



Maskinell plantering – analys av planteringsmaskinen PlantmaX potential inom privatskogsbruket

Mechanized tree planting – analysis of the PlantmaX tree planting machine's potential on Swedish forestland owned by non-industrial private forest owners

BACK TOMAS ERSSON



SLU Skogsmästarskolans Rapportserie 2022:01

School of Forest Management
Swedish University of Agricultural Sciences
Box 43
739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: +46 222-349 50

Maskinell plantering –analys av planteringsmaskinen PlantmaX potential inom privatskogsbruket

Mechanized tree planting –analysis of the PlantmaX tree planting machine’s potential on Swedish forestland owned by non-industrial private forest owners

Back Tomas Ersson
School of Forest Management
Swedish University of Agricultural Sciences
Box 43
739 21 Skinnskatteberg

ORCID: 0000-0003-2442-7482

© Back Tomas Ersson

Utgivare: Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan

Utgivningsår: 2022

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Omslagsbild: Planteringsmaskinen PlantmaX i Härjedalen, september 2020.

Foto: Back Tomas Ersson

Serietitel: SLU Skogsmästarskolans Rapportserie

Delnummer i serien: 2022:01

ISBN:

978-91-576-9936-7 (elektronisk)

978-91-576-9937-4 (tryckt)

Nyckelord: maskinplantering, skogsförnygring, mekanisering



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Privatskogsbruket äger mer än hälften av Sveriges produktiva skogsmark, och intresset för självverksamhet inklusive skogsplantering minskar generellt bland de privata skogsägarna. Sedan hösten 2019 finns planteringsmaskinen PlantmaX, och den utvecklades huvudsakligen för storskogsbruket. Mekanisering av skogsodlingen förväntas på sikt leda till en kostnadsbesparing för skogsbruket, och då är det viktigt att privatskogsbruket också följer med i den mekaniseringstrenden.

Syftet med denna analys är att utvärdera PlantmaX:s lämplighet för det svenska privatskogsbruket. Analysen gjordes med hjälp av indata från en mängd källor, både muntliga och skriftliga, från höstarna 2020-2021.

En fältstudie av PlantmaX planteringskvalitet visade att planteringsmaskinen i dagsläget ger sämre planteringskvalitet än vid manuell plantering, men bedömningen är att skillnaden troligen inte är avgörande för privata skogsägares acceptans av PlantmaX-konceptet. Dock verkar PlantmaX i dagsläget vara lämpligast på tallmarker pga maskinens svårighet att på ett högkvalitativt sätt plantera i omvänd torva. Uppskattningsvis verkar 4 ha vara den minsta traktstorleken för att PlantmaX-konceptet ska vara konkurrenskraftigt. I och med att medeltrakten på privatägd skogsmark är lägre än 4 ha i både Svealand och Götaland bör dock samordning av trakter vara en möjlighet för att motverka de högre planteringskostnaderna som små trakter medför.

Slutbedömningen är att utvecklingspotentialen för PlantmaX planteringskvalitet är stor, speciellt vid inkorporering av fler sensorer och automatisk identifikation av planteringspunkter. Därför kommer sannolikt PlantmaX framtida planteringskvalitet att öka, något som i sin tur ytterligare kommer att stärka PlantmaX-konceptets lämplighet för det svenska privatskogsbruket.

Nyckelord: mekaniserad plantering, skogsförnygring, mekanisering

Abstract

Non-industrial private forest owners (NIPFs) own more than half of Sweden's productive forestland. Unfortunately, Swedish private forest owner's interest in tree planting is generally declining. Since autumn 2019, the PlantmaX tree planting machine has been operational. However, it was developed mainly for Sweden's large-scale forestry. The mechanization of silviculture is expected to lead to cost savings for the forestry industry in the long run; thus, it is important that private forest owners also catch on to that mechanization trend.

The objective of this analysis is to evaluate PlantmaX's suitability for Swedish NIPFs. The analysis was made using input data from a number of sources, both written and personal communications, from the autumn of 2020-2021.

A field study of PlantmaX's planting quality showed that the tree planting machine currently plants seedlings with poorer quality than manual tree planting. Nevertheless, it is judged that this difference in planting quality is probably not decisive for Swedish NIPF's acceptance of the PlantmaX concept. However, PlantmaX currently seems to be most suitable for planting pine because of the machine's difficulty in planting on inverted turf/humus in a high-quality way. It is estimated that 4 ha seems to be the smallest tract/clearcut size for the PlantmaX concept to be competitive. However, as the average tract/clearcut size on NIPF forestland is lower than 4 ha in both Svealand and Götaland, coordination of tracts/clearcuts could be a promising tactic to counteract the higher planting costs that small tracts/clearcuts entail.

The final assessment is that there is great potential to increase PlantmaX's planting quality, especially when incorporating more sensors and automatic identification of planting spots. Therefore, PlantmaX's future planting quality will probably increase, which will further strengthen the PlantmaX concept's suitability for Swedish NIPFs.

Keywords: silviculture, reforestation, mechanization

Förord

Denna arbetsrapport presenterar forskning som har gjorts inom ett projekt vid SLU Skogsmästarskolan kallat *Mekanisering av skogsodling: uppföljning av en ny kontinuerligt framryckande planteringsmaskin*. Projektet har finansierats av Stiftelsen SLO-fonden (Svenska Lantbrukarnes Olycksfallsförsäkringsfond) som förvaltas av Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.

Ett stort tack till alla som under 2020-2021 har bidragit till forskningen och uppföljningen inklusive Linnea Tysklind (jägmästarstudent vid SLU Umeå), Stefan Ivarsson och Ebba Okfors vid Svenska skogsplantor, Joakim Eckerström vid Grangärde Konsult och Innovation AB, samt ytterligare andra.

Back Tomas Ersson
SLU Skogsmästarskolan
Skinnskatteberg

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE	3
2. MATERIAL OCH METODER	4
2.1 DATAKÄLLOR.....	4
2.2 INDATA.....	4
3. RESULTAT OCH DISKUSSION	7
3.1 PLANTMAX PLANTERINGSKVALITET	7
3.2 TRAKTAREAL, MÅLSTAMANTAL, OCH ANDEL PRIVATSKOGS-MARK RELEVANT FÖR PLANTMAX.....	7
3.3 BEHOV AV SAMORDNING VID SMÅ TRAKTER	11
4. SLUTSATSER	13
REFERENSER	14

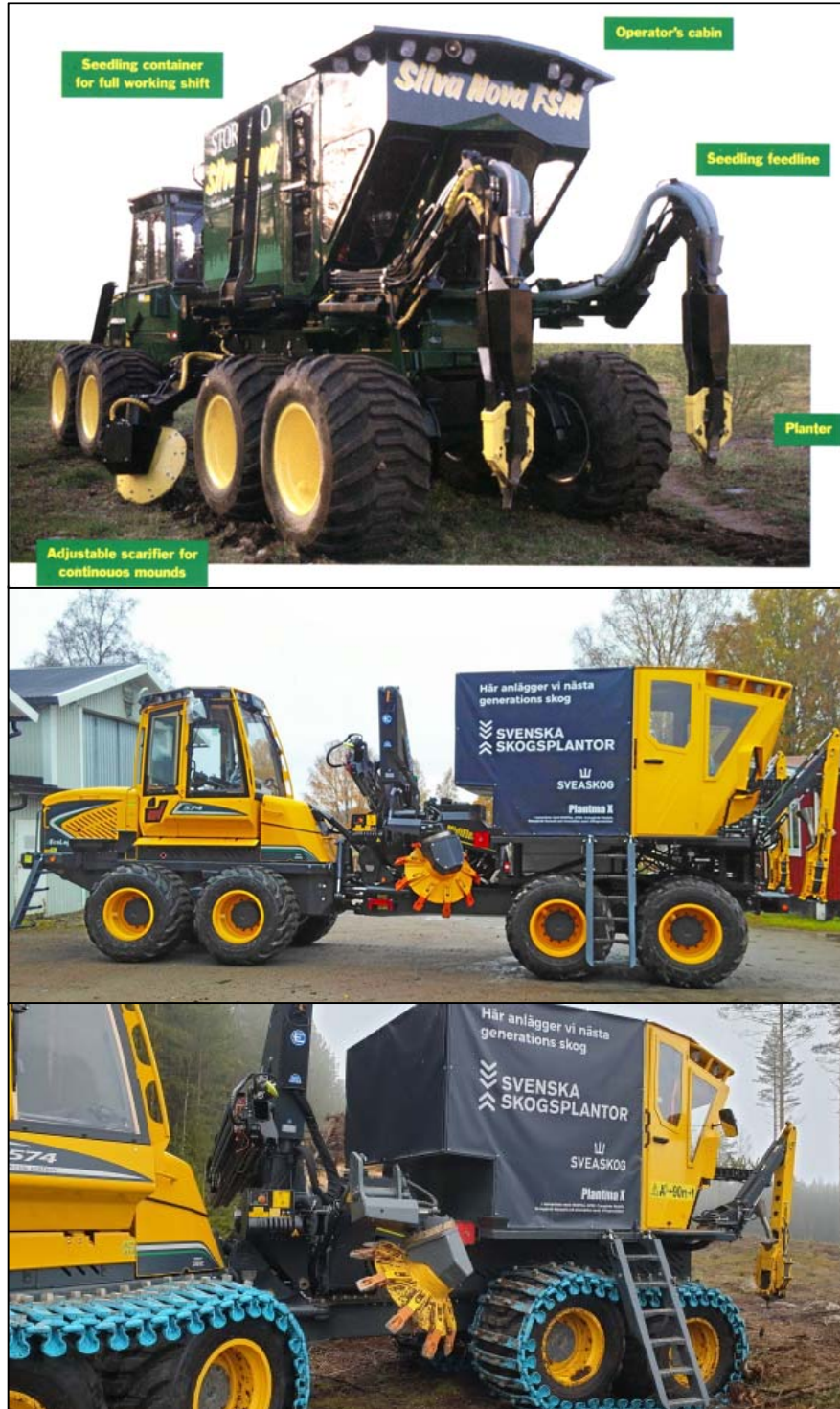
1. Inledning

1.1 Bakgrund

Privatskogsbruket äger mer än hälften av Sveriges produktiva skogsareal, och är en viktig källa till sysselsättning inom svenska skogsbruket (Skogsstyrelsen 2020). Självverksamheten inom dagens privatskogsbruk minskar jämfört med på 1990-talet, speciellt inom skogsodlingsarbetet. Jämfört med 2012 är det idag i privatskogsbruket en påtaglig mindre andel plantering i egen regi (dvs det är färre skogsägare som vill plantera själv; Skogsstyrelsen 2020). Dock finns det självverksamhet som kvarstår (uppföljning av planteringsresultat) och till och med ökar i omfattning (röjning).

Därmed är det viktigt att hitta lösningar som ökar lönsamheten för privatskogsbruket och/eller som frigör tid för mera kvalificerade uppgifter inom trakthyggesbruket än trädplantering. Planteringsmaskiner kan vara en av lösningarna, och den mekaniseringen kan höja statusen på skogsvårdsarbete och locka inhemsk arbetskraft att vilja jobba även med skogsplantering (Ramantswana et al. 2020).

Planteringsmaskiner under 1970–1990-talen var företrädesvis kontinuerligt framryckande maskiner (Malmberg 1990; Hallonborg 1997). Dock sedan slutet på 1990-talet har det varit intermittent framryckande planteringsmaskiner som gäller i det svenska skogsbruket (Ersson 2010), huvudsakligen kranspetsmonterade aggregat monterade på grävmaskiner eller skördare. Dessa planteringsmaskiner har varit efterfrågade till viss del inom privatskogsbruket (då deras planteringsresultat har varit av hög kvalitet men till hög kostnad), men inte egentligen inom storskogsbruket (Ersson 2014). Sedan hösten 2019 finns det nu en nollserie av en ny kontinuerligt framryckande planteringsmaskin (kallad PlantmaX). Den är huvudsakligen en modern version av 1990-talets Silva Nova (Tysklind 2021; Figur 1).



Figur 1. Två generationers kontinuerligt framryckande skogsplanteringsmaskiner: Silva Nova i slutet av 1990-talet (överst); PlantmaX när den lämnade verkstaden oktober 2019 (mitten); och PlantmaX under provkörningar i Bergslagsskogarna november 2019 (underst). Foto: StoreBro International AB, PlantmaX AB och Stefan Ivarsson, Svenska Skogsplantor.

PlantmaX har utvecklats huvudsakligen för storskogsbruket, men frågan är om maskinen även är relevant för privatskogsbruket. Privatskogsbruket har lägre acceptans för felplanteringar och har generellt mindre hyggen (Järlesäter & Jönsson 2013). PlantmaX är en relativt dyr maskin (Tysklind 2021), vilket kan leda till dyra flyttar. Blir detta faktum problematiskt för privata skogsägare? Relativt billiga, intermitterande framryckande planteringsmaskiner för privatskogsbruket var fokuset under Erssons (2014) studier, men nu har fokuset inom mekaniseringen av svensk skogsodling skiftat mot storskogsbruket. Detta skift i fokus har alstrat de följande frågorna:

- Är PlantmaX planteringar högkvalitativa nog för privatskogsägare? PlantmaX föregångare Silva Novan planterade plantor med sämre kvalitet än manuella plantörer (von Hofsten 1997), och frågan är om PlantmaX-konceptet lider av samma brist.
- Vad är minsta traktareal och målstamantal för ett konkurrenskraftigt PlantmaX-koncept? Efter gedigna analyser håller Skogsstyrelsen på att revidera sina föreskrifter om plantantal vid skogsplantering, och dessa nya rön pekar på färre planterade plantor per hektar än tidigare föreskrifter (Krekula et al. 2018). Färre planterade plantor per hektar kan påverka brytpunkten för PlantmaX-konceptet.
- Ungefär hur stor andel av den privata skogsmarksarealen skulle PlantmaX vara relevant för? Flertalet uppskattningar gjordes under 1980–1990-talen i samband med Silva Novans utveckling (Berg 1983, Hallonborg et al. 1995), och utifrån fältstudieresultatet av PlantmaX kan uppskattningarna uppdateras till 2020-talets förhållanden.
- Vilket behov skulle det finnas för samordning av små trakter inom områden med hög andel privatskog? Jämför hur Skogsvårdsstyrelserna samordnade markberedningsarealer sockenvis under 1980–1990-talen för att minska flyttkostnaderna.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att utvärdera PlantmaX-konceptets lämplighet för privatskogsbruket genom teoretiska analyser, med mål att ge vägledning till ovanstående fyra frågeställningar.

2. Material och Metoder

2.1 Datakällor

Datat för denna analys inhämtades främst från Tysklinds (2021) examensarbete i vilket hon inventerade PlantmaX planteringsresultat under slutet på planteringsmaskinens första planteringssäsong. Ytterligare datakällor under 2020-2021 var intervjuer och korrespondens med PlantmaX-tillverkaren GKIAB (Grangärde Konsult och Innovations AB), uppdragsgivaren Svenska Skogsplantor och markvärden till fältstudierna Sveaskog, entreprenören Vallsta Skogsmaskiner som körde PlantmaX under 2020 – 2021, samt diverse källor vid SLU (exv. Nilsson et al. 2021), Skogforsk, Skogsstyrelsen samt äldre Skogsarbeten-rapporter (exv. Berg 1983).

2.2 Indata

Utöver produktivitets- och kostnadsindatat som redovisas i Tysklind (2021) kapitel 2.6 användes indata i Tabell 1 vid beräkning av PlantmaX konkurrenskraft. Se Berg (1982) för förklaringar av terrängfaktorerna ytstruktur och lutning.

Under 2020 levererades plantorna till PlantmaX i två olika typer av plantförpackningar, i kartong från Svenska skogsplantor och i kassett från SCA Norrplant. Plantor i kassett innebar enklare planthantering och krävde mindre tidsåtgång eftersom tiden för att preparera kartongerna och tomförpackningarna uteblev (inga pallar med plantor behövdes avplastas, inga plantkartonger spridas ut och öppnas upp, och inga tomkartonger plattas till och återvinnas). Dessutom var plantorna i kassett lättare att vattna. Vid plantleverans från Svenska skogsplantor förbrukades i snitt ca 80 plantkartonger per dag (Tomas Kolmodin, Vallsta Skogsmaskiner, pers. komm. 2021).

Tabell 1. Indata till analys av PlantmaX konkurrenskraft.

Parameter	Värde
Trakter	
Ytstruktur (Y) på trakter planterade med PlantmaX	1-2, även ibland 3
Lutning (L) på trakter planterade med PlantmaX	1-2
Drift	
Längd på planteringssäsongen. Antagande: 1a maj-1a november (månader)	6
Utnyttjad tid per vecka. Antagande: drift under 6 dagar per vecka, 7e dagen är res-/inställelse/underhållningsdag (h)	76
Antal personal per arbetslag. Antagande: 1 förare, 1 plantmatare, 1 planthanterare som jobbar vid avlägg med maskinunderhåll, planthantering, plantvård, uppföljning, mm.	3
Antal arbetslag	2
Arbetspass per arbetslag (dagar)	7
Utnyttjade timmar per dag för maskinen (h)	12-13
Skiftlängd per dag i medeltal för personalen (h)	11
Tidsåtgång per skift för underhållsarbete på PlantmaX (h)	1
Cykeltid per planteringsarm (s)	2,2
Maximal produktivitet utan tidsåtgång för vändningar, exv. vid tegkörning eller vid borträkning av vändtiden (plantor per grundtimme; pl/h _(G))	2500-2700 beroende på stenigheten
Medelproduktiviteten (pl/h _(G))	1200
Timkostnad PlantmaX i drift (kr/h)	2660
Planthantering	
Antal ramar/magasin som används på PlantmaX och som flyttas mellan trakter. Under 2021 användes endast 1 ram.	1
Tidsåtgång för fylla ramen/magasinet när PlantmaX är vid avlägget (min)	30
Tidsåtgång för byte av ram/magasin när PlantmaX är vid avlägget och man har med 2 ramar/magasin. Under 2020 användes detta upplägg med 2 ramar. (min)	15
Tidsåtgång för byte av ram/magasin när PlantmaX är vid avlägget och man utför bytet samtidigt som underhållsarbetet pågår exv. vid slutet av ett skift (min)	0
Flytt	
Flyttkostnad (kr/trakt)	4500
Antal fordon som flyttas per flytt. Antagande 1 maskintrailer, 1 personbil med släpkärra och 1 servicebuss med släpkärra.	3

Utifrån Skogsstyrelsens statistik (Skogsstyrelsen 2021) om antalet avverkningsanmälningar och deras areal så kunde genomsnittliga storleken per objekt (medeltrakten) beräknas per landsdel (Tabell 2). I områden med hög andel privatägd skogsmark är medeltrakten generellt lägre än i områden med hög andel statligt/bolags-ägd skogsmark (Skogsstyrelsen 2021). Dessutom minskar medeltrakten generellt desto sydligare beståndet ligger i landet. På privatägd skogsmark minskar medeltrakten från 4,5 ha i Norrland till 2,6 ha i Götaland (Tabell 2). Enligt Södra Skog är medeltrakten för deras medlemmar ca 2 ha (Henrik Holmberg, skogsskötselutvecklare, Södra Skog, pers. komm. 2021). Utifrån avverkningsanmälningarna år 1992/1993 så redovisade även Hallonborg et al. (1995) en medeltrakt på 2 ha för privatskogsbruket i Götaland.

Tabell 2. Medeltrakten (ha) per landsdel och ägarkategori. Baserad på statistik från 2020 i Skogsstyrelsen (2021).

Landsdel	Enskilda ägare (privata skogsägare)	Övriga (exv. staten, aktiebolag)	Samtliga
Norrland	4,5	6,8	5,6
Svealand	3,2	4,9	3,8
Götaland	2,6	3,0	2,7
<i>Hela landet</i>	3,2	5,4	3,9

3. Resultat och Diskussion

3.1 PlantmaX planteringskvalitet

Baserat på inventeringarna gjorda i Härjedalen under hösten 2020 vid plantering av tallplantor i harvfåror så verkar PlantmaX plantera plantor lite sämre än manuella plantörer. I Tysklinds (2021) uppföljning underkändes 38% av plantor planterade av PlantmaX medan 29% av plantorna underkändes på de manuellt planterade trakterna. Skillnaden var signifikant, men PlantmaX-resultatet var således inte avsevärt sämre än manuell plantering, åtminstone inte vid plantering av tall på tallmarker. I Tysklinds (2021) studie framgick ingen signifikant påverkan av de enskilda terrängfaktorerna blockkvot, stubbantal eller humustjocklek på PlantmaX eller den manuella planteringsplanteringskvalitet. Dock verkade kombinationen ökande stubbantal samt humustjocklek ha en signifikant negativ effekt på PlantmaX planteringsresultat (Tysklind 2021, Tabell 4).

Dessutom har PlantmaX-konceptet haft hela planteringssäsongen 2021 att förbättra planteringsresultatet genom finjustering av maskinen och dess inställningar samt arbetsmetoder. Samtidigt finns stor potential till förbättrad plantering genom sensorteknik som kan hjälpa planteringsarmarna att identifiera och träffa bättre planteringspunkter (Tysklind 2021; Manner & Ersson 2021).

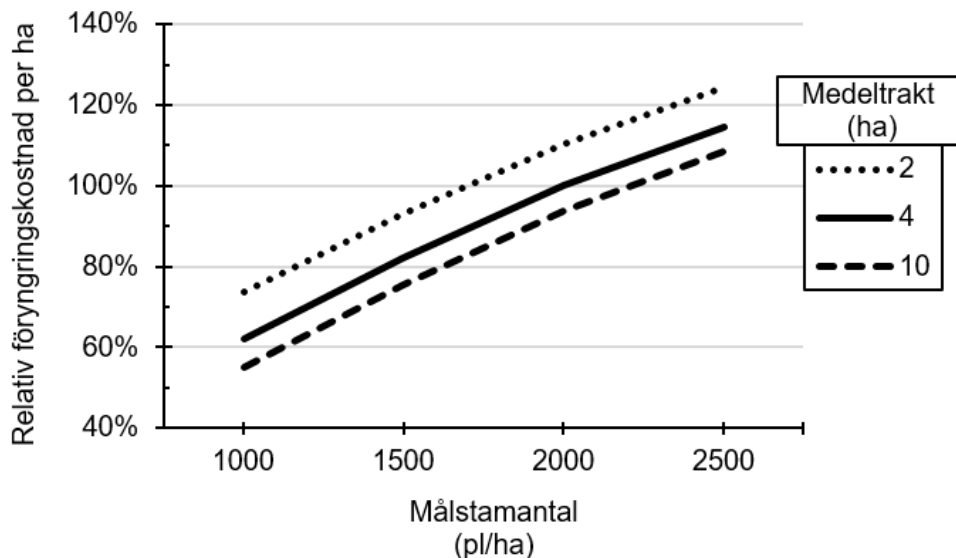
3.2 Traktareal, målstamantal, och andel privatskogs- mark relevant för PlantmaX

Baserat på Tysklinds (2021) analys av traktstorlekens påverkan på kostnaden för att med PlantmaX plantera 2000 godkända plantor per ha, så kan man konstatera att föryngringskostnaden stiger brant vid traktstorlekar under 4 ha. Jämfört med kostnaden vid 20 ha så är den relativa kostnaden vid 10 ha ca 104%, vid 4 ha ca 115%, och vid 2 ha >130% (Tysklind 2021, Figur 16). Detta under antagandet om en andel godkända plantor på 62% och indata i Tabell 1. Ovanstående förhållande speglas även i Figur 2 nedan. För trakter under fyra hektar steg också kostnaden brant för Silva Novan (Hallonborg et al. 1995, Figur 64). Fyra hektar har också visat sig vara minsta traktstorlek för att minimera flyttkostnadens negativa påverkan i andra svenska skogsbrukssammanhang (jmf Karlsen 2021). Dessa fyra hektar är påtagligt större än Södras medeltrakt på ca 2 ha (Henrik Holmberg, Södra Skog, pers. komm. 2021) och medeltrakten för privatskogsbruket i Svealand och Götaland, men i nivå med medeltrakten för privatskogsbruket i Norrland (Skogsstyrelsen (2021)).

Jämfört med medeltraktstorleken har målstamantalet en ännu större påverkan på föryngringskostnaden per hektar (Figur 2). En minskning på fyrahektarstrakter

från standardmålet på 2000 till 1500 pl/ha minskar förnygringskostnaden 18 procentenheter, om med 20 procentenheter vid ytterligare minskning till 1000 pl/ha. Mycket av denna kostnadsbesparing är på grund av lägre plantkostnad. I denna och Tysklinds (2021) analys antogs plantkostnaden vara mycket låg (1,30 kr för obehandlade ettåriga tallplantor), därför blir den relativa kostnadsbesparingen med lägre målstamantal ännu större vid antagandet om ”marknadsmässiga” plantkostnader (exv. var listkostnaden 2,50 kr per planta för genetiskt förädlade ettåriga plantor med snytbaggesskydd enligt Svenska Skogsplantors prislista för 2021).

Lägre målstamantal (från 2000 pl/ha ner till ca 1000 – 1500 pl/ha) möjliggör blandskogar av självföryngrad löv-/barrträd och planterade förädlade barrplantor (Manner & Ersson 2021), samt höjer generellt beståndets nuvärde, speciellt på lägre boniteter (Krekula et al. 2018). Dock medför lägre målstamantal en nackdel för planteringsmaskinsentreprenören då lägre planterade plantor per trakt medför högre ställkostnader per planta och lägre lönsamhet för entreprenören (Ersson 2014). Detta är ett olyckligt motsattsförhållande, men det kan troligen kompenseras för om entreprenören blir betalt per timme (tidlön; eller per hektar oberoende av hektarets målstamantal) istället för betalt per planterad planta (ackordslön). Annars kvarstår lönsamhetsproblemet för konceptet, dvs att någon part (entreprenören eller markägaren) måste kompensera ekonomiskt själva konceptets vidare drift.



Figur 2. Målstamantalets och medeltraktsstorlekens påverkan på den relativa kostnaden för att förnygra ett hektar med PlantmaX till samma antal godkänt planterade plantor som målstamantalet. Indata enligt Tabell 2 och antagande 62% godkänt planterade plantor, en teknisk utnyttjandegrad (TU) på 76%, och en plantkostnad på 1,30 kr per planta. Den relativa kostnaden utgår från ett grundscenari med en medeltrakt på 4 ha och ett målstamantal på 2000 pl/ha.

Baserat på ett antal antaganden så bedöms PlantmaX-konceptet i dagsläget vara relevant för ca 10% av Sveriges privatägda föryngringsareal (Tabell 3). År 2020 var den privatägda slutavverkningsarealen >136 000 ha (Skogsstyrelsen 2021); men den årliga variationen är stor, varvid det senaste 5-årsmedelvärdet från Skogsdata var att föredra vid potentialanalysen.

Utifrån praktisk erfarenhet under planteringssäsongen 2020 samt Tysklinds (2021) fältstudie blir antagandet att PlantmaX i dagsläget inte klarar att plantera i omvänd torva och därmed endast relevant för plantering av tall på tallmarker. Tall går bra att plantera i harvfårans mineraljord medan gran bör planteras i omvänd torva (gran växer sämre vid plantering i endast mineraljord; exv. Saksa et al. 2005). Antagandet om 50% tall är kanske högt, speciellt för Götaland; jämför antagandet med Södras tallandel vid plantering som under 2021 var ca 20% (Henrik Holmberg, skogsskötselutvecklare, Södra Skog, pers. komm. 2021). Utifrån terrängegenskaperna på de trakter som PlantmaX kört på under 2020-2021 (lätt ytstruktur och plan mark) samt önskan att kunna plantera plantor i omvänd torva (speciellt gran men även tall) så borde nog PlantmaX ha i midjan två högläggningshjul istället för harvhjul (Tomas Kolmodin, Vallsta Skogsmaskiner, pers. komm. 2021).

Trots att det härstammar från 1970-talsuppgifter så är antagandet i Berg (1983) om skogsmarksandelen i terrängsvårighetstypen 1 ($G \leq 3$, $Y \leq 3$, $L \leq 2$) relevant än idag. Genomsnittsterrängförhållandena på landskapsnivå för planteringsobjekt ändras endast på mycket lång sikt (Hallonborg et al. 1995). De tidigare potentialuppskattningarna för kontinuerligt framryckande planteringsmaskiner som redovisas i Hallonborg et al. (1995) resonerar på samma sätt. Dock kan möjligen mitt antagande om 55% reduktion pga hyggesform och naturlig föryngring anses som låg. Om man jämför med resonemangen på sida 87-88 i Hallonborg et al. (1995) om ytterligare restriktioner och begränsningar för anammandet av kontinuerligt framryckande planteringsmaskiner (organisatoriska, ägarkategoriens förändrings-/riskbenägenhet och inställningar till mekanisering, mm.) så borde reduktionen kanske vara ca 80%. Med en 80%-reduktion skulle andelen privatägd skogsmark som Plantmax-konceptet är relevant för vara endast 4% i hela landet.

Tabell 3. Statistik och antaganden som ligger till grund för uppskattad areal och andel av privatskogsmarken per landsdel som kan antas vara relevant för PlantmaX-konceptet.

	Norrland	Svealand	Götaland	Hela landet
Genomsnittlig årlig föryngringsavverkad privat/enskilt ägd areal under femårsperioden 2015/16-2019/20 (ha). Källa: Nilsson et al. (2021).	42 000	22 000	43 000	107 000
Andel av skogsmarken som är av svårighetstyp 1 ($G \leq 3$, $Y \leq 3$, $L \leq 2$) i Tabell 5 av Berg (1983).	66,2%	59,3%	69,8%	65,1%
Areal privat/enskilt ägd föryngringsavverkad skogsmark i svårighetstyp 1 (ha)	27 810	13 037	30 000	69 656
Andel av den föryngringsanmälda arealen som är på trakter >4 ha under femårsperioden 2015-2019. Källa Skogsstyrelsen (2021b)	83,2%	66,7%	49,1%	68,6%
Areal privat/enskilt ägd föryngringsavverkad skogsmark i svårighetstyp 1 på trakter >4 ha (ha)	23 145	8 698	14 718	47 790
Andel av alla skogsplanter levererade år 2020 som var tall. Källa: Skogsstyrelsen (2021c)	50%			
Antagen areal privat/enskilt ägd föryngringsavverkad skogsmark i svårighetstyp 1 på trakter >4 ha på tallmark (ha)	11 572	4 349	7 359	23 895
Antagen reduktion av areal lämplig för kontinuerligt framryckande planteringsmaskiner på grund av hyggesform, naturlig föryngring, mm. Källa: Hallonborg et al. (1995).	55%			
Antagen areal privat/enskilt ägd föryngringsavverkad skogsmark i svårighetstyp 1 på trakter >4 ha på tallmark efter reduktion för hyggesform, naturlig föryngring, mm (ha)	5 260	1 977	3 345	10 861
Uppskattad andel privat/enskilt ägd föryngringsavverkad skogsmark som Plantmax-konceptet i dagsläget är relevant för	13%	9%	8%	10%

3.3 Behov av samordning vid små trakter

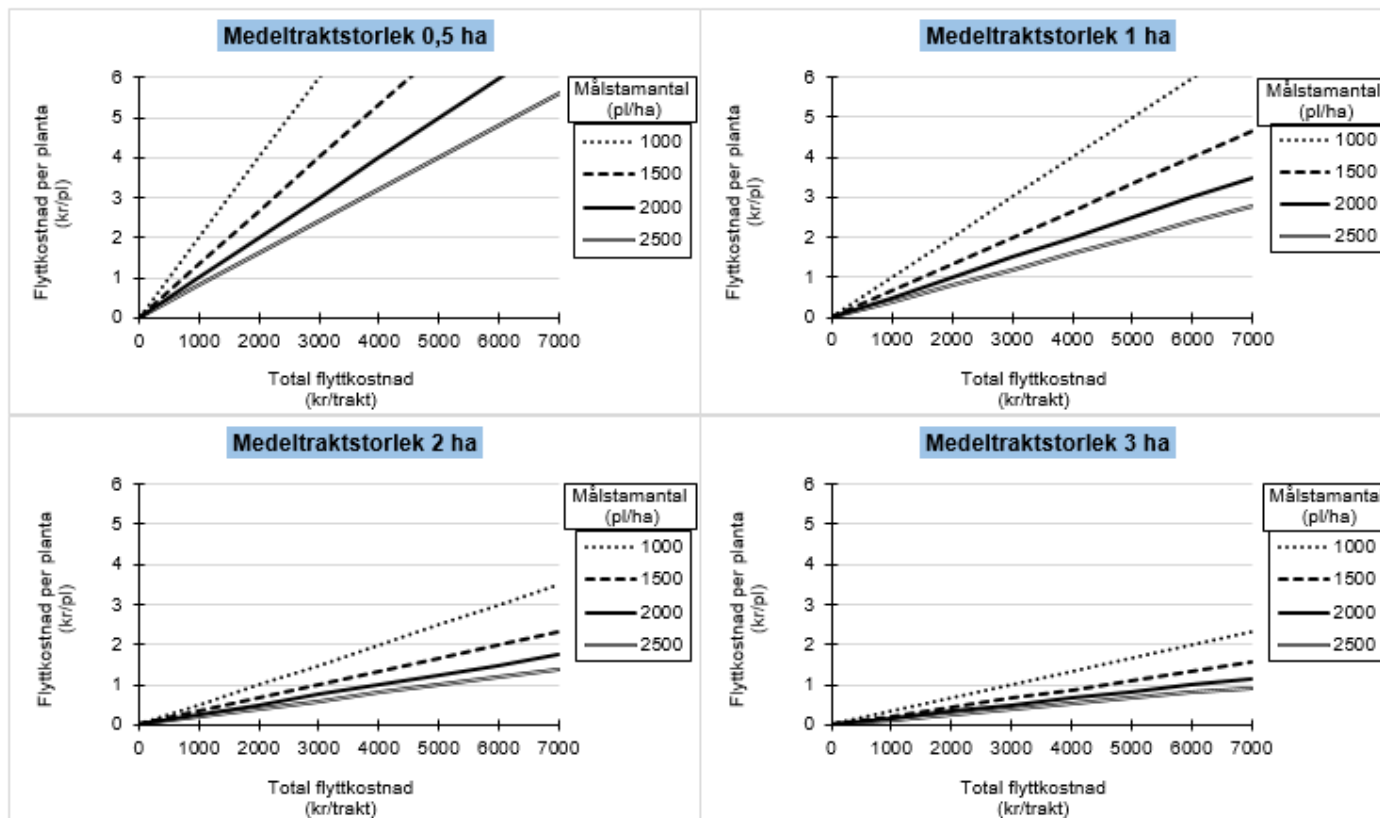
Vid små medeltrakter blir flyttkostnaden för ett maskinsystem en avsevärd kostnad. Eftersom flyttkostnaden för PlantmaX bedöms vara högre än flyttkostnaden för en markberedare plus manuella plantörer (Tomas Kolmodin, Vallsta Skogsmaskiner, pers. komm. 2021), så medför låga medeltraktstorlekar en större nackdel för PlantmaX-konceptet än för alternativet maskinell markberedning och manuell plantering.

Samordning av trakter gör att den totala flyttkostnaden kan fördelas på flera trakter (Skogsvårdsstyrelsen 1999). Av tradition har samordning av markberedning gjorts inom områden med hög andel privatägd skogsmark och speciellt i områden med hög ägosplittring (SOU 2005).

Figur 3 visar på samordningens potential att reducera flyttkostnaden per planterad planta. Om exempelvis mekaniserad plantering på tre trakter samordnas så skulle en total flyttkostnad på 6000 kr/trakt delas med tre till 2000 kr/trakt. Om målstamantalet på alla tre trakter är 1500 pl/ha och trakterna är 1 ha vardera, så reduceras flyttkostnaden per planterad planta från 4 kr/pl till 1,3 kr/pl (Figur 3).

Samordning av trakter skulle kunna hjälpa PlantmaX-konceptet (Tomas Kolmodin, Vallsta Skogsmaskiner, pers. komm. 2021). Eftersom entreprenören som körde PlantmaX under 2020-2021 har avsevärd tidigare erfarenhet av samordning av markberedning med harv och högläggare är bedömningen mycket trovärdig. Dock är samordning av markberedning enklare än samordning av mekaniserad plantering eftersom markägarna kan ha stora skillnader i önskemål (gällande plantval, planteringstidpunkt, plantskydd, mm.) vilket gör samordningen mer komplicerad när både markberedningen och planteringen skall utföras av samma maskin.

Om de samordnade trakterna är oregelbundna i form och markfuktighet så kvarstår problemet med PlantmaX låga konkurrenskraft. På oregelbundet formade trakter är inte flyttkostnaden avgörande för konkurrenskraften hos kontinuerligt framryckande planteringsmaskiner (Hallonborg et al. 1995) som PlantmaX. Troligen (åtminstone i teorin) är en intermittent framryckande planteringsmaskin som exv. den kranspetsmonterade Bracke Plantern lämpligare på sådana oregelbundet formade trakter (Ersson 2010).



Figur 3. Den totala flyttkostnadens påverkan på plantkostnaden (uttryckt som flyttkostnad per planta) vid olika medeltraktstorlekar (0,5-3 ha) och målstamantal (1000-2500 pl/ha). Under hösten 2020 beräknades flyttkostnaden för PlantmaX vara 4500 kr per trakt (Tysklind 2021). I dagsläget är målstamantal på 2000 pl/ha vanliga, men i framtiden kommer troligen 1500 pl/ha vara vanligast på grund av förändringar i Skogsvårdslagens föreskrifter (jmför förslagen om lägsta plantantal i Krekula et al. 2018) samt strävan efter fler blandskogar (jmför FSC 2020).

4. Slutsatser

Utifrån denna analys kan följande slutsatser dras:

- PlantmaX verkar i dagsläget plantera plantor lite sämre än operativ manuell plantering. Men denna skillnad i planteringsresultat bedöms inte vara stor nog för att svenska privatskogsägare skulle rata PlantmaX-konceptet enbart baserat på maskinens förmodade planteringskvalitet. Dessutom är utvecklingspotentialen för PlantmaX planteringskvalitet enorm (speciellt vid inkorporering av fler sensorer och automatisk identifikation av planteringspunkter), så maskinens framtida planteringskvalitet bedöms bara öka, vilket kommer att stärka PlantmaX-konceptets lämplighet för privatskogsbruket.
- Utifrån Tysklinds (2021) analys och vid ett målstamantal på 2000 pl/ha så verkar 4 ha vara minsta traktstorlek för att dagens PlantmaX-koncept ska vara konkurrenskraftigt. Men om målstamantalet minskas till exv. 1500 pl/ha minskar även föryngringskostnaden per godkänt hektar avsevärt, vilket skulle öka PlantmaX-konceptets attraktivitet för privata skogsägare.
- Utifrån diverse statistik, antaganden, och Tysklinds (2021) fältresultat verkar PlantmaX-konceptet kunna vara relevant för upp till 10% av den privatägda skogsmarksarealen (från 8% i Götaland till 13% i Norrland). Skulle PlantmaX utveckla förmågan att plantera på ett högkvalitativt sätt i omvänd torva så skulle PlantmaX-konceptet bli relevant även på privatägda granmarker.
- För att motverka höga flyttkostnader per planterad planta så ökar behovet av samordning av trakter vid minskande medeltraktstorlek. Medeltraktstorleken är generellt låg i områden med hög andel privatskog, och samordning av trakter kan avsevärt minska flyttkostnaden per planta, speciellt om markägaren efterfrågar lägre målstamantal (exv. 1500 pl/ha).

Referenser

- Berg, S. 1982. Terrängtypsschema för skogsarbete. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Berg, S. 1983. Mekaniserad plantering. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stockholm. Redogörelse nr 5.
- Ersson, B.T. 2010. Possible Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden –An Introductory Essay on Forest Technology. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. Arbetsrapport 269.
- Ersson, B.T. 2014. Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden. Avhandling. Umeå: SLU. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2014:76.
- FSC. 2020. FSC-standard för skogsbruk i Sverige. Forest Stewardship Council Sweden.
- Hallonborg, U. 1997. Aspects of Mechanized Tree Planting. Dissertation – Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria: 29.
- Hallonborg, U., von Hofsten, H., Mattsson, S., Hagberg, J., Thorsén, Å., Nyström, C. & Arvidsson, H. 1995. Maskinell plantering med Silva Nova – nuvarande status samt utvecklingsmöjligheter i jämförelse med manuell plantering. Skogforsk. Uppsala. Redogörelse nr 6.
- Järlesäter, M. & Jönsson, A. Skogsbolags och entreprenörers attityder till mekaniserad plantering och röjning. Fakulteten för skogsvetenskap, SLU. Kandidatarbeten i skogsvetenskap 2013:23.
- Karlsen, T. 2021. Prestation vid avverkning med stor skördare i volymblädning. Skinnskatteberg. Skogsmästarprogrammet, SLU. Examensarbete i Skogsmästarprogrammet 2021:12
- Krekula, B., Bergqvist, J., Fries, C., Gällerspång, J., Reisek, J., Ringagård, J., Sollander, E., Svensson, L. & Wågström, K. 2018. Föreskrifter för anläggning av skog – regeringsuppdrag. Skogsstyrelsen. Jönköping. Rapport 2018/13.
- Malmberg, CE. 1990. Mekanisering av skogsodling. Styrelsen för Teknisk Utveckling. Stockholm. STU-info: 783-1990.
- Manner, J. & Ersson, B.T. 2021. Mechanized tree planting in Nordic forestry: simulating a machine concept for continuously advancing site preparation and planting. *Journal of Forest Science* 67(5): 242–246.
- Nilsson, P., Roberge, C. & Fridman, J. 2021. Skogsdata 2021: aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå.
- Ramantswana, M., Guerra, S.P.S. & Ersson, B.T. 2020. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review. *Current Forestry Reports* 6 (2): 143-158.
- Saksa, T., Heiskanen, J., Miina, J., Tuomola, J. & Kolström, T. 2005. Multilevel modelling of height growth in young Norway spruce plantations in southern Finland. *Silva Fennica* 39(1):143–153.
- Skogsstyrelsen. 2020. Skogsstyrelsens statistikdatabas: Strukturstatistik & Sysselsättning. Tillgänglig via:
<https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/>

- Skogsstyrelsen. 2021. Avverkningsanmälningar 2020. Skogsstyrelsen. Statistiska meddelanden, Sveriges officiella statistik. Artikelnummer: JO0314SM2021.
- Skogsstyrelsen. 2021b Skogsstyrelsens statistikdatabas: Anmäld föryngringsavverkning efter region och hyggesstorlek. Tillgänglig via: <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas/>
- Skogsstyrelsen. 2021c. Levererade skogsplantor 2020. Skogsstyrelsen. Statistiska meddelanden, Sveriges officiella statistik. Artikelnummer: JO0313SM2001.
- Skogsvårdsstyrelsen. 1999. Samarbetsavtal samordnad markberedning. Skogsvårdsstyrelsen Mälardalen. Dnr 140/99 6.60.
- SOU. 2005. Skog till nytta för alla? Näringsdepartementet. Statens offentliga utredningar 2005:39.
- Tysklind, L. 2021. Maskinell plantering med Plantma X – Terrägegenskapernas påverkan på planteringsmaskinens planteringsresultat. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, SLU. Rapport 2021:7.
- von Hofsten, H. 1997. Plantsättning, plantöverlevnad och planttillväxt – en jämförande studie av manuell plantering kontra maskinell plantering med Silva Nova. Skogforsk. Uppsala. Redogörelse nr 5