



INTRESSENTMEDELSPROJEKT

2017

RÖRANDE MARKBEREDNING,
SKÖRDARDATA OCH ANDRA
DATAKÄLLOR

INNEHÅLL

Förord	3
--------------	---

MARKBEREDNING

– skonsam, attraktiv och produktiv

Inledning.....	4
Utvärdering av befintliga försöksserier	5
Systemanalyser av olika föryngringsystem	6
Uppföljning av praktiskt försök med Kovesen	8
Jämförande studie av två olika grävmaskinsskopor vid markberedning	10
Markradar – Förstudie syftande till skonsammare markberedning och minskade markskador	12

SMART SKÖRDARE

– skördardata för prognoser, skötsel och hänsyn

Inledning.....	14
Skördardatabasen – Digital infrastruktur för skördardata.....	15
Naturhänsyn i skördardata – Effektiv registrering i samband med avverkning.....	16
Terrängens inverkan på variation i virkesegenskaper – Utvärdering av olika index för topografi och hydrologi.....	18
Effektiviserad föryngringsplanering med hjälp av skördarinformation och geodata	20



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel: 018-18 85 00
skogforsk.se

FÖRORD

Under våren 2017 identifierades prioriterade forskningsområden med stor potential att nå praktisk nytta i skogen. Skogforsks styrelse satsade totalt 3 miljoner av egna fonderade medel för två projekt. Ett projekt inom markberedning ("Skonsam, attraktiv och produktiv") och ett annat som använder skördardata och andra geodata för beslutsstöd ("Smart skördare"). Projekten innehöll flera olika delprojekt och drevs i huvudsak som förstudier med målen att studera potentialen i tillämpningen samt att ge underlag för vidare forskning. Denna rapport summerar bägge projekten med samtliga delprojekt. En inledning finns för respektive projekt som beskriver delprojektens innehåll och inriktning.

Arbetet har bedrivits i samarbete mellan olika program och processer vid Skogforsk. Det har även varit samarbete med flera partnerföretag, däribland Sveaskog, Billerud-Korsnäs, SCA, StoraEnso och Södra samt maskintillverkaren Komatsu. Stort tack till samtliga medverkande.

Uppsala, februari 2018

Erik Willén, Isabelle Bergkvist, Maria Nordström & Gert Andersson

Inledning Isabelle Bergkvist & Gert Andersson

SKONSAM, ATTRAKTIV OCH PRODUKTIV

Markberedning innan plantering eller sådd är ofta avgörande för tillväxt och överlevnad i det nya beståndet. Samtidigt är åtgärden allt oftare föremål för kritik från såväl Skogsstyrelsen, miljöorganisationer och allmänhet eftersom en alltför radikal eller felaktigt utförd åtgärd kan leda till allvarliga skador på mark, vatten, forn- och kulturmiljöer samt på det estetiska värdet av skogsmark. Därför finns ett stort behov av att öka kunskapen kring befintliga system, skonsamma metoder och framtida potential vad avser markberedningsteknik och förnyingsstrategier.

Arbetet har bedrivits inom ramarna för fyra delprojekt:

- Ett effektivt sätt att nå ny kunskap är att nyttja redan befintliga försöksserier. Det kräver dock att försöken är i gott skick, inte påverkats av skötsel (t.ex. röjning) eller yttre förutsättningar (vind, snö och vilt) samt att anläggningen av försöken är väl dokumenterade. Tre olika försöksserier utvärderades med avseende på värde för kommande forskningsprojekt. Statusen inventerades enligt ovanstående kriterier. Inventeringen visade att miniplantsförsöken Grundträsk försöket samt nyligen anlagda samspelsförsök kan ha ett stort värde för framtida forskningsprojekt.
- Med syftet att generera ytterligare kunskap om produktivitet och framtidspotential i olika förnyringssystem genomfördes en processkartläggning och systemanalys av markberedningsmetoder kombinerat med olika förnyingsstrategier. Målet var att teoretisk utvärdera hur systemen förhåller sig till varandra avseende kostnad och arbetstid samt framtida potential i att nå en skonsam, attraktiv och produktiv förnyring.
- Alternativet till att sänka kostnaden vid skonsammare/riktade metoder för markberedning är att göra kontinuerligt framryckande och effektiva metoder mer skonsamma. Fokus har under lång tid riktats mot att skapa en kontinuerligt framryckande markberedning med låg markpåverkan, Kovesen. Projektet har nått en milsten där beslut krävs kring kommersiell tillverkning eller inte. I samverkan med skogsbruk och tillverkare har Skogforsk utvärderat tester där Kovesen jämförts med vedertagen teknik (harv och högläggare) avseende kvalitet, markpåverkan och framtida potential.
- Slutligen har ett pilottest genomförts där markradar testats för att utvärdera möjligheter att effektivisera styrsystem och i framtiden höja kvalitet och produktivitet i förnyringen.

UTVÄRDERING AV BEFINTLIGA FÖRSÖKSSERIER

Jörgen Hajek

Inom skogsbruket används olika metoder och tekniker vid markberedning som framförallt kan delas i två olika grupper, dragna metoder (harv, högläggare) och riktade metoder (kranmonterade aggregat). De dragna metoderna är effektivare och därigenom också billigare medans de riktade metoderna ger selektiv markberedning där enbart de bäst lämpade planteringspunkterna markbereds, vilket också ger mindre markpåverkan.

Resultatet efter olika markberedningsmetoder liksom hela föryngringsprocessen skulle dock behöva studeras och utvärderas mer för att ge mer kunskap och tydliggöra hur olika metoder och strategier kan kombineras för en maximerad produktivitet i föryngringsarbetet. Utläggning av nya studier är dock dyrt och framförallt tidsödande (eftersom de kan utvärderas först vid slutröjning) vilket öppnar för att nyttja äldre/befintliga försök där anläggningsförfarandet dokumenterats noggrant. I detta projekt inventerades därför tre olika försöksserier med syftet att utvärdera om de skulle duga som underlag för nya revisioner med syfte att utvärdera samspelseffekter mellan markberedning, plantstorlek, näringstillförsel och plantskydd mm. Nedan följer resultatet i form av beskrivning och framtida värde för en revision av respektive försök.



FOTO: JÖRGEN HAJEK/SKOGFORSK

MINIPLANTSFÖRSÖK

Under perioden 2002 till 2007 anlades en serie med 13 försök i Norrland där plantor av olika storlek planterades i olika typer av markberedningspunkter. Syftet var få kunskap om det fanns någon interaktion mellan plantans storlek och planteringspunktens beskaffenhet för plantans etablering. Gradienten för planteringspunkten var i spannet från ej markberett till omvändtorva med mineraljord.

För varje planta definierades planteringspunkten och under de 3-6 första åren efter plantering inventerades alla plantor avseende vitalitet, skador och höjdtillväxt årligen. Totalt planterades 16 000 tallar och 10 000 granar i försöken. En revision av dessa försök skulle ge värdefull information om hur plantans storlek och planteringspunkt påverkar beståndets utveckling och röjningsbehov på olika marktyper 10 - 15 år efter plantering för tall och granplantor.

GRUNDTRÄSKFÖRSÖKET

I Grundträsk anlades 1993 ett försök på lavdominerad mark med plantering efter olika markbehandling mm. Studieleden innehöll variation av trädslag (tall och contorta), markberedningsmetod (ej markberett, högläggning och plöjning) samt näringstillförsel. Under 5 - 6 år gödslades en del plantor årligen och vid revisionen 10 år efter plantering registrerades tydliga effekter på tillväxt för både markberedningsmetod och gödslings effekter. En revision gjord vid 20 års ålder kan användas för att beräkna den långsiktiga effekten av markberedningsmetod och gödsling.

SAMSPELSFÖRSÖK

Hösten 2016 anlades tre försök i Västerbotten med syfte att studera om det finns samspelseffekter mellan plantornas förädlingsgrad och kvaliteten på planteringsstället. I försöken användes tre olika planttyper/förädlingsgrader och tre markberedningsmetoder varav ett är omarkberett. Genom att revidera försöken hösten 2019 skulle värdefull kunskap erhållas om samspelseffekter och planteringsställets betydelse för plantornas etablering.

SLUTSATS

Enligt den genomförda inventeringen skulle ovanstående försöksserier fungera fint som underlag för utvärdering av etableringsresultat, värdeskapande och miljöpåverkan vid olika föryngringsstrategier.

SYSTEMANALYSER AV OLIKA FÖRYNGRINGSSYSTEM

Isabelle Bergkvist, Tomas Johannesson & Lars Eliasson

En svårighet med att skapa ”skonsam, attraktiv och produktiv” markberedning och föryngring är att skonsamma metoder ofta innebär relativt höga föryngringskostnader. Riktade metoder anses t. ex. oftast skonsammare jämfört med kontinuerligt framryckande metoder (harv eller högläggare) men innebär i vissa fall upp till 5 gånger så dyr markberedning. Utvärderas etableringsresultat, värdeskapande och miljöpåverkan för hela föryngringskedjan kan dock jämförelsen bli gynnsammare för riktade metoder.

Med hela föryngringskedjan menas åtgärder och skogsutveckling fram till slutröjning. Riktade metoder gynnas vid en sådan jämförelse tex av att mindre markpåverkan ger ett lägre slyuppslag och därmed lägre röjningskostnader. Dessutom kan man vid en skonsammare riktad markberedning skapa högre kvalitet i planteringspunkterna då dessa kan anläggas där förutsättningarna är som bäst. En högre kvalitet i planteringspunkterna skulle kunna innebära att färre planter kan sättas. Kombinerat med högre förädlingsgrad skulle detta kunna ge bättre tillväxt och högre värdeskapande. Frågan är hur mycket högre kostnad för markberedning systemet tål förutsatt högre kvalitet och lägre framtida kostnad samt vad finns det för framtida potential i föryngringsarbetet? För att på ett enkelt sätt utvärdera potentialen utan omfattande praktiska studier kan teoretiska simuleringar

och systemanalyser genomföras och om detta visar tillräcklig potential för ett system finns möjlighet att gå vidare med praktiska studier. I denna pilotanalys har tre olika system analyserats utifrån en konventionell maskinkalkyl och tillgänglig kunskap om respektive system. Systemen utvärderades avseende kostnad och tid för ett markberett och planterat hygge.

Initialt genomfördes en processkartläggning och urval/ beskrivning av tre olika föryngringsmetoder. De generella system som valdes var

- Traditionell föryngring med kontinuerligt framryckande markberedning (harv eller högläggare) och manuell plantering
- Riktad markberedning med manuell plantering
- Riktad markberedning integrerad med maskinell plantering (typ Bracke p11)

Processen och hur den påverkar olika system beskrivs i tabell 1.

I systemanalysen kombinerades processkartläggningen med maskinkalkyler med syftet att utvärdera hur systemkostnaden påverkades av de olika faktorerna i föryngringsprocessen.

Tabell 1. Processkartläggning

Process	Kommentar
Framryckningshastighet, m/min	Framryckningshastigheten är betydligt högre hos kontinuerligt framryckande än hos riktade metoder (mer än 10 ggr så hög).
Arbetsbredd, m	En harv eller högläggare arbetar med 2-3- eller 4-radiga aggregat med ca 2 m mellan planteringspunkterna. Riktade metoder kan nyttja hela kranlängden (ca 7 m).
Körsträcka, m/ha	Körsträckan för de kontinuerligt framryckande metoderna blir mellan 1,5 och 2 ggr så hög som körsträckan för de riktade metoderna.
Medelprestation, ha/h	I och med högre framryckning blir ändå de kontinuerliga metoderna betydligt effektivare (ca 8 ggr så effektiv).
Tidsåtgång plantering, h/ha	Integrerad maskinell plantering innebär att ett arbetsmoment tas bort.
Yttre påverkan, beståndsfrutsättningar	
Traktstorlek, ha	Hur påverkar arealen de olika systemen?
Avstånd mellan objekt, mil	Storlek på objekt samt avstånd mellan objekt påverkar flyttid och flyttkostnad vilket ger olika effekt på olika system.
Mark förh. (GYL), slaglängder, övriga hinder	Dåliga markförhållanden innebär störst negativ påverkan på system med hög framryckning.
Plantantal per ha (beställning)	Kan högre kvalitet på planteringspunkterna i de riktade metoderna möjliggöra att antalet planter per ha kan minskas?

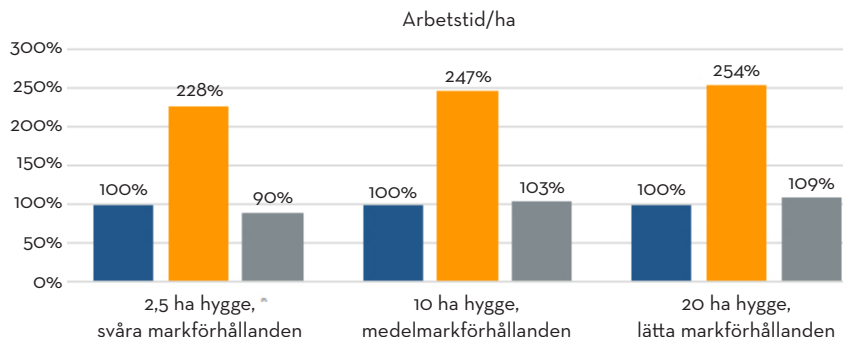
RESULTAT

I grundanalysen har samma förutsättningar för de olika systemen använts avseende plantbeställning och flyttkostnad per tillfälle mm. Arbetstiden innefattar såväl tiden för markberedning som tiden för manuell plantering. I systemet med integrerad maskinell plantering blir därför tidsåtgången betydligt lägre (arbetstimmar/ha) i nivå med traditionell

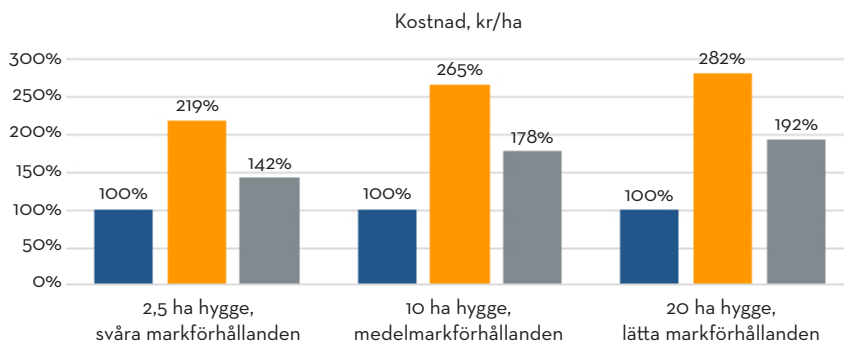
föryngring trots att antalet maskintimmar är betydligt högre (figur nedan).

Ser man till kostnaden per ha är den traditionella metoden betydligt billigare i dagsläget. Störst potential har dock de riktade metoderna på små objekt med svårare förhållanden (figur nedan).

Tidsåtgång per ha vid tre olika beståndsförhållanden. Förklaringar av staplar se nedan.



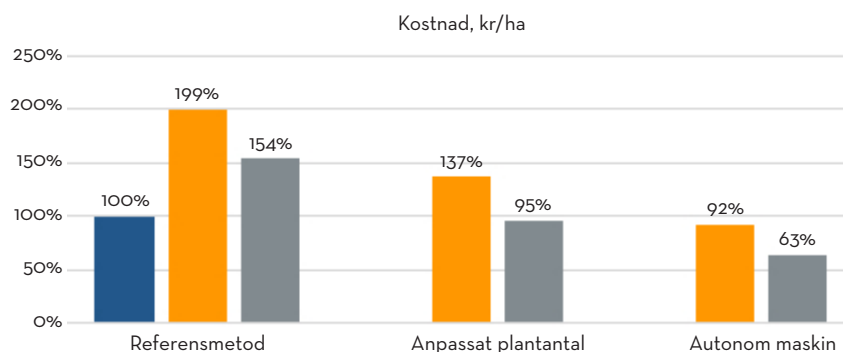
Tidsåtgång kostnad per ha vid tre olika beståndsförhållanden. Förklaringar av staplar se nedan.



ANALYS

I jämförelsen av tidsåtgång per ha är traditionell föryngring likvärdig med det integrerade systemet, vilket indikerar en potential att öka konkurrenskraften om systemkostnaden kan minskas. Ett sätt att minska systemkostnaden är att utveckla en autonom maskin vilket minskar arbetskostnaden i maskinkalkylen (i denna analys har arbetstiden/maskintid halverats då det ändå krävs en operatör, i alla fall inledningsvis) Fördelarna med de riktade systemen är dessutom högre

kvalitet på planteringspunkterna vilket skulle kunna medföra minskning av plantbeställningen per ha då etablering och överlevnad kan antas vara högre efter dessa system. I figur 3 har mittalternativet i figur 1 och 2 (10 ha hygge och medelsvåra förhållanden) använts som referensmetod och jämförts med minskning från 2200 plantor per ha till 1500 plantor per ha samt potential i en autonom maskin för de riktade metoderna.



■ Traditionell föryngring ■ Riktad markberedning/manuell plantering ■ Riktad markberedning integrerad med maskinell föryngring

SLUTSATS Att göra en systemanalys byggd på en maskinkalkyl innebär en del antaganden såväl i processkartläggning som i själva maskinkalkylen. Antagandena i denna analysen bygger dock på erfarenheter från studier och uppföljning. Det är också en rent teoretisk jämförelse och i praktiken så påverkas systemen av fler variabler som inte tagits hänsyn till här. Denna systemanalys visar dock en tydlig potential för de riktade systemen vid anpassat plantantal och möjlighet att arbeta med t.ex. autonoma system.

UPPFÖLJNING AV PRAKTISKT FÖRSÖK MED KOVESEN

Gert Andersson, Torbjörn Brunberg
& Hagos Lundström

På uppdrag av STSG, Skogsvårdstekniska samverkansgruppen, har Skogforsk medverkat i sammanställning av resultat från en praktisk jämförelse av markberedning med tre olika aggregat. Skogforsks provbänk "Kovesen" har jämförts med konventionell harv och högläggare.

Syftet med markberedningsförsöken var att kartlägga kvaliteten hos planteringspunkterna efter "Kovesen", en harv och en högläggare. Kvaliteten definierades därvid som andelen godkända planteringspunkter och andelen påverkad markyta.

Markberedningen genomfördes under hösten 2017 på sex olika lokaler i Småland och Medelpad. De maskiner som deltog i försöken var "Kovesen", en harv och en högläggare. Alla tre maskinerna kördes på samma objekt på så sätt att slagen låg varvade intill varandra för att bli så jämförbara som möjligt. Vid inmätningen av planteringspunkterna användes en instruktion som gjorts av SCA. Likaså användes SCA:s definitioner av vad som ansågs vara godkända punkter. Bedömningen genomfördes av Göran Nordkvist från SCA som har stor erfarenhet av uppföljning av markberedningsarbete.

Inventeringen av planteringspunkterna gjordes som en totalinventering av markberedningsspåren. För Kovesen och harven lades ett måttband ut och för varje meter gjordes en bedömning. För högläggaren kartlades varje hög. Denna kan innehålla fler än en planteringspunkt om den ligger mer än 1 meter från den första. Inventeringen gjordes av det vänstra av de två spåren och markpåverkan mättes på var 10:e meter.

De tre objekt som inventerades i Småland var av marktypen frisk, ett objekt hade förhållandevis mycket ris. Objektet hos SCA hade marktypen "frisk" förutom ett objekt som var fuktig. De valda hyggena var relativt lätta med lutningsklassen 1 och ytstrukturklassen 2. Resultatet från studien kommer utvärderas av beställargruppen STSG och kommer redovisas under våren 2018.

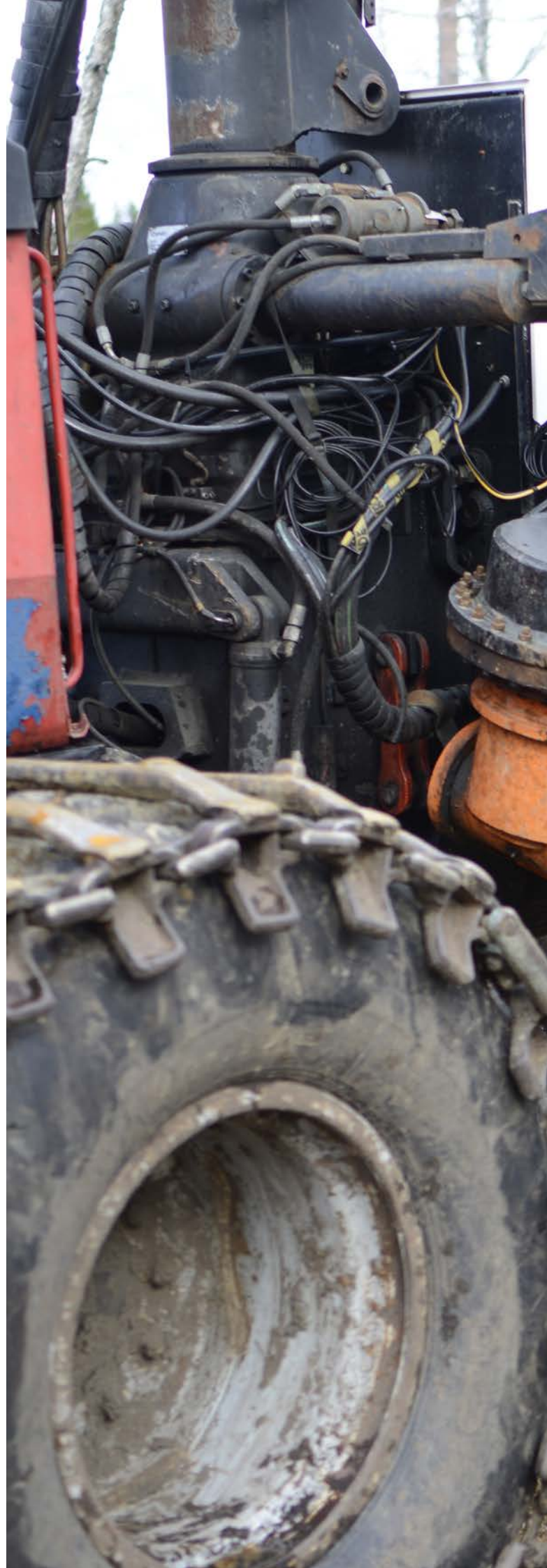






FOTO: TOMAS JOHANNESON/STOCKFORSK

JÄMFÖRANDE STUDIE AV TVÅ OLIKA GRÄVMASKINSSKOPOR VID MARKBEREDNING

Mikael Andersson & Tomas Johannesson

I detta arbete har en jämförande studie genomförts för att klargöra eventuella skillnader i prestation och markpåverkan mellan två olika breda grävmaskinsskopor vid markberedningsarbete. Studien har genomförts under hösten 2017 på Bergvik skogs marker i Klingsbo utanför Tierp. I studien har markberedning skett på markområden indelade i tre olika svårighetsklasser från lätt till svår, där de "svåra" områdena på grund av den rikliga förekomsten av sten och block bedöms omöjliga att markbereda med andra metoder än grävmaskin. De två skoporna som jämfördes hade olika bredd. Den "smala" var 62 cm och den "breda" var 73 cm. Resultatet visar inga egentliga skillnader i prestation. Dock inväntas inventeringen av planteringspunkterna innan det slutgiltiga resultatet kan presenteras för prestation och markpåverkan.

Området bestod av en föryngringsavverkad yta om cirka 40 hektar. Området hade varierande förutsättningar bestående av ytor med i stort sett endast stenblock till områden med djupa torvmarker.

Målet var att skapa ett balanserat underlag med provområden för att kunna jämföra effekten av skopornas olika bredd. Målet var i första början att köra 18 områden där jordhögar pytsades ut samt 3 områden med fläckmarkberedning. Detta ändrades under studien till att totalt omfatta endast 16 + 2 områden. I analysen för samtliga svårighetsklasser sammantaget antyds att den breda skopan möjligen ger en något högre prestation än den smalare skopan ($P = 0,05$). Modellen ger dock endast en mycket låg förklaringsgrad ($r^2 = 0,13$) vilket innebär att resultatet ska tolkas ytterst försiktigt. Det går ej heller att uttolka några interaktioner mellan resultaten från "skopa" och "mark".

Analysen visar dock tydligt att det finns skillnader i prestation mellan de olika svårighetsklasserna ($P < 0,001$).

Tabell 1 visar tider i centiminuter för att skapa planteringshögar med de olika skoporna i de olika svårighetsklasserna. Standardavvikelsen visas inom parantes. Signifikansen (p-värdet) visas inom dubbla parenteser.

	Bred	Smal	p
Svår	28,86 (23,67)	31,42 (28,65)	NS ((0,64))
Mellan	20,32 (11,40)	23,05 (14,01)	NS ((0,15))
Lätt	15,82 (8,28)	17,71 (10,76)	NS ((0,09))
Samtliga			((0,05))

I jämförelse av hur många högar som skapades med respektive skopa under en arbetscykel framkommer inga säkerställda skillnader ($P = 0,16$). För detta genomfördes analysen endast i ett steg (tabell 2) och även här var modellens förklaringsgrad mycket låg ($R^2 = 0,13$).

Tabell 2 visar antalet skapade planteringshögar med de olika skoporna i de olika svårighetsklasserna. Standardavvikelsen visas inom parantes. Signifikansresultat visas inom dubbla parenteser.

	Bred	Smal	P
Svår	2,44 (0,91)	2,27 (0,98)	NS ((0,21))
Mellan	3,01 (1,02)	3,11 (1,06)	NS ((0,49))
Lätt	3,49 (1,11)	3,21 (1,03)	NS ((0,06))
Samtliga			NS ((0,16))

SLUTSATS

Detta är en liten och mycket begränsad studie och syftet var att ge en bild av potentialen i att anpassa teknik och metoder efter olika förutsättningar snarare än att kunna dra slutsatser om vilken teknik eller metod som är "bäst". I denna studie skulle detta kunna ge en uppfattning om hur man kan anpassa teknik (bredden på grävmaskinsskopa) utifrån om man vill uppnå maximalt antal högkvalitativa planteringspunkter alternativt göra så liten markpåverkan som möjligt till samma kostnad.



FOTO FRÅN RADARTEAM

MARKRADAR

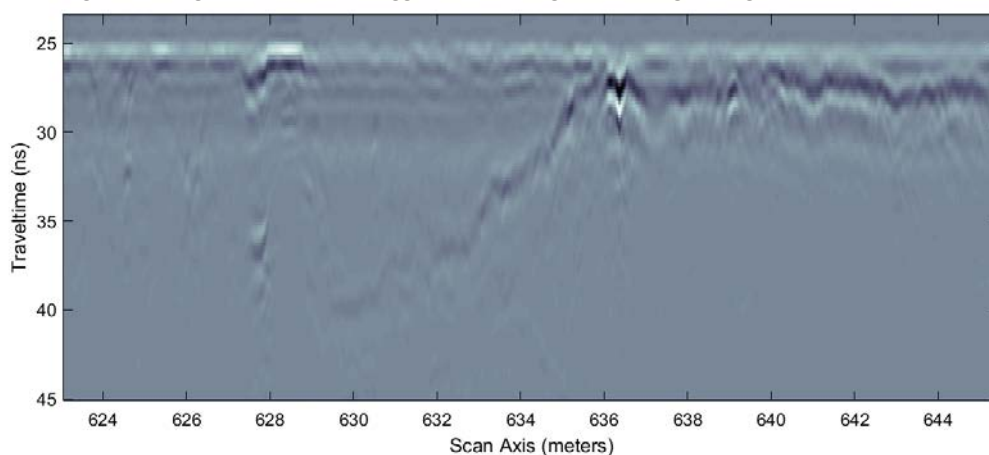
FÖRSTUDIE SYFTANDE TILL SKONSAMMARE MARKBEREDNING OCH MINSKADE MARKSKADOR

Mikael Andersson & Tomas Johannesson

Idag saknas enkla, korrekta och effektiva verktyg för bedömning av block-kvot, stenförekomst, textur och bärighet i den svenska skogsmarken. Bristande vetenskap om detta leder ofta till att val av skötsel- och markberedningsmetoder försvåras. Det kan även ge svårigheter att arbeta med optimala maskin- och aggregatinställningar under kontinuerlig drift vid markberedningsarbetet.

Detta arbete syftar därför till att utvärdera olika tekniker som i en utökad tillämpning kan resultera i förbättrade förutsättningar för minskade markskador och skonsammare markberedning. Tillika kan en ökad kunskap ge ett bättre underlag för en optimerad skogsskötsel.

Figur 1. Radiogram från morän. Lägg märke till berghällan som går i dagen mellan 630 och 635m.



KÄND OCH ETABLERAD TEKNIK

Användande av markradar har förekommit under lång tid inom olika tillämpningar t.ex. vid vägprospekteringar, arkeologi mm. Däremot saknas kunskap om teknikens möjlighet att användas för beräkningar av bärighet eller marktäckets bearbetningsmotstånd.

I studien utfördes fältmätningar med två olika utrustningar från två olika tillverkare. Totalt mättes ca 1000 meter uppdelat på olika delsträckor med varierande markförhållanden. Av dessa ingår cirka 300 meter med känd karaktär. Indatat ligger till grund för kommande analyser och utvärdering.

Bild 1 visar den markradarutrustning - Cobra CBR, som användes från Radarteam, och bild 2 visar en - Malå GX Guideline Geo från Malå Geo Science (ingen av bilderna kommer från de aktuella försöken). Markradarenheterna är egentligen likartade till både handhavande och utseende.

Båda utrustningarna arbetar med flera radarfrekvenser och är utrustade med fältdatorer för radiograminsamling. För positioneringen används differentiell GPS (DGPS), med en noggrannhet <1m på öppna ytor. Vid mätning dras markradarapparaturen i stråk över det intressanta markavsnittet. Vid mätning av ett flertal stråk så kan man skapa en 3-dimensionell genomskärning över markavsnittet. mer noggranna analyser av indatat kommer att ske under våren 2018 men preliminära tolkningar visar på en trolig potential att med hjälp av tekniken kunna ge bättre bild av olika markförhållanden.

VISION

Om tekniken visar sig användbar och att analys av indata kan ske i realtid kan informationen bli en viktig del för framtida maskinstyrningssystem ex. med aktivt anpassade tryck för markberedningsaggregat eller som källa för bärighetsinformation i ett autonomt maskinarbete. Det är rimligt att tro att markradartechniken i närtid kan komma att utvecklas till billigare, robustare och mer tillämpad apparatur än de som används idag.

PRELIMINÄRA MÄTNINGAR

I figur 1 visas ett utsnitt av en längre mätning, vid ~628m finns ett större stenblock under marken och längre bort vid 635m går berggrunden i dagen. Figuren är okalibrerad men skalan är i storleksordningen dm/ns.

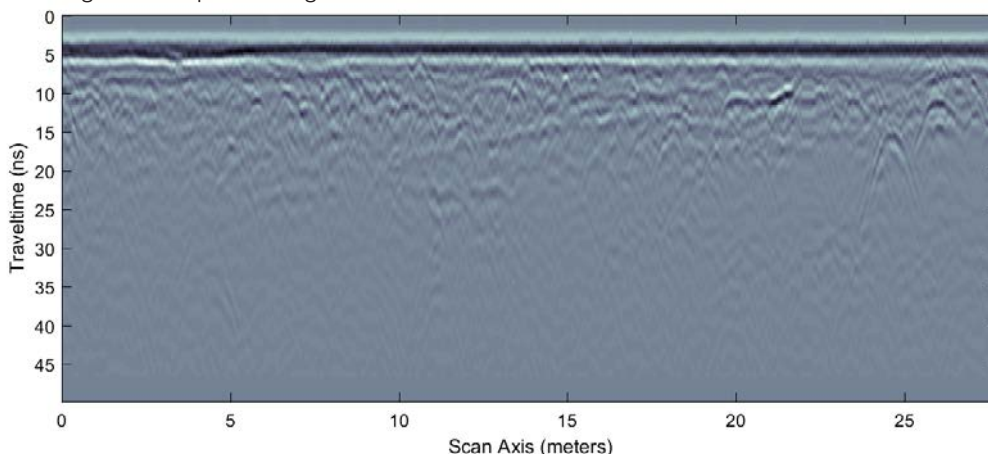


FOTO FRÅN MALÅ GEO SCIENCE

Figur 2 visar ett exempel på en inmätt vägbank om cirka 30 längdmeter. Strax före och strax efter 25 meter på X-axeln syns två stycken vägtrummor. Den översta ligger cirka 70 cm under vägbanan.

I båda radiogrammen kan man se olika strukturer under markytan en frågeställning för detta projekt är om man med hjälp av bildanalys eller andra beräkningar kan säga något om markens beskaffenhet. Ett åtråvärt resultat vore om man kunde få ett kvantitativt mått på förekommande block och stenstorlek.

Figur 2. Exempel med vägtrummor th i bild.





Inledning Maria Nordström & Erik Willén

SMART SKÖRDARE

SKÖRDARDATA FÖR PROGNOSE, SKÖTSEL OCH HÄNSYN

Digitaliseringen av skogsbrukets operationer skapar möjligheter att använda den stora mängd data som kontinuerligt genereras av skogsmaskiner och hanteras i olika IT-system för att åstadkomma förbättringar av både effektivitet och kvalitet i operationerna. Skördardata som genererar detaljerad information om varje enskild stock som produceras spelar en central roll.

Den satsning som gjorts med intressentmedel under 2017 har gjort det möjligt att förbättra Skogsforsks digitala infrastruktur för att hantera och processa skördardata samt testa ett antal nya tillämpningar tillsammans med andra geodata. Delprojektet Smart skördare har bestått av följande delprojekt:

- **Skördardatabas** - Utveckling av och kompetensuppbyggnad kring Skogsforsks forskningsdatabas för att hantera och processa stora mängder skördardata.
- **Geodata för fjärranalysskattningar** - Geodata, t.ex. information om markens topografi, har potential att i kombination med fjärranalys- och skördardata förbättra skattningar av skogliga egenskaper. Delprojektet har undersökt hur topografien i ett avgränsat område kan beskrivas i form av ett index och hur ett sådant index påverkar skogliga skattningar.
- **Effektiviserad föryngringsplanering** - Prototyp till beslutsstödsmodell baserat på skördardata och markfuktighetskartor för ökad ståndortsanpassning vid planering och genomförande av föryngringsåtgärder. Modellens förslag har sedan jämförts med fältkartering.
- **Naturhänsyn i skördardata** - Förstudie av hur dokumentation och utvärdering av lämnad naturvårdshänsyn kan effektiviseras med hjälp av produktionsdata från skördare. Inom delprojektet har registrering av högstubbar och evighetsträd implementerats i tre skördare.

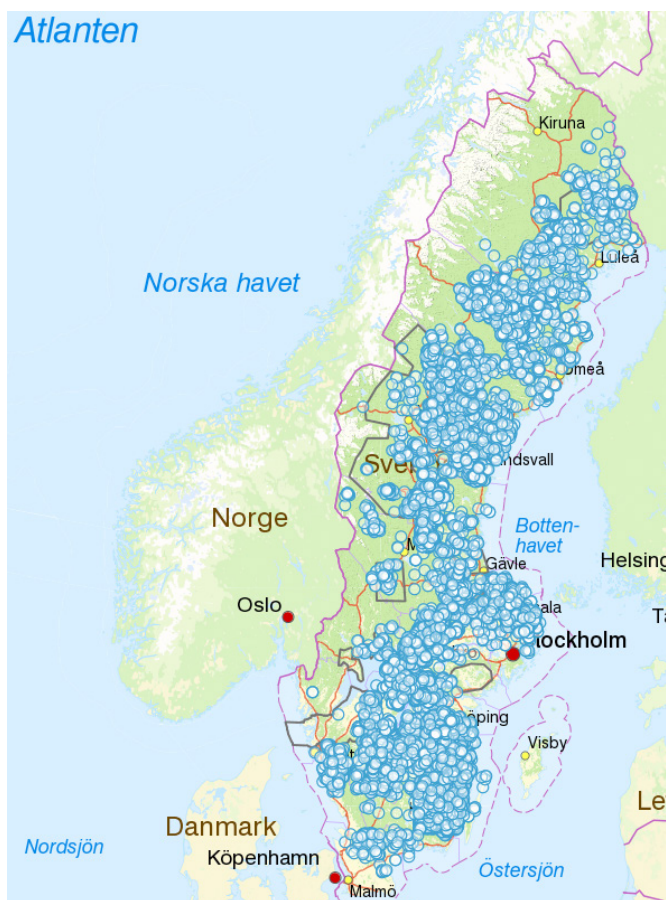
Arbetet har skett i nära samverkan med skogsföretag och maskintillverkare.

SKÖRDARDATABASEN

DIGITAL INFRASTRUKTUR FÖR SKÖRDARDATA

John Arlinger, Nazmul Bhuiyan, Johan J. Möller,
Maria Nordström, Jon Söderberg & Ingemar Eriksson (Forbis)

Detaljerade produktionsdata från skördare har inneburit en smärre revolution för skogsbrukets möjligheter att kunna göra högupplösta analyser av produktionen och konstruera modeller för beslutsstöd som kommer att kunna effektivisera skogsbruket väsentligt och göra verksamheten mer precis. Skogforsk har byggt upp en databas för forskningsändamål som i och med den särskilda satsningen kommer att göra skördardata tillgängliga och hanterbara för olika tillämpningar.



Skördardatabasen innehåller idag flera miljoner stockar från virkesskörd i Sverige.

Moderna skördare registrerar en detaljerad, standardiserad beskrivning av varje stock som produceras vid virkesskörd. I beskrivning ingår information om t.ex. trädslag, dimensioner, sortiment och geografisk position. Tillgången till dessa data i stor skala utgör en grundbult i digitaliseringen av skogsbruket då de, utöver att utgöra underlag för högupplösta analyser av skörden, kan användas som indata i olika typer av modeller och beslutsstöd för t.ex. utbytesprognoser, gallringsuppföljning och skogsvårdsinsatser.

För att kunna fånga potentialen i skördardata behövs metodik för att hantera stora datamängder. Skogforsk har under de senaste två åren arbetat med en databas för forskningsändamål som möjliggör effektiv hantering av skördardata och utgör ett kraftfullt verktyg för beräkningar. Den särskilda satsningen under 2017 har resulterat i följande:

- Skogforsk har nu en stabil, intern infrastruktur i form av en databas för skördardata som kan hantera stora mängder data samt göra avancerade beräkningar på ett effektivt sätt. Detta kommer underlätta för befintliga och kommande projekt som bygger på användning av skördardata.
- Kompetensutveckling av egen personal kring hantering och utveckling av databasen.
- Leverans av skördardata till övriga delstudier i den särskilda satsningen.
- Framtagande av dokumentation av databasens olika funktioner samt en plan för förvaltning av databasen.
- Ökad samverkan mellan olika delar av Skogforsk, vilket har berett marken för nya tillämpningar baserade på bland annat skördardata framöver.

Databasen för skördardata kommer fortsätta utvecklas framöver, och nya data som exempelvis olika typer av skogsindustriella data, skotardata, kvalitetssäkringsdata m.m. kommer att integreras i infrastrukturen efterhand som de efterfrågas.

NATURHÄNSYN I SKÖRDARDATA

EFFEKTIV REGISTRERING I SAMBAND MED AVVERKNING

Johan J. Möller & Jan Weslien

Skogsbrukets metoder och ideal har förändrats under de senaste tre decennierna. Förr var skogsbrukets viktigaste mål att producera värdefullt virke. Idag finns också andra mål som väger lika tungt, t.ex. att bevara en rik flora och fauna i skogen. En av de största förändringarna är att kalhygget har försvunnit. Idag lämnas levande och döda träd, enskilda eller i grupp, vid all avverkning. Detta började på 1990-talet och har pågått i snart 25 år.

Sedan mitten på 1990-talet har cirka 4 miljoner hektar avverkats med lämnad hänsyn. Hänsynen utgörs mestadels av döda och levande träd från det tidigare beståndet och levande träd som högkapats. Dessa finns fördelade på olika sätt, enskilda spridda eller i grupp. Mängden varierar från bestånd till bestånd beroende på trädslagblandning, topografi och förekomst av speciella miljöer (t.ex. våtmarker, vatten, berg mm). Större hänsynsytor brukar snitslas bort från trakten medan mindre trädgrupper, högstubbar och evighetsträd väljs av skördarföraren.

Dokumentation av avverkningshänsyn kan göras på olika sätt och med olika syften. För vissa skogsägaren kan det vara viktigt att dokumentera för framtiden var och med vilket syfte hänsynen lämnats. För större bolag och organisationer är det viktigt att ha god kvalitet på data vid uppföljningar av interna mål och extern granskning, t.ex. vid certifiering. Skogsägaren har mer eller mindre bra data på det som lämnats medan externa inventeringar inte sällan fokuserar på "misstagen", dvs det som avverkats (men borde ha lämnats enligt inventeraren). En objektiv dokumentation av vad som skördats och vad som lämnats skulle underlätta kommunikationen vid sådana dispyter. En del data för sådan dokumentation kan samlas in av skördaren.

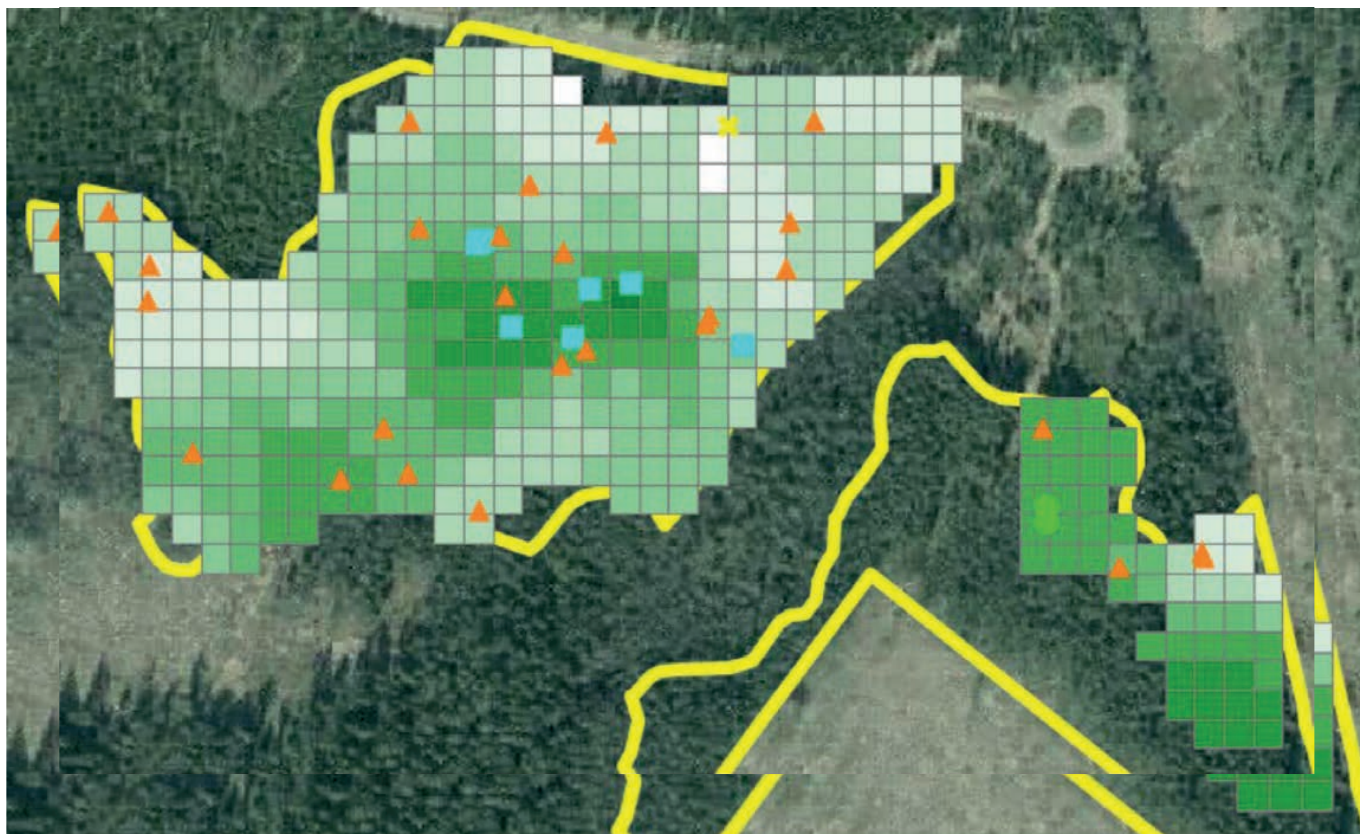
Vid avverkning genererar skördaren data för enskilda trädets brösthöjdsdiameter, stockdimensioner, trädslag- och beräknade trädhöjder samt lägeskoordinater. Registrering och lagring av dessa data följer informationsstandarderna för skogsmaskiner, StanForD 2010. En systematisk återföring av informationen till beståndsregister och planeringssystem gör det möjligt att öka kvaliteten på registeruppgifterna och samtidigt minska kostnaderna för datainsamling och planering av återväxtåtgärder.

Under de senaste åren har Skogforsk jobbat aktivt med att utveckla användningen av skördardata för att använda vid uppföljning och planering av efterkommande arbetsmoment. I dessa studier ingår även metodik för precis bestämning av beståndsvariabler som behandlad areal, beräkning av SI (övre höjd) och rötfrekvenskartering. Inom ramarna för dessa projekt har moduler utvecklats där StanForD 2010-data bearbetas och lagras ner enligt standarden Forestand. Därigenom är det idag möjligt att läsa in och uppdatera företagens register med skördardata, vilket idag testas i praktisk drift av Sveaskog.

Delprojektets huvudsakliga syfte var att effektivisera insamling av naturvårdsdata i samband med skördaravverkning genom att använda skördaren till att samla in data om lämnad naturvårdshänsyn. Målet är att använda insamlade data vid avverkning i kombination med tidigare inventerad (planerad) naturvård för att bättre beräkna och dokumentera lämnad hänsyn. Ett andra mål har varit att tillsammans med skogsföretag och maskintillverkaren Komatsu implementera och testa standardiserad datainsamling enligt StanForD 2010 med så kallade stamkoder. Komatsu har, som en följd av projektet, anpassat sin skördarprogramvara för att i samband med avverkning enkelt kunna registrera naturvårdsdata genom implementering av stamkoder enligt StanForD 2010 version 3.1. I och med detta kan förarna registrera egen-definierade data i samband med avverkning.

I ett första steg så har tre skördare uppdaterats med den nya programvaran enligt följande: Sveaskog en gallrings-skördare som registrerar information om lämnad hänsyn i gallring (högstubbar och evighetsträd), BillerudKorsnäs en slutavverknings-skördare som registrerar information om lämnade högstubbar och trädgrupper. Den tredje maskinen är en slutavverknings-skördare som avverkar för Stora Enso och de registrerar högstubbar, trädgrupper, nya kulturobjekt och nya överfarer. I samband med registreringen så sparas tidpunkt och koordinat. För högstubbar så registreras också trädslag och trädets diameter vid kap.

Parallellt med Komatsus utveckling har Skogforsk jobbat vidare med att få till en obruten digital kedja genom att överföra skördarnas StanForD-data till Forestand-data som kan läsas in i företagens register. I detta projekt har främst koder som ska användas hanterats.



Test med registrering av högstubbar och nyupptäckta kulturobjekt med stamkoder i skördaren i samband med en slutavverkning i norra Uppland. I exemplet visas 26 högstubbar (4,7 st/ha). Dessutom har ett naturvärdesträd (evighetsträd) och två trädgrupper registrerats.

Ladda kartbild		Ladda gränser		» Avancerade inställningar			
<input checked="" type="checkbox"/> Visa naturvårdshänsyn i tabell	<input type="checkbox"/> per hektar						
	Totalt	Tall	Gran	Björk	Contorta	Övrig	
Antal högstubbar (st)	26	11	10	5			
Antal kulturstubbar (st)	8						
Antal evighetsträd (st)	1						
Antal trädgrupper (st)	2						

Det främsta resultatet av delprojektet så här långt är att ännu en länk i den digitala kedjan tillförts genom att det snart automatiskt går att få skogliga register uppdaterade, med av skördarförarna registrerade naturvårdsdata.

Ovan visas ett exempel på högstubbar och evighetsträd som registrerats i en gallring. Utifrån skördardata kan vi sedan beräkna antal lämnade högstubbar per hektar och även få fram var de finns i skogen, vilka trädslag de har och hur grova de är. I kommande projekt kan analyser utföras för att se om det automatiskt går att beräkna lämnad hänsyn baserad på skördardata och tidigare planerad hänsyn.

SLUTSATS

Förutsättningar finns för att effektivisera planering och uppföljning av naturvårdshänsyn genom registrering av lämnad och nyupptäckt hänsyn i skördardata.



TERRÄNGENS INVERKAN PÅ VARIATION I VIRKESEGENSKAPER

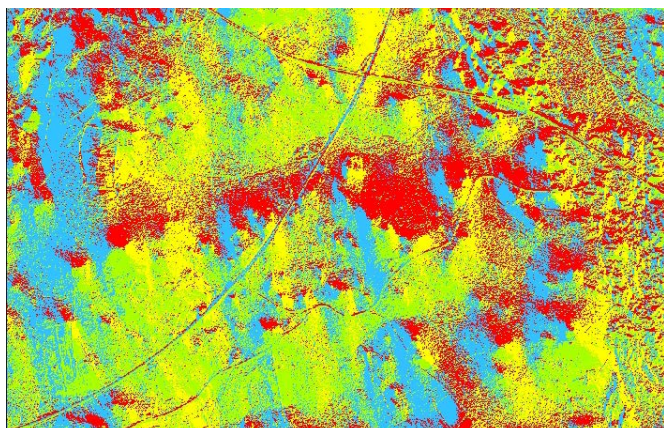
UTVÄRDERING AV OLIKA INDEX FÖR TOPOGRAFI OCH HYDROLOGI

Jon Söderberg

Skogens tillväxt och kvalitet påverkas starkt av växtplatsen, därför är information om lokala topografiska och hydrologiska förhållanden intressanta för att förklara variationer i virkesegenskaper. Den nationella höjdmodellen, som karterats i detalj med hjälp av Lantmäteriets flygburna laserskanning erbjuder möjligheten att kartera topografi och hydrologi i skogsmarken.

I delprojektet undersöktes hur geodata tillsammans med fjärranalys- och skördardata möjligen kan förbättra skattningar av skogliga egenskaper. Fokus har i denna förstudie legat på att skatta skogliga parametrar som volym, medelhöjd, medeldiameter och grunddyta, men inverkan av topografiska index bör även påverka skattningar av virkesutbyten och kvalitetsegenskaper.

En viktig frågeställning för att kunna använda information om terrängen i olika modeller och beslutsstöd är hur man beskriver topografiska index för en större areal (delbestånd) utan att förlora för mycket information (informationsentropi). Fjärranalysdata beskrivs ofta i rasterformat med en cellstorlek på 10 eller 12,5 meter. Den nationella höjdmodellen finns beskriven med en cellstorlek på 2 meter. Skördardata har inte samma geografiska noggrannhet, och beskrivs bäst i större ytor (delbestånd) på minst 0,5 hektar för att minimera positionsfelen. Om skördardata används som markreferens till fjärranalyskattningar krävs det att annan spatial information kan aggregeras till beskrivningsenheten för skördardata utan att förlora för mycket informationsvärde. Speciellt kategoriska index som t.ex. topografiska index (Figur 1) är svåra att aggregera och samtidigt bevara informationsvärdet.



Figur 1. Aspekt, ett topografiskt index som beskriver lutningens riktning, nordlig (röd), östlig (gul), sydlig (grön) och västlig (blå).

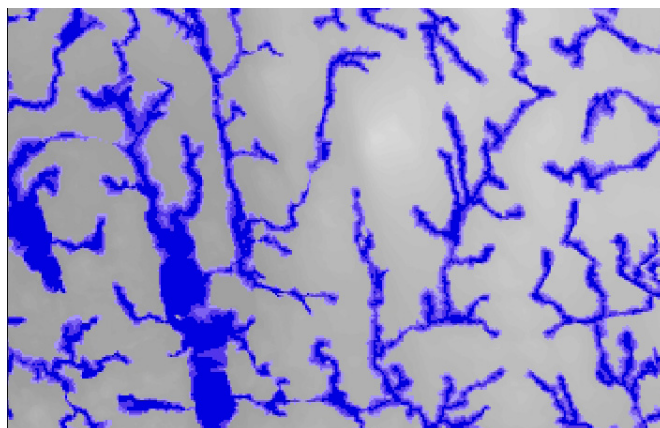
Som indata till projektet valdes ett område mellan Växjö och Kalmar (634 000 ha) där fjärranalysdata insamlades (laserdata, 3D data från flygfoton, satellitbilder samt nationella höjdmodellen). Ett antal olika topografiska och hydrologiska index beräknades för hela området. Skördardata från området, sammanlagt 6 200 ha gallrad eller slutavverkad skog, samlades in från Södra och Sveaskog.

Statistiska mått (metriker) beräknades från olika fjärranalyskällor samt topografiska index för ca 7400 delbestånd som identifierats ur skördardata. Skattningar av skogliga parametrar genomfördes med imputering (KMSN), där metriker användes som oberoende variabler och skogliga parametrar (volym, medelhöjd, medeldiameter och grunddyta) framräknade från skördardata användes som beroende variabler.

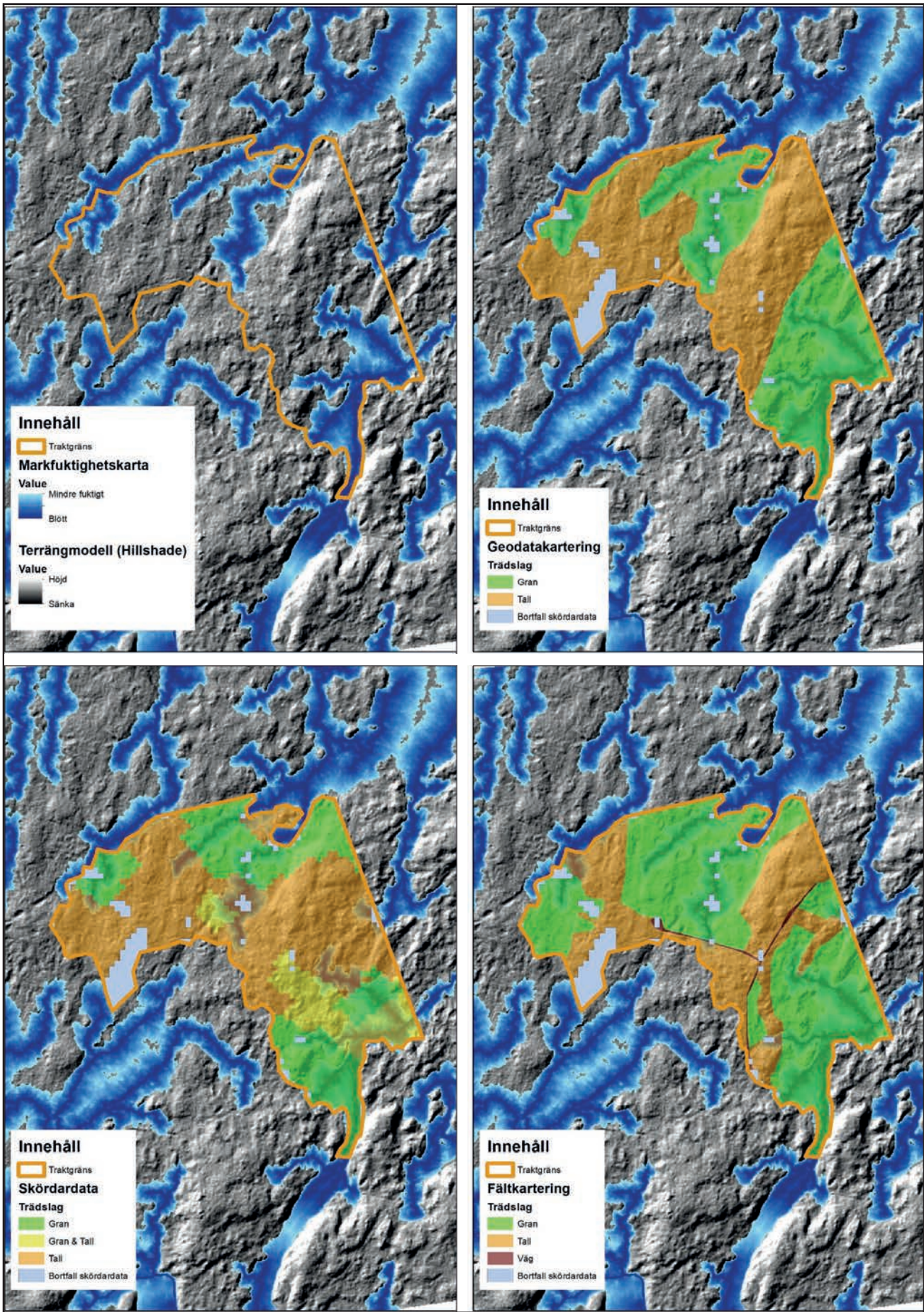
Resultaten visar att precisionen för fjärranalyskattningar av skogliga parametrar blir något bättre genom att inkludera geodataindex bland de oberoende variablerna. Framförallt verkar en beskrivning av variationen (standardavvikelsen) för olika index inom ett delbestånd vara av intresse. Behov av fortsatt forskning identifierades, bland annat hur kategoriska index skulle kunna sammanställas med relativa arealandelar inom delbeståndet per kategori för indexet. Då flera företag arbetar med att bygga upp skördardatabaser för operativ användning finns ett brett intresse i att fortsatt följa hur skördardata kan kopplas samman med andra databaser för skogliga analysunderlag.

SLUTSATS

Information om terrängen har potential att förbättra skattningen av skogliga parametrar. Vidare arbete behövs för att hitta en lämplig metod att kombinera dessa data med skördardata.



Figur 2. Vattenkarta, visar avstånd till grundvatten, 0-0,5 meter (mörk blå) och 0,5-1 meter (ljus blå).



Förnyringsplanering på trakten Labbo i norra Uppland, enligt geodata, skördardata och fältkartering.

EFFEKTIVISERAD FÖRYNGRINGSPLANERING

MED HJÄLP AV SKÖRDARINFORMATION OCH GEODATA

Nazmul Bhuiyan, Gustav Friberg, Staffan Jacobson & Johan J. Möller

I ett ståndortsanpassat skogsbruk anpassas åtgärder, såsom föryngring och avverkning, till de naturgivna förutsättningarna. Ett strikt ståndortsanpassat skogsbruk leder i regel till att stora sammanhängande behandlingsenheter måste delas upp i delbestånd.

För att lyckas med ståndortsanpassningen krävs normalt en noggrann inventering i fält. Idag ges lite tid till detta. Samtidigt finns nu tekniska möjligheter som med enkla medel kan nyttjas för att ge en god beskrivning av behandlingsenhetens förutsättningar. Detta skulle kunna möjliggöra en ökad ståndortsanpassning, samtidigt som behovet av arbetsintensiva inventeringar i fält minskar.

Detta delprojekt har fokuserat på möjligheten att med hjälp av tillgängliga geodata samt information från avverkningen i form av skördardata effektivisera arbetet vid föryngringsplaneringen och samtidigt öka ståndortsanpassningen i denna skötselphas.

Delprojektets övergripande mål var att visa på potentialen av ett ökat utnyttjande av befintliga datamängder från avverkningen och geografiska kartskikt vid återväxtplanering. I förlängningen finns ambitionen att ta fram ett beslutsstöd för automatisk beställning av plantor, logistik för planttransporter samt kartor att använda vid föryngringsarbetet. Som vidare steg kan sedan förädlingsgrad av olika plantmaterial vägas in för att optimera markanvändningen.

En praktisk utvärdering av befintliga datakällor genomfördes på två större föryngringstrakter, vilka genererade olika beslutsunderlag vad gäller geografiska avgränsningar samt plantantal uppdelat på trädslag. Beslutsunderlag grundat på skördardata respektive geodata jämfördes med ett "facit" framtaget efter detaljerad inventering i fält.

Skördardatamodellen beräknar och tar hänsyn till dominerande trädslag, bonitet, rötandel bland gran samt lövandel

för att ge ett förslag på trädslagsval och plantantal per hektar. I denna modell utnyttjas information om avverkade träd som har lagrats i skördarens produktionsfiler enligt StanForD 2010.

I Geodatamodellen, vilken bygger på den digitala terrängmodellen (Grid2+) samt markfuktighetskartan, gjordes indelningen efter visuellt synliga höjder i Grid2+, vilka karterades som tallmarker då dessa med hög sannolikhet är inströmningsområden och därmed torrare marker. De lägre partierna samt de delar som identifierades som fuktiga i markfuktighetskartan karterades istället som granmark.

Utfallet från den ena trakten redovisas i kartform på omstående sida. Identifieringen av lämpliga tall- respektive granmarker följde samma mönster i samtliga tre beslutsunderlag. Fältinventeringen föreslog en större arealandel med gran p.g.a. hög andel finfraktion i moränen.

I den andra studerade trakten blev skillnaderna mellan förslagen utifrån geo- och skördardata större. I detta objekt var informationen från skördardata om traktens varierande bördighet (SI) av stor vikt. En kombinerad analys, med information från båda skördare och geodataskikt, hade i detta fall givit ett föryngringsförslag mer liknande förslaget från den detaljerade fältkarteringen.

För att kunna gå vidare med att utveckla ett praktiskt digitalt beslutsstöd behövs ett större bakgrundsunderlag i form av praktiska uppföljningar och utvärderingar på ett större antal avverkningstrakter. Vi avser även gå vidare med att, via skördarinformation, kunna uppdatera ståndortsindex (SI) samt få en bättre upplösning av hur SI varierar i beståndet. SI har stor betydelse vid beståndens tillväxtframskrivning och därmed på avverkningsprognoser och bedömda tidpunkter för framtida skogsvård (röjning och gallring). Som en del i detta skulle man exempelvis även kunna föreslå optimal lokalisering av lövträd, för framtida uppfyllande av FSCs kriterier.

SLUTSATS

Skördardata i kombination med geodata uppvisar stor potential att fungera som underlag till beslutsstöd vid planering av föryngringsåtgärder samt för uppdatering av t.ex. SI i skogliga register.







skogforsk

skogforsk.se