

Grotprognoser i praktiken

Systemutvärdering i praktisk drift, användaråterkoppling och
branschsamverkan för förbättring

Raul Fernandez Lacruz, Madeleine Silverbratt, Siri Westerblom och
Björn Hannrup



Skördarförarens vy över en virkes- och grothög samt grotkartor från olika IT-implementeringar av Skogforsks system för grotprognoser

Innehåll

Förord	4
Summary	5
Sammanfattning	6
Introduktion	7
Bioenergi från skogen.....	7
Behov för grotprognoiser.....	7
Skogforsks system för grotprognoiser	7
Registrering av grotanpassning.....	7
Praktisk implementering av systemet	9
Studiens mål.....	12
Material och metoder	13
Utvärdering av systemet för grotprognoiser i praktisk drift	13
Användarcentrerade metoder.....	14
Användarcentrerad design.....	14
Intervjuer med skördarförare.....	15
Branschgemensam workshop om förbättrade grotprognoiser.....	15
Resultat	17
Utvärdering av prognosernas noggrannhet och precision	17
Resultat från intervjuerna.....	19
Planering och instruktioner.....	19
Utförande av grotanpassning.....	20
Användning av prognossystemet.....	20
Återkoppling efter utförd grotanpassning.....	21
Framtagande av implementerbara förslag.....	21
Resultat från workshopen.....	23
Diskussion	24
Utvärdering av noggrannhet och precision.....	24
Förslag till förbättring på kort och medellång sikt.....	25
Referenser	26
Bilagor	28
Bilaga 1: Intervjufrågor till skördarförare	28
Bilaga 2: Citaturval från förarintervjuerna.....	30
Bilaga 3: Resultat från workshopen om förbättrade grotprognoiser	32



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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts i maj månad 2026 av Maria Iwarsson Wide, programchef Värdeskapande Ekosystemtjänster. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 22 juni 2026.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se
©Skogforsk 2026 ISSN 1404-305X

Förord

Denna studie har genomförts inom projektet *Förbättrade grotprognoser för precisionsplanering* som pågår mellan 2023 och 2026. Projektet bedrivs av Skogforsk och finansieras av Energimyndigheten via forskningsprogrammet Bio+ (projektnummer 2023-01054) och projektparterna Jämtkraft, Holmen Skog, Mellanskog, Stora Enso, Sveaskog, Södra och Vattenfall.

Författarna riktar ett stort och varmt tack till alla som varit delaktiga och på olika sätt bidragit till att detta arbete kunnat genomföras.

Sävar och Uppsala i april 2026

Raul Fernandez Lacruz, Madeleine Silverbratt, Siri Westerblom och Björn Hannrup

Summary

Logging residues (tops and branches) represent an underutilised residual stream from forestry, with the potential to double current extraction levels and increase self-sufficiency in the Swedish energy system. Reliable forecasts of the amount and spatial distribution of residues within the harvesting site and at the roadside are essential for effective planning, control, and logistics in forest fuel supply chains.

Skogforsk developed a system for forecasting quantity and mapping logging residues based on harvester data (hpr-files) in 2009. In recent years, the system has been implemented in practical operations at several forest companies, but it faces challenges relating to precision and accuracy. The aim of this study was to evaluate the system's performance in practical use, collect feedback from harvester operators, and develop implementable improvement measures.

The evaluation was based on production data from 660 final fellings with logging residue extraction at two forest companies, carried out by 100 different contractors between 2023 and 2025. Forecasted residue quantities were compared with corresponding measured deliveries of wood chips at energy plants and terminals. In addition, interviews were conducted with harvester operators, and a joint workshop was held involving representatives from forest companies, energy producers, IT-system developers, and machine manufacturers to discuss and anchor solutions to problems in the forecasting system.

Results showed that logging residue forecasts in operational use were characterised by both relatively low accuracy and low precision. Forecasts systematically overestimated the measured volumes, with average overestimations ranging from 41 to 92 percent depending on company and unit of measurement. The choice of measurement unit influenced the magnitude of the deviations but did not fully explain the observed bias. Furthermore, a large variability in forecast deviations was observed, particularly between contractors. Contractors with stronger systematic overestimations also tended to have more unstable forecasts, and vice versa. This suggested user-related errors associated with the forecasting system.

Interviews revealed that shortcomings in instructions, system design, support, and feedback routines strongly affect how logging residues are registered during harvesting. Qualitative and quantitative feedback to harvester operators on their work with logging residues is largely absent, limiting opportunities for learning and improvement. Unlike roundwood, logging residues are often regarded as a low-value by-product rather than a distinct assortment. The workshop resulted in fourteen improvement proposals, highlighting the need for improved feedback routines, training, and harmonised working methods, as well as increased visibility of logging residues alongside roundwood in the harvester.

In the short term, systematic forecasting errors can be mitigated through the use of calibration factors derived from historical production data. In the medium term, improvements require better system use, standardised feedback routines, and development towards automated data registration. As accuracy and precision were found to be positively correlated, improving one variable may also improve the other. Overall, this study demonstrates that logging residue forecasts have significant potential as a decision-support tool, but realising this potential requires both technical and organisational advancements.

Sammanfattning

Grot (grenar och toppar) utgör en underutnyttjad restprodukt från skogsbruket, med potential att fördubbla dagens uttagsnivåer, och därmed öka självförsörjningsgraden i det svenska energisystemet. Tillförlitliga prognoser över mängd och position av grot på hygget och vid väggkant är en viktig förutsättning för effektiv planering, styrning och logistik i försörjningskedjor för skogsbränsle. Skogforsk utvecklade redan 2009 ett system för prognos av mängd och geografisk visualisering av grot baserat på skördardata (hpr-filer). Systemet har under senare år implementerats i praktisk drift hos flera skogsföretag, men uppvisar brister vad gäller precision och noggrannhet. Syftet med studien var att utvärdera hur systemet för grotprognoser fungerar i praktiken, kartlägga skördarförarnas erfarenheter och identifiera möjliga förbättringsåtgärder.

Utvärderingen baserades på produktionsdata från 660 grotanpassade slutavverkningar hos två skogsföretag, utförda av 100 olika entreprenörer under perioden 2023–2025. Prognostiserade grotmängder jämfördes med inmätta leveranser av grotflis vid värme- och kraftvärmeverk eller terminaler. Därutöver genomfördes intervjuer med skördarförare samt anordnades en branschgemensam workshop med representanter från skogsföretag, energibolag, IT-systemutvecklare och maskintillverkare i syfte att diskutera och förankra lösningar på problem i systemet för grotprognoser.

Resultaten visade att grotprognoserna i praktisk drift präglas av både relativt låg noggrannhet och låg precision. Prognoserna överskattade systematiskt de inmätta grotmängderna, i genomsnitt med 41–92 procent beroende på företag och måttenhet. Valet av måttenhet påverkade storleken på avvikelsen, men det förklarade inte hela överskattningen. Samtidigt uppvisade prognoserna en stor spridning i avvikelserna, särskilt mellan olika entreprenörer. Entreprenörer med större systematisk överskattning tenderade även att ha mer instabila prognoser, och vice versa. Detta tydde på användarfel kopplade till systemet för grotprognoser.

Intervjuerna visade att brister i instruktioner, systemdesign, systemstöd och återkopplingsrutiner kraftigt påverkar hur grot registreras i skördaren. Kvantitativ eller kvalitativ återkoppling till skördarförare på utförd grotanpassning saknas oftast idag, vilket försvårar lärande och utveckling. Till skillnad från rundvirke betraktas grot ofta som en lågvärdig restprodukt snarare än ett eget sortiment. Workshopen resulterade i fjorton förbättringsförslag, bland annat införande av återkopplingsrutiner, utbildning och harmoniserade arbetssätt och ökad synlighet av grot i skördaren tillsammans med rundvirke.

På kort sikt kan de systematiska avvikelserna reduceras genom användning av kalibreringsfaktorer baserade på historiska produktionsdata. På medellång sikt krävs förbättrad systemanvändning, gemensamma rutiner för återkoppling och fortsatt utveckling mot ökad automatisering av registreringen. Eftersom noggrannhet och precision var positivt korrelerade kan en förbättring av den ena variabeln även förbättra den andra. Sammantaget visar denna studie att grotprognoser har stor potential som beslutsstöd, men att realisering av denna potential förutsätter både tekniska och organisatoriska förbättringar.

Introduktion

Bioenergi från skogen

Bioenergin utgjorde 135 TWh, motsvarande en fjärdedel av den totala energitillförseln i Sverige under år 2024 (Energimyndigheten 2026a). Bioenergin är det största förnybara energislaget i Sverige och EU, och är till stor del inhemskt, planerbart och lagringsbart (Bioenergy Europe 2026). I Sverige har cirka 80 procent av all bioenergi sitt ursprung i restflöden från skogsbruket och skogsindustrin i form av råvaror såsom grenar och toppar (grot), nedklassad stamved, bark, sågspån samt svartlut m.m. (Björheden & Eckerberg 2024). Efterfrågan på och priset för skogsbränslen har ökat under senare år, till följd av det geopolitiska säkerhetsläget och ambitioner om fossilfrihet (Energimyndigheten 2026b). Produktionen av grotflis uppgår till cirka 9 TWh per år (Energimyndigheten 2025), men kan mer än fördubblas, särskilt i norra Sverige, givet dagens skogsbruk (Bergqvist m.fl. 2022). Potentialen att öka grotuttaget bekräftas också av Riksskogstaxeringen, då grotuttaget endast sker på en tredjedel av den årligen slutavverkade arealen i landet (Nilsson m.fl. 2025). För att kunna öka uttaget på ett ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbart sätt krävs dock långsiktighet och noggrann planering inom skogsbränsleverksamheten.

Behov för grotprognoser

Kunskap om hur mycket grot som faller ut vid en avverkning och var på hygget dessa volymer är belägna har ett stort värde för entreprenörer, skogsföretag (bränsleleverantörer) och inköpare (värme- och kraftvärmeverk). Tillförlitliga uppgifter om grotlager på hygget (skogslager) och vid väggkant (väglager) skapar goda förutsättningar för effektiv produktions- och logistikplanering. Uppgifter om lagersaldo är ett viktigt beslutsunderlag för skogsföretagen vid kontraktering av resurser för grotskotning, sönderdelning och transport. Detta är även ett viktigt underlag i affärer med energikunder, eftersom en god kännedom om lagernivåer möjliggör bättre planering av försäljningen.

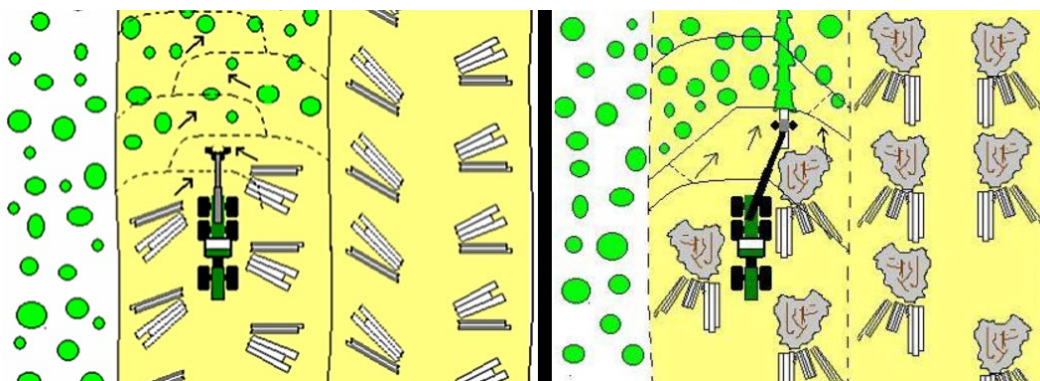
Skogforsks system för grotprognoser

Traditionellt har grotmängder på hygget och i vältor vid väggkant uppskattats med hjälp av subjektiva erfarenhetstal och schabloner. Tillgången till standardiserade skördardata enligt StanForD 2010, i form av hpr-filer, har dock öppnat nya möjligheter. För varje träd som avverkas registreras stockarnas längd och diameter samt koordinater för skördarens uppställningsplats. Till skillnad från stockar kan grotvolymen inte mätas direkt av skördaraggregatet, men den kan uppskattas indirekt. För 17 år sedan utvecklade Skogforsk ett system för prognos av mängd och position av grot- och stubbar (Möller m.fl. 2009). Systemet återskapar den avverkade skogen med hpr-filerna och beräknar mängden skogsbränsle med hjälp av höjd- och biomassa-funktioner. Systemet utvärderades då för ett fåtal avverkningsobjekt och visade en god överensstämmelse mellan prognostiserad och inmätt torrsustans av grotflis (Hannrup m.fl. 2009).

Registrering av grotanpassning

Systemet för grotprognoser förutsätter att skördarföraren särskiljer mellan grotanpassade och icke grotanpassade träd och registrerar detta i skördardatorn. Vid en avverkning kan

grotan fylla två olika funktioner. Antingen placeras den i skördarens körspår (där även rundvirkes- och grotskotaren kör) för att förebygga körskador, vilket alltid görs på basvägar och även på stickvägar i fuktiga partier med lägre bärighet. Alternativet är att grotan passa, vilket innebär att skördarföraren samlar grotan i högar vid sidan av stickvägen i förberedelse för ett framtida uttag av skogsbränsle (Figur 1). Eftersom båda dessa alternativ förekommer inom samma avverkningsobjekt krävs att skördarföraren registrerar när grotanpassning utförs respektive inte utförs, för att prognosen ska bli korrekt. Förarens beslut om grotanpassning/icke grotanpassning påverkas också av faktorer som rådande väderförhållanden under avverkningen (Narinx 2026), stenighet och lutning (Johannesson m.fl. 2023).



Figur 1. Dubbelsidig slutavverkning utan grotanpassning till vänster (Mörk 2013a) och med grotanpassning till höger (Mörk 2013b). Avverkningen kan även ske enkelsidigt (Mörk 2012).

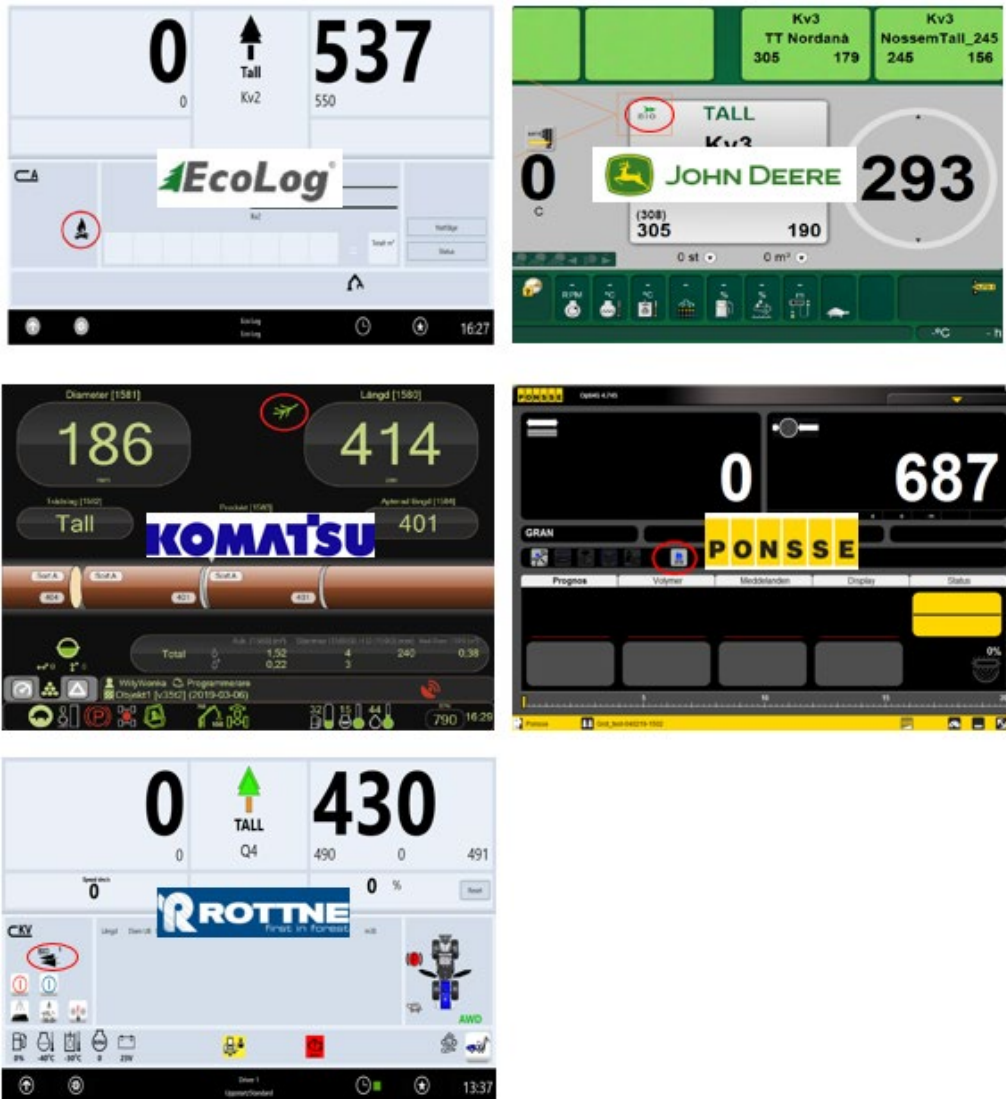
Registreringen görs manuellt via en specifik funktion i skördarens mjukvara, den så kallade grotknappen. Föraren aktiverar funktionen via en knapp eller knappkombination på paletten, varvid en symbol visas i skördarens driftskärm (Figur 2). Registreringen innebär en markering i hpr-filen (*Logging residues* i attributet *BioEnergyAdaption*), vilket gör att systemet gör avdrag för grot från de träd som inte grotanpassas.

Systemet gör även avdrag för grot som oundvikligen blir kvar mellan högarna och i botten av högarna vid grotskotning, för att undvika föroreningar som jord och sten. Storleken på dessa avdrag, uttryckta som uttagskvoter (Tabell 1), togs fram vid fältförsök med grön grot, dvs. grotan skotades direkt efter avverkning utan hyggeslagring. Eftersom många skogsföretag jobbar med brun grot (dvs. grotan får torka på hygget under en sommar innan skotning) rekommenderas att minska kvoter i Tabell 1 med 5–10 procentenheter.

Med hänsyn till dessa avdrag ger systemet en prognos för den nettomängden, skotningsbar grot, som förväntas komma ut till en välta vid väggkant. Prognoser beräknas i ton torrsvikt (TTV) som därefter omvandlas till andra måttenheter, som kubikmeter fast på bark (m^3f) med hjälp av torr-rådensiteter för olika fraktioner (Siljebo m.fl. 2017).

Tabell 1. Rekommenderade uttagskvoter vid skotning av grön grot beroende på geografi och trädslag (Hannrup m.fl. 2009). Kvoterna appliceras på den grotmängden som registreras som grotanpassad.

Geografiskt område	Tall (%)	Gran (%)	Björk (%)
Södra (latitud $<59,5^\circ$)	75	85	80
Mellan (latitud $\geq 59,5^\circ$ och $<62,2^\circ$)	70	82	77
Norra (latitud $\geq 62,2^\circ$)	70	80	75

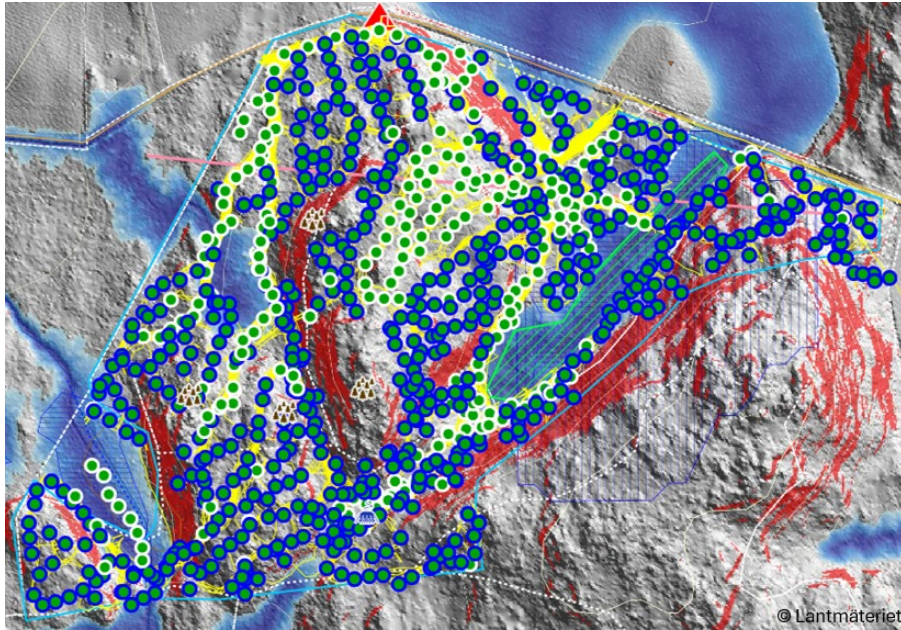


Figur 2. Utseende på driftskärmen i skördaren när grotknappen är aktiv (symbolen inringad med röd cirkel). Utseende och placering av knappar för aktivering och avstängning av grotknappen kan variera beroende på tillverkare samt skördarens årsmodell och styrsystemets version.

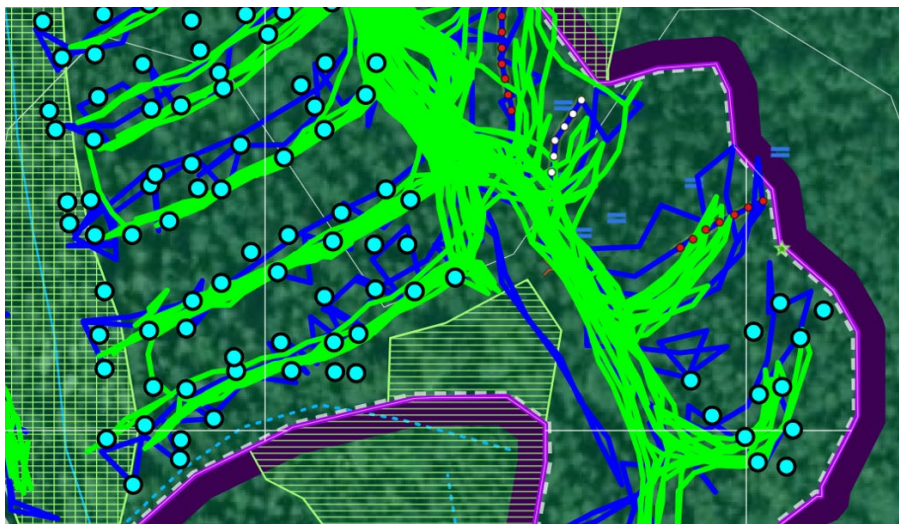
Praktisk implementering av systemet

Systemet för grotprognoiser paketerades av Skogforsk i beräkningsmodulen *hprCM* (Siljebo m.fl. 2017). Den breda implementeringen av beräkningsmodulen *hprYield* (Möller m.fl. 2024) för gallringsuppföljning hos skogsföretag (antingen direkt i deras egna IT-system eller via IT-leverantörer) har skapat förutsättningar för användning av grotprognoiser. Detta beror på att *hpr*-filer behöver bearbetas i *hprCM* före anrop i *hprYield* för beräkning av trädhöjder. Modulerna finns öppet tillgängliga som *dll*-filer (Skogforsk 2026).

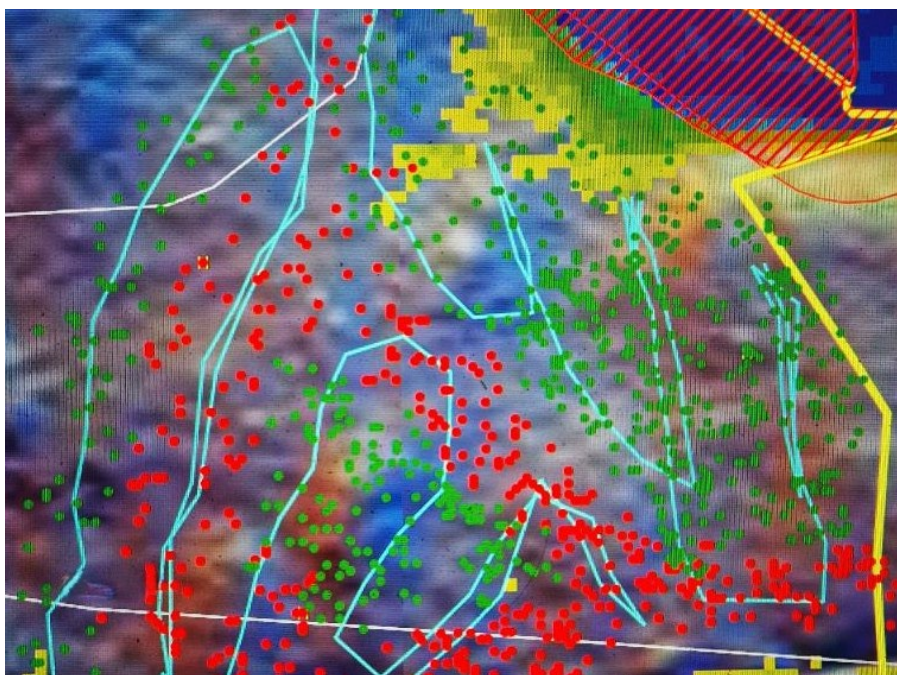
Först ut med skarp användning av grotprognoiser var Mellanskog i slutet av 2020, via deras IT-leverantör Forest Link (Figur 3). Därefter inleddes användningen hos Sveaskog sommaren 2022 i den egna IT-systemlösningen Stina (Figur 4) och hos Stora Enso hösten 2023 via IT-leverantören CGI (Figur 5). Andra organisationer, som Holmen Skog, använder grotprognoiser delvis (via CGI) medan Södra arbetar med implementeringen.



Figur 3. Grotkarta för ett exempel på slutavverkning hos Mellanskog i Forest Link Maps (FLMaps). Cirklarna representerar en eller flera grothögar och genereras genom buffring av grot inom en radie av 10 m runt skördarens uppställningsplats. Cirklar med blå kantlinje anger grotanpassade områden, medan cirklar med vit kantlinje anger icke-anpassade områden. FLMaps förutsätter att skördarföraren sätter på och stänger av grotknappen. Grotpunkterna kan även redigeras i efterhand via pekskärmen av skördarföraren samt av förarna till rundvirkes- och grotskotaren.



Figur 4. Grotkarta för en slutavverkning hos Sveaskog i kartprogrammet Stina. De blå cirklarna med svart kantlinje representerar en eller flera grothögar och genereras genom buffring av grot inom en radie av 10 m runt skördarens uppställningsplats. Vid Stina används inte grotknappen, utan samtliga träd antas grotanpassas och skördarföraren behöver i efterhand ta bort ("reducera") grotpunkter från områden där ingen anpassning skett, via pekskärmen i datorn. Även rundvirkes- och grotskotaren kan redigera i efterhand. Grotpunkter vid basvägar tas bort automatiskt. De gröna linjerna representerar skotarens körspår, medan de blå representerar skördarens. En demonstration som visar hur registreringen genomförs finns tillgänglig på <https://vimeo.com/716296080>



Figur 5. Översiktskarta för ett exempel på slutavverkning hos Stora Enso i CGI:s kartprogram ROM. Här krävs användning av grotknappen i skördarna. Groten visar trädvis, där gröna punkter indikerar grotanpassade träd och röda punkter indikerar icke-anpassade träd. Vid rapportering till uppdragsgivaren kan förarna justera grotvolymerna procentuellt via programmet eSkog.

Trots variationer i kartprogrammets utseende mellan olika implementeringar är konceptet likt: en karta som visar vilka delar av avverkningen som har grotanpassats, inklusive positioner för grothögar och den förväntade mängd skotningsbar grot (angiven som torrsubstans eller volym). Grotkartan är tillgänglig för samtliga maskiner i produktionskedjan (skördare, skotare och grotskotare) samt för tjänstepersoner (produktionsledare, bränsleansvariga m.fl.) för uppföljning och planering. I en undersökning av Fries (2023) med flera bränsleansvariga framkom att grotkartan är särskilt värdefull för grotskotaren, eftersom groten kan hittas utan att hela trakten behöver genomsökas (speciellt värdefullt vid arbete i mörker eller i svår terräng). Kortare maskintider bidrar också till minskad bränsleförbrukning och kostnad, ett minskat klimatavtryck och en lägre risk för körskador. Korrekt information om grotlager minimerar dessutom risken för att en grotskotare skickas till objekt med för små volymer för ett lönsamt uttag.

Studiens mål

Brister i prognosystemets precision och noggrannhet motiverade denna studie inom projektet *Förbättrade grotprognoser för precisionsplanering* (Skogforsk 2023). Projektets huvudsakliga syfte är att öka planeringsprecisionen i produktionskedjan för grotflis, och därigenom indirekt öka grotuttaget och försörjningstryggheten. Ett centralt steg i projektet är att utveckla systemet så att grotprognoserna blir mer tillförlitliga.

De specifika målen för denna studie var att:

1. Utvärdera den praktiska användningen av Skogforsks system för grotprognoser hos skogsföretag (dvs. bränsleleverantörer) med hjälp av produktionsdata från genomförda slutavverkningar och leveranser av grotflis.
2. Samla in återkoppling från skördarförare, dvs. användarna i det första ledet av produktionskedjan för grot, avseende användningen av systemet samt arbetssättet kring grot.
3. Ta fram implementerbara förslag för att förbättra systemets användning och precision, i nära samverkan med bränsleleverantörer, bränsleförbrukare, IT-systemutvecklare och maskintillverkare, med skördarförarnas återkoppling som utgångspunkt.

Material och metoder

Utvärdering av systemet för grotprognoiser i praktisk drift

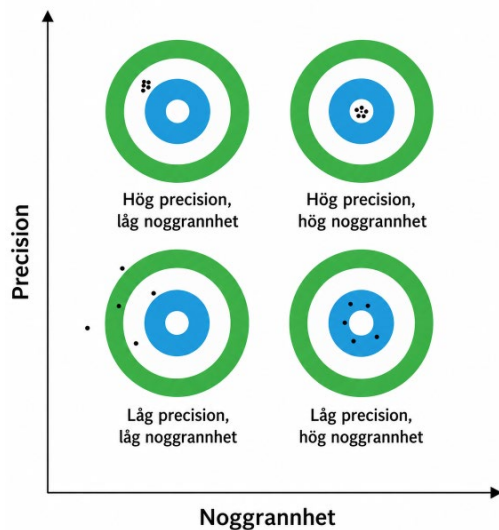
En storskalig utvärdering av systemet genomfördes med produktionsdata från två deltagande företag i projektet *Förbättrade grotprognoiser för precisionsplanering* (Skogforsk 2023). Av hänsyn till företagssekretess och för att uppfylla Skogforsks konkurrensrättsliga riktlinjer presenteras material och resultat från utvärderingen anonymiserat och aggregerat på företags- och entreprenörsnivå.

I utvärderingen ingick data från 660 avverkningsobjekt (grotpassade slutavverkningar) inom ett geografiskt område som sträcker sig från Skåne län i Götaland till Gävleborgs län i södra Norrland. Avverkningarna genomfördes under perioden januari 2023–juni 2025 och groten mättes in vid respektive mottagningsplats (värme- och kraftvärmeverk eller terminaler) senast i januari 2026. Datasetet omfattade avverkningar utförda av 100 olika avverkningsentreprenörer, där varje entreprenör bestod av ett eller flera skördarlag och därmed en eller flera förare.

Beräkningen av prognosens noggrannhet och precision var en central del av analysen (Figur 6). Noggrannhet beskriver prognosens riktighet, det vill säga hur väl prognosen överensstämmer med den inmätta grotmängden. Inmättningsdata från Biometria betraktades som referens och redovisades i m³f för båda företagen. För Företag 1 redovisades grotmängden även i TTV, eftersom vägning med torrhaltsbestämning användes som primär mätmetod. För Företag 2 redovisades grotmängden dessutom i kubikmeter stjälp mätt (m³s), då skäppmätning var den primära mätmetoden. Eftersom systemet ursprungligen beräknar prognoser i TTV analyserades om omräkningstal mellan prognosens måttenheter och Biometrias inmättningsdata kunde påverka resultaten. Noggrannheten beräknades som den relativa avvikelsen (bias) mellan inmätt och prognostiserad grotmängd, uttryckt i procent av den inmätta grotmängden (Ekvation 1). Ett positivt värde indikerar att prognosen underskattar grotmängden, medan ett negativt värde indikerar att prognosen överskattar den. Medelvärdet av avvikelsen beräknades per företag och entreprenör. På företagsnivå utfördes beräkningen för samtliga måttenheter, medan den på entreprenörsnivå beräknades i TTV (Företag 1) och i m³s (Företag 2).

$$\text{Ekvation 1.} \quad \text{Relativ avvikelse (\%)} = \frac{\text{Inmätt} - \text{Prognos}}{\text{Inmätt}} \times 100$$

Precisionen beskrev spridningen i avvikelserna kring deras medelvärde och beräknades som standardavvikelsen för avvikelserna per entreprenör (endast entreprenörer med minst två avverkningsobjekt inkluderades). Låg precision indikerade en instabil och svårförutsägbar prognos, medan hög precision indikerade en konsekvent och stabil prognos. Sambandet mellan medelavvikelse och standardavvikelse undersöktes med hjälp av Spearmans rangkorrelationskoefficient, där värden nära 1 indikerar ett starkt positivt samband och värden nära -1 ett starkt negativt samband.

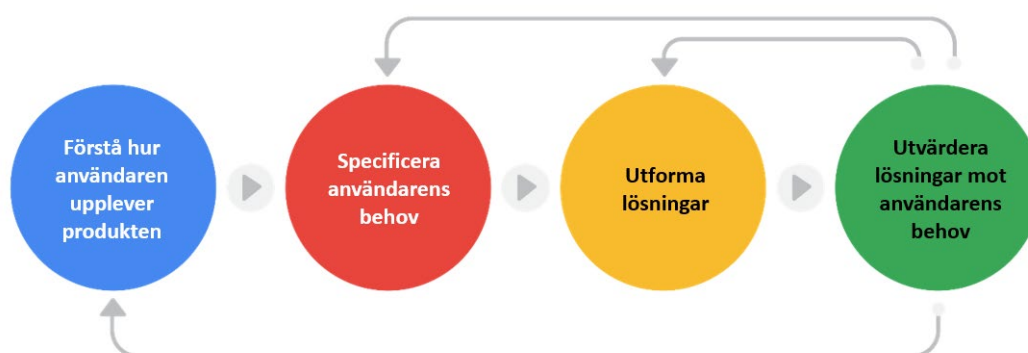


Figur 6. Relation mellan noggrannhet och precision illustrerat med skott mot en måltavla. Hög noggrannhet innebär låg systematisk avvikelse från inmätning (referensvärdet) och hög precision innebär låg standardavvikelse för avvikelser (dvs. liten spridning mellan observationer). Hög kvalitet i grotprognoiser (övre högra måltavlan) förutsätter både hög precision och hög noggrannhet.

Användarcentrerade metoder

Användarcentrerad design

Användarcentrerade metoder har slutanvändaren i fokus, vilket bland annat innebär att data om och från användaren (dess behov, krav och erfarenheter) samlas in under utvecklingsprocessen (Figur 7). Målet med metoden är att ta fram tillämpbara och relevanta resultat genom att ta till vara användarens perspektiv (Silverbratt 2024). Angreppssättet syftar till att uppnå hög användbarhet, vilket bidrar till att produkten används korrekt och effektivt, minskar risken för fel samt ökar användarnas acceptans.



Figur 7. Användarcentrerad designprocess enligt den internationella standarden ISO 9241-210. Processen är iterativ och består av fyra huvudsteg: att förstå användningskontexten, specificera användarens behov, utforma lösningar samt utvärdera lösningar mot uppställda krav.

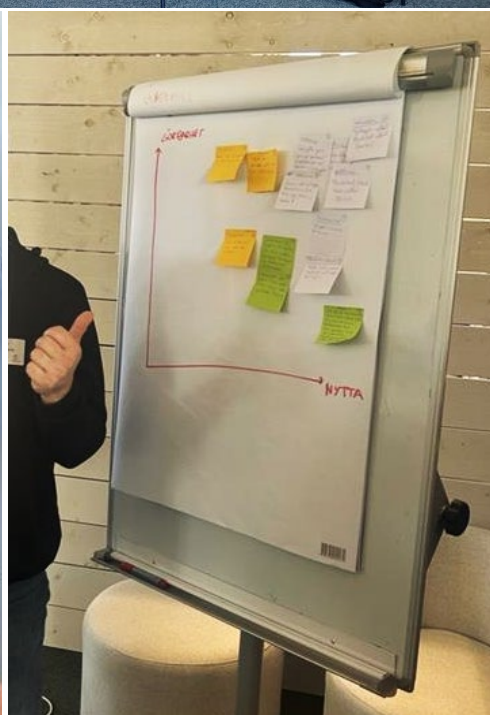
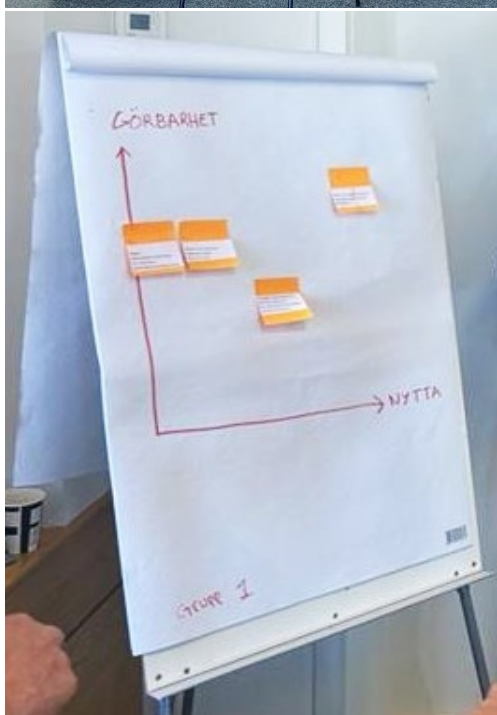
Intervjuer med skördarförare

Intervjuer med skördarförare planerades i syfte att förstå deras arbetskontext och behov. Urvalet av förare gjordes i samråd med Mellanskog, Stora Enso och Sveaskog, med två förare per uppdragsgivare. Intervjuerna var semistrukturerade och utgick från frågorna i Bilaga 1. Frågorna fokuserade på planering, instruktioner, arbetsmetoder, systemanvändning samt återkopplingsrutiner kopplade till prognossystemet och arbetet med grot i stort. Intervjuerna genomfördes per telefon och pågick i högst en timme, spelades in och transkriberades i efterhand. Transkriberingarna bearbetades och olika problemkategorier identifierades. Dessa utgjorde ett underlag för att ta fram en lista med förbättringsförslag för dagens system för grotprognoser. Förslagen diskuterades och förankrades vid en efterföljande workshop med representanter från praktiken.

Branschgemensam workshop om förbättrade grotprognoser

Utvecklingstriangeln mellan forskning, brukare och tillverkare betraktas som en viktig förutsättning för innovation och tekniska förbättringar inom det svenska skogsbruket, vilket illustreras av Johansson (2024). Mot denna bakgrund anordnade Skogforsk en workshop under våren 2025 med 20 deltagare från flera skogs- och energiföretag, IT-systemutvecklare, maskintillverkare och forskare vid Skogforsk. Vid workshopen presenterades de identifierade problemen i dagens system för grotprognoser samt förslag på möjliga lösningar. Dessa diskuterades i mindre grupper och rangordnades utifrån gruppens gemensamma bedömning av nytta och genomförbarhet (Figur 8).

Deltagarna gavs även möjlighet att föreslå egna lösningar och utforska framtida utvecklingsmöjligheter, vilka i sin tur diskuterades och rangordnades gemensamt. Resultaten från workshopen sammanställdes och återkopplades till deltagarna. För att följa upp statusen på implementeringen av de föreslagna åtgärderna genomfördes ett digitalt möte under hösten 2025 med samma grupp av deltagare.

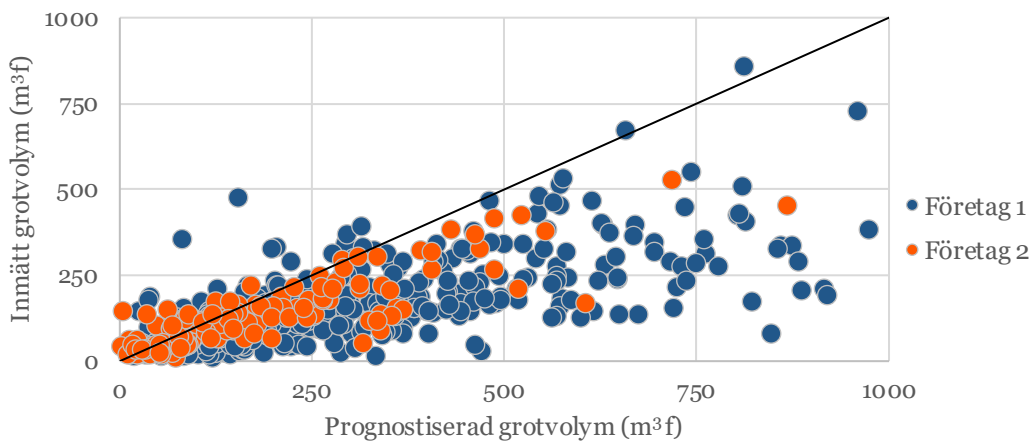


Figur 8. Under workshopen om förbättrade grottprognoser delades deltagarna in i mindre grupper för att diskutera och prioritera lösningsförslag utifrån bedömd nytta och genomförbarhet. Engagemanget hos deltagarna var högt och alla bidrog till resultaten.

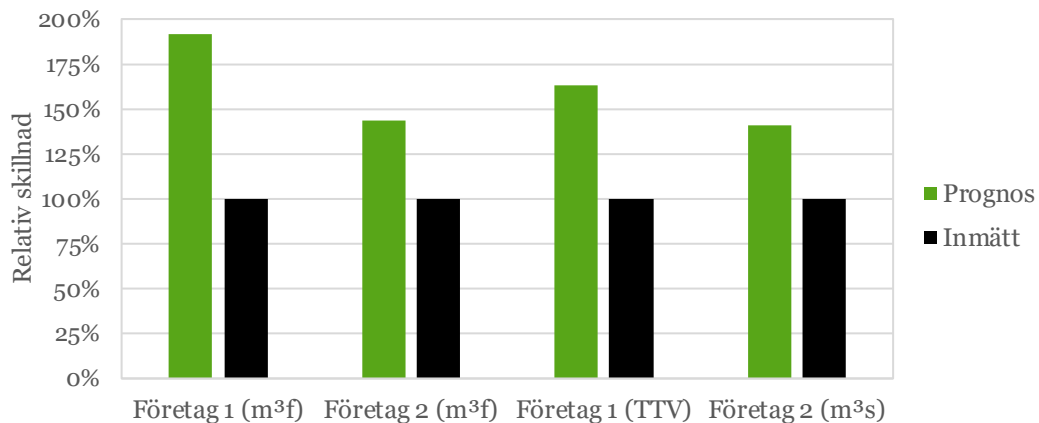
Resultat

Utvärdering av prognosernas noggrannhet och precision

En plottning av samtliga observationer på objektsnivå för Företag 1 och Företag 2 visade att prognoserna både över- och underskattade den inmätta grotmängden, med en tydlig dominans av överskattningar (Figur 9). På företagsnivå framgick det tydligt att de beräknade prognoserna systematiskt överskattade de inmätta mängderna (Figur 10). Överskattningen uppgick till 92 respektive 43 procent för Företag 1 och Företag 2 när m^3f användes som jämförelsenhet vid beräkning av de relativa skillnaderna. När TTV i stället användes minskade överskattningen för Företag 1 till 63 procent. Vid användning av m^3s för Företag 2 minskade överskattningen till 41 procent. Det genomsnittliga omräkningstalet mellan fast volym och torrsubstans var högre i prognoserna än i Biometrias inmättningsdata (2,42 respektive 2,05 m^3f/TTV), medan omräkningstalet mellan fast och stjälpvolym var likartat (0,40 respektive 0,39 m^3f/m^3s).



Figur 9. Prognostiserad och inmätt grotvolym för samtliga avverkningsobjekt i analysen (n=660). Den svarta linjen indikerar ett idealiskt (1:1) samband mellan prognostiserad och inmätt grotvolym.

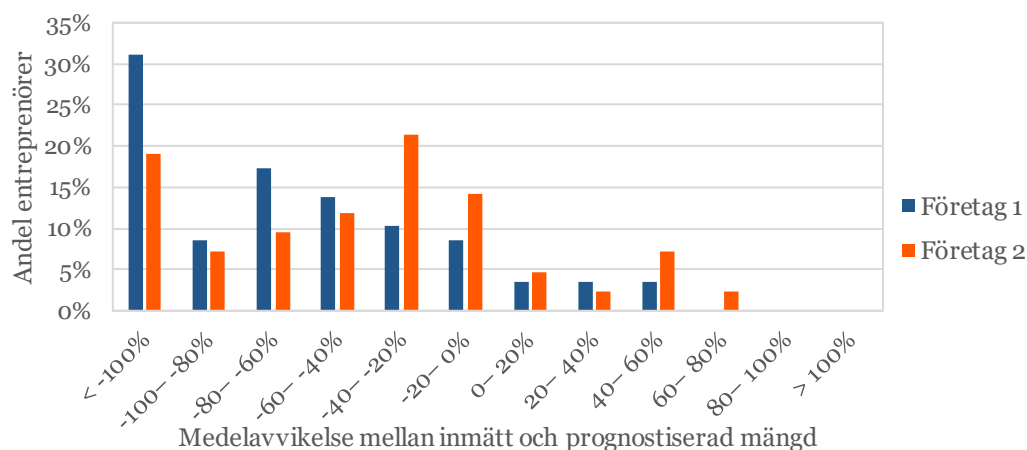


Figur 10. Relativ skillnad mellan inmätt och prognostiserad grotmängd för Företag 1 och Företag 2, där den inmätta mängden har normaliserats till 100 procent. Måttenhet i jämförelse anges inom parentes.

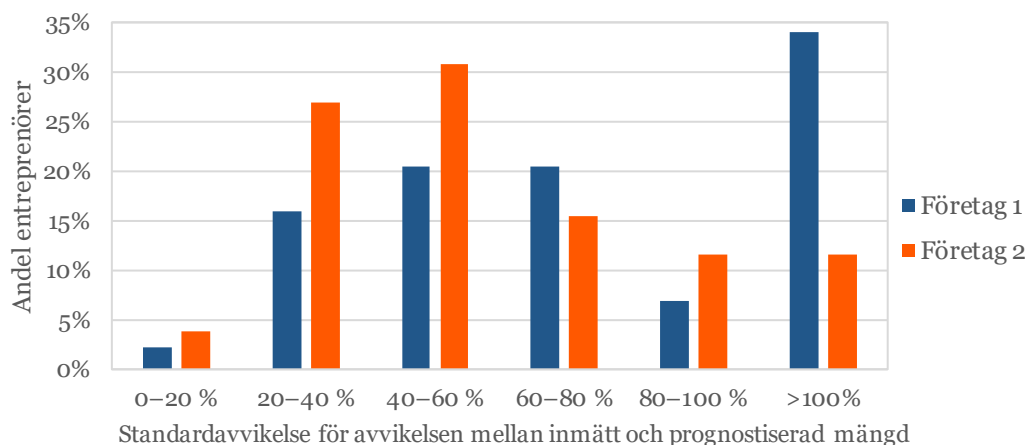
Fördelningen av medelavvikelsen bland entreprenörer (Figur 11) visade att prognoserna präglades av betydande systematiska avvikelser, oavsett företag. Cirka 70 procent av entreprenörerna inom Företag 1 och 50 procent inom Företag 2 uppvisade en genomsnittlig överskattning på över 40 procent. Oberoende av avvikelens riktning uppvisade endast 12 procent av entreprenörerna inom Företag 1 och 19 procent inom Företag 2 genomsnittliga avvikelser inom intervallet 0 ± 20 procent.

Utvärderingen av prognosernas precision visade en relativt hög standardavvikelse i avvikelserna för majoriteten av entreprenörerna, med något lägre spridning för Företag 2 än Företag 1 (Figur 12). Den viktade standardavvikelsen (med antal avverkningsobjekt per entreprenör) var i genomsnitt 129 procent för Företag 1 och 60 procent för Företag 2.

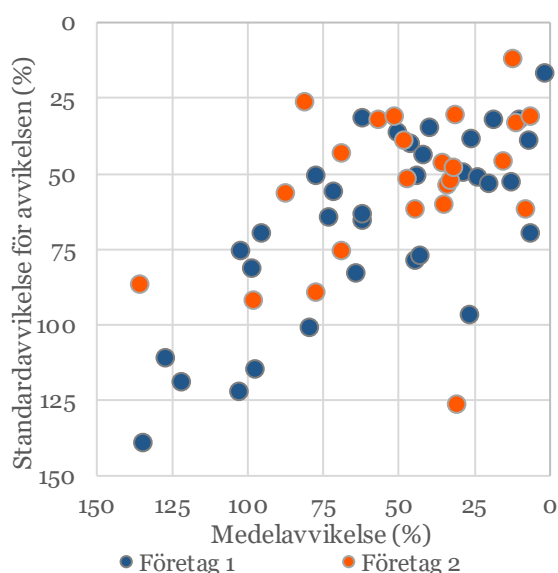
Ett signifikant, positivt samband observerades mellan medelavvikelse och standardavvikelse per entreprenör, där större medelavvikelser, oberoende av riktning, ofta sammanföll med större standardavvikelser (Figur 13). Spearmans rangkorrelationskoefficient uppgick till 0,81 för Företag 1 och 0,45 för Företag 2.



Figur 11. Fördelning av entreprenörer (n=100) efter medelavvikelse mellan inmätt och prognostiserad grotmängd, uppdelad i intervaller. Negativa värden indikerar överskattning medan positiva värden indikerar underskattning.



Figur 12. Fördelning av entreprenörer (n=70) efter standardavvikelse (spridning) för avvikelserna mellan inmätt och prognostiserad grotmängd. Endast entreprenörer med minst två avverkningsobjekt ingår.



Figur 13. Relation mellan noggrannhet (medelavvikelse, uttryckt oberoende av riktning) och precision (standardavvikelse för avvikelsern) av grotprognoserna per entreprenör (n=70). Värdena presenteras i omvänd ordning så att hög noggrannhet (låg medelavvikelse) hamnar längst till höger och hög precision (låg standardavvikelse) längst upp.

Resultat från intervjuerna

Totalt genomfördes sex intervjuer, där samtliga deltagare var män med 15–24 års erfarenhet som skördarförare, som i huvudsak arbetade med grotanpassade slutavverkningar. Förarna hade använt prognosystemet sedan implementeringen hos respektive uppdragsgivare. Tre maskintillverkare, John Deere, Komatsu Forest och Ponsse, var representerade. För John Deere ingick en skördare 1270 (årsmodell 2018) och två 1470 (årsmodell 2020 och 2021). För Komatsu Forest ingick en skördare 911 (årsmodell 2021) och en 951 (årsmodell 2022) medan för Ponsse ingick en Ergo (årsmodell 2021).

Generellt visade intervjuerna många likheter mellan förarna, men det förekom också skillnader, särskilt när det gäller rutiner för registrering av grotanpassningen. Resultat från intervjuerna sammanställdes och grupperades i fyra block efter strukturen i intervjumallen (Bilaga 1): planering och instruktioner, utförande av grotanpassning, användning av prognosystemet och återkoppling efter utförd grotanpassning.

Planering och instruktioner

Flertalet förare hade genomgått utbildningar, i vissa fall återkommande, om arbetsmetoder vid grotanpassad drivning och förebyggande av körskador. Instruktioner kring användning av prognosystemet och funktioner som grotknappen eller grotreduceringen upplevdes dock som begränsade för majoriteten.

När det gäller instruktioner i traktdirektivet framgick i de flesta fall endast information om huruvida grotanpassning skulle tillämpas eller inte, utan närmare vägledning eller detaljer kring var den skulle genomföras. Generellt påpekade förarna att det förekommer en stor variation i detaljer beroende på vem som planerar traktdirektivet hos uppdragsgivaren. Förarna använde markfuktighetskartan som stöd i beslutsfattande både före och under avverkningen. Områden med hög markfuktighet tolkades ofta som att

grotanpassning inte bör utföras, men förarna hade sista ordet och bedömningen påverkas tydligt av de rådande väder- och markförhållanden vid avverkningstillfället.

När det gäller planeringen av basvägar varierade förutsättningarna. I vissa fall fick förarna färdiga förslag i kartan på traktdirektivet, medan det i andra fall inte fanns något förslag alls. Skördarförarnas upplevelser av hur väl de planerade basvägarna fungerar skiljde sig mellan varandra. Vissa förare går alltid en vända till fots och tittar på trakten innan avverkningen påbörjas, medan andra anser att kartan utgör ett tillräckligt bra underlag. Gemensamt bedömde förarna att enkla trakter sällan kräver fysisk planering, medan mer komplexa trakter motiverar en genomgång till fots. Här framhölls även att en bättre återkoppling mellan förare och planerare skulle effektivisera processen.

Utförande av grotanpassning

Majoriteten av förarna börjar avverkningen med att hugga en basväg, som aldrig grotanpassas. Groten läggs ut för markskoning på basvägar eftersom skotaren kommer att passera vid upprepade tillfällen med tunga lass och körskador måste undvikas. När man inte grotanpassade angav förarna att träden fälls mer vinkelrätt i förhållande till maskinens färdriktning och att bearbetningen sker framför maskinen så det skapas en "rismatta" att köra på (Figur 1). Vid grotanpassning på stickvägar uppgav förarna att träden fälls parallellt och snett framåt i maskinens färdriktning. Då apteras träden vid sidan av maskinen och groten koncentreras i avskilda högar vid sidan av stickvägen (Figur 1). Majoriteten av förarna upplevde även att grotanpassning medförde en högre produktivitet vid fällningen. Samtliga förare uppgav att det hela tiden föreligger en avvägning mellan grotanpassning och förebyggande av körskador.

Användning av prognosystemet

När det gäller registrering av grotanpassning och användning av systemet, förekom en tydlig skillnad mellan förarna beroende på uppdragsgivare och IT-systemlösning.

Förarna som hade Mellanskog och Stora Enso som uppdragsgivare

Dessa förare använde sig av grotknappen. Förarna använde egenvalda eller fördefinierade knappar (en eller två) på paletten i skördaren för att aktivera registreringen av grotanpassning. I styrsystemet visades en mindre symbol (Figur 2) när registreringen var aktiverad. Maskinerna hade oftast bara en skärm och förarna kunde se symbolen på driftskärmen vid aptering. Systemet registrerar grotanpassning tills förarna avaktiverar funktionen, på samma sätt som den aktiveras. Förarna berättade att de upplevde det som svårt att komma ihåg att både sätta på och att stänga av knappen.

Visuellt skiljer sig återkopplingen av pågående arbete beroende på vilket kartprogram som används, det vill säga FLMaps hos Mellanskog (Figur 3) eller CGI ROM hos Stora Enso (Figur 5). Grotpunkterna i FLMaps visas aggregerade, medan CGI ROM visas trädvis, vilket kunde upplevas som plottrigt av förarna och gör att man inte vill ta fram kartan med punkterna. Förarna som använde kartprogrammet ROM påpekade också att de aktivt behövde bläddra manuellt mellan driftskärmen och kartan med grotpunkter, då systemet inte automatiskt växlar till kartskärmen när hjulen på maskinen snurrar. Förarna som använde FLMaps angav att de kunde redigera punkterna i efterhand i skördarens pekskärm.

Det förekom även en fördröjning i hur snabbt grotpunkterna visades på kartan, oavsett vilket program som användes. Uppdateringen sker så ofta som man har ställt in att hpr-filer från skördaren ska skickas in till databasen hos IT-leverantören. Detta brukar

ske med minst en timmes, eller flera timmars, intervall, vilket påverkade hur snabbt förarna fick visuell återkoppling på grotanpassningen.

Förarna som hade Sveaskog som uppdragsgivare

Sveaskog använder kartprogrammet Stina och tillämpar grotreducering i efterhand, i stället för registrering via grotknappen (Figur 4). Grotanpassningen aktiveras automatiskt i systemet om den aktuella avverkningsytan ska grotanpassas enligt traktdirektivet. Grotpunkterna kommer upp på kartan med samma fördröjning som för övriga IT-lösningar. Stina växlar automatiskt mellan driftskärmen vid aptering och kartan när hjulen på maskinen snurrar. En av förarna sa att han justerade grotpunkterna flera gånger per dag, medan den andre justerade en gång per dag, eller först i slutet av arbetspasset, alternativt efter avslut på trakten.

Återkoppling efter utförd grotanpassning

Intervjuerna visade att återkoppling kring arbetet med grot saknas eller är mycket begränsad, både på kort och lång sikt, samt både kvantitativt och kvalitativt. Frågan om hur ”bra” man har grotanpassat lämnas nästan alltid obesvarad, trots att den är central för både produktion och kvalitet samt påverkar arbetet för efterföljande skotare och grotskotare. Fokus hamnar i stället på rundvirke, lämnad naturhänsyn och körskador. Uppföljning sker främst kopplat till certifieringskrav och inte till arbetet med grot.

Uppföljning på korrekt registrerad grotvolym samt prognos i relation till faktiskt utfall diskuteras sällan och förarna får ingen bild av hur resultatet av deras registrering faktiskt blir. Intresset för att få återkoppling på grotanpassningen varierade mellan förarna. Vissa upplever groten som ett sortiment man tillreder utan behov av vidare uppföljning, medan andra menade att det inte skadar att få veta hur utfallet blev. Grotvärdet betraktades generellt som sekundärt. Kommunikationen i produktionskedjan visade sig också vara ojämnt fördelad. Det finns en kontinuerlig kommunikation mellan skördarförare och rundvirkeskotare via telefon och gemensamma IT-system. Däremot verkar kommunikation och återkoppling mellan skördare och grotskotare saknas, delvis på grund av de långa leddiderna från avverkning till grotskotning.

Framtagande av implementerbara förslag

En tematisk analys av intervjumaterialet genomfördes för att isolera specifika problem, dvs. problembilder. Eftersom samtliga problembilder återkom vid flera tillfällen kunde dessa grupperas i fyra problemkategorier (Figur 14). Inom varje problemkategori bifogas ett citat från förarna. En sammanställning av ett urval citat redovisas i Bilaga 2.

1. Funktionalitet

- Design GIS: problem kopplade till funktioner i kartprogrammet (bristande användargränssnitt som gör det svårt att se och tolka informationen).
- Design styrsystem: problem kopplade till funktioner i styrsystemet (bristande design på grotknappen i driftskärmen, hur den aktiveras/avaktiveras).
”Hur aktiverar man grotknappen? Jag har två knappar, du ska trycka på F2 och noll. Dels sitter F2 på vänsterpanel och nollan på höger. Det är också det här att du glömmer det ibland.”
- Systemstöd: förarnas användning eller icke-användning av tillgängliga funktioner i systemet, samt avsaknad av vissa funktioner.

- Fördröjning: hur lång tid det tar innan information om grotanpassning (grotpunkter) dyker upp på kartan, vilket försvårar redigering i realtid.
- Avsaknad av styrning i systemet: användare bör ej kunna ha grotknappen igång i flera timmar utan någon påminnelse eller tvingande åtgärd.

2. Instruktioner

- Otillräcklig planering: bristande instruktioner om grotanpassning i trakttdirektivet.
- Otillräcklig information och utbildning om kartprogrammet och registrering av grotanpassningen i systemet. Detta krävs för att kunna använda funktionerna på rätt sätt.

”Hur gick det till när ni började med grotknappen? Det var ett telefonsamtal bara, det var sagt att från det datumet blir det skarpt, då gick vi ifrån det där med att rapportera in grotan manuellt.”

3. Uppföljning

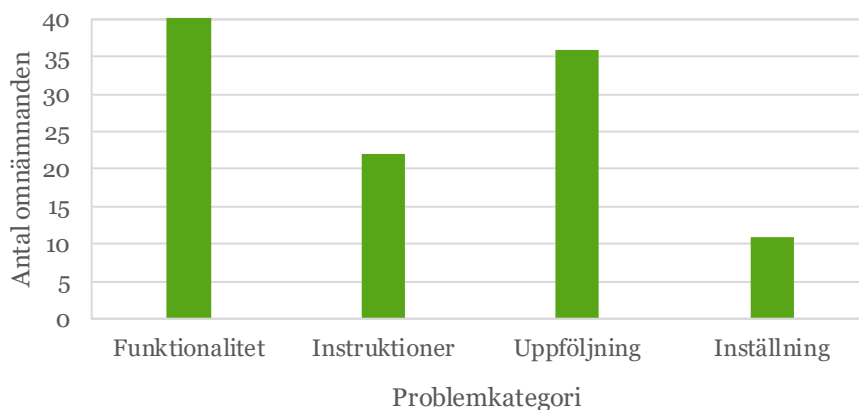
- Saknade rutiner för kortsiktig (”snabb”) återkoppling: brist på direkt återkoppling från skördardatorn eller från andra led i produktionskedjan. Det kan också handla om kvalitativa aspekter av grotanpassningen.
- Saknade rutiner för långsiktig (”långsam”) återkoppling: exempelvis grotprognos, faktiskt utfall (inmätt), arbetssätt och kvalitativa aspekter kring grot.

”Har ni någon uppföljning generellt på grotarbetet? Nej, det har vi inte [...]. Det kanske dom har och man inte vet om. Den enda uppföljningen, det är ju grotkotaren. Han rapporterade till sin chef [...] som väl har ringt oss någon gång och berömt oss för att det är väldigt bra, sagt att grotkotaren är övernöjd.”

4. Inställning

- Hur viktigt man tycker att grot som sortiment är jämfört med rundvirke, dvs. statusen på grotan. Bristande intresse hos förare, produktionsledare och andra led i kedjan, som inte ser grotvärdet och därmed inte anser att det är viktigt eller intressant att förbättra.

”Hade du önskat att få uppföljning på grotan? Nej, det är ingenting som jag känner att jag har något behov av att veta. Så länge de som kör skotarna efter är nöjda, då är jag nöjd.”



Figur 14. Antal omnämningar av identifierade problemkategorier vid intervjuer med skördarförarna.

Resultat från workshopen

Tjugo konkreta förbättringsförslag till identifierade problem formulerades och togs med till workshopen. Gruppövningarna vid workshopen valde ut fjorton konkreta förslag, med hög nytta och hög genomförbarhet, tillsammans med nya förslag. Samtliga förslag från workshopen redovisas i Bilaga 3. Några förslag som värderades högst var:

1. Att sammanställa grotvolym tillsammans med rundvirkesvolym i skördaren vid avslutad trakt.
2. Att införa en rutin för återkoppling från grotskotaren till skördarlaget om både kvalitativa och kvantitativa aspekter om grotanpassningen.
3. Att tydliggöra symbolen för grotknappen i skördaren.
4. Att genomföra utbildningar i registrering av grot, och arbete med grot i stort.

Vid en senare uppföljning kunde man konstatera att några deltagande organisationer redan hade hunnit påbörja implementeringen av vissa föreslagna lösningar:

- Bättre samling, analys och visualisering av olika typer av produktionsdata i Power BI, i syfte att förbättra rutinerna för uppföljning av arbetet med grot.
- Förenklad aktivering och tydligare symbol av grotknappen i skördaren.

Diskussion

Utvärdering av noggrannhet och precision

Sammantaget visar resultaten att systemet för grotprognoser i praktisk drift präglas av relativt låg noggrannhet, med en systematisk överskattning av prognoserna, och låg precision, med en relativt stor spridning i avvikelserna. Detta får negativa konsekvenser för planeringen av grotverksamheten, styrning och logistik. Om till exempel uppgifter om skogslager är felaktiga kan det innebära att man flyttar en grotkotare till en trakt i onödan. Om volymerna inte kan levereras enligt plan kan det också leda till förseningar och längre transportavstånd, vilket i sin tur medför högre kostnader samt minskad leveranssäkerhet och förtroende som leverantör.

I den första utvärderingen av systemet, som endast omfattade 11 slutavverkningar, identifierades inga systematiska avvikelser, och standardavvikelsen för avvikelsen uppgick till 11 procent (Hannrup m.fl. 2009). Våra nya resultat visar att avvikelserna i praktisk drift är betydligt större än vad som framgick av den första utvärderingen. Till skillnad från denna bygger vår analys på ett heterogent och omfattande material, med data från 660 slutavverkningar, 2 skogsföretag och 100 entreprenörer.

Resultaten tydde på att kvaliteten av prognoserna även formas av hur systemet används, och inte bara av hur det är konstruerat. Intervjuerna med förarna visade att beteendet vid registrering och arbetssätt med grot bidrar till att skapa en systematisk överskattning och hög spridning. Överskattningen kunde observeras redan på objektsnivå (Figur 9) och förstärktes vid aggregering på företagsnivå (Figur 10). Oavsett företag återfanns samma mönster på entreprenörsnivå, dock med en stor variation mellan olika utförare (Figur 11, Figur 12). Det relativt starka sambandet mellan noggrannhet och precision (Figur 13) indikerade att entreprenörer med liten systematisk avvikelse också tenderar att vara mer konsistenta i sina prognoser. På sikt kan därför en förbättring av den ena egenskapen bidra till en förbättring av den andra, vilket sammantaget kan höja prognoskvaliteten (Figur 6). Storleken på den relativa avvikelsen påverkades tydligt av vilken enhet som användes vid jämförelsen mellan inmätt och prognostiserad grotmängd (Figur 10). För Företag 1 minskade överskattningen markant (från 92 till 63 procent) när TTV användes i stället för m^3f , medan effekten för Företag 2 var marginell vid användning av m^3s i stället för m^3f (från 43 till 41 procent). Valet av TTV för Företag 1 kan dämpa, men inte eliminera, den systematiska överskattningen i prognoserna.

Utöver faktorer kopplade till systemanvändning finns även andra faktorer som kan bidra till avvikelserna, men dessa har inte kvantifierats inom ramen för denna studie. Till exempel togs uttagskvoterna vid grotkotning fram för grön grot (Tabell 1), medan företagen som ingick i utvärderingen normalt arbetar med brun grot. I praktiken leder skillnader i grothantering och lagringsförhållanden till variation i mängden grot som faktisk blir kvar på hygget (Eliasson & Nilsson 2015). Dessutom visade Nilsson (2016) att denna variation påverkas i större utsträckning av hur avverkningen utförs än av när groten skotas ihop (grön eller brun).

Inmättningsdata från Biometria har betraktats som facit i vår studie, men det kan även förväntas viss spridning i referensdata (Biometria 2026a, 2026b). Detta beror bland annat på variation i storleken på inmätta avverkningsobjekt (Figur 9) samt skillnader i tillämpade mätmetoder vid olika mottagningsplatser (vägning med torrhhaltsbestämning och/eller skäppmätning).

Förslag till förbättring på kort och medellång sikt

Arbetet med att förbättra grotprognoser bör eftersträva både hög noggrannhet och hög precision, dvs. den övre högra måltavlan i Figur 6.

1. På kort sikt kan den systematiska överskattningen på företagsnivå (dvs. noggrannhet) korrigeras med kalibreringsfaktorer framtagna utifrån historiska produktionsdata. Faktorer anpassade efter verksamhetsområden eller entreprenör kan också tas fram.
 - Kalibrerad prognos för Företag 1 = $0,522 \times$ prognos i fast volym (m^3f)
 - Kalibrerad prognos för Företag 1 = $0,614 \times$ prognos i torrsubstans (TTV)
 - Kalibrerad prognos för Företag 2 = $0,697 \times$ prognos i fast volym (m^3f)
 - Kalibrerad prognos för Företag 2 = $0,710 \times$ prognos i stjälpvolym (m^3s)
2. På medellång sikt kan införandet av förbättringsförslag från workshopen (Bilaga 3) bidra till att både öka noggrannheten och precisionen (minska spridningen). Eftersom noggrannhet och precision visade sig vara starkt korrelerade, kan en förbättring av den ena variabeln leda till förbättring även av den andra. Ansvar för implementeringen av förslagen varierar, men för många förslag bedömdes ansvaret ligga hos skogsföretagen, följt av maskintillverkarna och IT-systemutvecklarna. I workshopen framkom att förbättrad systemanvändning samt införande av gemensamma återkopplingsrutiner och arbetssätt kring grot är viktigt. Återkoppling är central för lärande och förbättring, eftersom det utan återkoppling blir svårt att avgöra vad som kan bli bättre. Om grotten som sortiment blir mer synlig i panelen på skördardatorn tillsammans med rundvirke kan dess status påverkas positivt, liksom förarnas motivation att utveckla arbetssättet med grot. Skördarförarnas attityder till grotens värde påverkar även hur mycket grot som faktiskt tas ut i förhållande till den teoretiska potentialen (Narinx 2026). Skördarförarna har en central roll i grotuttaget, men detta bör betraktas som ett lagarbete som kräver samverkan med andra personer i försörjningskedjan, bland annat, rundvirkes- och grotskotarförare, flisningsentreprenörer, produktionsledare, planerare och inspektorer.
3. På medellång sikt kan även automatisering av registreringen av grotanpassning/icke grotanpassning minska risken för fel och reducera handpåläggningen för förarna. Detta identifierades som ett ytterligare utvecklingsspår under workshopen, i takt med att användningen av sensorer inom skogsbruket ökar. Eftersom placeringen av grot och stockar i förhållande till skördaren i regel är tydligt avskild vid grotanpassning/icke grotanpassning (Figur 1), skapas möjligheter att automatisera registreringen i nya maskiner. Tillsammans med en maskintillverkare har detta arbete påbörjats inom projektet *Förbättrade grotprognoser för precisionsplanering*, och det finns planer på nya projekt med andra tillverkare i samma utvecklingsspår.

Referenser

- Bergqvist, J., Eriksson, A., Eggers, J., Nilsson, C., Paulsson, J., Pettersson, J., Roberge, J-M., Wikberg, P-E. 2022. Skogliga konsekvensanalyser 2022 – syntesrapport. Skogsstyrelsen. Rapport 2022/11.
- Bioenergy Europe. 2026. Bioenergy Landscape. Statistical Report 2025 (pocket edition).
- Biometria. 2026a. Nationella mättningsbestämmelser. Bestämning av torrhalt och energiinnehåll på skogsråvara. Giltig från 2026-03-31.
- Biometria. 2026b. Nationella mättningsbestämmelser. Skäppmätning av sönderdelad skogsråvara. Giltig från 2026-03-31.
- Björheden, R., & Eckerberg, K. 2024. Bioenergi från skogen-möjligheter och begränsningar: Slutrapport från KSLA: s klimatgrupp för bioenergi.
- Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av grot direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring - Effekter på näringsuttag, barravfall och fukthalt. Arbetsrapport 878, Skogforsk.
- Energimyndigheten. 2025. Produktion, import och export av oförädlade träddränslen. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/tillforsel-och-anvandning/produktion-import-och-export-av-oforadlade-tradbranslen>
- Energimyndigheten. 2026a. Sveriges energisystem – en översikt. Total energitillförsel. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/sveriges-energisystem/>
- Energimyndigheten. 2026b. Analys: Prisutvecklingen för träddränsle, torv och avfallsbränslen 2025. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2026/analys-prisutvecklingen-for-tradbransle-torv-och-avfallsbranslen-2025/>
- Fries, E. 2023. Hur mycket skogsbränsle blir det? Skördardata ger svaret! Vision nummer 1, 2023. Bitzer Productions AB. <https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/tidningen-vision/2023/vision-nummer-1-2023/hur-mycket-skogsbransle-blir-det-skordardata-ger-svaret/>
- Hannrup, B., Möller, J.J., Larsson, W., Malm, J. & Wilhelmsson, L. 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Arbetsrapport 694, Skogforsk.
- Johannesson, T., Valund, T., Eliasson, L., Eriksson, A., Anerud, E., Fernandez Lacruz, R. & Parklund, T. 2023. Uttag av grot som skogsbränsle. SLU Skogsmästarskolans Rapportserie 2023:01. 75 s.
- Johansson, S. 2024. Varje hörn är lika viktigt. Vision nummer 4, 2024. Bitzer Productions AB. <https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/tidningen-vision/2024/vision-nummer-4-2024/varje-horn-ar-lika-viktigt/>
- Möller, J. J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. Arbetsrapport 677, Skogforsk.

- Möller, J.J., Bhuiyan, N., Arlinger, J., Eriksson, I., Söderberg, J. & Hannrup, B. 2024. hprYield- Beräkningsmodul for generering av geografiskt uppdelade nyckeltal baserade på skördardata. Arbetsrapport 1228, Skogforsk.
- Mörk, A. 2012. Grotanpassa i lätt terräng. Kunskapsartikel 2012-73, Skogforsk.
- Mörk, A. 2013a. Slutavverka dubbelsidigt i klen skog och sämre terräng. Kunskapsartikel 2013-54, Skogforsk.
- Mörk, A. 2013b. Slutavverkning med dubbelsidig risanpassning. Kunskapsartikel 2013-57, Skogforsk.
- Narinx, L. 2026. Från teori till praktik – En studie om skördarförarens beslutsprocesser vid grotuttag. Examensarbete. Institutionen för skog och träteknik, Linnéuniversitetet.
- Nilsson, B. 2016. Extraction of logging residues for bioenergy – effects of operational methods on fuel quality and biomass losses in the forest. Linnaeus University Dissertations No 270/2016. Department of Forestry and Wood Technology, Linnaeus University, Växjö.
- Nilsson, P., Markström, M. & Fridman, J. 2025. Skogsdata 2025: Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Tema: Tillväxt, avverkning och naturlig avgång. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Siljebo, W., Möller, J.J., Hannrup, B. & Bhuiyan, N. 2017. hprCM - Modul for beräkning av trädegenskaper och skogsbränslekvantiteter baserat på skördardata. Arbetsrapport 944, Skogforsk.
- Silverbratt, M. 2024. Utveckling med användaren i centrum. Kunskapsartikel 2024-17, Skogforsk.
- Skogforsk. 2023. Projektsida för Förbättrade grotprognoser för precisionsplanering. <https://www.skogforsk.se/projekt/forbattrade-grotprognoser-for-precisionsplanering/>
- Skogforsk. 2026. Verktyg för analys av skördardata. Beräkningsmoduler. <https://www.skogforsk.se/rad--stod/beslutsstod--verktyg/verktyg-for-analys-av-skordardata2/>

Bilagor

Bilaga 1: Intervjufrågor till skördarförare

Introducerande frågor

1. Hur länge har du jobbat som skördarförare?
2. Hur länge har du jobbat åt nuvarande uppdragsgivare?
3. Frågor om maskinen:
 - a. Vilken maskin och årsmodell kör du?
 - b. Vilket styrsystem och version har du?
 - c. Vilket kartprogram har du?
 - d. Hur många fysiska skärmar har du i skördaren?
4. Hur länge har du arbetat med grotanpassningen?
5. Hur stor andel av dina avverkningar grotanpassas?
6. Kan du berätta för mig hur en typisk dag ser ut för dig när du har en avverkning som ska grotanpassas och registreringen av grotanpassningen?

Avverkningsplanering

1. Hur går du till väga med avverkningsplaneringen inför uppstart av nytt objekt?
2. Använder du markfuktighetskartan för att identifiera vilka ytor som kan grotanpassas?
3. Hur ofta går du ur maskinen för att reka basvägar/basstråk?
4. Börjar du hugga upp basstråk eller börjar du utmed yttergränserna?

Införande av grotanpassning

1. Kan du berätta hur det gick till när ni började jobba med grotanpassning?
2. Kan du beskriva hur de första månaderna var?
 - a. Vad fungerade bra?
 - b. Hur hanterade du/organisationen om något blev fel?
3. Vem var det som ni fick informationen ifrån?
4. Har du en kontaktperson/hjälpcenter på företaget som du kan ställa frågor till?
5. Har du fått någon utbildning i arbete med grot?
6. Vilka generella instruktioner får du när en trakt ska grotanpassas (alltid samma instruktion eller olika?)
7. Har ni ett bestämt arbets sätt eller är det upp till individen själv?
8. Läger du virket och grotan parallellt med färdriktning/vägen, eller lägger du dom vinkelrätt?
9. Har ni någon form av kontinuerlig uppföljning från uppdragsgivare av genomfört arbete?

Grotknappen/funktion för grotprognoser

1. Hur länge har du arbetat med grotknappen? (alltså funktionen för registrering av grotanpassningen)
2. Hur upplevde du att införandet av funktionen fungerade?
 - a. Var det något som hade kunnat göras annorlunda som hade gjort det annorlunda för dig?
3. Hur ser grotknappen ut för dig?

- a. Vart sitter den någonstans?
 - b. Hur använder du den?
4. Upplever du att grotknappen fungerar som den ska? (beter den sig som förväntat?)
 - a. T.ex. stängs den av efter kortare avbrott eller är alltid på?
5. Hur illustreras grotanpassningen i kartprogrammet?
 - a. Vad ser man innan man påbörjar grotanpassningen, och vad ser man efter man har utfört åtgärden?
 - b. Hur vet du att registreringen funkar som det ska?
 - i. Kontrollerar då och då att grotpunkterna syns på kartan?
 - ii. Stämmer ni av resultatet? Hur gör ni det?
6. Hade du önskat att grotknappen eller grotkartan hade sett ut på ett annat sätt?
 - a. Vad tycker ni fungerar bra, vad saknar ni?
 - b. Finns det något du hade önskat varit annorlunda som hade underlättat för ditt arbete?
7. Vilken nytta anser du att du har av kartan och punkterna?

Återkoppling

1. Hur upplever du att feedbacken fungerar?
2. Hur skulle du definiera vad som är ett bra eller dåligt jobb med grotanpassningen?
 - a. Hur vet du om du har gjort ett bra jobb?
3. Hade du behövt någon mer/annan feedback för att du ska tycka det är användbart?
4. Får ni någon annan form av återkoppling annan än det i kartan som beskriver utfallet av grot?
 - a. Hur ser tidslinjen ut för den återkoppling ni får?
 - b. Sker återkopplingen från ett system? Vilka system?
 - c. Eller får ni återkoppling från någon person? Hur ser det ut och hur ofta får ni det?
5. Hur hade du önskat få återkoppling på utfallet av din grotanpassning? (alltså hur väl överensstämde prognosen med det verkliga utfallet)

Kommunikation

1. Hur pratar ni sinsemellan (skördarförare/skotarförare) om planeringen av objektet?
2. Hur pratar ni sinsemellan (skördarförare/skotarförare) om grotanpassningen?

Avslut

1. Hur skulle du vilja arbeta med grot? Om du fick välja helt själv?
2. Har du några förslag, som vi inte redan har pratat om på
 - a. Hur vi skulle kunna förbättra systemet för registrering av grot?
 - b. Som skulle göra det lättare för er att använda?
 - c. Förbättring av arbete med grot i stort?
 - d. Alternativa arbetssätt eller metoder för att öka grotuttaget utan att öka risken för körskador?
3. Har du något som du vill berätta som vi har pratat om?

Bilaga 2: Citaturval från förarintervjuerna

Citat kopplade till problemkategori "Funktionalitet"

- *Kollar du då och då på kartan om det syns på kartan i ROM? Ibland kan man trycka jag in, men inte så ofta. Det kan vi se om vi trycker. Men vi oftast trycker bort det där för att det blir för grötigt i kartan helt enkel. Vi vill ha vår virkesproduktion i det där.*
- *Kan ni se grotanpassningen i kartan? Man kan plocka fram groten i ROM naturligtvis, men det är inget man gör [...] oftast trycker man bort det där för att det blir för grötigt i kartan helt enkelt.*
- *Hur vet du att maskinen registrerar grotanpassningen? Det är ju den där BIOmode, att den symbolen är i. Annars vet jag inte att den registrerar, för de där blåa ringarna kommer efter en stund, 2 timmar senare eller beroende på hur ofta man har rapporteringen isatt. Så här kan jag inte se direkt att det har varit registrerat eller inte.*
- *När gör du grotreduceringen? När jag lämnar in slutrapporten, när skiftet är klart, och är jag klar en torsdag, så ibland gör jag det inte direkt utan det kan dröja en vecka till innan man gör det. Man ska säkert göra det på en gång men det brukar kunna komma någonting mellan, eller att man bara glömmet.*
- *Hur ofta reducerar du grot? Två till tre gånger om dagen. Det tar ju lite tid och då hinner man ju glömma det. Har jag kört en sträcka och huggit den sträckan. Så vill jag ju gå in och göra den direkt, men då får jag ju en väntan. Jag vet inte hur lång tid det är väl med hur det skickas och grejer. Och då kan det ju bli att man glömmet det.*
- *Hur aktiverar man grotknappen? Jag har två knappar, du ska trycka på F2 och noll. Dels F2 sitter på vänsterpanel och nollan på höger. Det är också det här att du glömmet det ibland.*
- *Är det svårare att sätta på eller att stänga av tycker du? Det är väl ungefär lika [...].*
- *Har du något som vi borde tänka på kring grotknappen? Ja, nej, det är bara att man ska komma ihåg ett. Sen tycker jag det skulle räcka att trycka på en knapp i stället för att hålla in i den och trycka på en till.*

Citat kopplade till problemkategori "Instruktioner"

- *Hur gick det till när ni började med grotknappen? Det var ett telefonsamtal bara, de var sagt att från det datumet blir det skarp, då gick vi ifrån det där med att rapportera in groten manuellt.*
- *Tyckte du att det räckte med bara ett telefonsamtal, hade man velat haft lite mer instruktion? Jo, det kan man säkert varit nog, det är väl så. Men nu har det blivit rent generellt så i skogen, mer och mer sköts på distansutbildningar och internet, men nej, det hade varit bra med mer information.*
- *Har du alltid direktiv om att du ska grotanpassa där det går? Ja, det står ju i trakttdirektivet, men oftast så kör dom samma text hela tiden här de senaste 20 åren [...] det står "grot hela trakten".*
- *Vad fick du för instruktioner när du började med grotreducering i Stina? Att det finns. Ja och sen kan man väl gå in och läsa någonstans säkert.*

- *Hade du önskat mer stöd från planeringssida som underlättar grotanpassningen? I sådana fall, om de hade tittat ut redan innan, ”här passar det bra att grotanpassa” men ”i det här området behöver ni inte göra det”.*

Citat kopplade till problemkategori ”Uppföljning”

- *Har ni någon uppföljning sen på hur mycket grot det blev? Nej ingenting, jag får aldrig reda på någon volym eller så. Inte vad jag vet.*
- *Hade du velat få någon form av återkoppling från grotskotaren? Ja, det hade kunnat vara bra om de ringer och säger där har ni gjort någonting gålet eller där är det bra. Jag tror att det inte är helt fel om man hade någon sorts kommunikation*
- *Hur ofta händer det att du får feedback från grotskotaren? Ja, det är egentligen bara en gång nu då de ringde och sa att det var jävligt bra.*
- *Har ni någon uppföljning generellt på grotarbetet? Nej, det har vi inte [...]. Det kanske dom har och man inte vet om. Den enda uppföljning det är ju grotskotaren. Han rapporterade till sin chef [...] som har väl ringt oss någon gång och berömt oss för att det är väldigt bra, sagt att grotskotaren är övernöjd.*
- *Har ni någon form av uppföljning eller att man du pratar med produktionsledare? Ja ett par tre gånger i månaden väl brukar det vara ha lite snack om (rundvirkes) produktion.*
- *Hur vet du gjort en bra grotanpassning på ett objekt, idag? Om jag får höra från inspektorn eller virkesköparen, då brukar de nämna den. Annars har jag ingen aning. Jag får aldrig någon uppföljning av någon grotskotare, jag aldrig fått.*
- *Och hur vet du att systemet fungerar? Det vet jag inte! Så länge det kommer in antar ja. Det är inget vi kan gå in och titta på, jag antar att han som tar hand om groten sen har koll på att den kommer in och registreras. För mig som maskinförare är mitt jobb gjort.*

Citat kopplade till problemkategori ”Inställning”

- *Får ni någon annan form av uppföljningen av produktionen (för grot)? Jag ser det på ForestLink Maps, det uppskattar ungefär var det ligger och ungefär hur mycket det blir. Men vad den informationen gör för mig kan jag inte riktigt svara på. Det är mera för grotskotaren som kommer at ta det där.*
- *Hade du önskat att få uppföljning på groten? Nej, det är ingenting som jag känner att jag har något behov av att veta. Så länge de som kör skotarna efter är nöjda, då är jag nöjd.*
- *Är det något du önskar (uppföljning på groten)? Nej det är väl ingenting jag blir drabbad så, nej, kan inte komma på varför jag skulle behöva veta det.*
- *Har ni någon månadsavstämning där ni tittar på hur det ser ut med groten? Nej, det får vi faktiskt inte, inte som jag vet direkt. Jag kan säkert gå in och titta men det har ju inte jag något intresse av egentligen [...]. Kanske om dom kommer med att man varje månad hur mycket, hur många procent man har lyckats grotanpassa, för de vill ju gärna att den ska höjas så mycket som möjligt såklart.*
- *Det räcker väl med månadsstapeln vi får, sen kan jag gå in på Stora Enso eSkog om jag vill och hålla koll på hur mycket grot jag fått till då. Det är ett sortiment vi tillreder, men det är ingenting vi skotar ut sen.*

Bilaga 3: Resultat från workshopen om förbättrade grotprognoser

Gruppövning 1

Sammanställning på förbättringsförslag som presenterades av Skogforsk och som diskussionsgrupperna rankade med både hög nytta och hög genomförbarhet.


En ikon bredvid varje förslag indikerar de möjliga ansvariga för dess implementering, som grupperna angav under diskussionen.

 GIS/IT-systemutvecklare






 Maskintillverkare

 Skogsföretag

Förslag	Ansvarig
Rankade med hög nytta och genomförbarhet av fyra (samtliga) grupper	
1. Ge en sammanställning vid avslutad trakt på grotvolym ihop med rundvirkesvolym (dvs. brutto från samtliga avverjade stammar och grotanpassad volym).	
2. Inför en rutin för återkoppling från grotskotaren till skördarlaget. Den kan bestå av en frågeenkät vid avslutad trakt om a) kvalitet på grotanpassningen, b) GIS-kartans (grotpunkter) överensstämmelse med verklighet.	
Rankande med hög nytta och genomförbarhet av tre grupper	
3. Större och tydligare symbol för grotknappen (<i>BIO mode / BioenergyAdaption / Biobränsle</i>).	
4. Utbildning om effektiv grotanpassning och skonsam avverkning (arbetssätt).	
5. Utbildning om systemet för grotprognoser/registrering (hur använder man det, rutiner, funktioner, tydliggör varför prognoserna är viktiga).	
Rankande med hög nytta och genomförbarhet av två grupper	
6. Synliggör att grotknappen är aktiv även på kartvyn (t.ex. visa symbolen för grotknappen, grön ram runt kartan).	
7. Skicka in hpr-filerna till databasen oftare (t.ex. var 15 min).	
8. Standardisera traktplaneringen (t.ex. ha alltid inritade basvägsförslag i karta).	
9. Lägg till groten i produktionsuppföljning (t.ex. nyckeltal, kvalitet, registrering, inmätning, körskador).	
10. Lista groten som ett sortiment i traktdirektivet och ange en siffra på förväntad volym grot (likt förväntad volym timmer och massaved).	

11. Större förändring på driftskärmen när grotknappen är aktiverad, det ska ej gå att missa (t.ex. grön bakgrundsfärg på hela skärmen). 

Rankande med hög nytta och genomförbarhet av en grupp

12. Bygg in påminnelser om grotknapp/reducering (t.ex. var 30 min).  
13. Möjliggör automatväxling från driftskärmen till kartan när maskinen rör sig (gäller endast för ROM).  
14. Endast en knapptryckning i stället för två vid aktivering av grotknappen (gäller endast för vissa maskintillverkare). 
-

Gruppövning 2

Sammanställning på förslag och idéer som kom upp av samtliga grupper och rankades med både hög nytta och hög genomförbarhet. Eftersom många av de lösningarna liknande varandra, har dessa aggregerats.

Förslag

Ansvarig

Rankade med hög nytta och genomförbarhet av samtliga (fyra) grupper

Långsiktig uppföljning



- Lyft nyckeltal och kvalitet i uppföljning, och knyt ihop med markpåverkan.
- Använd tydliga nyckeltal för återkoppling till maskinslagen, som alla förstår och arbetar mot.
- Följa upp prognos vs. faktiskt utfall.

Återkoppling i realtid



- Visa grotpunkter i kartan i realtid.
- Visa och uppdatera total grotvolym / andel grotanpassat i driftskärmen under upparbetning.

Öka status på grot



- Prata om grot som sortiment: lyft grot i samma forum som övriga sortiment (traktdirektiv, produktionsuppföljning mm.).
- Lägg till förväntat utfall i traktdirektiv (tydliggör förväntningar kring grot).
- Ge premier till entreprenörer vid bra jobb.
- Lyft fram bra exempel på fungerande maskinlag.

Rankande med hög nytta och genomförbarhet av två grupper

Tvingande åtgärd eller påminnelse



- Regelbundna påminnelser om grotknappen / dags att reducera.
- ”Tvinga” förarna att reducera varje dag.

Arbetssätt



- Ha uppföljning på utförande.
 - Standardisera arbetssätt vid grotanpassning.
 - Metodutbildning i svåra trakter.
 - Sätta press på bättre undervisning kring grot på förarutbildning.
-

Under Gruppövning 2 kom upp andra idéer från grupperna med **varierande grad** av nytta och genomförbarhet:

- Automatisera registreringen av grotanpassning med nya teknik i skördare.
- Autoreducering för basvägar.
- Bättre inmätning och spårbarhet på flödet.
- Bättre planeringsunderlag: markfuktighetskartan, basvägsförslag, var det ska grotas och inte mm.
- Ihopkoppla uppföljning genom hela värdekedjan: planering-drivning-grotskotning-flisning-inmätning.
- Involvera alla inblandade i avverkningsprocessen på ett tydligare sätt.
- Skicka upp en drönare efter och gör bildanalys; användning av LiDAR för registrering av grot.
- Standard för kommunikation mellan styrsystem och kartprogram.
- Utveckla modell för att estimeras grotvolym utifrån skogliga grunddata.
- Var tydlig som uppdragsgivare både internt och externt med entreprenörer och företag.