna. Inga fältmätningar med gps utfördes.



Figur 38. Tre olika uppskattningar av area illustreras med tre olika färger på den avgränsande linjen. Vit linje visar det ursprungliga verktygets uppskattning vilket endast baseras på skördardata. Gul linje visar det uppdaterade verktygets uppskattning som dessutom baseras på ytterligare kartor. Röd linje visar arean enligt avverkningsanmälan i Skogsstyrelsens databas.

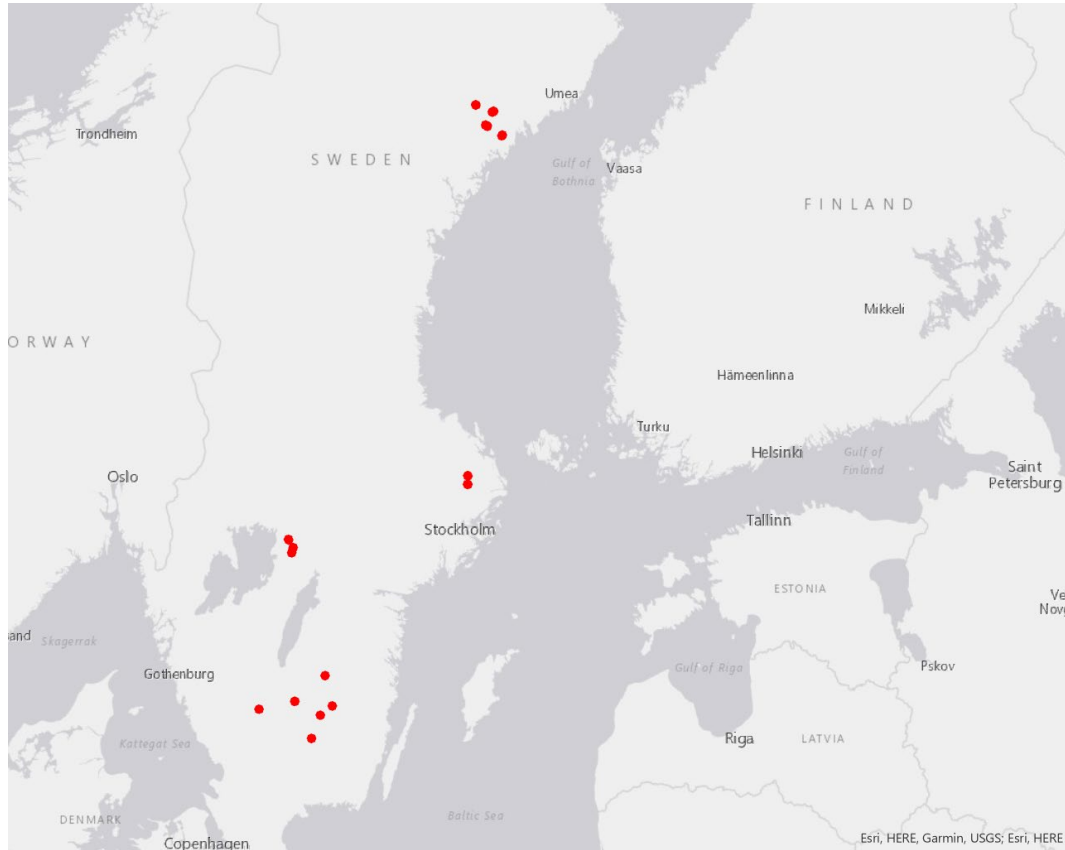
Den uppdaterade versionen av arealuppskattningen (gul färg i Figur 38) följer den verkliga arean noggrannare som framgår av det bakomliggande flygfotot (i samma figur). Hänsyn inom hygget fångas också upp av det uppdaterade verktyget. Detta skapar förutsättningar för markberedare att planera sin körning bättre och hålla lämpligt avstånd till hänsyn, och det ger bättre underlag för plantbeställning.

Gränser för algoritmen

Generellt visade det sig att områden med storblockighet, blöta marker eller torvmarker med torvskikt mäktigare än 5 dm aldrig var vare sig markberedda eller planterade, varför dessa områden sorterades bort från den vidare utvärderingen av verktyget. Det innebär att tillämpningen av verktyget kan riktas till de marker som faktiskt ska markberedas och planteras.

Inventeringen

Inventeringen utfördes på 217 provytor på 17 planterade hyggen (Figur 39), och utfallet värderades mot de modellerade kartorna från verktyget.

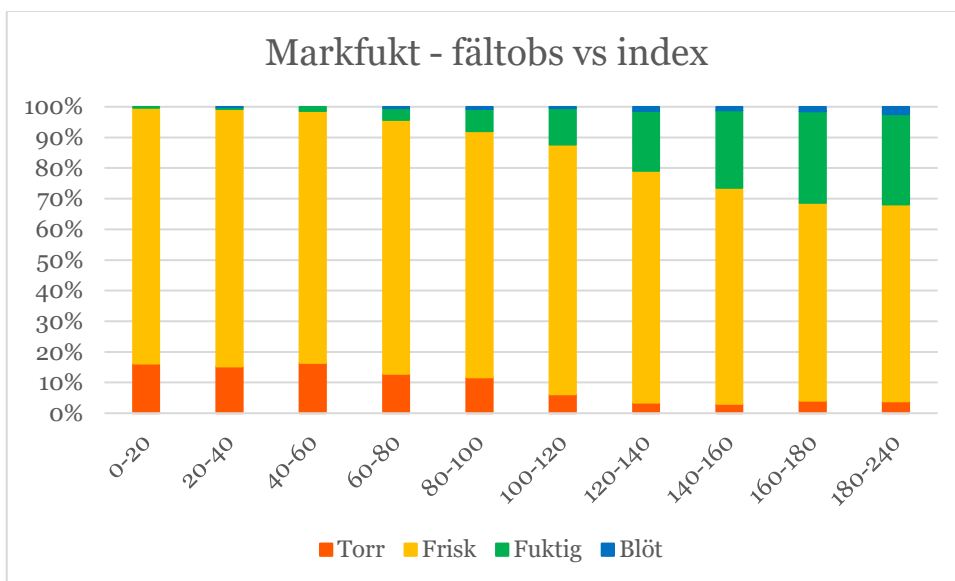


Figur 39. Placeringen av de 17 trakterna där fältinventeringar jämfördes med utfallet i modellen. Observera att vissa prickar överlappar varandra.

Markfuktighet – fält jämfört med modell

I jämförelsen mellan modellens förslag och det verkliga utfallet framkom ett samband mellan den i fält uppskattade markfuktigheten och den modellerade markfuktigheten enligt markfuktighetsindex låg till grund för beräkningar i det uppdaterade verktyget. Där index visade höga fukthalter hade också fältobservationer i högre grad uppskattat fuktiga områden, och vice versa. Dock var osäkerheten väldigt stor vid den visuella uppskattningen av markfuktighet, enligt inventerarnas uppfattning vid fältarbetet. Fältuppskattningar med blotta ögat har i sig ett stort mått av godtycke, och landskapets vattentillgång varierar också kraftigt mellan perioder med nederbörd och längre perioder av torka.

Det finns givetvis också en viss osäkerhet i markfuktighetsindex, som uteslutande baseras på topografi och antaganden om hur vattnet rör sig i landskapet.

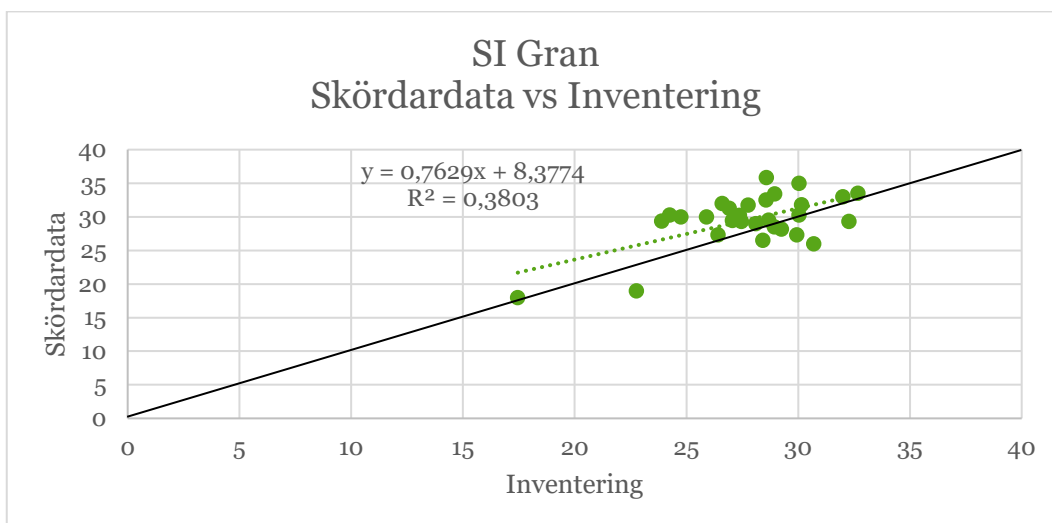


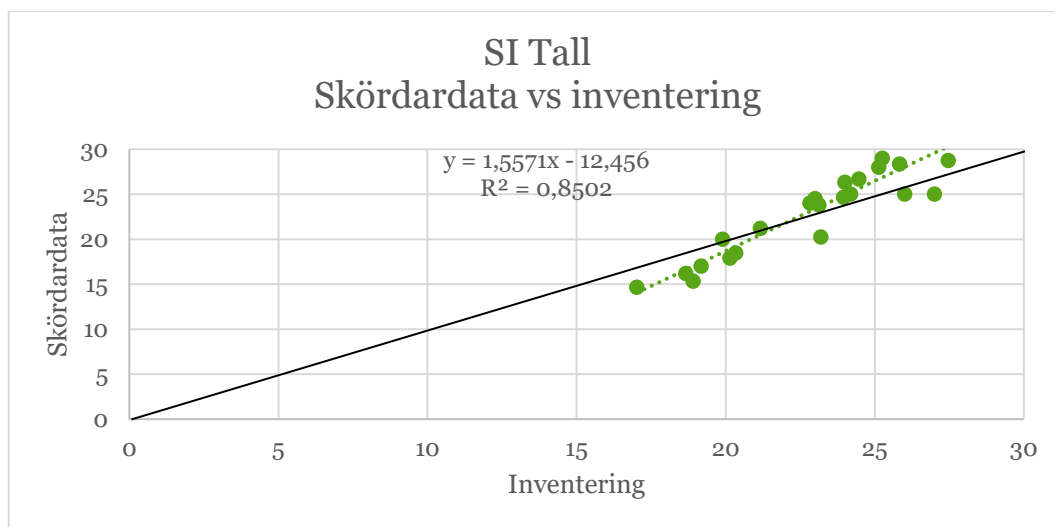
Figur 40. Observerad markfuktighet vid fältinventering (färgkoden) fördelad mellan intervall av markfuktindex i klasser om 20.

Ståndortsindex

Modellen beräknade ett ståndortsindex (SI) utifrån trädhöjder extraherade ur skördardata samt från ett schablonvärde för ålder på 100 år. Detta modellerade SI jämfördes med det i fält uppskattade SI (Figur 41). Sambandet för gran var svagt, där skördardata skattade SI högre än fältinventerarna gjorde, upp till cirka G32. Sambandet var starkare för tall, men skördardata skattade lägre SI upp till T22, därefter skattade skördardata högre än fältinventeringen.

Dessa slutsatser ska dras med försiktighet. Korrekt mätning av ståndortsindex kräver noggrannare uppskattning av ålder än vad som har varit tillgängligt i denna undersökning.



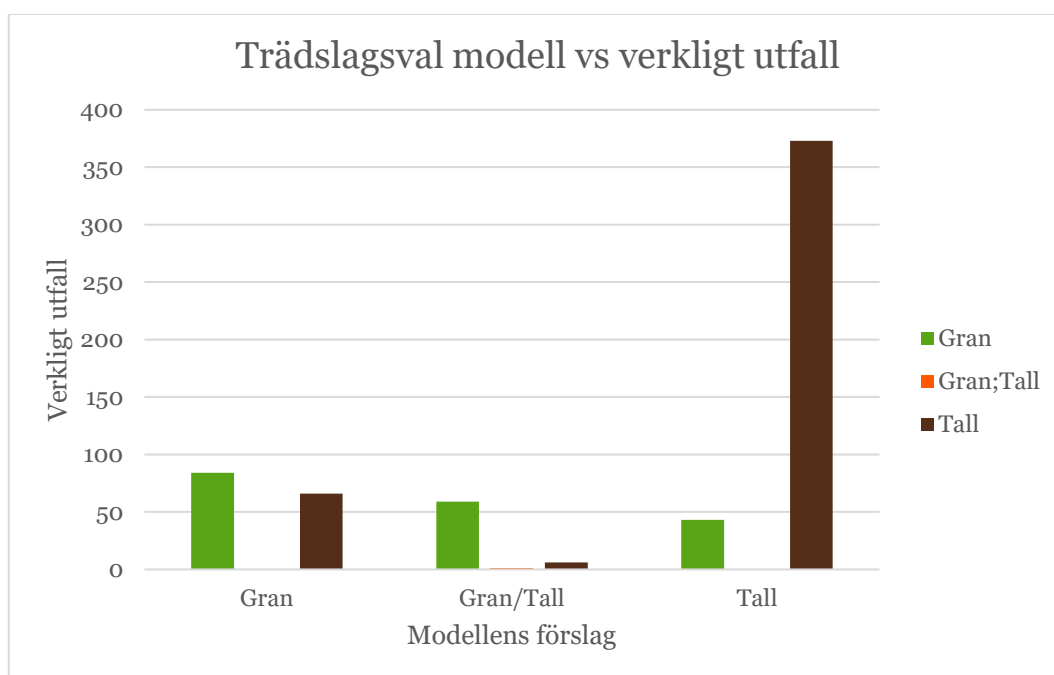


Figur 41. Plot av Ståndortsindex (SI) uppskattat vid inventering i fält emot modellerad SI från skördardata. Överst diagram för gran, nederst för tall.

Val av trädslag

Modellens förslag till trädslagsval jämfördes med de verkliga utfallen enligt fältinventeringarna (Figur 42). Störst överensstämmelse mellan modell och verkligt utfall hade plantering med tall. För gran var bara drygt hälften av modellens förslag på granytor också planterade med gran. Där modellen föreslog blandskog hade huvudsakligen planterats gran.

Det är viktigt att notera att modellen är inställd enligt en godtycklig standard. De planerare som har bestämt vilket trädslag som ska planteras kan ha information om trakten som inte finns med i modellen, och därmed ha bra fog för sitt förslag. Det går därför inte att bedöma om modellens förslag är mer lämpligt än det verkliga utfallet. Modellens styrka är att den kan bidra med information i högre upplösning än vad planerare har chans till med dagens gängse verktyg. Trädslagsvalet för hela trakten kan ha varit optimalt som helhet, men inom trakten kan det ha funnits beräkningsytor som hade varit bättre lämpade för ett annat trädslag.



Figur 42. Modellens förslag på trädslagsval jämfört med verkligt utfall enligt inventeringen. I diagrammet ingår 637 observationer.

Övrigt

Det observerades vid fältbesöken att nyare stormskador i beståndet innan avverkning kunde tolkas av modellen som lämnade hänsyn. Omfattningen av denna felkälla har inte utvärderats, men bör skilja sig mellan olika delar av landet enligt fördelningen av vindexponering.

Del 4 – Utvärdering med branschföreträdare, inklusive diskussion

Skogforsk träffade företagen var och ett för sig under hösten 2021 för att presentera och diskutera resultaten med dem. Med ett av företagen hölls mötet via videolänk på grund av rådande pandemiläge.

Vid besöken presenterades först utvalda resultat vid ett möte inomhus, sedan demonstrerades resultaten med exempel i fält. Presentationerna var både av de egna företagsspecifika resultaten samt av de samlade och anonymiserade resultaten. Vid mötet via videolänk genomfördes ingen demonstration i fält.

Vid mötena på företagen var olika tjänstepersoner representerade, både de med strategiska och övergripande roller, och personer med lång erfarenhet från den dagliga driften, och som skulle kunna delta i den praktiska implementeringen av nya rutiner och verktyg. Bland annat deltog skötselansvariga, skötselspecialister, IT-utvecklare, föryngringsplanerare och skogsvårdsansvariga.

Olika företag hade något varierat fokus för den efterföljande diskussionen, och olika delar av organisationen identifierade olika farhågor och möjligheter med nya verktyg.

I detta kapitel sammanfattas och redovisas diskussionerna samlat kring några viktiga resultat och slutsatser från inventeringarna och analysen. Ytterligare kommentarer och diskussioner har lagts till av författarna i förklarande och utvecklande syfte.

Hyggesvila

Ett av resultaten från inventeringen var att 37 procent av de besökta trakterna år 2019 inte var planterade efter tre år. Hyggesvila kan vara befogat för att minska risken för snytbaggeangrepp, och för att avverkningsrester och markberedningstiltor ska hinna komprimeras och inte utgöra hinder vid markberedningen. Mineraliseringen av GROT kan också ha kommit i gång. I vissa fall förekommer dock oönskat lång hyggesvila, vilket medför att produktionen över omloppstiden blir lägre än vad den har potential att bli.

En lång period mellan markberedning och plantering, och mellan plantering och inventering, medför att planteringspunkterna riskerar att bli igenväxta. Detta fenomen observerades under 2019 års inventering och fick inverkan på urvalet av 2020 års trakter således att planteringarna som ingick i 2020 års urval bara fick vara ett år gamla.

Plantantal

Plantantalet som observerades vid inventeringarna var lägre än vad företagen gett direktiv om, men var inte överraskande utan stämde generellt relativt väl överens med företagens egna inventeringar.

I samtal med företagsrepresentanter framkom flera olika möjliga faktorer som förklarar det låga plantantalet:

- a. Vid beställning av plantor räknas behovet fram efter avverkad area minus en viss faktor som kompenserar för diverse avsättningar, hänsyn och förekomst av rishögar, block med mera. Denna faktor är ofta standard för samtliga trakter, och det kan uppstå en systematisk underbeställning av plantor om faktorn är för hög.
- b. Markberedningens utförande är helt avgörande för hur många godkända planteringspunkter som skapas på hygget, vilket i sin tur kan bero på terrängens karaktär.
- c. Planterarna måste sätta majoriteten av plantor i bra planteringspunkter för en lyckad förnygring. Görs inte det kan många plantor dö och det framtida beståndet bli glesare.
- d. Inventerarna kan ha missat plantor i provytorna, antingen för att de hade ätits eller ryckts upp av betande djur, eller för att de var dolda i annan växtlighet. Döda plantor kan vara väldigt svåra att hitta om lång tid har gått sedan planteringstillfället.

Det finns därför flera faktorer som kan förklara det låga antalet plantor, och det är inte möjligt att utvärdera vilken enskild faktor som har störst betydelse. Ytterligare studier behövs för att utreda detta.

I uppföljningsarbetet räknar vissa företag in självföryngrade plantor i plantantalet och får då högre plantantal än vad som har planterats. Då blir det inte möjligt att särskilja hur planteringen i sig har lyckats. I denna inventering räknades endast planterade plantor.

Dessa frågetecken och osäkerheter bidrog till att ett nytt projekt, Föryngringskollen (Berglund 2022), startade 2022, där just planteringspunkter och plantöverlevnad är i fokus.

Planteringspunkter och markberedning

I inventeringen bedömdes cirka 10 procent av plantorna vara planterade utanför markberedningen, vilket ger betydligt sämre förutsättningar för överlevnad och tillväxt. Återigen kan detta bero på att det antingen finns för få planteringspunkter för det önskade antalet plantor, eller att plantörerna inte utnyttjar de planteringspunkter som finns.

Antalet godkända planteringspunkter kan i sin tur vara ett resultat av att marken är svårframkomlig, till exempel på grund av höga GYL-mått eller på grund av grova stubbar som hindrar markberedningen.

Idag väljs markberedningsmetod ofta utifrån lokal tillgång till maskin och aggregat. Om det i stället skulle vara möjligt att välja markberedningsmetod mer efter terrängen (GYL-mått och stubbar) skulle förmodligen antalet och kvaliteten på planteringspunkterna öka. Skördardata skulle kunna hjälpa till vid val av markberedningsmetod baserad på information om stammarnas grovlek. Vissa GYL-mått kan i viss mån tolkas ur högupplöst terrängdata, men det ligger utanför ramarna för detta projekt.

Generellt är grävmaskin robust nog för att skapa planteringspunkter på marker med en del blockighet eller med grova rötter, men det är en metod som är relativt långsam och dyr jämfört med draget aggregat.

Harvning är en robust metod som skapar planteringspunkter på de flesta trakter men anpassar sig dåligt till terrängen. Högläggare har en viss flexibilitet i sidled och kan därför i viss mån undvika block och stubbar. Högläggare är däremot känslig för terrängen, men fungerar väl på ytor med låga GYL-mått och mindre grova stubbar.

Naturvårdsytor

Resultaten från inventeringen av naturvårdsytor visade att det finns behov av att tydliggöra och påminna maskinförarna om att hålla rätt avstånd till samtliga hänsnytor. Detta gäller framför allt vid markberedning som kan skada rötterna på levande träd och därmed riskera att träden dör och då förlorar sin tilltänkta naturvårdande funktion. Markberedning kan också riskera skyddet av ytvatten på grund av förändrade flöden. Eftersom planteringen ofta följer markberedningen kommer markberedning för nära hänsyn att medföra plantor nära hänsyn, vilket stör vissa hänsyn till både natur- och kulturytor. Som utgångspunkt är det trädskronans utbredning som indikerar den ungefärliga gränsen för rötternas utbredning.

Det lyftes också önskemål på att kunna identifiera lämpliga områden för ökat inslag av lövträd. Verkyget skulle kunna utvecklas mer inom detta område.

Ålder

Åldern är en avgörande faktor vid skattning av ståndortsindex. För närvarande räknar det utvecklade verkyget fram en ålder utifrån standardkurvor. Rätt angivning av beståndsålder skulle ge en mer korrekt beräkning av ståndortsindex vilket kan ha betydelse både i val av trädslag och i plantantal.

Det är relevant att undersöka hur stor inverkan åldersvariationen har på verkygets beräkning av ståndortsindex och resulterande förslag på trädslag.

I preliminära tester verkade åldern ha marginell betydelse vid de flesta ståndortsindex, men teoretiskt sett borde det kunna spela roll för tröskeln mellan trädslagsval och plantantal. Framtida projekt kan utreda frågan.

Traktdirektiv

Informationen i traktdirektiven skilde sig mellan företagen, generellt var den i vissa avseenden överflödigt och i andra avseenden var den för gles. En noggrannare areal skulle vara värdefull, men är ibland omöjligt att ta fram eftersom den inte alltid existerar. Likadant med information om huruvida den angivna ytan avser brutto- eller nettoareal. Att veta storleken på arealen skulle underlätta för entreprenörerna. Idag är arealangivelsen så osäker att vissa företag använder skördarens gps-positioner från avverkningen, som är lagrad i hpr-data, för att uppskatta arealen bättre.

I diskussionen med företagen var den generella åsikten att traktdirektiv bör vara heltäckande och adekvata, med den information som verkligen är nödvändig, men ändå så avskalade som möjligt för överskådlighetens skull. Viktigaste informationen är planteringsareal, plantantal, ståndortsanpassning vid flera trädslag, hänsyn, gränser för markberedning. Mindre viktiga informationspunkter anses till exempel certifieringsinformationen vara, då den framgår på andra håll, och även GYL-mått och kornstorlek. Traktdirektiven för plantering kräver färre uppgifter än för markberedning eftersom markberedaren har mycket större inverkan på marken och miljön än vad plantörer har.

Skördardata

Generellt såg företagen en potential i att använda skördardata i förnygringsarbetet, men avståndet mellan de digitala möjligheterna och det praktiska arbetet är fortfarande stort. Till exempel är beräkningsytorna för små för att kunna tillämpas på dagens planteringsmetod som är manuell plantering, men det verkar intressant att öka upplösningen om en automatisk planteringsmaskin blir verklighet. Verktygets val av trädslag kan fungera som ett inspel vid planering och utförande, men det anses inte praktiskt genomförbart att variera inom beräkningsytornas skala, och planera för varje hektarstor beräkningsyta. Det samma gäller plantantal, som inte blir möjligt att variera bland så små ytor då det redan idag är svårt att justera plantantalet vid manuell plantering. Gränserna mellan beräkningsytorna bör också kunna anpassas i fält efter visuella bedömningar. Plantvalet påverkas av fler faktorer än vad som fångas upp i verktyget. Bland annat tas betestrycket i beaktande samt sannolikheten för förändrade klimatförhållanden och medföljande stressfaktorer.

Angående implementering har företagen kommit olika långt i utveckling av databasstruktur. Designen av databas bör anpassas till de syften som databasen ska fylla, och den behöver vara kompatibel med andra datakällor. Utveckling pågår hos samtliga deltagande företag, i olika takt. Översättning av hpr-filer till GIS-databas är en av de identifierade svårigheterna. Dessa utmaningar medför att incitamentet generellt är lågt hos företagen att investera i dessa tjänster. Dessutom finns idag ingen mottagare för en så detaljerad karta som verktyget kan skapa.

En annan aspekt som nämndes i samtalen med företagen är att många av dem mer och mer vill satsa på blandskog av tall och gran, och blanda in mer löv. Anledningarna är flera.

Bland annat kan blandskog sprida riskerna för förlust vid flera olika störningar, som angrepp av röta eller insekter, brandrisken minskar, och den biologiska mångfalden gynnas. I en stor andel av skogslandskapet verkar tillväxten endast variera marginellt mellan de olika trädslagen, vilket har anslagits i olika studier (Lula 2022).

Efter samtalen med företagen diskuterades internt på Skogforsk hur verktyget kan utvecklas ytterligare för att lyfta in förslag på löv eller lövandel i verktygets förslag, både som självföryngrat och planterat. Preliminära tester i andra projekt indikerade lovande resultat.

Om verktyget

Under fältbesök hos företagen bedömdes arealbeskrivningarna överlag vara noggrannare än både hyggesanmälan och det gamla verktyget (se Figur 38). Ett undantag är områden där det skett avverkningar vid olika tillfällen, till exempel vid stormluckor, då syntes inte stormluckan i hpr-data.

I resonemanget nämndes att tall har ökat i norra Sverige de senaste decennierna, vilket framgår av Skogsstyrelsens statistik (Skogsstyrelsen 2023), och att detta bygger på en förhoppning om högre tillväxt, det vill säga en ståndortsanpassning. Dock kan detta eventuellt ha bidragit till att tall nu växer på granmarker och att det är anledningen till att skadesvampar som törskate verkar ha ökat. På liknande sätt finns det gran på vissa tallmarker, framför allt i södra Sverige, för att undvika bete på tallplantor, och där har angrepp från granbarkborre blivit ett ökande problem eftersom granen kan stressas av torka om den planteras på tallmarker. I dessa fall hade ett plantbeställningsverktyg varit ett stöd för att ge bättre underbyggda förslag på traktnivå. Nyare forskning tyder på att tall är underskattad i södra Sverige, också ur tillväxtperspektiv (Hannerz 2022, Lula 2022). Dock är tall smakligare än gran att beta för viltet, och därför bör viltbetet också räknas in som en påverkande faktor. Bete är den främste påverkande faktor för vitaliteten eventuellt tillsammans faktorer som påverkas av planteringspunktens kvalitet.

Fördelen med ett verktyg som Plantbeställning, liksom med andra GIS-baserade verktyg, är att det rymmer mycket information som inte behöver aggregeras från små enheter till större, och skapa medelvärden av dem. Ett starkt argument för att använda verktyget är att det illustrerar variationen i markens produktionspotential, och att det finns outnyttjade möjligheter där, både för produktionen och för biologisk mångfald. I detta verktyg kan landskapets variation redovisas i den skala det är meningsfullt.

Vid en tillämpning hos företagen önskar de att själva kunna justera de olika tröskelvärden i verktyget, vilket skulle vara möjligt att lösa.

Regional skala

Diskussionerna om skala fördes inte bara om högre upplösning, utan också om att använda verktyget i större skala, vid planering av regioners plantbehov. Efter avverkning skulle samtliga avverkade trakter kunna planeras samtidigt för att ta reda på plantbehovet vid plantering. Till områden som ska ligga i hyggesvila blir det då möjligt att så och odla fram plantbehovet så att det är klart vid aktuell planteringssäsongen efter 2–3 år. Till områden som ska planteras tidigare än så, vilket är företagets vanligaste mål, skulle det vara möjligt att anpassa de tillgängliga plantorna mest optimalt till landskapets förutsättningar inom varje plantskolas avsättningsområde. På detta sätt skulle det också bli enklare att samordna arbetsinsatserna.

Rutiner kring beställning av plantor, netto- och bruttoareal

Idag beställs plantor som sagt ofta innan avverkning. Arealen som ska planteras bestäms från samma källa som avverkningens traktordirektiv. Nettoarealen baseras på bruttoarealen med en standardandel borträknad. Bättre bestämning av nettoareal är möjlig, men först efter avverkning.

En förändring i detta arbetssätt skulle kräva en justering av hela arbetsflödet på företaget, vilket skulle kräva nya rutiner i stora delar av organisationen⁵. Samma resonemang gäller givetvis implementeringen av ny teknik.

Det finns en stor variation mellan företagen i hur arbetsgången är upplagd, och vem som tar beslut om hänsyn. I vissa fall tar maskinföraren alla beslut under arbetets gång, i andra fall är allt planerat och snitslat innan avverkning och markberedning. Det varierar också hur mycket ny teknik som har implementerats hos företagen, till exempel gällande skördardata.

Plantering med förädlat material

Mats Berlin, forskare inom skogsförädling, uppger att andelen förädlade plantor i svenska skogsförnygringar är cirka 97 procent för tallplantor och cirka 70 procent för gran⁶. Förädling ger högre tillväxt och bättre kvalitet (Berlin 2022). Men att utföra planteringen är en stor investering, och förädlat plantmaterial är i sig en betydande kostnad i förnyringen. Det medför att investeringen är hög för denna förnyingsmetod. Investeringen är tänkt att löna sig, det vill säga att kostnaden för plantor och plantering ska ge en högre intäkt i form av högre produktion jämfört med till exempel självförnyring eller andra billigare förnyingsalternativ. Plantantal och tillväxt har betydande inverkan på lönsamheten (Jonsson m.fl. 2022), genom att öka både volym och kvalitet.

Ytterligare tillämpningar

Vid presentationen nämnde Skogforsk ytterligare ett verktyg, Plantval Optimal, som med hjälp av skördardata och andra geodatakällor ger förslag på inte bara trädslag utan även proveniens, men med samma syfte, nämligen att dra så stor nytta som möjligt av markens varierande produktionspotential.

Autoplant är namnet på en automatisk planteringsmaskin som är under utveckling (Hansson m.fl. 2014). Den drar nytta av samma verktyg som i detta projekt för att leda maskinen rätt i anpassning av trädslag och förband inom de olika beräkningsytorna i en förnyingsareal.

Generellt om verktyg

I dagens skogsskötsel finns sällan en koppling mellan den information som samlas in vid avverkning och den information som ligger till grund för skogsskötsel.

⁵ Diskuteras under Slutsats.

⁶ Personlig kommentar från Mats Berlin till Rasmus Sörensen, 2023. (Detta gäller inte sådda frön eller självförnygrade plantor.)

Virkesordernummer används för att spåra det avverkade virket, och traktnummer eller objektsnummer används vid tillskrivning av skogsvården.

Dessa två identifikationsnummer matchas inte och det blir då svårt eller omöjligt att skapa dessa kopplingar inom dagens system. Återigen skulle en stor förändring krävas för att dra bättre nytta av tillgänglig information.

Hpr-filerna ackumulerar gps-positioner. Positionen kan sedan koppla avverkningsdata och efterföljande skötselinformation, om den också är positionerad. Det finns en stor potential i att tillgängliggöra denna information som underlag för skötselåtgärder i det moderna skogsbruket. Arbete pågår med detta. Vinsterna skulle vara många, bland annat i form av samordning och effektivisering som i sin tur minskar störningar vid avverkning och föryngring, och i förlängningen kan leda till mer produktion och biologisk mångfald. Men det kräver en initialkostnad för implementering, och det är viktigt att processen förankras och ges utrymme i hela verksamheten för att lyckas.

Slutsats

I detta projekt har först olika aspekter av dagens föryngringsmetoder utvärderats, i inventeringar och i granskning av traktdirektiv. Sedan har ett verktyg för plantbeställning vidareutvecklats som kan öka upplösningen i föryngringsplaneringen. Som en viktig del av projektet har resultaten diskuterats med deltagande skogsföretag.

Ur resultat och diskussioner tydliggjordes att flera olika aspekter spelar in på föryngringsresultat.

Förbättring av befintliga arbetsätt

Den enklaste åtgärden är att skapa traktdirektiv med all relevant information, både för markberedare och för plantörer. Redan här är det möjligt att bli bättre. Att följa traktdirektiven är också en enkel åtgärd som inte kräver någon märkbar förändring i organisationen av arbetet.

Markberedningsarbetets utfall är beroende av flera olika faktorer, bland annat traktdirektivens utformning och följsamheten till dem, men även tillgång till den maskin och det aggregat som passar bäst utifrån framkomlighet markegenskaper med mera.

Planteringsarbetet är beroende av att det finns nog med bra planteringspunkter, att plantörerna sätter plantorna på rätt ställe, att plantorna är i bra skick när de planteras, och att vädret är tillräckligt gynnsamt för överlevnad och tillväxt.

Alla dessa faktorer spelar in på planteringarnas kvalitet, och det är inte möjligt utifrån detta projekt att kvantifiera de olika faktorernas betydelse.

Föryngringens olika steg är oftast bortlejd till en eller flera entreprenörer, vilket betyder att ingen enskild person eller enskilt företag är ansvarig för hela processen från avverkning till plantering. Entreprenörens affärsidé är att effektivisera sitt arbete inom givna ramar, inklusive uppföljning. Om ramarna eller uppföljningarna är otydliga finns risk för godtycke och bristande kvalitet.

En utmaning för företagen är att hantera tidsperspektivet i skogens omloppstid. Om kvaliteten brister i föryngring eller röjning, får det konsekvenser först vid avverkning⁷.

Vid den tiden är det för sent att ta reda på orsaken till det lägre utbytet, än mindre att ställa någon till svars för det, varken entreprenörer, kontrollant eller yttre omständigheter. Ett sätt att komma åt dessa problem är att skapa förbättrade incitament till att höja kvaliteten på föryngringarna och att sätta tydligare gränser för förväntningar och ansvar.

Förslag till nya arbetssätt

Dagens föryngringsmetoder följer en lång tradition där valet av trädslag anpassas till ett överskådligt antal bruksenheter i landskapet. Oftast väljs ett och samma trädslag till trakter på upp till flera hektar. Först vid större trakter delas trakten upp i enheter med olika trädslag och plantantal. Detta arbetssätt har varit det enda praktiskt möjliga för planering och utförande, men det har medfört att mycket av landskapets variation har aggregerats till genomsnittliga enheter, och har således reducerats i information. Till exempel har ett och samma bruksområde kunnat rymma flera olika ståndorter med olika bonitet, men har ändå planterats med samma trädslag och plantantal.

Med det vidareutvecklade verktyget är det möjligt att undvika denna reduktion av information. Verktöget *Plantbeställning* ger förslag till ståndortsanpassning på mindre enheter än vid dagens metoder. Informationen om landskapets varierande ståndortsindex nyttjas för att anpassa föryngringen. Detta är vad ståndortsanpassning innebär.

Även om verktyget har utvecklats för att tillvarata landskapets småskaliga variation, skulle det också kunna nyttjas för samordnande planering av samtliga innehav inom en region. Då skulle tillgången av plantor kunna säkras i tid inför plantering, om hyggesvilan är längre. Vid kortare hyggesvila skulle tillgängliga plantor kunna fördelas mer gynnsamt inom säsongens föryngringar; optimalt fördelade på de olika trakternas ståndorter.

Innan detta projekt initierades baserades verktyget enbart på skördardata (hpr-filer), och gav ett resultat som åskådliggjorde landskapets variation något. I detta projekt har verktyget utvecklats med ytterligare tillgänglig geodata, vilket framför allt har förbättrat arealuppskattningen på beräkningsenheterna, men det har också ytterligare synliggjort landskapets variation.

Denna översikt över landskapets varierande ståndortsindex och övrig omväxling, kan likaledes fungera som ett stöd för planeringen av hänsynsområden, genom att lättare kunna utpeka områden för självföryngring, områden för lövträd, områden med bryn och andra egenskaper som gynnar biodiversiteten. Verktögets ökade översikt kan ge stöd i att lokalisera de bästa områden för skydd, avsättningar och hänsyn.

Ytterligare studier

Projektet har utvärderats löpande under arbetets gång. De då preliminära resultaten har redan bidragit som underlag till nya projekt. Ett sådant projekt är Föryngringskollen (Berglund 2022), som just undersöker hur olika aspekter vid planteringsarbetet och planteringspunkten påverkar plantöverlevnad och -tillväxt.

⁷ Eventuellt även vid gallring.

Ett annat projekt använder algoritmerna i Plantbeställning version 2 som underlag för att en autonom planteringsmaskin ska kunna ståndortsanpassa trädslag och plantantal, samt för att kunna navigera på trakten (Hansson m.fl. 2014).

Ytterligare ett nytt projekt vidareutvecklar verktyget ytterligare, med hpr-filer som har högre precision på trädpositionen, vilket kan förbättra arealberäkningen ytterligare, samt utgöra underlag för mer högupplösta ståndortsanpassningar.

Referenser

Berg, S. 1995. Terrängtypsschema för skogsarbete.Handledning, Skogforsk.

Bergkvist, I., Johansson, F., Djupström, L. & Gålnander, H. 2020. Handledning för god skötsel och miljöhänsyn vid markberedning och förnygring. Handledning, Skogforsk.

Berglund, M. (2022). *Förnygringskollen*.

<https://www.skogforsk.se/kunskap/projekt/fornygringskollen/> [2023-09-20]

Berlin, M. 2022. Klimatanpassade och högproduktiva plantor för framtidens skogar. Skogens värden - forskares reflektioner, Mittuniversitetet: 62-63.

Fossilfritt Sverige. 2022. Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft – uppföljning 2022.

Friberg, G., Jacobson, S., Möller, J.J, Bhuiyan, N. & Willen, E. 2019.

Förnygringsplanering med hjälp av skördarinformation och geodata. Arbetsrapport 1002-2019, Skogforsk.

Hannerz, M. 2014. Samverkan och konflikt - Rapport från Future Forests 2009-2012. Sverige Lantbruksuniversitet.

Hannerz, M. (2022). *Gran eller tall? – dags att omvärdera läroböckerna*.

<https://www.slu.se/institutioner/sydsvensk-skogsvetenskap/samverkan/FRAS/nyheter-och-publikationer/gran-eller-tall--dags-att-omvardera-larobockerna/>[2023-09-20]

Hansson, L., George, M.R. & Gårdenäs, A. 2014. Markberedning i svenskt skogsbruk nu och i framtiden med fokus på miljökonsekvenser, litteraturstudie och expertintervjuer med Skogsstyrelsen och Skogforsk. CLEO-rapport D1.2.2. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Möller, J. J., Djupström, L., Eriksson, I., Hannrup, B., Hyll, K. 2022. Digitaliserad naturvårdsuppföljning - Modellutveckling och utvärdering. Arbetsrapport 1140-2022, Skogforsk.

Jonsson, A., Elfving, B., Hjelm, K., Lämås, T., & Nilsson, U. 2022. Will intensity of forest regeneration measures improve volume production and economy? Scandinavian Journal of Forest Research 37(3): 200-212.

Lula, M. 2022. Regeneration methods and long-term production for Scots pine on medium fertile and fertile sites. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Naturvårdsverket. 2018. Basskikt. Nationella marktäckedata 2018.

Nilsson, O. 2020. Establishment and growth of Scots pine and Norway spruce, A comparison between species. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Nordin, P. 2023. Regeneration measures in time and space: Site preparation, planting and digital tools. Linnéuniversitetet.

Siljebo, W., Möller, J. J, Hannrup, B., & Bhuiyan, N. 2017. hprCM-modul för beräkning av trädegenskaper och skogsbränslekvantiteter baserat på skördardata. Arbetsrapport 944-2014, Skogforsk.

Skogsstyrelsen. 1985. Fälthäfte i Bonitering, Skogsstyrelsen.

Skogsstyrelsen. 2014. Målbilder för god miljöhänsyn – framtagna i samverkan med skogssektorn inom projektet Dialog om miljöhänsyn.

Skogsstyrelsen. (2023). Levererade skogsplantor.
[https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/levererade-skogsplantor/\[2023-09-20\]](https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/levererade-skogsplantor/[2023-09-20])

Sténs, A. 2014. Skogens estetiska värden. Idéer och värderingar - Rapport från Future Forests 2009-2012: 73-77. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Thiffault, E., Hannam, K. D., Paré, D., Titus, B. D., Hazlett, P. W., Maynard, D. G. & Brais, S. 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests — A review. Environmental Reviews 19(NA): 278-309.

Willén, E., Johansson, F., Jacobson, S., Keskitalo, C., & Friberg, G. 2021. Kartering av skog på felaktig ståndort - Studie med nationellt tillgängliga geodata. Arbetsrapport 1091-2021, Skogforsk.