

# Tidigare, nuvarande och framtida planteringsmaskiner

Lars-Göran Sundblad, Mats Hannerz, Jussi Manner, Back Tomas Ersson



Trots decennier av utveckling har planteringsmaskinerna ännu inte fått sitt genombrott. Från vänster överst till höger nederst: Serlachius Ab:s planteringsmaskin (foto: Metsäteho), Silva Nova (foto: Henrik von Hofsten), M-Planter (foto: Skogforsk) och PlantmaX (foto: Skogforsk).

# Innehåll

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Förord .....</b>                                                  | <b>4</b>  |
| <b>Sammanfattning.....</b>                                           | <b>5</b>  |
| <b>Summary .....</b>                                                 | <b>7</b>  |
| <b>Bakgrund .....</b>                                                | <b>9</b>  |
| Syfte .....                                                          | 10        |
| <b>Maskinell plantering från då till nu.....</b>                     | <b>10</b> |
| Historisk utveckling av planteringsmaskiner .....                    | 10        |
| De allra första maskinerna.....                                      | 10        |
| En utveckling från kontinuerlig till intermittent, till riktad ..... | 11        |
| 1970-talet .....                                                     | 11        |
| ÖSA planteringsmaskin.....                                           | 12        |
| Doroplanter .....                                                    | 12        |
| MoDo Mekan.....                                                      | 12        |
| Serlachius.....                                                      | 13        |
| HIKO.....                                                            | 15        |
| Doppingen .....                                                      | 16        |
| 1980–1990-talet .....                                                | 16        |
| Silva Nova .....                                                     | 16        |
| Hevotrac och Silviplant.....                                         | 17        |
| EcoPlanter.....                                                      | 18        |
| 2000-talet .....                                                     | 19        |
| Bracke Planter .....                                                 | 19        |
| Risutec .....                                                        | 20        |
| M-Planter.....                                                       | 20        |
| <b>Utvecklingsprojekt – framtidens planteringsmaskiner.....</b>      | <b>21</b> |
| Plantma X.....                                                       | 21        |
| BraSatt .....                                                        | 22        |
| AutoPlant .....                                                      | 23        |
| Drönare .....                                                        | 24        |
| Markradar .....                                                      | 25        |
| <b>Slutsats.....</b>                                                 | <b>25</b> |
| <b>Referenser.....</b>                                               | <b>25</b> |



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

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 10 januari 2023 av Gert Andersson, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 10 februari 2023.

Redaktör: Mats Hannerz, mats.hannerz@silvinformation.se  
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

# Förord

Efter att ha legat på is i cirka 20 år har utvecklingen av maskinell plantering tagit ny fart i svenskt skogsbruk. Idag pågår tre parallella utvecklingsprojekt med fokus på maskinell plantering. I denna första delrapport beskriver vi själva planteringsmaskinernas historik, nuläge och potentiella framtid. I en andra delrapport (Sundblad m.fl. 2023) fokuserar vi på planthantering mellan plantskolor och maskinella planteringssystem eftersom det länge har varit och fortfarande är en viktig flaskhals för utvecklingsarbetet.

Studien är en del i Skogforsks arbete med utveckling av maskinell plantering och har finansierats av Skogforsks forskningsprogram Driftsystem.

Landskrona, Kalmar, Uppsala och Skinnskatteberg, januari 2023

Lars-Göran Sundblad, Mats Hannerz, Jussi Manner och Back Tomas Ersson

# Sammanfattning

Plantering har tillsammans med markberedning (manuell, motormanuell, hästdragen eller maskindriven) varit ett första viktigt steg i den skogliga omloppscykeln så länge aktiv skogsodling har bedrivits. Själva planteringsarbetet utfördes fram till 1960-talet helt manuellt, i början med barrotsplantor och från 1970-talet med en alltmer stigande andel täckrotsplantor. Från och med 1960-talet började försök göras med syfte att i likhet med vad som skedde på drivningssidan mekanisera även planteringsarbetet. Skälen till denna mekaniseringsvilja var flera. Dels fanns en förhoppning att kunna höja produktiviteten, dels fanns en oro för en eventuell kommande arbetskraftsbrist. I denna arbetsrapport ger vi en översiktlig bild av den maskinella planteringshistorik fram till idag inklusive den utveckling som sker här och nu. I en följande arbetsrapport, *Flaskhalsen – därför har maskinell plantering inte lyft* (Sundblad m.fl. 2023), behandlar vi framför allt planthanteringen mellan plantskolor och maskinella planteringssystem eftersom denna del i förnygringsprocessen varit och är, en flaskhals.

Planteringsmaskinerna har gått igenom flera olika steg, som vart och ett har lett till nya erfarenheter. De första maskinerna fram till 1960-talet var kontinuerligt plogande med plantering i plogfåran. Maskinell plantering var då begränsad till hinderfri och plan mark. Nästa steg var intermittent plogande aggregat där plantan också släpptes i plogfåran. De håltagande planteringsdon som togs i bruk i början av 1970-talet var ett steg närmare en anpassning till skogsterräng. Under 1970-80-talen utvecklades maskiner av MoDo Mekan, Doroplanter, ÖSA och det finska skogsbolaget Serlachius Ab (numera: Metsä Group, kooperativ). Alla dessa var kontinuerligt framryckande. Undantagen var planteringsmaskinen Hiko samt Doppingen. Den senare hade ett kranpetsmonterat aggregat där planteringen kompletterades med fylljord.

En fortsättning på utvecklingen var det branschgemensamma projektet Silva Nova, som var en fortsättning på MoDo Mekans maskin. I mitten av 1990-talet gick fem maskiner i praktisk drift i Sverige, och bara under 1997 stod Silva Nova för 9 och 12 % av all planteringsareal i norra respektive mellersta Sverige. Prognosen i mitten på 1990-talet var att det skulle finnas ett 20-tal maskiner i drift strax efter sekelskiftet. Intresset svalnade dock snabbt, trots att Silva Nova visat relativt goda biologiska planteringsresultat och höga prestationsnivåer. Billigare utländsk arbetskraft och maskinens komplexitet och höga kostnader kan ha bidragit till det svalare intresset. Samtidigt minskade skogsodlingsarealen kraftigt kring sekelskiftet, och de ”nya hyggerna” var inte anpassade för en så storskalig maskin. För att möta de mer oregelbundna hyggerna och den mark där Silva Nova inte passade, utvecklades nya generationer av kranpetsmonterade planteringsaggregat där föraren kunde välja planteringspunkt. Dessa aggregat inkluderade Bracke Planter, EcoPlanter, M-Planter och Risutec, och alla kunde åstadkomma högläggning följt av plantering. Planteringsaggregaten kunde ha en (Bracke och Risutec) eller två planteringshuvuden (EcoPlanter och ursprungliga varianten av M-Planter). I Sverige används Bracke Planter fortfarande aktivt, men EcoPlanter användes senast cirka år 2009.

Vid sidan av de existerande maskinerna pågår idag tre parallella utvecklingsprojekt. Plantma X drivs i samarbete mellan Plantma AB, Holmen, Sveaskog och SCA, och är huvudsakligen en vidareutveckling av Silva Nova. Arbete pågår med att identifiera planteringspunkter med sensorteknik och artificiell intelligens (AI). BraSatt är ett projekt som drivs av Södra. Den publika informationen om projektet är knapphändig men målet är att ta fram en prototyp som kan testas i fält under 2023. AutoPlant är ett Vinnova-

finansierat projekt med många inblandade aktörer. Målet är en förarlös autonom plantering, och det är därför det mest visionära utvecklingsprojektet. I likhet med Plantma X används bildbaserad AI-teknik. Två skillnader är dock att planteringsaggregatet är kranspetsmonterat och att planteringspunkterna väljs genom att maskinen automatiskt söker av terrängen.

Trots den mångåriga utvecklingen av maskinell plantering har planteringsmaskiner ännu inte fått något genomslag. I backspegeln kan man konstatera att få eller inga av de tidiga planteringsmaskinlösningarna överlevde särskilt länge. Barnsjukdomar, tillgång på billig utländsk arbetskraft och andra faktorer gjorde det svårt för maskinerna att konkurrera med manuell plantering. Däremot har utvecklingsarbetet resulterat i ny kunskap och många praktiska erfarenheter. Med dagens nya utvecklingsprojekt kan maskinell plantering troligen till slut hitta sin plats i skogsbruket. Det förutsätter dock att de flaskhalsar som bland annat plantlogistiken innefattar kan lösas. Mer om plantlogistiken beskrivs i den ovan nämnda arbetsrapporten av samma författare.

# Summary

## Mechanized tree planting: past, present, and future tree planting machines

Together with site preparation (manual, motor-manual, horse-powered or mechanized), tree planting has been the first important step in the rotation cycle as long as reforestation has been actively carried out in forestry. In Sweden, tree planting itself was until the 1960s performed manually using bareroot seedlings. Thereafter, containerized seedlings gradually replaced bareroot seedlings. After the 1960s, a number of attempts were made to mechanize tree planting, just as how harvesting and forwarding were mechanized. The reasons behind this mechanization were manifold. On the one hand, there was the hope of productivity improvements, while on the other hand, there was concern about a possible future labour shortages. In this report, we provide an overview of the history of mechanized tree planting up to today, including the development that is taking place here and now. In a second report (*Flaskhalsen – därför har maskinell plantering inte lyft*, Sundblad et al. 2023), we focus mainly on seedling handling (seedling logistics) between the nurseries and the planting machines because this part of the regeneration chain has long been and still is today a major bottleneck hampering the development of economically competitive tree planting machines in Sweden.

Mechanized tree planting has developed through several different stages, each of which has led to new experiences. Until the 1960s, the first machines used continuously ploughing devices, where the seedling was placed in the plow furrow. Mechanized tree planting was at that time limited to obstacle-free and flat ground. The next development stage was intermittently ploughing units where the seedling was also placed into the plow furrow. The hole-making planting heads that came into use around 1973 were a step closer to adaptation to forest terrain. During the 1970-80s, machines were developed by MoDo Mekan, Doroplanter, ÖSA and the Finnish forest company Serlachius Ltd. All these tree planting machines were continuously advancing. Two exceptions were the Hiko tree planting machine and Doppingen, the latter which had a boom-tip planting head where the planting was supplemented with extra-added soil.

An expansion of the development was the joint industry project Silva Nova, which was a continuation of MoDo Mekan's machine. In the mid-1990s, five Silva Nova machines were in practical operation in Sweden, and in 1997 alone, Silva Nova accounted for 9 and 12% of all tree planting area in northern and central Sweden, respectively. The forecast in the mid-1990s was that there would be around 20 machines in operation shortly after the turn of the millennium. However, interest quickly cooled, despite Silva Nova showing relatively good biological planting results and high productivity levels. Cheap foreign labor, the planning complexity, and the high cost of the Silva Nova contributed to the diminishing interest. At the same time, the forestland area requiring regeneration decreased around the turn of the century, and the "new clearcuts" were not adapted in form nor size for such a large-scale machine. To meet the more irregular clearcuts and the terrains where the Silva Nova did not fit, new generations of boom tip-mounted tree planting devices were developed with which the operator could choose the planting spot. The Bracke Planter, EcoPlanter, M-Planter and Risutec were different tree planting devices that mounded and then subsequently planted. These planting devices have either one (Bracke and Risutec) or two planting heads (EcoPlanter and the initial variant of M-Planter). In Sweden, the Bracke Planter is still being used, but EcoPlanter was last used around 2009.

Alongside today's existing machines, three parallel development projects are currently underway. Plantma X is run in collaboration between Plantma AB, Holmen, Sveaskog and SCA, and is essentially a further development of Silva Nova. Work is underway to identify planting spots using sensor technology and Artificial intelligence (AI). BraSatt is a project run by Södra. Public information about the project is scarce, but the goal is to develop a prototype that can be field tested in 2023. AutoPlant is a Vinnova-financed project with many actors involved. Its goal is autonomous tree planting, and it is therefore the most visionary development project. Similar to Plantma X, image-based AI technology is used. Differences include, however, that the planting unit is crane-mounted and that the machine automatically selects planting spots by identifying and searching the terrain.

Despite the many years of mechanized tree planting development, the machines have not yet had any significant impact. In hindsight, one can see that few or none of these early planting machines survived for very long. Immature technology, availability of cheap foreign labour and other factors made it difficult for the machines to compete with manual tree planting. However, the developmental work has resulted in new knowledge and much practical experiences. With today's new development projects, mechanized tree planting might finally find its place within forestry. However, this presumes that the bottlenecks that include seedling logistics can be resolved. More about seedling handling and logistics is described in an adjacent report referred to above.

# Bakgrund

Trots att försök har pågått med maskinell plantering sedan åtminstone 1960-talet har metoden inte fått genomslag i det praktiska skogsbruket. Av de drygt 400 miljoner gran- och tallplantor som sätts årligen är det högst 2 % som planteras maskinellt. De övriga planteras manuellt med metoder som inte har utvecklats mer än marginellt de senaste 50 åren.

Drivkrafterna för maskinell plantering är de samma som för mekaniseringen av det övriga skogsbruket – att hitta rationella metoder som sparar kostnader och som inte är beroende av tillgången på arbetskraft. Den manuella planteringen sköttes under lång tid av lokalbefolkning och ungdomar under vår- och sommarsäsongerna. Under inte minst 1980- och 90-talet blev svårigheterna att rekrytera personal uppenbara, och maskinell plantering lyftes fram som en lösning på problemet. Behovet av arbetskraft i plantering påverkas också av att självverksamheten i det privata skogsbruket har minskat. Andelen plantering som gjordes i egen regi inom småskogsbruket var år 1970 70 %, 2020 hade andelen minskat till 26 % (Skogsstyrelsen 2022, statistikdatabas).

Runt millennieskiftet började skogsvårdsföretag att bildas som anlitade säsongsanställd personal från östra Europa, vilket gjorde att arbetskraftsbristen åtminstone för stunden var avhjälp. År 2019 svarade tio av landets största skogsvårdsföretag att endast 3 % av bemanningen kom från Sverige (Forsmark & Johannesson 2020). Av de övriga dominerade personal från Litauen, Rumänien, Polen och Ukraina. I takt med att länder i Östeuropa fått högre standard har det dock blivit svårare att fylla arbetskraftsbehovet helt med personal från utlandet eftersom lönerna inte är konkurrenskraftiga. Hos skogsvårdsföretagen är personalomsättningen särskilt stor inom plantering (Forsmark & Johannesson 2020). Om inte lön eller andra förmåner kan höjas kommer problemen med rekrytering till manuell plantering att bli allt besvärligare.

Planteringsmaskinerna har genomgått många utvecklingssteg under de snart 60 år som mer seriösa maskinlösningar har provats (se nedan om historik). Flera av de olika koncept som tagits fram, både som prototyper och maskiner i drift, har föregåtts av förhoppningar om ett genombrott. Planteringsmaskiner kan idag markbereda och plantera med i stort sett samma biologiska resultat som manuell plantering, och i vissa lägen bättre. Dessutom har prestationen varit hög när allt har fungerat väl. För Silva Nova (se nedan) uppmättes den maximala prestandan till 2000 plantor per  $G_0$ -timme att jämföra med manuell plantering med cirka 2000 plantor per dagsverke (exkl. markberedning). Men något ihållande genombrott har ännu inte skett.

Det finns flera orsaker till att planteringsmaskinerna inte har slagit igenom. En av de viktigaste flaskhalsarna är plantlogistiken – det saknas ett system där plantor odlas och levereras i en form som kan användas direkt i planteringsmaskinerna utan omlastning och manuell hantering i fält. Med en kontinuerlig plantförsörjning skulle planteringsmaskinernas prestation kunna höjas avsevärt, eftersom de inte behöver göra stopp för plantpåfyllnad. Tidigare lösningar som Pot Link System med flera (se Sundblad m.fl. 2023) eller transplanteringsrobotar vid hyggeskanten har varit behäftade med problem som har resulterat i låga utnyttjandegrader. Plantvård samt planthanteringen vid avlägg och mellan trakter är ytterligare faktorer som resulterat i låga tekniska utnyttjandegrader och därigenom hindrat maskinell plantering att slå igenom ordentligt (Ersson 2010).

Planteringsmaskinerna kan sägas ha fastnat i ett Moment 22-läge. Deras produktivitet är beroende av plantsystem anpassade för maskinell plantering och sådana utvecklas inte i plantskolorna så länge marknaden för dessa planthanteringssystem är liten. För att bryta dödläget måste en parallell utveckling av planthantering göras hos både tillverkare av planteringsmaskiner och i plantskola. Under åtminstone en övergångsperiod kommer en sådan utveckling att innebära högre kostnader, men med målet att minska kostnaderna när systemet är fungerande.

## Syfte

Syftet med denna rapport är att beskriva den maskinella planteringens utveckling så här långt och sammanfatta pågående forsknings- och utvecklingsprojekt. Den här beskrivningen utgör en grund för Del 2 som berör vilka flaskhalsar som finns för att maskinell plantering ska få ett genomslag.

# Maskinell plantering från då till nu

## Historisk utveckling av planteringsmaskiner

Redan under perioden 1965–1970 genomförde Skogshögskolan projektet ”Operation maskinplantering”, och 1971 startade dåvarande Forskningsstiftelsen Skogsarbeten projektet ”Maskinell plantering” med syfte att initiera, följa och påskynda utvecklingen av aggregat och maskiner för maskinell skogsodling (Bäckström 1978).

När Skogsarbeten påbörjade sitt arbete slog de dåtida forskarna fast att maskinell plantering borde utföras efter markberedning, och att de båda momenten markberedning och plantering borde ske samtidigt.

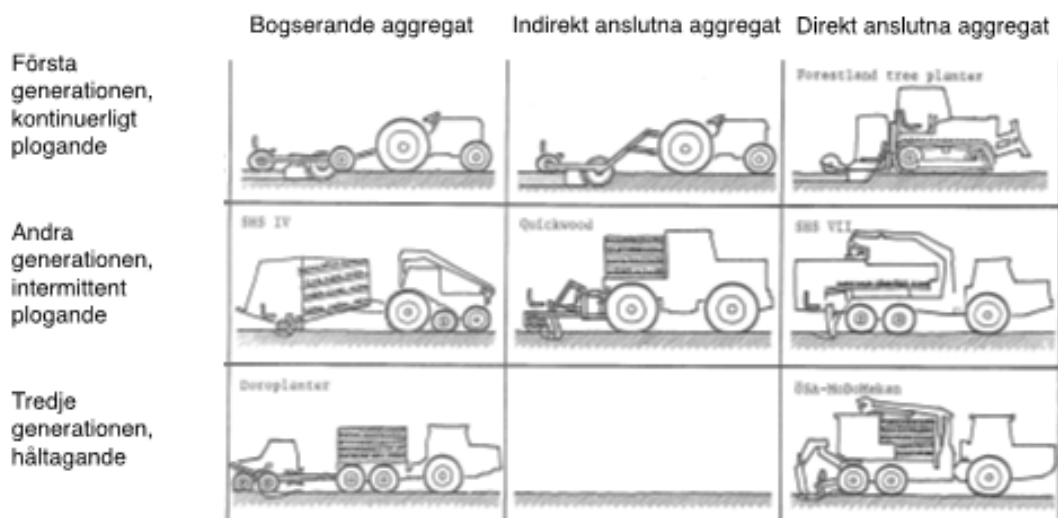
De motiv för en mekanisering av skogsodlingen som lyftes fram av professor Gustav Sirén redan år 1971 står sig än idag (Bäckström 1978). För industrialiserade länder pekade Sirén på att: manuell plantering är under vissa förhållanden ett tungt och monotont arbete; de årliga skogsodlingsarealerna ökar i flertalet skogsbruksländer; planteringen är säsongsbunden, vilket innebär ett stort temporärt arbetskraftsbehov; tillgången till arbetskraft minskar på grund av urbaniseringen; kostnaderna för arbetskraft stiger snabbt; drivningsarbetet har rationaliserats snabbt vilket gör att den arbetskraft som funnits tillgänglig är bunden till de mekaniserade systemen; samt att planteringen måste utföras biologiskt rätt, vilket är svårt med tillfälligt anställd arbetskraft.

Utöver Bäckström (1978) finns flera andra redogörelser för den maskinella planteringens utveckling, däribland Stjernberg (1985), Malmberg (1990), Hallonborg (1997) och Ersson (2010).

## De allra första maskinerna

Världens sannolikt första planteringsaggregat konstruerades i USA på 1880-talet, ett hästdraget aggregat för plantering på prärien i Nebraska (Bäckström 1978). I Sovjetunionen och Tyskland byggdes de första maskinella planteringsaggregaten omkring 1940 som ett svar på bristen på arbetskraft under världskriget. Sovjetunionen var ett land som fortsatte att satsa hårt på mekanisering av skogsbruket. Från 1947 till 1953 ökade till exempel antalet planteringsaggregat från noll till cirka 6 000.

De första aggregaten var kontinuerligt arbetande plogar, en princip som gällde fram till mitten av 1960-talet då intermittent arbetande plogbillar började användas (Figur 1). Planteringsaggregaten fram till dess var anpassade för plana marker utan sten, som exempelvis prärie och åkermark. För en mer ojämn skogsterräng behövdes andra lösningar (Bäckström 1978).



Figur 1. Den tidiga utvecklingen av planteringsmaskiner. Från Bäckström (1978).

## En utveckling från kontinuerlig till intermittent, till riktad

De första maskinerna från 1970-talet och framåt var kontinuerligt framryckande. Markberedning utfördes samtidigt som plantorna skulle matas ut och bli planterade i det nya markberedningsspåret eller fläcken. Principen med kontinuerlig framryckning nådde sin höjdpunkt med Silva Nova på 1980- och 90-talet. Med en prestation på över 2000 satta plantor per timme ställdes enorma krav på inte minst plantmatningen, där plantan skulle matas fram till ett planteringsdon vid exakt rätt ögonblick, oavsett hur maskinen lutade eller skakade.

En ny generation, exemplifierad med EcoPlanter, Bracke Planter, Risutec och M-Planter, är kranspetsmonterade planteringsaggregat där plantering och markberedning görs intermittently och riktat. Med Bracke Planter görs planteringen riktad mot en vald planteringspunkt. En annan lösning är de varianter av M-Planter och EcoPlanter som har två planteringshuvuden på en balk. Punkten för kranens nedsättning väljs då riktat, men planteringspunkterna blir avhängiga det avstånd som planteringsdonen har på balken.

Vid planteringen står de kranspetsmonterade aggregaten stilla mot marken och frammatningen av nästa planta kan ske medan aggregatet hänger i luften på väg mot nästa planteringsställe. Det ger ett lugnare tempo för plantmatningen. Nackdelen är dock, med de system som EcoPlanter och Bracke Planter har, att plantorna måste fyllas på i behållarna (i dessa fall karuseller på kranspetsaggregatet eller matarbord). Det betyder ett stopp för plantpåfyllning med kanske 20 minuters intervall (von Hofsten 2003).

## 1970-talet

I början av 1970-talet startade två svenska maskintillverkare, MoDoMekan AB och Doroplantar AB, utveckling av planteringsaggregat med ett håltagande organ. Andra tillverkare var svenska ÖSA, Hillesjö och Doppingen samt Serlachius i Finland. Totalt såg ett tiotal maskiner dagens ljus i Sverige (von Hofsten 2003). Även i Finland, Kanada

och sannolikt i Sovjetunionen konstruerades prototyper med håltagande planteringsorgan. Den första specialbyggda planteringsmaskinen konstruerades av Weyerhaeuser i USA år 1976 (Bäckström 1978).

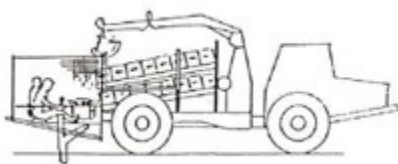
Ett krav för utvecklingen var att samma maskin skulle kombinera markberedning med plantering. Alla maskiner under denna period byggde på kontinuerlig framryckning.

### ÖSA planteringsmaskin

ÖSA inledde sitt arbete med planteringsmaskiner redan 1965 i ett projekt tillsammans med Skogshögskolan. ÖSA arbetade med ett plogande planteringsdon som på baksidan hade en öppning där plantan släpptes ned. Av fyra planteringsmaskiner som testades var det bara en, ÖSA 650 (Figur 2) med det intermittент plogande aggregatet SHS V, som visade godtagbart biologiskt resultat (Hallonborg 1991).

### Doroplanter

Planteringsmaskinen Doroplanter från Doroverken AB stöddes av SCA (Figur 3). Maskinen var utvecklad av Hilding Grundström, föreståndare vid SCA:s maskinstation i Dorotea. Planteringen utfördes på ett separat hjulburet aggregat. Plantorna matades i början ut manuellt, och senare automatiskt direkt från odlingskassetten. Operatören i planteringsaggregatet hade som uppgift att ta bort tömda och fylla på med nya plantkassetter (Hallonborg 1991). Doroplanter framställdes i olika versioner 1976–1982.



Figur 2. Planteringsmaskinen BM 668/ÖSA 650. Från Bäckström (1978).



Figur 3. Doroplanter där planteringen utfördes i den separata hjulburna vagnen. Från Malmberg (1990).

### MoDo Mekan

Redan i slutet av 1960-talet arbetade skogsvårdsavdelningen på MoDo tillsammans med dotterbolaget Robertsfors AB, som bland annat arbetade med utveckling av en markberedare. MoDo Mekan kom in 1970 med målet att utveckla en planteringsmaskin (Figur 4). Principen var den samma som för ÖSA men planteringsaggregatet kombinerades med en fläckmarkberedare av rivhjulstyp från Robertsfors (Hallonborg 1991). Efter inledande dåliga resultat gjordes flera förändringar av markberedningen och plantsättningen. I slutet av 1970-talet ansågs maskinen så lovande att den kunde utgöra en bas för vidare utveckling till det som skulle bli Silva Nova. MoDo Mekan hade då fått ny ägare och projektet hade tagits över av Storebro Bruks AB.



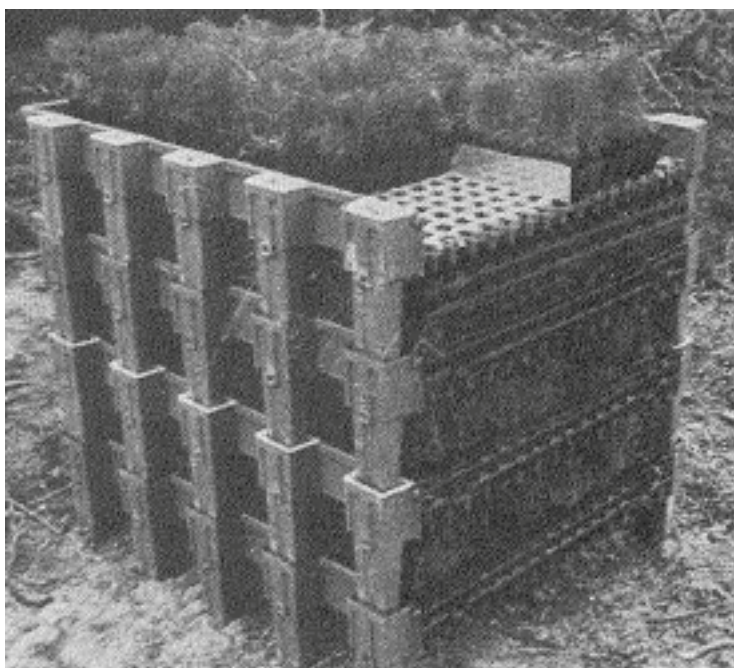
Figur 4. MoDo planteringsmaskin, fotograferad 1981. Från SLU Mediabanken.

### Serlachius

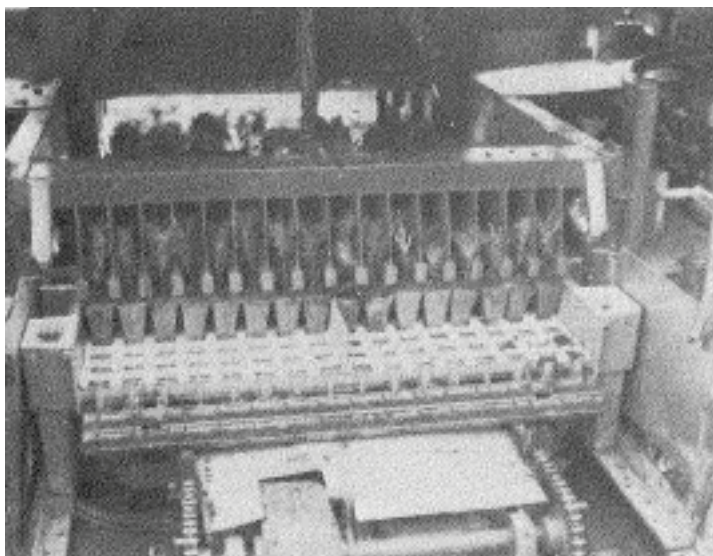
Serlachius var en för sin tid tekniskt avancerad planteringsmaskin som var framtagen av det finska skogsbolaget Serlachius Oy/Ab (Figur 5-7). Under 1970- och början av 1980-talet satsades stort på utvecklingen. Den skotardragna maskinen hade en markberedare med två hydrauliskt drivna harvtallrikar på bägge sidor av maskinen (sammanlagt 4 stycken) placerade mellan framhjul och boggi, och med harvtallrikarna kunde inversmarkberedning skapas. Den första, större, tallriken "rengjorde" eller snarare röjde avverkningsrester etc. Den bakre, lite mindre, tallriken utförde själva markberedningen (Kaila 1984). Bakom boggin fanns planteringsaggregatet, konstruerat ungefär som hos Doroplanter. Plantmatningen var helt automatiserad och maskinen kunde därför köras med bara en person. I mitten av 1980-talet var två modeller framtagna, den ena för plantering av täckrotsplantor (Jiffypots, Serlapots och Finnpots) och den andra för multipots (Stjernberg 1985).



Figur 5. Serlachius Oy/Ab:s planteringsmaskin. Foto: Metsäteho.



Figur 6. Ställ för Sarvi-odlingskassetter till Serlachius-planteringsmaskin. Kassetterna var i plast och varje kruk var 5x5x8 cm<sup>3</sup>. Kassetterna var 100x120 cm<sup>2</sup> och rymde 384 plantor vardera. Foto: G. A. Serlachius Oy/Ab, hämtat från Stjernberg (1985).



Figur 7. Kedjedriven plantmatning i Serlachius-planteringsmaskin. Foto: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, hämtat från Stjernberg (1985).

Plantmatningen kunde ställas om till valfri planttyp. Planteringsprestationen kunde nå upp till 1000 plantor per timme under gynnsamma omständigheter. Praktiska försök visar dock på lägre prestationer, 3700 plantor per dag i genomsnitt. En arbetsdag var i genomsnitt 15,1 timmar (Kaila 1984). Den sista Serlachius-maskinen gick under namnet Tetraplanter i Kanada fram till mitten av 1990-talet.

## HIKO

HIKO, eller Hilleshög, var den första intermittent framryckande planteringsmaskin som var kommersiellt utvecklad (Figur 8). Den var monterad på en liten skotare och kunde manövreras av en person (Malmberg 1990, Berg 1991). Plantmatningen gjordes antingen manuellt eller automatiskt. Maskinen hade tre planteringsarmar som också skötte markberedningen. Maskinen visade sig vara flexibel och konkurrenskraftig på små hyggen, men produktiviteten var inte tillräckligt hög och markberedningen var otillfredsställande. Maskinen övergavs i mitten på 1980-talet.



Figur 8. Hilleshög (HIKO) planteringsmaskin, fotograferad 1981. Källa: SLU:s mediabank.

## Doppingen

Doppingen var ett enhövdad aggregat monterat på en skotarkran (Figur 9). Maskinen var anpassad för blockrik terräng där den satte plantor ytligt som sedan täcktes med fylljord. Trots stora utvecklingsinsatser bedömdes maskinen ha för låg produktivitet och för låg plantöverlevnad (Adelsköld & Myhrman 1985, Malmberg 1990, Ersson 2014).



Figur 9. Planteringsmaskinen Doppingen som planterade ytligt med fylljord. Foto: Adelsköld & Myhrman (1985), hämtat från Ersson (2014).

## 1980–1990-talet

### Silva Nova

Efter de tidigare utvecklingsstegen ställdes stora förhoppningar till Silva Nova (Figur 10), ”skogsbrukets JAS-projekt” som det ibland kallades i folkmun eftersom det siktade högt och var förknippat med så höga kostnader. Utvecklingen och uppmätta resultat för plantering och prestationer har presenterats relativt detaljerat i Hallonborg m.fl. (1995).

Silva Nova-projektet var en fortsättning på MoDo Mekans planteringsmaskin, som efter att den 1981 tagits över av Storebro fick uppslutning av intressenterna Domänverket, Korsnäs, Sora och SCA (Hallonborg 1991). MoDo Mekan hade börjat med att plantera barrotsplanter men gick senare över till täckrotsplantorna Hiko och Paperpot. Från 1984 byggdes fyra maskiner som provades i drift, en för vart och ett av de skogsbolag som ingick i intressentgruppen. Maskinen byggdes på en stor skotare (ÖSA 260, Kockum 850) och markberedningen gjordes med en Wadellfräs, där också planteringsarmarna var monterade. Plantmatningen skedde med tryckluft.

De fyra maskinerna kördes i praktisk drift under 1984–1989, samtidigt som de stegvis utvecklades och utvärderades för att få till rätt planteringsdjup och en skonsam och säker plantmatning (Hallonborg m.fl. 1995). På två av maskinerna installerades en mekanisk matning kallad Flexlink, en matning som senare visade sig mindre tillförlitlig. Den ersattes 1989 av sugmatning. Försök gjordes också med automatiserad urplockning av planter ur Hiko-kassetter, men inte heller här var resultaten fullgoda.

Forskningen kring markberedning hade under 1980-talet visat på goda resultat med högläggning, och en ny Silva Nova utrustades därför med en Donaren 380 MIDAS markberedare. Denna konstruktion, som kom att kallas Silva Nova 90 M, var så lyckad att fyra nya maskiner byggdes till säsongen 1992. Entreprenörsföretaget ÅGA-Maskin AB i Södermanland trädde nu in i projektet genom att köpa en egen Silva Nova utrustad med en markberedare som liknade MIDAS.

I mitten av 1990-talet arbetade fem maskiner i drift, och andelen maskinell plantering blev allt högre. Under 1997 stod Silva Nova för 9 % respektive 12 % av planteringsarealen i norra respektive mellersta Sverige (Lindholm & Berg 2005). Prognoserna för framtiden pekade på att ett 20-tal maskiner skulle vara i drift strax efter sekelskiftet (Hallonborg m.fl. 1995).

Trots den då stora satsningen och optimistiska prognosen svalnade intresset snabbt i slutet av 1990-talet. Den sista Silva Novan var en ombyggd maskin döpt till Plant-I-Ett. Maskinen levde kvar något år in på 2000-talet (von Hofsten 2003). Den avbrutna satsningen på Silva Nova kan ha flera förklaringar. Billigare arbetskraft från utlandet hade börjat anlitas, vilket kunde sänka kostnaderna och säkra behovet av plantörer. Maskinerna var också tekniskt avancerade och dyra, och de kom till sin fördel på stora hyggen med rätlinjiga planteringsspår. Samtidigt hade planteringsarealen sjunkit som en följd av sämre skogskonjunktur under 1990-talet. Bottenåret 2002 skogsodlades i Sverige 125 tusen hektar jämfört med cirka 200 tusen hektar per år under andra halvan av 1980-talet (Skogsstyrelsen, statistikdatabas). Under 1990-talet fick hyggerna också en annan utformning med mer oregelbunden form, mindre storlek och lämnad naturhänsyn. Det öppnade upp för en ny generation planteringsmaskiner med kranmonterade aggregat som kan välja planteringspunkt.

Även om Silva Nova försvann som varumärke har dess grundidéer använts för senare utveckling. Manner och Ersson (2021) gjorde en simuleringsstudie av några olika koncept för vidareutveckling av Silva Nova, där de pekade på potentialer.

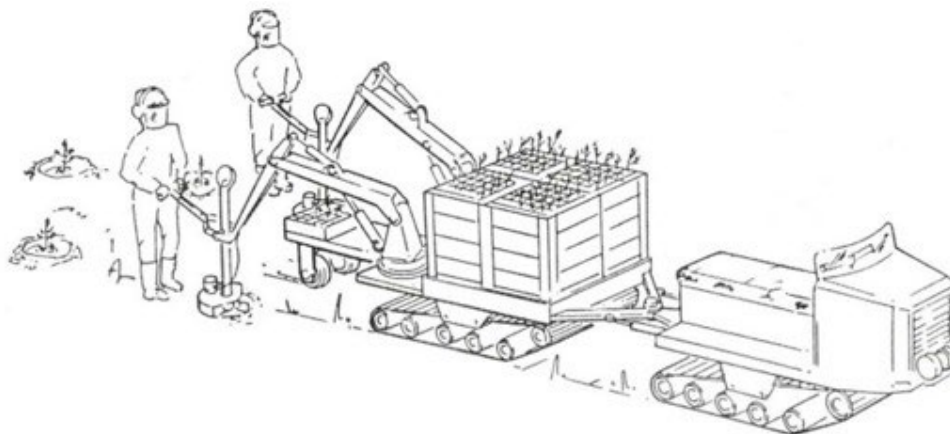


Figur 10. Silva Nova. Foto: Henrik von Hofsten.

### Hevotrac och Silviplant

En kontrast till den avancerade Silva Nova var de enklare delmekaniserade maskinerna som byggdes som prototyper och resulterade i maskinerna Hevotrac och Silviplant. En tidig prototyp testades på Skogshögskolan i Garpenberg (Hedman & Håkansson 1992). Den byggde på en bandgående liten maskin med en markberedningsfräs monterad på grävaggregat (Figur 11). Två personer gick bakom maskinen och skötte planteringen med armar som gjorde ett planteringshål, och sedan stoppade operatören plantan i samma hål.

Prestationen i testmaskinen var inte avsevärt högre än för manuell plantering, men maskinen kunde minska arbetsbelastningen för plantörerna. Hevotrac hade två armar och betjänade två plantörer medan Silviplant hade en arm och en plantör (Johnsen 2019). Markberedningsaggregatet med roterande fräsar hade dock problem på ojämn mark, där den snarare gjorde hål än högar, vilket resulterade i lägre plantöverlevnad (von Hofsten 1996).



Figur 11. Hevotrac, testmaskin för delmekaniserad plantering. Från Hedman & Håkansson (1992).

## EcoPlanter

Liksom Doppingen var EcoPlanter en maskin som byggde på ett kranmonterat aggregat, ett koncept som skulle fortsätta med andra fabrikat som Bracke Planter, M-planter och Risutec på 2000-talet. De kranmonterade har fördelen att de kan välja planteringspunkt, och passar därför på ojämna marker där kontinuerligt framryckande maskiner som Silva Nova hade problem.

EcoPlanter stöttades av Holmen Skog under 1990-talet och utvecklades av EcoFräsen AB i början av 1990-talet. År 2001 togs konceptet över av Valmet. EcoPlanter var ett kranpetsmonterat aggregat som oftast användes på en skördare (Figur 12). År 2002 fanns åtminstone 12 enheter i praktiskt planteringsarbete i Sverige, men den sista rapporterade användningen är från 2009 (Ersson 2014).

EcoPlanter var ett tvåradigt aggregat som fräste upp två högar bredvid varandra som sedan planterades mitt i högen. Fräsen fungerade bra på normala marker men vid tjocka humuslager behövde den lång tid för att skapa en hög. Prestationen var i genomsnitt cirka 400 plantor per timme (von Hofsten 2003).

Fräsen skapade en hög med humus- och mineraljord blandat (så kallad humix). Det är en miljö som näringsmässigt är fördelaktig, men en nackdel är att den större humusandelen i högen gör plantorna mer mottagliga för snytbaggescador. I en jämförelse mellan EcoPlanter och Bracke Planter i Finland konstaterades att överlevnaden var sämre efter EcoPlanter, framför allt på grund av snytbagge (Luoranen m.fl. 2011).

Studier av EcoPlanter har bland annat visat att prestationen som bäst kunde nå upp till 540 plantor per G<sub>15</sub>-timme, och att de mest tidskrävande momenten var i storleksordning kranarbete, omladdning och markberedning. Framför allt omladdningen bedömdes ha potential att förbättras (Mattsson m.fl. 1996). Plantladdningen lyftes upp som en flaskhals också av Sigurdh (2004). Arbetsmomentet tog cirka 10 minuter, och skulle kunna snabbas

på om fler plantor kunde laddas samtidigt eller om laddningen kunde göras av hela kassetter i stället för enskilda plantor.



Figur 12. Det på skördare kranspetsmonterade planteringsaggregatet EcoPlanter. Foto: Henrik von Hofsten.

## 2000-talet

I början av seklet utvecklades flera nya kranspetsmonterade planteringsaggregat. Prestationen hos dessa var cirka en fjärdedel av den hos Silva Nova, men prislappen för maskinen var också bara cirka en fjärdedel (von Hofsten 2003).

### Bracke Planter

Bracke Planter startade som Öje Planter, en enradig variant av Öje-högen avsedd för grävmaskin. Bracke Planter är kranspetsmonterad och används vanligen på en grävmaskin (Figur 13). Markberedningen görs som högläggning och planteringen sker direkt efter markberedningen. Från början var den tänkt att komplettera Silva Nova på fuktiga och mjuka marker där Silva Nova var för tung (Ersson 2014).

Bracke Planter, eller snarare Bracke P11, har tillverkats sedan tidigt 1990-tal och används fortfarande om än i begränsad omfattning (Land Skogsbruk 2018). Prestationen är cirka 250 plantor per timme som årsgenomsnitt (von Hofsten 2003). Plantmatningen sker från ett magasin med plats för upp till 200 plantor som fylls på manuellt när det är tomt (Johnsen 2019).

I samarbete med Skogforsk gjordes försök med att parallellt vidareutveckla aggregatet och samtidigt anpassa plantpackning så att ett semiautomatiskt plantladdningssystem kunde skapas (Sundblad 2017). Delar av projektet resulterade i planteringsaggregatet Bracke P12 som också är kompletterad med system för bevattning och gödsling. P12 är avsedd för torra och varma förhållanden och används exempelvis i eukalyptusodling i Brasilien ([www.brackeforest.com](http://www.brackeforest.com)). Under 2022 provades i Brasilien även en tvåhövdad Bracke Planter benämnd P22.a (Guerra, pers. komm.). Planteringsaggregatsprototypen, som inte markbereder utan endast planterar, kranspetsmonterades på en 24-tons grävare.



Figur 13. Det på grävare kranspetsmonterade planteringsaggregatet Bracke Planter P11 i trakten av Växjö.  
Foto: Mats Hannerz.

### **Risutec**

Risutec PM 160 är en finsk planteringsmaskin som används på grävmaskin med ett koncept som liknar Bracke Planter. Den är liksom Bracke enarmad, dvs. planterar en planta åt gången. Risutec har specialutvecklade maskiner för Brasilien där de används för bl.a. eucalyptusplantering (Johnsen 2019).

Företaget har utvecklat ett dokumentationssystem, Risutec ASTA, som visar positioner för plantor och högar i realtid (Risutec 2022).

### **M-Planter**

M-Planter är också ett finstillverkat planteringsaggregat. Den vanligaste varianten av M-Planter arbetar med dubbla aggregat monterade på en tvärställd balk (Figur 14).

Nackdelen med konceptet är att det kräver två lämpliga planteringspunkter med ett fast inbördes avstånd för att prestationsmässigt komma till sin rätt. Finska studier har visat att terrängfaktorerna spelar stor roll om den tvåhövddade M-Planter lyckas prestera högre än enhövddade planteringsaggregat som Bracke Planter (Rantala m.fl. 2009).



Figur 14. M-Planter, med två planteringshuvuden, monterad på en bom på en grävmaskins kran. Foto: Skogforsk.

## Utvecklingsprojekt – framtidens planteringsmaskiner

I dagsläget pågår i Sverige tre parallella utvecklingsprojekt med inriktning mot maskinell plantering.

### Plantma X

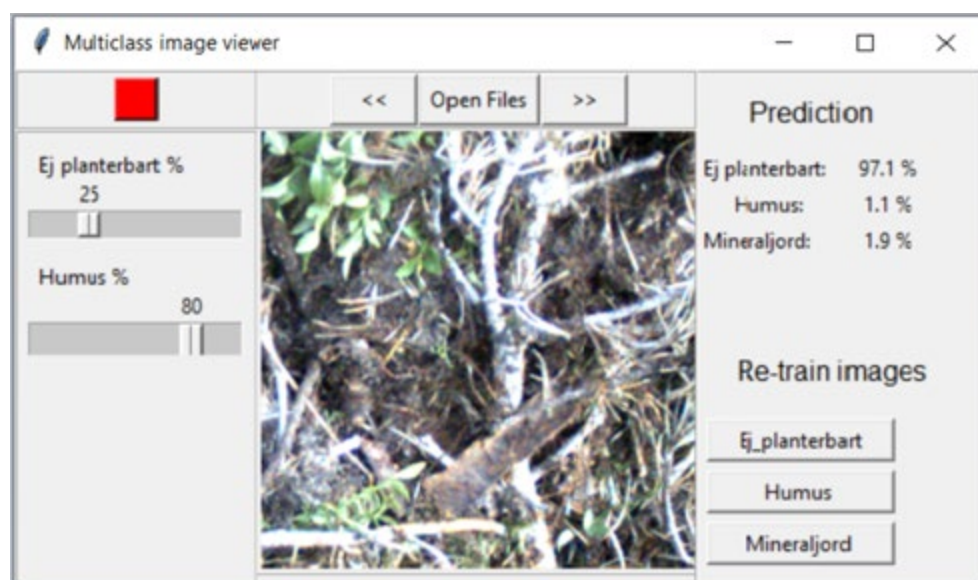
Plantma X är huvudsakligen en utveckling av Silva Nova-maskinen med midjemonterad markberedning och kontinuerlig framryckning som grundkoncept (Figur 15). Företaget Plantma Forestry AB grundades av Stig Linderholm och Hans Arvidsson, som tidigare varit med i utvecklingen av Silva Nova i slutet av 1990-talet. Arbetet med den nya planteringsmaskinen Plantma X igångsattes 2018, och tanken var att ta fram en effektiv maskin med hög prestation som byggde vidare på tidigare erfarenheter ([www.plantmaforestry.com](http://www.plantmaforestry.com)). Utvecklingen görs i samverkan med Holmen, Sveaskog och SCA. I dagsläget finns en maskin i Sverige som ägs av Holmen. En andra maskin (den ursprungliga Plantma X-maskinen) gick i USA under vintern/våren 2022 och är nu (december 2022) i Brasilien med inriktning på förnygring för plantageskogsbruk.

Längst bak på maskinen sitter två planteringsarmar, där varje arm kan göra ett planteringsförsök ungefär var tredje sekund (Tysklind 2021). De första fälttesterna genomfördes 2019 och 2020. Under optimala förhållanden (planmark, sandjord och inga hinder) kunde maskinen plantera 2800 plantor per timme ([www.plantmaforestry.com](http://www.plantmaforestry.com)). Under 2020 testades maskinen på olika typer av mark, vilket har lett fram till nya idéer om utveckling. En idé är utveckling av sensorteknik och AI för att identifiera lämpliga planteringspunkter under den kontinuerliga framryckningen (Figur 15), ett arbete som görs i samarbete med Skogforsk (Johansson & Semberg 2022).

Maskinen kräver tills vidare dubbelbemanning då en operatör kontinuerligt och manuellt matar planteringsaggregatet. Olika idéer om att automatisera plantmatningen finns dock.



Figur 15. Plantma X. Foto: Back Tomas Ersson.



Figur 16. Utvärdering av en ej godkänd planteringspunkt (från Johansson & Semberg 2022).

## BraSatt

BraSatt är ett projekt som drivs av Södra med ambitionen att utveckla ny teknik kring markberedning och plantering (Figur 17 och 18). Under 2022 har fälttester genomförts med uppgift att förse planteringsdonet med en planta i taget (Bengtsson 2022). Nästa steg är att bygga ihop planteringsaggregatet med ett markberedningsaggregat, och ambitionen är att genomföra fälttester under planteringssäsongen 2023 ([www.sodra.com](http://www.sodra.com)).

Information om vilka tekniska principer projektet bygger på är begränsad. Vad gäller planthantering och logistik ska dock planteringsmaskinen hantera plantor från kartong (pers. komm. Anna Wallner, Södra).



Figur 17. BraSatt-projekt: Ebeaver-planteringsmaskin. Foto: Anna Wallner.



Figur 18. BraSatt-projekt: Minibeaver, testplattform för styrsystem. Foto: Karl Svensson.

## AutoPlant

Som namnet AutoPlant antyder är målet med projektet en förarlös autonom plantering och därmed det mest visionära utvecklingsprojektet. Projektet, som finansieras av Vinnova, sker i samarbete mellan Skogforsk, Luleå tekniska universitet, KTH, Bracke, Skogstekniska klustret, SCA, Södra, Sveaskog och Holmen. Projektet pågår mellan 2021 och 2023. Sluttesterna i projektet har färdigställts under hösten 2022.

I likhet med Plantma X använder maskinen bildbaserad AI-teknik för identifiering av lämpliga planteringspunkter. Till skillnad från Plantma X är dock själva planteringsaggregatet kranspetsmonterat och planteringspunkterna väljs ut genom att söka av terrängen (Figur 19). Planteringen blir därför riktad till skillnad från tidigare maskiner som antingen varit kontinuerligt eller intermittent arbetande. Målet är att

minska markstörningen från 50 % till 15 % genom att bara markbereda precis där det behövs för plantan (Skogforsk 2022a). Konceptet kräver avancerad planthantering mellan maskinens plantlager och planteringsdon vilket tidigare praktiska erfarenheter visat vara svårt att uppnå med hög, robust tillförlitlighet (Ersson m.fl. 2014, Laine & Saarinen 2014).



Figur 19. Testplattformen AutoPlant. Foto: Linnea Hansson

## Drönare

Ett mer visionärt, men inte ouppnåeligt, koncept är att använda högkapacitetsdrönare till plantering. Idag pågår flera parallella projekt där Airforestry, som grundades 2020, arbetar med att utveckla drönare som ska kunna användas i förstagallring av skog ([www.airforestry.com](http://www.airforestry.com)). Nordluft, grundat 2018, utvecklar också drönare för användning i skogs- och jordbruk ([www.nordluftautomation.com](http://www.nordluftautomation.com)).

Högkapacitetsdrönare, med stor lyftkraft, har en mängd potentiella användningsområden i skogsbruket, t.ex. spridning av gödsel och eftersläckning av skogsbränder (Hyll & Johannesson 2022). En drönare av den modell som används av Nordluft kan t.ex. bära 30 kilo och ha en flygtid på 20 minuter. Airforestrys gallringsdrönare kan bära ett skördaraggregat på 60 kilo.

Förutom sin stora lyftkapacitet och långa flygtid har högkapacitetsdrönarna förmåga att hämta in bildinformation, vilket skapar en stor potential för planteringsarbete. Drönarna skulle kunna användas för att flyga ut plantor till planteringsmaskiner men också utföra själva planeringen. Däremot är drönarna troligen inte aktuella för markberedning eftersom det ställer stora krav på effekt och vridmoment. En möjlig lösning är att kombinera autonom, självkörande markberedning (där det pågår projekt på Skogforsk) med drönarbaserad plantering.

## Markradar

Bildbaserad AI-teknik är idag på väg att utvecklas för maskinell plantering. Sådan teknik kan skapa en bild av en potentiell planteringspunkts lämplighet utifrån den markberedda ytans egenskaper. Markens undre egenskaper är dock inte möjliga att bedöma med sådan teknik. Skogforsk genomför i stället försök med markradar för att bedöma underjordsegenskaper, framför allt stenighet och förekomst av grova rötter. Bedömningen i dagsläget är att det går att detektera stenar ner till en diameter på 5–10 centimeter och som ligger upp till 50 centimeter under markytan (Skogforsk 2022b).

En alternativ och enklare teknik för bedömning av underjordsegenskaper användes redan på Silva Nova. På själva planteringsnäbben fanns en sidomonterad och vikbar platta som i planteringsbar jord veks upp och skickade en signal till maskinens styrsystem att punkten var lämplig för plantering. Om planteringsnäbben däremot slog i sten veks inte plattan upp och styrsystemet fick ingen klarsignal för plantering. Tekniken kallas penetrationssensor och används bland annat i jordbruk för att bedöma jordens luckerhet. Tekniken skulle idag kunna förfinas genom att separera penetrationssensorn från planteringsaggregatet och eventuellt montera det i separata rader av penetrationssensorer 90 grader ut från maskinens framryckning. Sensorerna mäter då före markberedningen. Med sidledes flexibla markberedningsaggregat skulle det göra Plantma X helt riktad.

## Slutsats

Utveckling av maskinell plantering har pågått i ca 60 år men ännu har metoden inte fått något större praktiskt genomslag. Ett flertal olika maskinsystem har dock sett dagens ljus i olika steg av utvecklingsansträngningarna, vilket skapat ett stort kunskaps- och erfarenhetskaptal. Delar av detta kapital används i dagens utvecklingsarbete tillsammans med ny teknologi inom framför allt sensorteknik, Artificiell Intelligens, fjärrstyrning och automation. I en andra rapport (Sundblad m.fl. 2023) beskriver vi hur detta kan appliceras på planthanteringen mellan plantskolor och maskinella planteringssystem.

## Referenser

- Adelsköld, G. & Myhrman, D. 1985. Maskinell plantering i svår terräng –Doppingen. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat nr 1.
- Bengtsson, C. 2022. Första steget mot en självgående planteringsmaskin. Södrakontakt 4/2022, s. 22–23.
- Berg, S. 1991. Studier av mekaniserade system för markberedning och plantering. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stockholm. Meddelande nr 19.
- Bracke Forest, [www.brackeforest.com](http://www.brackeforest.com)
- Bäckström, P-O. 1978. Maskinell plantering – förutsättningar, teknik, prestationer och kostnader. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Meddelande nr 13. 74 s.

- 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. SLU. Avhandling – Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. 2014:76.
- Ersson, B.T., Bergsten, U. & Lindroos, O. 2014. Reloading mechanized tree planting devices faster using a seedling tray carousel. *Silva Fennica* vol. 48 no. 2 article id 1064. 14 s.
- Forsmark, V. & Johannesson, T. 2020. Skogsvårdsföretagens rekrytering. Förutsättningar, nuläge och konsekvenser. Skogforsk, Arbetsrapport 1039–2020. 32 s.
- Hallonborg, U. 1991. Den maskinella planteringen utveckling. *Plantnytt* nr 1991:1. Avdelningen för skogsförnyelse, Skogshögskolan, Garpenberg. 4 s.
- Hallonborg, U. 1997. Aspects of mechanized tree planting. SLU. Avhandling – Acta Universitatis Agriculturae Sueciae *Silvestria*: 29.
- Hallonborg, U., von Hofsten, H., Mattsson, S., Haberg, J., Thorsén, Å., Nyström, C. & Arvidsson, A. 1995. Maskinell plantering med Silva Nova – nuvarande status samt utvecklingsmöjligheter i jämförelse med manuell plantering. Redogörelse nr 6, 1995. Skogforsk. 95 s.
- Hedman, L. & Håkansson, L. 1992. Småskalig delmekaniserad skogsplantering. *Plantnytt* 1992:1. Avd. för skogsförnyelse, Skogshögskolan, Garpenberg.
- Hyll, K. & Johannesson, T. 2022. Högkapacitetsdrönare för skogsbrandsbekämpning – förutsättningar för användbarhet. Arbetsrapport 1106-2022, Skogforsk.
- Johansson, J. & Semberg, T. 2022. Mekanisk planteringsmaskin lär sig ”se” var plantan ska sättas. Skogforsk, Kunskapsbanken nr 67-2022.
- Johnsen, T. 2019. Planteringsmaskiner för skogsplanter. Artikel #591447 i skogsforum.se.
- Kaila, S. 1984. G.A. Serlachius Oy:n istutuskone. Metsätehon katsaus 9/1984. Metsäteho, Helsingfors [G. A. Serlachius Ab:s planteringsmaskin]. 6 s.
- Laine T. & Saarinen V.-M. 2014. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. *Silva Fennica* vol. 48 no. 3 article id 1161.
- Lindholm, E.-L. & Berg, S. 2005. Energy use in Swedish forestry in 1972 and 1997. *International Journal of Forest Engineering* 16(1), 27-37.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2011. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. *Silva Fennica* 45(3), 341–357.
- Malmberg, C.-E. 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, 242–246.

- Mattsson, S., von Hofsten, H., Hallonborg, U. & Granlund, P. 1996. EcoPlanter – en studie av kranspetsmonterat planteringsaggregat. Arbetsrapport nr 339, Skogforsk. 20 s.
- Rantala, J., Harstela, P., Saarinen, V.-M. & Tervo, L. 2009. A techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. *Silva Fennica* 43(4): 659–667.
- Risutec, 2022. ASTA for contractors. <https://risutec.fi/asta-mounted-forestry-gps/>
- Sigurdh, M. 2004. Mekaniserad plantering med Eco-Planter i södra Sverige. Examensarbete nr 39, 2004. Inst. för skogens produkter och marknader, Sveriges lantbruksuniversitet. 50 s.
- Skogforsk, 2022a. AutoPlant. <https://www.skogforsk.se/nyheter/2022/autonom-skogsforyngringsmaskin-testad/>
- Skogforsk, 2022b. Radar ska bana väg för planteringsmaskin. Nyheter, 2022-01-25.
- Skogsstyrelsen, 2022. Statistikdatabas. Sysselsättning, Tabell 5: Andel självverksamhet i småskaligt skogsbruk efter åtgärd. År 1992–2020. [www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se)
- Stjernberg, E.I. 1985. Tree planting machines – a review of the intermittent, furrow and spot planting types. Feric, Special Report No. SR-31. Forest Engineering Research Institute of Canada.
- Sundblad, L-G. 2017. Gränssnittet plantskola – planteringsmaskin. I: Björheden, R. & Thor, M. (red.). Skonsam och produktiv skogsteknik. Rapport från ett treårigt program 2014–2016. Sid 60–61.
- Sundblad, L-G., Hannerz, M., Manner, J. & Ersson, B. T. 2023. Flaskhalsen – därför har maskinell plantering inte lyft. Skogforsk, Arbetsrapport 1150-2023.
- Tysklind, L. 2021. Maskinell plantering med Plantma X – Terrängegenskapernas påverkan på planteringsmaskinens planteringsresultat. Examensarbete, jägmästarprogrammet. Rapport från Inst. för skogens biomaterial och teknologi 2021:7. Sveriges lantbruksuniversitet.
- von Hofsten, H. 1996. Delmekaniserad plantering med HevoTrac. Skogforsk. Resultat nr 12.
- von Hofsten, H. 2003. Maskinell plantering – historia eller nutid? PLANTaktuellt nr 2, 2003. Sid 6–7.

## Personlig kommunikation

- Guerra, S. 2023. Professor i skogsodlingsteknik. Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP. São Paulo delstatsuniversitet. 2023-01-13.
- Wallner, A. 2022. Projektledare, Södra.