

Sammanfattning av utvecklingsarbetet i BraSatt



Denna populärvetenskapliga sammanfattning beskriver BraSatt som ett sammanhållet utvecklingsprojekt (fas 1–2) och avser perioden 2021-2025. Texten vänder sig till en kunnig, men inte nödvändigtvis tekniskspecialiserad, läsare inom skogsbruk och teknikutveckling. Den fokuserar på bakgrund, mål, teknik, resultat och lärdomar.



1. Varför BraSatt startades

Skogsbrukets förnygring har länge brottats med tre samverkande utmaningar: (1) plantöverlevnad kring 70–75 % tre år efter plantering, vilket är för lågt för att nå ambitiösa tillväxtmål; (2) behov av mer skonsam markberedning – dagens vanligaste metod som kallas harvning påverkar ofta upp till 50% av markytan trots att cirka 5 % räcker för att skapa bra planteringspunkter; (3) återkommande brist på arbetskraft eftersom planteringen är säsongsbunden och fysiskt krävande. Samtidigt har teknik inom automation, perception och robotik mognat snabbt i andra branscher. BraSatt föddes ur möjligheten att kombinera dessa tekniksprång med skoglig kunskap för att höja kvaliteten, minska markpåverkan och göra arbetet mer attraktivt. Här valde Södra att göra en insats. Det största värdet i en lyckad förnygring finns hos den enskilda skogsägaren och Södra som skogsägarförening ville göra skillnad för medlemmarna. De etablerade maskintillverkarna saknade incitament för att genomföra de stora utvecklingsstegen som krävs för att möta utmaningarna i förnygringen. För Södra handlar det om en viktig framtidsfråga när de skogar som ska stå starka även i ett förändrat klimat påbörjar sin livscykel.

2. Långsiktiga mål

BraSatts inriktning kan sammanfattas i fyra mål: (a) en hållbar, skalbar metod för skonsam markberedning och plantering anpassad för södra Sverige; (b) mycket hög planteringskvalitet med sikte på >90 % plantöverlevnad; (c) en teknikplattform som på sikt möjliggör autonomitet och hög produktivitet; (d) en utpräglad satsning på användarupplevelse så att tekniken accepteras och används rätt av entreprenörer och operatörer.

De långsiktiga målen fångas i att kunna erbjuda familjeskogsbruken precisionsförnygring med omsorg om planta, människa och natur.

3. Så byggdes helheten

Projektet bestod av flera delsystem som tillsammans formar en framtida autonom planteringsmaskin: planeringsverktyg och yttäckningsalgoritmer, planteringsmaskinen BraSatt 01 (integrationsplattformen), markberednings- och planteringsaggregatet MBPn, delsystem för autonom terrängkörning samt plantplockning med robotik. Delarna utvecklades iterativt genom labb, fältprov, demo och feedback.

4. Planeringsverktyg – dialogen mellan människa och maskin

Trots att maskinen kan köra autonomt är det alltid en människa som initierar uppdraget. Planeringsverktyget fungerar som ett gemensamt språk – ett sätt för operatören att tala om för maskinen vad den ska göra: vilka ytor som ska täckas, vilka regler som ska gälla och hur arbetet ska prioriteras och utföras. När uppdraget är igång fungerar samma verktyg i form av en webapp som maskinens röst tillbaka till människan: den visar var maskinen befinner sig, hur arbetet fortskrider och var eventuella avvikelser uppstår. På så sätt blir appen både planeringsverktyg och maskin-interface, och det skapar transparens, tillit och kontroll: människan sätter riktningen, tekniken utför.

I planeringsverktyget finns också algoritmer som föreslår hur maskinen ska köra för att nå hela förnygringsytan, sk yttäckningsalgoritmer. Algoritmerna genererar terränganpassade, parallella körstråk som täcker ytan, inkluderar backvändningar och prioriterar körbara förbindelser. Genom att minimera sidolutning och onödig körning bidrar lösningen till färre markskador och en jämnare arbetsrytm. I projektet har också algoritmer utvecklats för hur tätt planteringspunkterna bör hamna på hyggets olika delar för att nå upp till målen för antal plantor på totalen.

5. Användarupplevelse: ett starkt team av människa och maskin

Vår erfarenhet från BraSatt är att användarupplevelsen inte är en detalj – den är avgörande. När maskinen tar över det tunga och repetitiva kan operatören fokusera på helhet, säkerhet och kvalitet. Resultatet blir ett "human-machine team" där maskinens uthållighet och precision kombineras med människans omdöme, improvisationsförmåga och ansvar. En begriplig, förutsägbar interaktion (ljus, ljud, kartvy, enkla kommandon) är nyckeln till att autonoma lösningar verkligen används i vardagen.

6. Autonom terrängkörning

BraSatt visade autonom körning i hyggesmiljö med hjälp av lidar, GNSS/RTK och en beslutslogik som väljer den mest lämpliga vägen framåt i varje ögonblick. En typisk demo: maskinen följer en planerad rutt, men när ett hinder placeras ut väjer den kontrollerat och hittar tillbaka till rutten. Detta gör att operatören kan övervaka flera moment via planeringsappen i stället för att mikrostyra rörelserna.

I projektet utvecklades och testades maskinseende för omvärldsuppfattning och ruttföljning. De flesta applikationer för autonom körning som vi ser runt omkring oss har gemensamt att grundnivån, tex vägbana, gräsmatta eller betonggolv förväntas vara framkomlig och fast. I skogsmarken finns ingen förutsägbar grundnivå, markens variation är oändlig och framkomligheten behöver bedömas kontinuerligt. Lärdomar från utvecklingsarbetet är att det går att köra autonomt även i skogens komplexa miljö.

7. Plantplockning

Med 3D-vision och robotik identifieras lämplig planta direkt i kartongen och greppas varsamt innan den flyttas till planteringsaggregatet och släpps där. Systemet har testats i varierande temperaturer och ljus och hanterar både gran och tall. Södra levererar täckrotsplantor liggande i kartong och att automatisera upplockningen var ett stort genombrott i projektet. Plantmatningen är en känd utmaning och flaskhals sen årtionden tillbaka inom utveckling av planteringsmaskiner. Det har ansetts omöjligt att automatisera plantmatning från annat än kassetter. När detta genombrott gjordes patenterades lösningen och troligtvis öppnar det upp för många möjligheter framåt.

8. MBPn – från många idéer till energieffektiv automation

Utvecklingen av MBPn, dvs markberedning- och planteringsaggregatet, startade med en bred idébank: olika sätt att skapa en planteringspunkt, vända torvan, placera plantan och stänga luftfickan – och att låta allt ske automatiskt. Genom prototyper, fälttester och analys skalades antalet koncept ned tills den mest lovande lösningen utkristalliserades. Den kännetecknas av låg energiförbrukning i markinteraktionen, repeterbara rörelser, tydliga mätpunkter och att varje delrörelse kan styras av PLC. Metoden för markberedning är patenterad och tack vare att krafterna hålls inom aggregatet blir valet av bärare eller basmaskin flexibelt. Biologiskt sett blev resultatet mycket hög kvalitet på planteringspunkterna och ur ett maskinellt perspektiv en metod som lämpar sig för fortsatt trimning och mängdkörning.

Besökare på fältdemonstrationer beskrev markberedningsresultat som som "skolboksexempel" och inventeringar pekade mot en hög andel godkända planteringspunkter. Samtidigt gick projektet metodiskt vidare för att korta cykeltiden. Med filmstudier och gemensamma genomgångar av sekvensrörelser bedömdes att en full cykel kan trimmas till omkring 20 sekunder – en nivå som på allvar öppnar för operativ kapacitet. I en övergripande känslighetsanalys framstår kapacitet/cykeltid som den viktigaste faktorn, tätt följt av möjligheten att bära flera aggregat per maskin och en hög automationsgrad som möjliggör övervakning av flera maskiner per operatör.

9. Helhetsbild och betydelse

BraSatt har etablerat en teknisk helhet där planering, autonom körning, markberedning, plantplockning och planteringslogik samspelar. Delsystemen kan användas fristående (t.ex. planeringsapp och återrapport) eller som byggstenar i en framtida, mer autonom föryngring. Viktigast är kanske insikten att människa och maskin behöver formas som ett team – där tekniken skapar nya möjligheter och människan sätter ramarna.

11. Slutsatser

Projektet visar att en mer precis, skonsam och datadriven föryngring är fullt möjlig. Vägvalet att göra användarupplevelsen central och att arbeta iterativt – från många idéer till en energieffektiv, automatiserbar lösning – har varit avgörande. Utmaningar återstår inom robusthet över lång tid, industrialisering och uthållig produktionshastighet, men grunden är lagd för nästa steg mot autonom föryngring i skogsbruket.

Genom de prototyper som tagits fram i projektet har insikter om vad som är möjligt att åstadkomma kunnat visas i rätt miljö och kommuniceras. Ett av målen var att föda nya idéer inom hela föryngringsarbetet och det har lyckats. Till exempel kan flera av tekniklösningarna förbättra föryngringsarbetet långt innan en autonom planteringsmaskin står färdig, inte minst inom planeringen.

När man står på en hyggesyta och ser nyplanterade plantor som sitter i optimala planteringspunkter och dessutom håller i en skärm som visar att all data om resultatet sparas är det tydligt att viktiga steg i riktning mot bättre plantöverlevnad, skonsammare markberedning och förbättrad arbetsmiljö vid föryngring är tagna.

