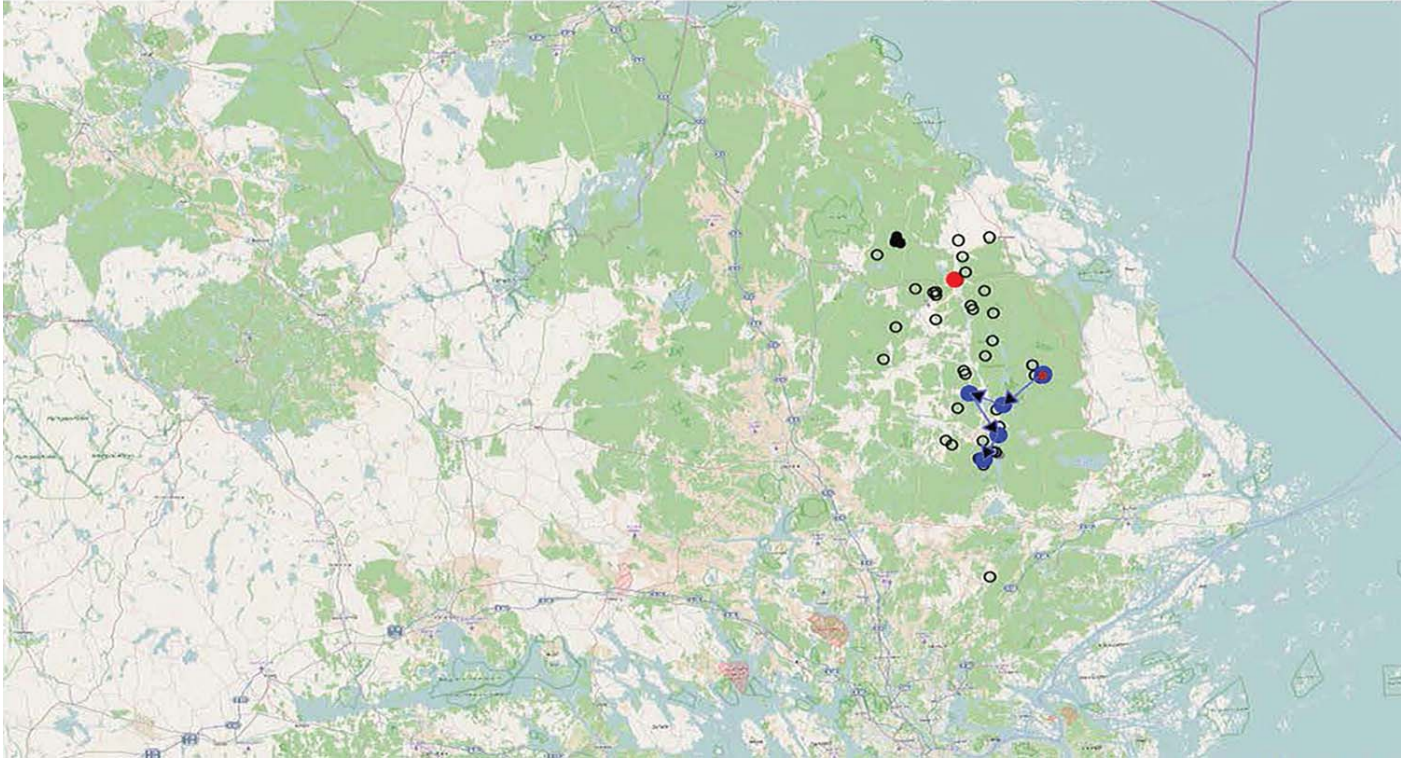
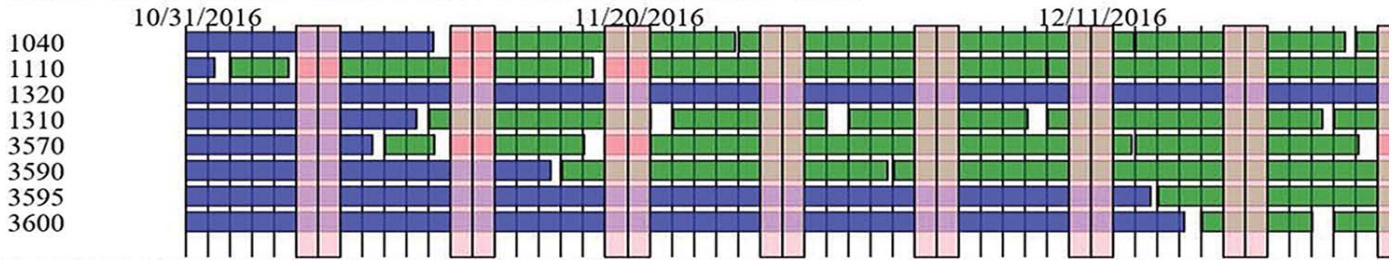


131398 10/31/2016:0.00 - 11/10/2016:0.46 Slutavverkning volume=1756.4



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 930–2017

Turordningsplanering

Sequencing in operational planning

Patrik Flisberg, Mikael Frisk, Mikael Rönnqvist och Erik Willén

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 930-2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Turordningsplanering.
Sequencing in
operational planning.

Bildtext:

Turordningsplanering
för ett maskinlag
kommande månaden.

Ämnesord:

Skoglig planering, optimering,
produktionsledare, detaljerad
planering, maskinlag.
Forest planning, optimisation,
production manager,
detailed planning, machine team.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Patrik Flisberg, har disputerat i optimeringslära vid Linköpings universitet och arbetar med utveckling av planeringsstöd för skogsbrukets försörjningskedja.



Mikael Frisk, är jägmästare och arbetar sedan 2003 med utveckling av planeringsstöd för skogsbrukets försörjningskedja.



Mikael Rönnqvist, är professor vid Université Laval i Québec, Kanada och arbetar bl.a. med optimering i skogsbrukets försörjningskedja.



Erik Willén, är jägmästare med mer än 18 års erfarenhet av skoglig fjärranalys. På Skogforsk är Eriks expertområden geodata och fjärranalys för skoglig planering.

Abstract

Scheduling logging resources and planning which sites are to be felled, and in which order, is an important part of the forestry planning process. This sequencing is complex, because many different decisions must be made, and a large amount of detailed information must be processed.

Skogforsk has developed a planning model that generates proposals about which stands are to be felled, when, and by which machine team. Costs of logging, transport to industry, movement of machines between sites, and work team movement to and from the sites are minimised, while maximising the value of the felled forest. The yield from the felled stands is matched against the company's delivery requirements for different recipient points.

The result is a schedule for a logging plan that can be incorporated in existing decision support systems. The model generates detailed information about resource activities in the next month, and an overall plan for up to a year ahead.

In case studies carried out together with BillerudKorsnäs and Holmen Skog, the model has been tested and evaluated with good results. The tests were based on authentic data for actual planning on five occasions. The evaluation of the sequencing proposal generated by the optimisation model was that many of the proposals were viable and comprised a good basis for an operative plan. In those cases where the model's proposals were not possible to implement in practice, possible reasons included incorrect definition of when the sites would be accessible.

The case studies have shown that the model is suitable for use in generating sequencing proposals for felling teams.

Förord

Turordningsplanering är den ordningsföljd av avverkningstrakter som produktionsledare på skogsföretag tilldelar olika maskinlag. Denna rapport sammanfattar utveckling och demonstration av projektet ”Turordningsplanering” under åren 2014–2016. Projektet har genomförts av Skogforsk i samarbete med Creative Optimization Sweden AB. Skogforsks särskilda satsning för ökad produktivitet och skonsamhet har finansierat projektet tillsammans med deltagande företag.

Ett stort tack riktas till BillerudKorsnäs och Holmen Skog för deras aktiva deltagande, vilket möjliggjort demonstrationerna samt till styrgruppen Örnästet som löpande givit värdefulla synpunkter och prioriterat projektet för finansiering (Göran Andersson, BillerudKorsnäs (ordf.), Gunnar Björkholm, Mellanskog, Jonas Eriksson, Holmen Skog, Mats Johansson, Södra, Veegard Haanaes, StoraEnso, Per Österberg, SCA.

Tack även till CGI Sverige som bidragit med indata från företagens databaser till analyserna.

2017-03-27

Patrik Flisberg, Mikael Frisk, Mikael Rönnqvist och Erik Willén

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Syfte och mål.....	6
Material och metod	6
Modellens krav på indata	6
Modellens möjligheter.....	8
Lösningsteknik.....	9
Fallstudier.....	10
Resultat	14
Holmen Skog.....	14
Optimeringsresultat	14
Kommentarer från produktionsledare	15
BillerudKorsnäs.....	16
Optimeringsresultat	16
Kommentarer från produktionsledare	18
Identifierade och prioriterade nyttor	19
Diskussion	21
Indata.....	21
Viktning av parametrar och modellkrav	22
Utvärdering.....	23
Nyttor	23
Praktisk användning av modellen.....	24
Väg mot implementering.....	25
Fortsatt utveckling.....	25
Slutsatser.....	26
Referenser.....	27

Sammanfattning

Schemaläggning av avverkningsresurser och planering av vilka trakter som ska avverkas och i vilken ordning, är en viktig del i skogsbrukets planeringsprocess. Denna turordningsplanering är komplex, eftersom flera olika beslut måste fattas och en stor mängd detaljerad information måste bearbetas.

För att underlätta denna planering har Skogforsk utvecklat en planeringsmodell som ger förslag på vilka bestånd som ska avverkas när i tiden och av vilket maskinlag.

Kostnader för drivning, transport till industri, flytt av maskiner mellan trakter och personalens resor till och från trakterna, minimeras samtidigt som värdet på den avverkade skogen maximeras.

Utfallet från de avverkade bestånden matchas mot de leveranskrav som företaget har gentemot olika mottagningsplatser.

Resultatet utgörs av en schemalagd avverkningsplan som kan presenteras i befintliga beslutsstödsystem.

Modellen skapar detaljerad information om resursernas aktiviteter den närmaste månaden samt en översiktlig plan för upp till ett år framåt.

I fallstudier tillsammans med BillerudKorsnäs och Holmen Skog har modellen testats och utvärderats med goda resultat. Testerna gjordes med skarpa data för verklig planering vid sammanlagt fem tillfällen. Utvärderingen av optimeringsmodellens förslag till turordning visar att en stor del av förslagen var klart genomförbara och utgjorde en bra startpunkt för en operativ plan. De fall där modellens förslag inte var möjliga att överföra till praktiken kunde bland annat härledas till felaktig definition av när trakter var tillgängliga.

Fallstudierna har visat att modellen är lämplig att använda för att skapa förslag till turordningsplaner för avverkningslagen.

Bakgrund

Skogsbrukets försörjningskedja är beroende av fungerande avverkningsorganisationer som på ett kostnadseffektivt sätt genererar ett virkesutfall anpassat till de leveransavtal organisationen har med olika industrier.

Planering av drivningsåtgärder innefattar många viktiga beslut, de mest betydande är:

- Vilka trakter som ska avverkas för att matcha aktuellt leverans- eller produktionsmål avseende volym per sortiment och tidpunkt för leverans.
- Vilket maskinlag som ska användas på respektive trakt för att minimera resursåtgång och kostnad,
- Matchningen mellan avverkning och vidaretransport till industri för att minimera transportavstånden.

Planeringen ska resultera i en turordningsplan, i vilken samtliga maskinlag är schemalagda för en viss tid framöver, ofta en månad. Det räcker dock inte att endast planera för nästkommande månad utan planeringen måste integrera även efterföljande 2–12 månader för att få ett balanserat resursutnyttjande.

Turordningsplaneringen är en komplex beräknings- och planeringsuppgift med många påverkande variabler, detta tillsammans med ett stort informationsbehov om avverkningstrakter, maskinlagens tillgänglighet och produktivitet gör att en beräkningsmodell som kan skapa ett förslag till turordningsplan skulle underlätta detta arbete avsevärt. En modell skulle dessutom vara värdefull när planeringen snabbt måste göras om p.g.a. oförutsedda händelser.

I projektet FlexWood utvecklades en optimeringsmodell för planering av avverkningsaktiviteter med syfte att minimera kostnader för avverkning, flytt och transport och samtidigt maximera värdet på de avverkade volymerna och uppfylla en given industriefterfrågan (Flexwood, 2012). Modellen vidareutvecklades och testades 2015 hos BillerudKorsnäs och Holmen Skog med goda resultat. Med historiska data kunde modellens funktion och innehåll verifieras så att fortsatta tester i skarpt läge skulle bli meningsfulla.

Optimeringsmodellens syfte är att underlätta arbetet med att skapa turordningsplaner. Resultatet från optimeringen ska utgöra beslutsunderlag för schemaläggning av avverkningsresurserna och ge möjlighet till scenarioanalyser om förutsättningarna för drivningen förändras.

Modellen skapar ett förslag på vilka bestånd som ska avverkas, när i tiden och av vilket maskinlag. Kostnader för drivning, transport till industri, flytt av maskiner mellan trakter och personalens resor till och från trakterna, minimeras samtidigt som värdet på den avverkade skogen maximeras. Utfallet från de avverkade bestånden matchas mot de leveranskrav som företaget har gentemot olika mottagningsplatser. Resultatet utgörs av en schemalagd avverkningsplan som kan presenteras i befintliga beslutsstödsystem.

Modellen hanterar upp till ett års rullande planering. Normalt specificeras första månaden med 28–31 tidsperioder (en per dag) och efterföljande månader specificeras som enskilda tidsperioder. Det ger möjlighet till en detaljerad planering den första månaden och en grovre planering för resterande månader. Den detaljerade planeringen är dock inte knuten till varje dag den första månaden, utan kan även vara längre beroende på praktiska planeringsförutsättningar.

Modellen måste kunna hantera en noggrann beskrivning den första månaden och en mer översiktlig planering för övriga månader. Det första är viktigt p.g.a. att korrekta direktiv på t.ex. startdatum av avverkning av trakter, val av apteringsinstruktion för respektive trakt, detaljerade flöden till industrier på dagsnivå m.m. Den översiktliga planeringen är viktig för att undvika att ”skumma grädden”, d.v.s. att de bästa trakterna används i början av året och det blir avsevärt svårare och dyrare ju längre in i året den operativa planeringen utförs.

Modellen använder därför två tidsperioder:

- En kortare och mer detaljerad planeringsperiod (business period). I denna ska modellen föreslå beslut som kommer att implementeras och användas operativt.
- En längre mer översiktlig planeringshorisont (anticipations period) som huvudsakligen används för att värdera effekten av besluten i den operativa perioden.

En viktig skillnad är att i den detaljerade skapas en schemaläggning av avverkningen men i den översiktliga bestäms enbart vilken månad som avverkningen startar. Denna typ av planering är föreslagen i bl.a. en artikel av Troncoso m.fl. (2015) för långsiktig strategisk planering i Chile. I den modellen har den detaljerade perioden en längd av ett år och den översiktliga en längd av 5 år.

Målet med optimeringsmodellen för turordningsplanering är antingen att:

- A. Maximera vinsten med verksamheten, eller
- B. Minimera kostnader med en given efterfrågan.

Dessa mål ger samma lösning om efterfrågan är fixerad. Även om målet är att maximera vinst via en variabel efterfrågan inom några intervall, kommer en väsentlig del vara beroende av att hitta en effektiv logistik med låg kostnad.

I modellen finns parametrar för att kunna balansera t.ex. transportarbete över flera tidsperioder. Dessa parametrar kan tolkas som en kostnad för att avvika från ett mål som kan vara ett medelvärde. Modellen använder även straffparametrar och straffvariabler för att säkerställa att det finns en tillåten lösning. Om någon av dessa variabler har ett värde tyder det på att det är något fel med indata och att vidare analys är nödvändig. Användningen av dessa straff underlättar felsökande i data väsentligt.

Modellen består av tre delar:

- Beslutsvariabler.
- Bivillkor.
- Målfunktion.

Modellen beskrivs närmare i Frisk m.fl. (2016). Modellen är ett så kallat blandat heltalsproblem (Lundgren, Rönnqvist & Värbrand, 2010), vilket innebär att endast vissa av variablerna är heltalsvariabler. Även för små problem är dessa problem kända för att vara mycket svårlösta. De löses standardmässigt med kommersiella optimeringslösare, t.ex. CPLEX¹⁾, som i sin tur använder avancerade trädsoknings- och plansnittningsmetoder integrerat med effektiva förprocesseringsalgoritmer.

Syfte och mål

Syftet med projektet var att effektivisera turordningsplaneringen genom att tillämpa modeller som bygger på tillgängliga data om skog, industri och drivning.

Målen var att:

- Genomföra en användarutvärdering under realistiska förhållanden.
- Testa och utveckla modellen så att den vid projektets slut skulle vara möjlig att implementera i företagets operativa planering.

Material och metod

MODELLENS KRAV PÅ INDATA

Efterfrågan i modellen beskrivs som en målvolymer av ett visst sortiment under en viss tidsperiod (kalendervecka) till en viss mottagare. Avvikelse från målvolymer tillåts med en viss procentsats (både uppåt och nedåt), per vecka och per månad. Tillåten avvikelse på veckonivå är normalt större än tillåten avvikelse per månad. Efterfrågan kompletteras med prisinformation, d.v.s. det pris den aktuella mottagaren betalar för respektive sortiment. Detta för att kunna maximera värdet genom rätt destination av volymer från avverkningarna.

Företagets leveranskrav utifrån uppgjorda avtal förutsätts alltid kunna uppfyllas. Undantag är om det inte finns tillräcklig volym av ett visst sortiment. För att klara detta och då kan modellen köpa in dessa volymer från en extern källa fritt industri.

¹⁾ <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>

Tillgångar (tillgängliga sortiment och volymer) beskrivs som information om volymutfall för alla trakter tillsammans med detaljerad traktinformation. För varje trakt krävs information om totalvolym, medelstam, terrängtransportavstånd, bärighet, avverkningsform (slutavverkning, gallring, fröträdsavverkning etc.). Kapaciteten eller tidsåtgången bestäms av trädvolymen och maskinstorleken på varje enskild trakt. Då kapaciteten också är olika mellan olika avverkningslag (med i övrigt samma förutsättningar), kan den relativa prestationen för varje avverkningslag jämfört med en normalprestation anges.

Dessutom behövs koordinaterna för objektet samt information om det är egen skog eller köpobjekt.

Traktegenskaperna har betydelse för tidsåtgång samt val av avverkningsmaskin och avverknings tidpunkt. I startläget kopplas första tidsperioden till ett visst datum, bl.a. för att ha kontroll över när i tiden olika trakter är tillgängliga och när olika maskinlag kan arbeta (semestrar, planerade underhållsstopp etc.). Därtill måste det finnas information som avgör när på året olika bärighetsperioder inträffar samt tillgänglighetsinformation gällande alla maskinresurser.

Maskinlagen beskrivs med ID, typ (eget eller entreprenör), hemort, aktionsradie (max tillåtet avstånd mellan hemort och avverkningstrakt), min- och maxtid som laget kan arbeta respektive tidsperiod samt eventuellt krav på målvolym. För varje hemort ska det finnas namn och koordinater. Dessutom måste varje trakt beskrivas med avstånd till respektive maskinlags hemområdesgräns. Ligger trakten i lagets hemområde är avståndet noll.

Beskrivningen av avverkningsmaskiner hör ihop med beskrivningen av maskinlagen. Varje maskin beskrivs med id, vilket maskinlag den tillhör, maskintyp (skördare, skotare och drivare), storlek (stor, mellan, liten), tillgänglig kapacitet per tidsperiod och kostnad per timme.

Dessutom behövs avstånd mellan alla trakter, mellan trakter och maskinlagens hemorter och mellan trakter och mottagningsplatser samt information om transportkostnader (virkestransport och persontransport), flyttkostnader för maskiner, tillgänglighetsbeskrivning för respektive bärighetsklass, minsta avstånd för att flyttkostnaden ska gälla, tidsåtgång för flytt mellan objekt, maximal andel gallring och maximal andel externa köp. Aktuell information om väglagervolymer och var maskinlagen befinner sig vid planeringsperiodens början måste också finnas.

Styrningen av när i tiden en viss trakt ska avverkas bestäms delvis av dess bärighet. För flera företag anges transportbärighet som en kombination av väg- och terrängbärighet och grundförhållanden och blir därför en lämplig informationskälla. Tidpunkten för avverkning kan också styras explicit genom att användaren anger när en viss trakt ska avverkas. Dessutom kan trakter tvingas bli prioriterade så att de avverkas senast ett visst antal månader efter köpet.

MODELLENS MÖJLIGHETER

Vilket maskinlag som tilldelas vilken trakt avgörs av flera faktorer. Hänsyn tas först och främst till maskintypen och om den är tillåten i den aktuella trakten (en slutavverkningsmaskin kanske inte tillåts t.ex. i en förstagallring).

Dessutom finns restriktioner om hur långt från hemmabasen ett maskinlag tillåts operera. Hänsyn tas även till om trakten ligger i ett maskinlags hemområde. För varje maskin anges en prestation som är beroende av medelstam (skördare), skotningsavstånd (skotare) samt övriga faktorer (kan vara GYL, säsong etc.). I optimeringen beräknas tidsåtgången för att driva respektive trakt och denna används sedan för att matcha tillgänglig kapacitet för respektive maskin. Prestationen för maskinlagen anges för olika avverkningstyper (slutavverkning, gallring, avverkning fröträd/överståndare etc.).

Ett problem med planeringen är att styra maskinlagen så att de arbetar inom ett avgränsat område i så stor utsträckning som möjligt och därmed undviker onödiga flyttkostnader. Detta problem är generellt för många modeller då de inte inkluderar besluten explicit eftersom modellerna då blir avsevärt mycket större och svårare att lösa.

Målet att hålla maskinlagen inom ett begränsat område står ibland i motsats till att hitta bästa möjliga trakter för respektive lag beroende på dess prestation. I denna modell används en kompressionsfaktor för att kunna väga dessa mål mot varandra. Kompressionsfaktorn används i två faser i lösningsmetodikens andra steg (beskrivs nedan).

I den första fasen används lösningen från modellen för att bestämma en mittpunkt av de trakter som är kopplade till respektive lag. I andra fasen, som innebär att vi löser om samma problem, kan en kostnad för att tillordna trakter som ligger längre bort från de olika lagens mittpunkter inkluderas. Denna kostnad är proportionerlig mot avstånden från mittpunkt till trakterna och kan ändras av användaren. Metodiken är beskriven i Bredström m.fl. (2010) och har här modifierats så att denna modell använder en större vikt på den trakt som respektive lag befinner sig på i starten av planeringsperioden. Detta för att mittpunkten ska placeras i närheten av denna.

Modellen arbetar i tre steg även om användaren inte märker av mer än ett eftersom de är integrerade i en övergripande metodik. I kapitlet om lösningsmetodik beskrivs de olika stegen i detalj.

Flyttkostnader kan anges på olika sätt. Antingen genom ett fast pris per flytt, eller en avståndsberoende kostnad. Det finns också möjlighet att begränsa antalet flyttar per år för ett maskinlag (om det antalet överskrider påförs en straffkostnad).

Det finns även en möjlighet att lägga till en extrakostnad som faller ut vid varje trakt (exv. rensningstillägg till åkaren).

Det går att tvinga ett visst maskinlag att avverka en viss trakt, exempelvis om det finns speciella önskemål från markägaren.

I optimeringen kan intäkt, transportkostnad, drivningskostnad och flyttkostnad viktas olika beroende på vilket mål organisationen har. I normalläget ges samtliga faktorer vikten ett, d.v.s. alla faktorer är lika viktiga.

Optimeringen tar även hänsyn till andra avverkningsmål, framför allt andelen volym i gallring kontra slutavverkning samt andelen volym avverkad i egen skog kontra köp.

Resultatet från optimeringen innebär:

- Schemaläggning av alla maskiner de första 30 dagarna (eller annan tidsperiod).
- Beskrivning av vilka volymer som ska destineras till vilka mottagare.
- Sammanställning av kostnader (drivning, flytt, transport och övrigt).
- Beskrivning av virkesflöden.
- Summering av hur väl efterfrågan uppnås med den aktuella lösningen.

LÖSNINGSMETODIK

För praktiska problem är modellen inte möjlig att lösa inom rimlig planeringstid. Modellen är helt enkelt för stor, varför en lösningsmetodik som består av tre steg har utvecklats.

Den utvecklade lösningsmetodiken utför olika typer av aggregeringar och separation av problem där de enskilda problemen är betydligt enklare att lösa än grundproblemet. Metodiken eller algoritmen kan beskrivas i följande tre steg.

Steg 1: Lös aggregerad modell

Enbart två perioder för optimeringen används. Alla detaljerade perioder är aggregerade till en period och detsamma gäller med de översiktliga. Syftet med modellen är att ha med aggregerad efterfrågan och allokera alla trakter till en av de två aggregerade perioderna när de ska avverkas. På så sätt kan både kapaciteter och efterfrågan balanseras. Eftersom optimeringsproblemet enbart har två perioder blir det betydligt mindre och relativt löslöst.

Steg 2: Lös modell med enbart detaljerade perioder

I lösningen anges vilka trakter som ska avverkas i de detaljerade perioderna från Steg 1. Här används samtliga detaljerade perioderna och en utförlig planering enbart i de detaljerade perioderna (d.v.s. första månaden) utförs. Detta optimeringsproblem är relativt svårt men det är lösbart inom en praktisk planeringstid. Detta är möjligt eftersom modellen redan vet vilka trakter som ska avverkas under planeringsperioden och att inga översiktliga perioder ingår.

Steg 3: Lös modell med låst avverkningsplanering i detaljerade perioder

Givet den utförliga lösningen från de detaljerade perioderna löses modellen igen men denna gång även med de översiktliga perioderna. I de detaljerade perioderna är sekvenseringen fastlåst men inte flöden och lager vilket förenklar väsentligt och ger en rimlig lösningstid.

Det finns ingen garanti att en optimal lösning med denna metodik kan identifieras. Modellen hittar dock lösningar som har mycket bra kvalitet. Dessutom behöver inte tredje steget lösas igen om enbart en detaljerad beskrivning av den närmaste månaden eftersöks eftersom nödvändig balansering mellan detaljerade och översiktliga perioder sker via första steget.

FALLSTUDIER

I projektet användes optimeringsmodellen för att skapa turordningsplaner vid fem olika planeringstillfällen fördelat på Holmen Skog (3) och BillerudKorsnäs (2). Vid samtliga tillfällen samlades data in cirka en vecka före månadsskiftet och produktionsledarna kunde ta del av optimeringsförslagen några dagar senare. Ytterligare några dagar senare hölls ett uppföljningsmöte för att diskutera vilken nytta den förslagna planen kunde ha i den verkliga planeringen. Information om tillgängliga trakter, aktuellt väglager och transportplan levererades som Excelfiler som sedan anpassades till optimeringsmodellen.

Maskinlagens hemområden ritades ut manuellt av produktionsledarna och digitaliserades sedan för att med hjälp av GIS-verktyg kunna beräkna avståndet från varje trakt till alla maskinlags hemområdesgränser. Produktionsledarna levererade även information om var (vilken trakt) respektive maskinlag förväntades befinna sig vid planeringsperiodens start.

Studierna på Holmen Skog gjordes på ett stort område (se Figur 1) och omfattade 21 maskinlag medan studierna på BillerudKorsnäs endast berörde åtta maskinlag och en mindre geografi i östra Uppland, se (Figur 2).

Tabell 1 summerar de viktigaste förutsättningarna för optimeringarna vid respektive företag, inklusive industriefterfrågan. I båda företagens optimeringar har avverkningsalternativen begränsats till slutavverkning och gallring. Fröträdsavverkning, avverkning för väglinje och andra mindre avverkningsalternativ ansågs av företagen inte behöva ingå i optimeringen eftersom de enkelt (och helst) planeras in manuellt.

Tabell 1.
Exempel på förutsättningarna för respektive företag vid de utförda optimeringarna.

Parameter	Holmen Skog	BillerudKorsnäs
Antal maskinlag	21	8
Antal industrier	13	12
Total efterfrågan (m ³ fub)	134 000/768 000	81 000/477 000
Antal trakter/leveransvirkesposter	850	300
Tillgänglig volym (m ³ fub)	760 000	480 000
Antal sortiment (enligt SDC:s SSTE kod)	12	41
Antal sortimentsgrupper	6	5
Antal detaljerade perioder	45	62
Antal översiktliga perioder	4	3
Total planeringsperiod (månader)	5,5	5

Alla avstånd (från trakt till industri, terminal, andra trakter och hemmabaser samt från terminal till industri) beräknades med underlag från NVDB/SNVDB och Krönt Vägval 3.0.

Vid samtliga planeringstillfällen gjordes flera olika optimeringar med variation i styrning av modellen, framför allt med avseende på hänsyn till maskinlagens produktionsmål och flyttkomprimeringsfaktor.

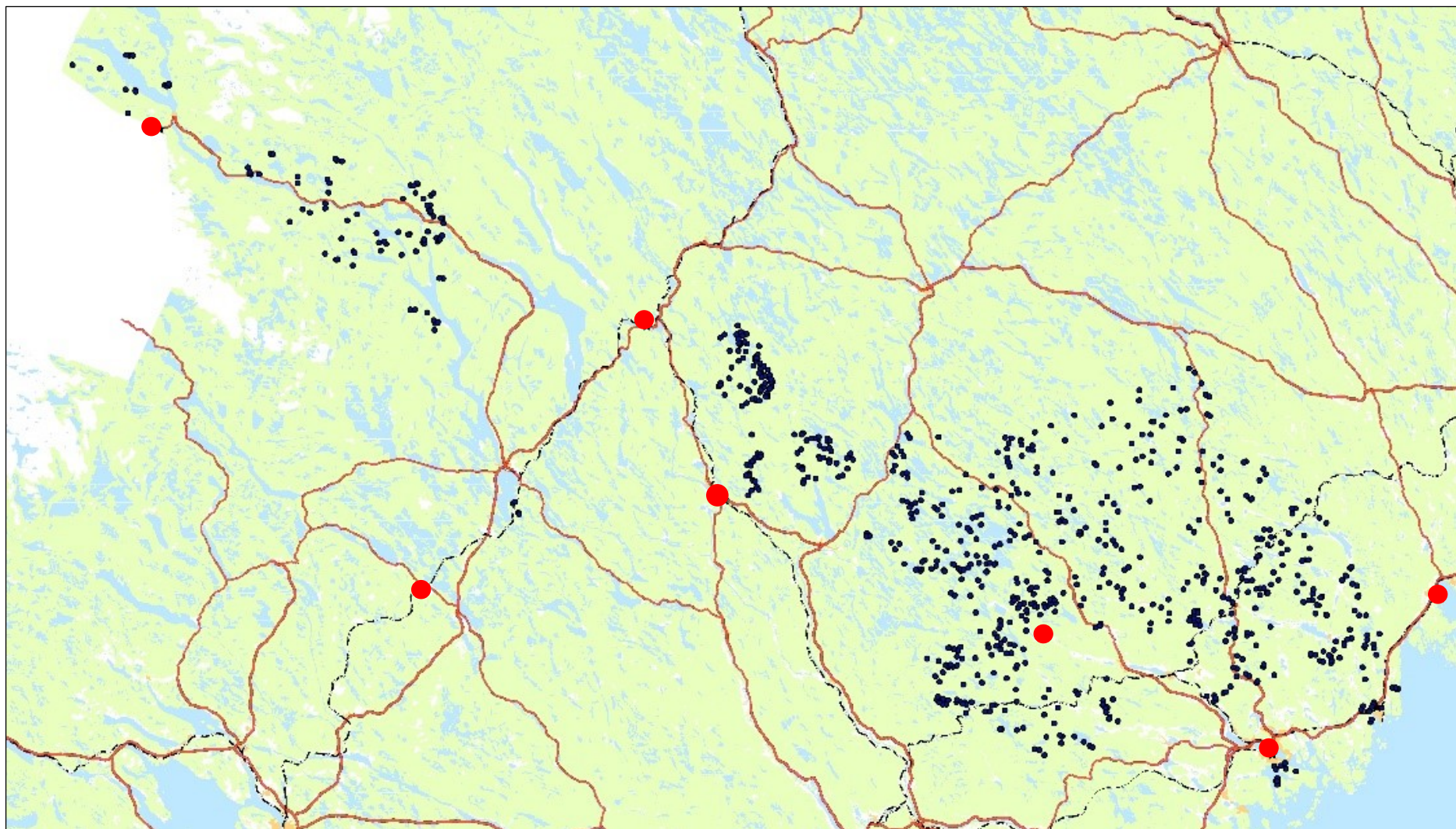
I samtliga optimeringar har funktioner framtagna av Skogforsk använts för beskrivning av maskinernas prestationer. Olika funktioner för olika maskinstorlekar har använts. Maskinkostnader (kronor per timme och maskin) har definierats av respektive företag.

Både BillerudKorsnäs och Holmen använder ett system för avverkningsplanering som heter VSOP. Systemet innehåller databaser med information om tillgängliga trakter och leveransvirkesposter. IT-företaget CGI förvaltar och utför drift av VSOP åt företagen varför CGI levererade data till projektet. Datat bestod av bruttolistor av trakter med olika. I optimeringarna användes endast de trakter som angavs med status inplanerad eller planerbar. För Holmen Skog:s del användes även begreppet ”gripbar” för att avgöra om en planeringsbar trakt var möjlig att lägga i turordningsplanen eller inte.

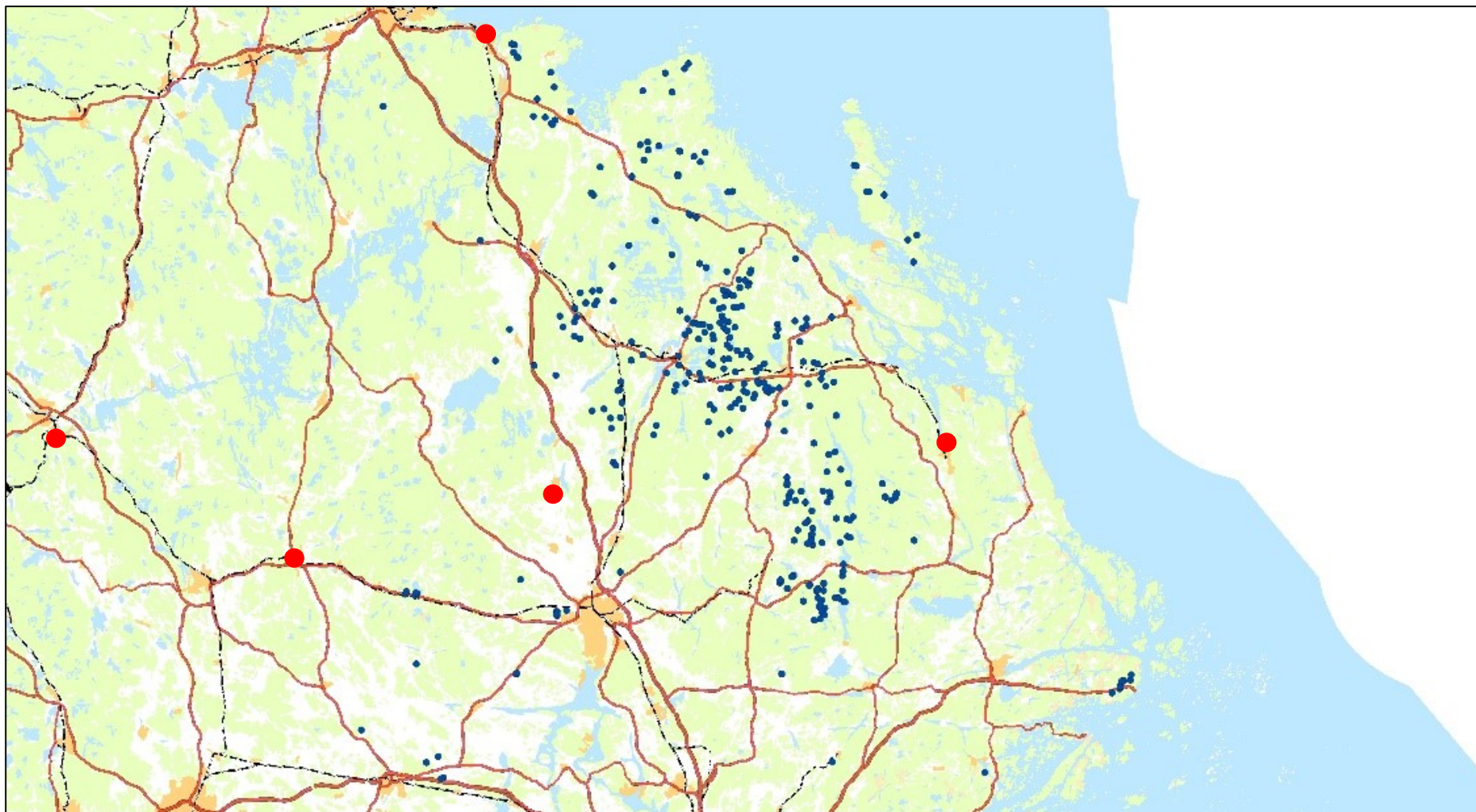
Transportkostnader definierades av respektive företag.

För Holmen Skog gjordes optimeringar vid tre planeringstillfällen under våren och sommaren 2016; inför april, maj och uppstart efter semestern (juli/augusti).

Figur 1 och 2 illustrerar den geografiska utbredningen för optimeringsunderlagen för de två företagen.



Figur 1.
Utbredning av studien på Holmen Skog med Ömsköldsvik nere till höger. Prickar motsvarar avverkningsstrakter eller platser för leveransvirke och röda punkter motsvarar mottagningsplatser.



Figur 2.
Utbredning av studierna på BillerudKorsnäs i östra Uppland. Prickar motsvarar avverkningstrakter eller platser för leveransvirke och röda punkter motsvarar mottagningsplatser.

Efter avslutade fallstudier bedömdes och prioriterades nyttor vid användningen av en modell för turordningsplaneringen. Skogforsk tog fram förslag på nyttor som kompletterades och prioriterades av medverkande produktionsledare.

Resultat

HOLMEN SKOG

Optimeringsresultat

För Holmen Skog gjordes optimeringar både med och utan krav på modellen att uppfylla maskinlagens avtalade målvolym varje månad. Optimeringarna utan krav föreföll ge bättre lösningar i avseendet att de sannolikt skulle vara enklare att omsätta i praktiken p.g.a. rimligare flyttsekvenser. Eftersom maskinlagens målvolym matchade produktionstakten väl blev avvikelserna i praktiken inte avgörande. Efterfrågan uppfylldes med ett visst övermål för att klara av att möta efterfrågan i nästkommande perioder med sämre bärigheter och därmed mindre mängd tillgänglig volym.

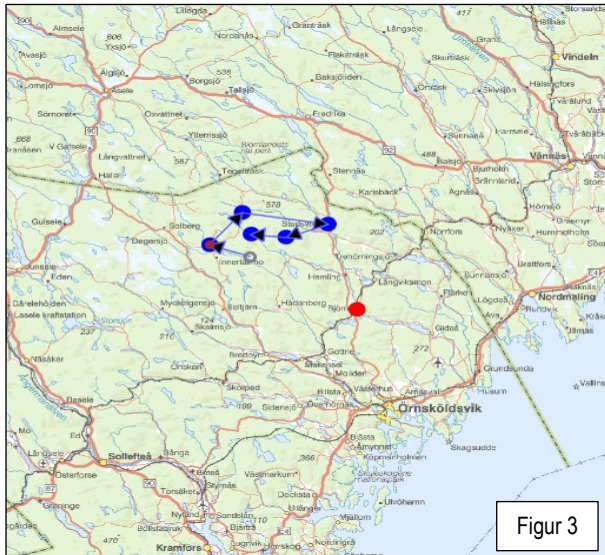
Tabell 2 redovisar resultat från en av optimeringarna fördelat på detaljerade perioder och totalt (detaljerad + översiktlig).

Tabell 2.
Resultat från en av optimeringarna Holmen Skog, södra Västerbotten.

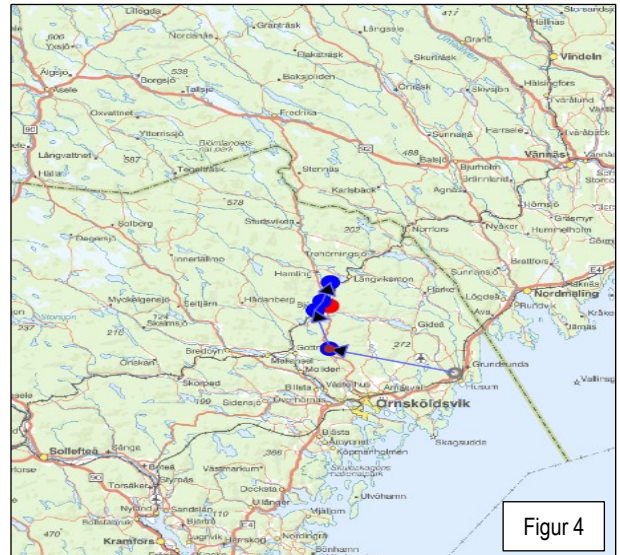
Parameter	Detaljerad	Totalt
Avverkad volym gallring (m ³ fub)	10 797	109 432
Avverkningskostnad gallring (kr/m ³ fub)	194	192
Avverkad volym slutavverkning (m ³ fub)	110 832	586 754
Avverkningskostnad slutavverkning (kr/m ³ fub)	88	96
Producerad volym (m ³ fub)	121 616	695 696
Transporterad volym (m ³ fub)	152 803	767 595
Resekostnad (kr/m ³ fub)	1,2	1,7
Flyttkostnadens andel av total kostnad (%)	2	3
Avverkningskostnad per producerad m ³ (detaljerad)	97	111
Flyttkostnad (kr/m ³ fub)	3,4	6
Transportkostnad (kr/levererad m ³ fub)	57	58
Totalkostnad (kr/producerad och levererad m ³ fub)	158	175
Avverkning och flytt (kr/m ³ fub)	101	117

Tabellen visar bl.a. att transportkostnaden per levererad m³ är 57 kronor i de detaljerade perioderna och 58 kronor totalt för alla perioder. Tabellen beskriver dessutom avverkade volymer, flyttkostnader, medelstam m.m. och utgör en viktig del i resultatsammanställningen. Siffrorna i sammanställningen används i första hand för att bedöma rimligheten i resultaten och för jämförelse med resultat från andra optimeringar med andra förutsättningar. Skillnaden mellan producerad volym och transporterad volym beror på att det funnits ingående väglager som utnyttjats av modellen.

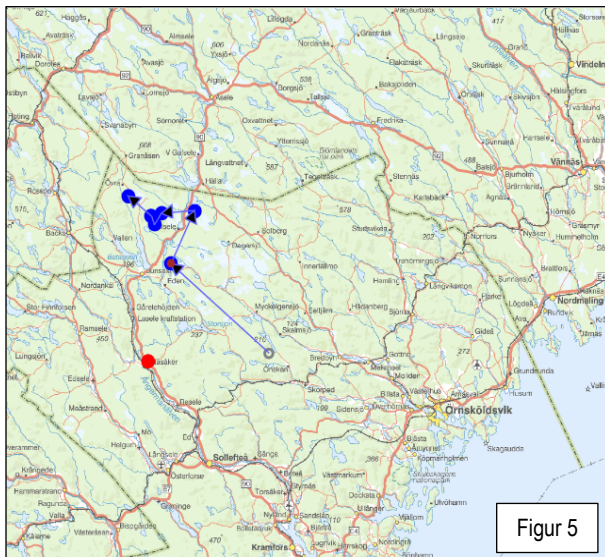
Utöver summeringen av resultaten i tabellform finns detaljerade beskrivningar av varje enskilt maskinlags turordningsplan. Modellens förslag till turordning för tre av maskinlagen illustreras i Figur 3–5 där röda prickar representerar maskinlagets hemmabas och blåa prickar representerar de trakter som modellen föreslår i den detaljerade perioden.



Figur 3



Figur 4



Figur 5

Figur 3, 4 och 5.
Modellens förslag till turordning för ett av maskinlagen, Holmen Skog.

Kommentarer från produktionsledare

Optimeringsresultaten sammanställdes i tabellform och kompletterades med möjligheten att granska turordningsförslagen i kartor enligt figurerna ovan. Med stöd av detta gjorde produktionsledarna bedömningar av hur användbara förslagen var. De viktigaste kommentarerna från dessa var:

- Turordningsförslagen är fullt rimliga, vilket gör att det är intressant att gå vidare med konceptet för implementering.
- Cirka 50 procent av objekten i förslaget användes men inte alltid kopplat till det föreslagna maskinlaget.
- Förslagen är som de skulle gjorts manuellt med rimliga rutter med avseende på hur flyttas mellan objekten.

- Att använda hemområden och begränsa flyttavstånden med kompressionsfaktor ger ett bra resultat.
- Modellen inkluderar en del mindre trakter som kanske fallit bort i en manuell planering.
- Tydligt att det vid körningen inte var tillräckligt stor traktbank för hela hösten vilket kanske inte annars observerats vid denna tidpunkt.
- Största värdet med förslaget är att få en utgångspunkt i planeringen, en grov plan som kan modifieras.

När det gäller orsaker till att den verkliga planeringen justerades i förhållande till optimeringens förslag framkom att det kunde bero på tillkommande köpobjekt, tillkommande nyplanerade objekt på egen skog och att man i praktiken fokuserar på specifika produkter, exv. timmertäta objekt vid uppstart efter semester.

Resultaten ovan beskriver de senast genomförda optimeringarna som gjordes för en period med förhållandevis goda förutsättningar när det gäller bl.a. bärighet. I tidigare optimeringar under våren där bärigheten var avgörande för traktval visade det sig att felregistrerad trakt- och/eller transportbärighet och felaktig bärighetskalender (när på året en trakt med viss bärighet kan avverkas), kan ha stor inverkan på hur användbart optimeringsresultatet är. För de trakter som inte bedömdes vara lämpliga att ingå i turordningsförslagen uppskattades 20 procent bero på registerfel, 20 procent på felaktig bärighetskalender och 10 procent på okänd faktor. Resterande 50 procent bedömdes bero på krav och styrningar i modellen, något som kunde justeras inför de senare optimeringarna.

BILLERUDKORSNÄS

Optimeringsresultat

För BillerudKorsnäs i östra Uppland gjordes optimeringarna inför perioder med förhållandevis goda bärighetsförutsättningar. Även för BillerudKorsnäs valde modellen trakter som inte var lämpliga men i detta fall åt andra hållet jämfört med vårens optimeringar på Holmen Skog. Hösten var bärighetsmässigt bättre än normalt och i praktiken valde man att avverka trakter som i normala fall inte skulle gå att avverka p.g.a. bärighetsproblem. Det kunde konstateras att om modellen hade fått korrekt information om vilka bärigheter som var tillåtna hade förslagen blivit bättre. I den sista optimeringen speglades bärigheten korrekt och resultatet blev väl överensstämmande med verkligheten. Den definierade efterfrågan kunde inte uppnås beroende på att tillgänglig maskinkapacitet inte räckte till och att modellen istället prioriterade att skapa bra ruttförslag för maskinlagen. Det hade sannolikt gått att öka den producerade volymen men då på bekostnad av maskinlagens rutter (fler och/eller längre flyttar). Detta visar tydligt att det är viktigt att trimma in optimeringsinställningarna för att modellen ska ge tillfredsställande resultat. I detta fall handlar det om att vikta kravet på att uppfylla industriefterfrågan mot kravet att skapa rimliga flyttsekvenser för maskinlagen.

Optimeringsproblemen var förhållandevis små tack vare få trakter och maskinlag och optimeringen tog därför endast någon minut att genomföra. I de första optimeringarna identifierades en del brister i hemområden, prestationsfunktioner och bärighetskalender, något som kunde justeras och trimmas in till de senare optimeringarna.

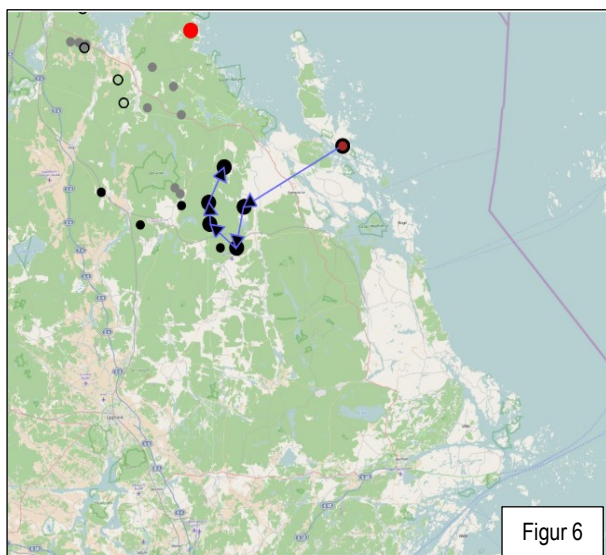
Tabell 3 redovisar parametervärden från den senaste optimeringen.

Tabell 3.
Resultat från en av optimeringarna på BillerudKorsnäs i norra Uppland.

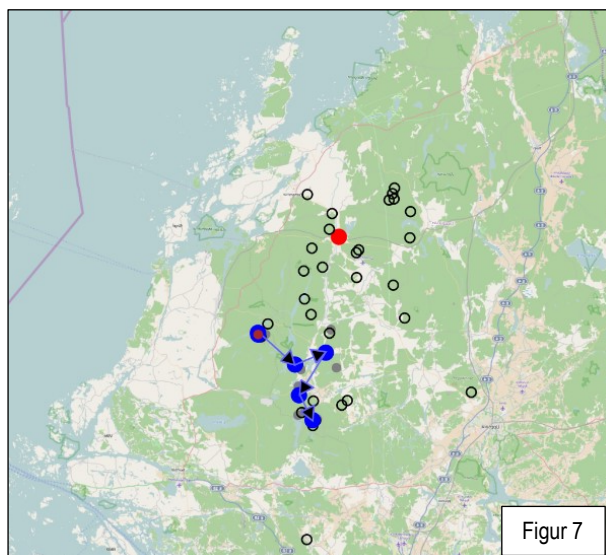
Parameter	Detaljerad	Totalt
Avverkad volym gallring (m ³ fub)	14 075	62 652
Avverkningskostnad gallring (kr/m ³ fub)	197	193
Avverkad volym slutavverkning (m ³ fub)	50 856	395 948
Avverkningskostnad slutavverkning (kr/m ³ fub)	76	76
Producerad volym (m ³ fub)	64 931	458 601
Transporterad volym (m ³ fub)	58 367	477 066
Resekostnad (kr/m ³ fub)	1,4	1,0
Flyttkostnadens andel av total kostnad (%)	1,4	1,7
Avverkningskostnad per producerad m ³ (detaljerad)	102,3	92,1
Flyttkostnad (kr/m ³ fub)	2,3	2,8
Transportkostnad (kr/levererad m ³ fub)	64,2	65,3
Totalkostnad (kr/producerad och levererad m ³ fub)	168,9	160,2
Avverkning och flytt (kr/m ³ fub)	104,6	94,9

Tabellen är en summering av de viktigaste resultaten från optimeringen. Utökad och mer detaljerad information finns i övriga resultatfiler som genereras vid optimeringen. Sammanställningen är dock viktig för att snabbt få en överblick av optimeringsresultatet och kunna jämföra med t.ex. resultat från en annan optimering.

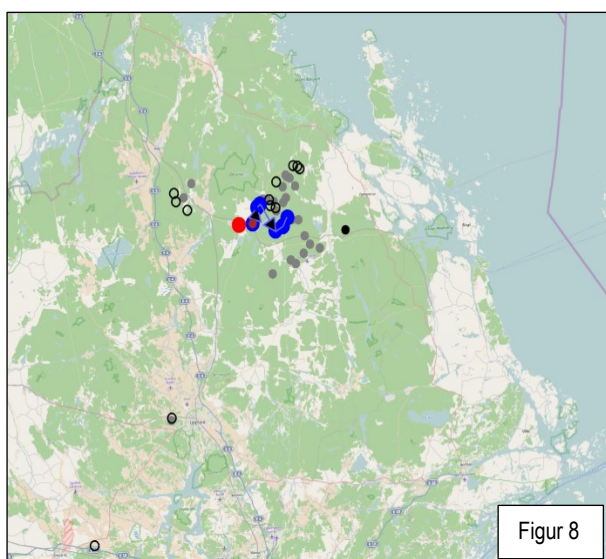
Figur 6–8 illustrerar modellens förslag till turordningsplan för tre av maskinlagen där röda prickar representerar maskinlagets hemmabas och blåa prickar representerar de trakter som modellen föreslår i den detaljerade perioden. Övriga prickar är trakter tilldelade maskinlaget under andra tidsperioder. Det är tydligt att modellen undviker långa flyttar och försöker så långt det går skapa sekvenser som är rimliga ur ett flyttperspektiv. I ett fall, Figur 7, startar laget utanför sitt definierade hemområde och modellen väljer att snabbt, vid nästa flytt, att flytta in i hemområdet.



Figur 6



Figur 7



Figur 8

Figur 6, 7 och 8.
Modellens förslag till turordning för ett av maskinlagen, BillerudKorsnäs, östra Uppland.

Kommentarer från produktionsledare

Precis som för Holmen Skog redovisades modellens förslag i tabellform kompletterat med kartor för turordningsförslagen. För den senaste optimeringen, där hemområden, bärighetskalender och kompressionsfaktor hade trimmats in, var responsen mycket god:

- Förslagen passar väldigt bra för lagen. Skulle kunna användas rakt av.
- Aktuell väderlek påverkar traktvalen starkt och därför är det viktigt att kunna inkludera säsongsvisa, lokala inställningar i modellen.

IDENTIFIERADE OCH PRIORITERADE NYTTOR

Efter genomförda demonstrationer identifierades ett antal nyttor som användandet av beslutsstödet kan medföra. För en kostnad-nyttoanalys krävs att företagen går igenom sina förutsättningar och värderar de föreslagna förbättringarna.

1. Snabbare turordningsplanering

Förslaget ger en bra utgångspunkt som minskar tiden för att göra själva turordningsplaneringen. Kan minst 50 procent av föreslagna trakter användas reduceras tiden som behövs för produktionsplaneringen. I ett av fallen under 2016 skulle knappt 100 trakter väljas ut från 850 tillgängliga. Skulle då 50 trakter vara föreslagna minskar tiden att välja ut resterande trakter. Det är även möjligt att exkludera de som inte passar och göra om optimeringen utan de trakterna. Det nya arbetssättet kan minska den totaltid som läggs på produktionsplaneringen och möjligheterna till omplaneringen förbättras med verktyget då det går snabbt att genomföra. Snabba förändringar som exempelvis förbättrad/försämrad bärighet kan snabbare omplaneras.

2. Högre kvalitet i turordningsplanen

Modellen väger in fler variabler än vad som är enkelt att göra för en produktionsledare. Det blir även lättare att ta hänsyn till längre tids-horisont och väga in lämpliga objekt. Helhetssynen blir bättre av de många variabler modellen tar hänsyn till.

3. Planeringsförslaget ger bättre matchning mot industriefterfrågan

Modellen tar hänsyn till industriefterfrågan både nu och inom ett par månader vilket gör att det blir enklare att matcha efterfrågan från industrin och vad som finns i lager. Det är betydligt svårare att göra via en manuell planering.

4. Mer strukturerad process för produktionsledare

Tydligare process underlättar för både nya och mer erfarna produktionsledare. Med mer lika processer finns förutsättningar till att utveckla planeringsprocessen och effektivisera arbetet. Nya produktionsledare får ett bra stöd att utgå från vilket underlättar deras arbete.

5. Återkoppling och kvalitetshöjning av indata

Indata med låg kvalitet kommer identifieras under modellkörningarna och efterföljande drivning. Fokus kan läggas på kvalitetsförbättringar med än bättre analysmöjligheter på sikt. Det kan gälla exempelvis den bedömda bärigheten, medelstammens volym eller andra variabler i indata som kan vara av lägre kvalitet.

6. Förutsättningar för billigare drivning

Om bättre prestationsfunktioner eller förbättrad beståndsinformation kopplat till företagens ersättningssystem skulle kunna inkluderas i modellen finns förutsättningar att styra mot billigare drivning. Detta område kräver vidareutveckling jämfört med dagens modell, men samtidigt går det redan nu att jobba med olika scenarier för att utvärdera olika kostnadsposter, se nytta 8.

7. Modellen visar konsekvenser över tiden

Modellen gör det möjligt att visa på konsekvenserna över tiden, exempelvis antalet tillgängliga trakter, brist på objekt i tjällossningstider m.m. Denna möjlighet saknas i realiteten i dag. Scenarioanalyser är något som turordningsplaneringen möjliggör på helt annat sätt än i dag.

8. Möjligt med att ta fram olika scenarier som kan utvärderas med nyckeltal mot varandra

Det är en liten insats att testa några olika scenarier efter mindre justeringar av inställningarna. Då går det att jämföra olika parametrar som ändras, exv. hemområden, flyttavstånd, bärighetsförändringar eller målvolymer/maskinlag. En variant som testades under projektet var att ha målvolymer/maskinlag eller med en målvolymer för totalen.

9. Efter optimeringarna fick deltagande produktionsledare försöka värdera de olika nyttorna, tabell 4. Bedömning gjordes av en produktionsledare per företag och resultatet behöver inte avspegla hela företagets prioritering, men ger en idé om vilka nyttor som bedömdes som mest värdefulla.

Bägge företagen framhöll nyttorna med en snabbare turordningsplanering och den förbättrade matchningen mot industriefterfrågan. Därefter gjordes lite olika bedömningar som kan bero av situationen inom respektive företag. Värt att notera var att samtliga identifierade nyttor prioriterades av något företag. Tabellen kan användas för vidare analyser och mer detaljerade nyttovärderingar inom både deltagande företag eller företag som ännu inte testat modellen.

Tabell 4.
Prioritering av nyttor av deltagande produktionsledare.

Nytta/prioritering (1=lägst, 5=högst)	BKS	Holmen
Snabbare turordningsplanering.	5	5
Högre kvalitet i turordningsplaneringen.		3
Planeringsförslaget ger bättre matchning mot industriefterfrågan.	4	4
Mer strukturerad process för produktionsledare.	2	
Återkoppling och kvalitetshöjning av indata.		2
Förutsättningar för billigare drivning.		1
Modellen visar konsekvenser över tiden.	1	
Möjlighet att ta fram olika scenarier som kan utvärderas med nyckeltal mot varandra.	3	

Diskussion

INDATA

För att resultatet från en optimering ska vara trovärdigt och användbart måste indata vara korrekt. Olika indata har emellertid olika påverkan på resultatet. Om en trakt t.ex. har felaktigt angiven bärighet kan det leda till att modellen vill avverka den vid ett tillfälle som inte är möjligt i praktiken, vilket naturligtvis har stor inverkan på planförslagets realiserbarhet. Om ett maskinlag presterar 10 procent mer än vad som anges i indata, har det en viss inverkan på när virke blir tillgängligt men påverkar inte turordningen särskilt mycket.

Det finns flera olika orsaker till att modellen ger en turordningsplan som inte till fullo kan användas i praktiken. Tabell 5 beskriver de viktigaste felkällorna som identifierats samt vilken konsekvens de får för optimeringsmodellen och dess resultat.

Tabell 5.
Möjliga felkällor och deras konsekvenser.

Felkälla	Konsekvens
Fel i bärighetskalender ²⁾ .	Fel val av trakt. Problem att uppfylla industriefterfrågan.
Felaktig angiven trakt- eller vägbärighet.	Fel val av trakt.
Osäkert avverkningsutfall.	Felaktig matchning av efterfrågan. Fel val av trakt.
Maskinernas produktivitet.	Felaktig tidsåtgång. Problem med att uppfylla industriefterfrågan.

Osäkra indata vad gäller bärighet har stor betydelse för modellens möjlighet att skapa praktiskt genomförbara turordningsplaner. Det är också bärighetsrelaterad indata som är vanligaste orsaken till ej genomförbara turordningsförslag. Därför måste korrekt angiven bärighet ha hög prioritet vid avverkningsplanering i fält. Dessutom måste bärighetskalendern vara anpassad till rådande förutsättningar när optimering ska göras.

Felaktigt beräknat avverkningsutfall, både sortiment och volym, är enligt företagen vanligt förekommande och får konsekvenser för hur man i praktiken kan uppfylla den verkliga efterfrågan. För turordningsplaneringen innebär felet att modellen föreslår avverkning av andra trakter än om korrekt information hade funnits. Med bättre beståndsdata och nya metoder för utfallsberäkning kan detta fel minskas avsevärt.

Information om maskinlagens produktivitet har betydelse för modellens beräkning av hur lång tid olika avverkningsobjekt tar att avverka och hur mycket virke som faller ut under en given tidsperiod. När angiven produktivitet inte stämmer överens med verkligheten, kan det leda till att industriefterfrågan i praktiken inte går att uppfylla, alternativt att för mycket virke produceras i förhållande till efterfrågan. Det kan också ge problem med otillåtna lösningar om det definieras produktionsmål som inte matchar tillgänglig maskintid. För modellens förslag till turordning har dock inte produktivetsfel varit avgörande för att ge en realiserbar plan eller inte.

²⁾ Med bärighetskalender avses indata som anger när på året som olika traktbärigheter kan drivas.

Andra faktorer, exempelvis förekomst av undervegetation har också betydelse för tidsåtgången. Information om detta saknas emellertid i beståndsregistret och kan därför inte vara med som parameter i optimeringen.

Att definiera hemområden för maskinlagen visade sig vara viktigt för att modellen skulle välja trakter i rätt geografi för respektive lag. Att bara använda hemmabasen och tillåta avverkningar inom ett visst avstånd, blir ofta fel, eftersom hemmabasen sällan ligger centrerat i ett maskinlags hemområde.

Den i beståndsregistret angivna medelstamvolymen har betydelse för produktiviteten och därmed tidsåtgången enligt tidigare resonemang. En felaktigt angiven medelstamvolym kan dessutom påverka valet av maskinlag eftersom produktiviteten mellan olika maskinstorlekar varierar med medelstam. I fallstudierna har dock inte några felaktigt registrerade medelstamvolymmer påvisats.

Information om industriefterfrågan bedöms vara den del av indata där risken för fel är minst. I fallstudierna har efterfrågan beskrivits på sortimentsgruppenivå (t.ex. grantimmer och talltimmer) men i en framtid kan det bli aktuellt att definiera efterfrågan mer detaljerat, exempelvis volym i olika dimensionsklasser. En sådan förändring kommer dock ställa höga krav på möjligheten till bättre utfallsberäkningar.

VIKTNING AV PARAMETRAR OCH MODELLKRAV

Optimeringsmodellen använder en stor mängd data som alla har mer eller mindre påverkan på optimeringsresultatet. Kopplat till modellens villkor finns s.k. straffkostnader som används för att uppnå önskade effekter i optimeringen. Det kan t.ex. handla om straff för att inte uppfylla en industriefterfrågan eller för att avverka en trakt som ligger utanför ett hemområde. Det kan dock uppstå problem när olika villkor har motsatt effekt på resultatet. I projektet har flera sådana problem uppmärksamats när resultaten granskats i detalj. Det kan t.ex. finnas en tydlig motstridighet i att uppfylla efterfrågan och samtidigt minimera maskinlagens flyttkostnader. Om kravet på uppfylld efterfrågan är högt kan modellen skapa turordningsförslag som visserligen medger detta, men samtidigt ger turordningsförslag som är orimliga i praktiken.

Om i stället kravet på efterfrågan sänks och det tillåts en viss avvikelse kan modellen kanske skapa bättre flyttsekvenser. Samma sak gäller uppfyllnad av målvolym för maskinlagen. Är det viktigare att uppfylla målvolymen varje månad än att få en bra flyttsekvens? Var går gränsen för när det inte går att avvika mer från målvolymen, för att skapa en ännu bättre flyttsekvens?

Maskinlagens hemområden, krav på avverkningsform för maskinlag, krav på utgående väglager, kompressionsfaktor etc. är andra parametrar som kan ha stark (oönskad) påverkan på optimeringsresultatet. Därför är det viktigt att alla parametrar och krav testas grundligt i ett antal skarpa analyser, så att korrekta värden och straffsatser kan trimmas in innan modellen börjar användas i skarp drift.

UTVÄRDERING

Resultaten i Tabell 2 och Tabell 3 summerar bland annat kostnader och volymer för både närmaste månaden och den totala perioden som modellen tar hänsyn till. Det är lockande att jämföra dessa siffror med det faktiska utfallet, men det är förknippat med flera svårigheter. Bland annat används generella prestationsfunktioner och timkostnader för att beräkna tidsåtgång och drivningskostnad. Med korrekta uppgifter ska de visserligen spegla verklig kostnad och producerad volym bra men det kommer inte att bli exakt desamma som verkligheten. Dessutom är planen gjord med hänsyn till förutsättningar som gällde vid ett specifikt tillfälle. I praktiken gäller de förutsättningarna sällan hela planeringsperioden eftersom det kontinuerligt tillkommer information om exempelvis nya trakter, förändrad maskintillgänglighet, ändring i prioritering av sortiment och volymer eller maskinlagens rutter m.m.

Tidigare studier där verkliga förutsättningar har försökt återskapas för att optimeringsmodellen ska hitta samma lösning och jämföra den med en optimal lösning har inte visat att detta inte är möjligt just p.g.a. dessa orsaker.

NYTTOR

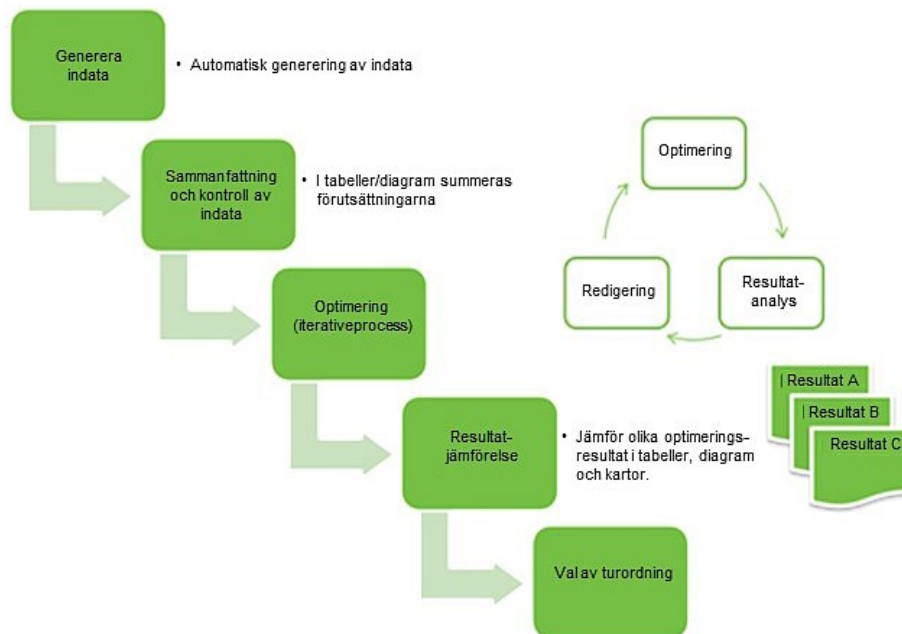
De nyttor som identifierats är resultat från fallstudier hos två företag. Eftersom förutsättningar när det gäller indata och arbetssätt kan förväntas vara lika hos andra skogsföretag, bör nyttorna kunna gälla för de flesta. Det kan dock skilja sig något åt beroende på hur man väljer att värdera de olika nyttorna. Det kan också finnas nyttor som inte beskrivs i denna rapport som har ett fokus på den praktiska användningen av verktyget hos de som utför avverkningsplaneringen.

Övergripande nyttor som diskuterats i tidigare arbeten kring turordningsplanering är:

- Genom att så långt möjligt allokera maskinresurserna till lämpliga trakter (medelstam och skotningsavstånd) minskas den största kostnadsposten i drivningsarbetet liksom energiförbrukningen per avverkad kubikmeter.
- Genom att inkludera vidaretransporten av virket från avlägg till mottagare ökar möjligheten till god transportplanering med lägre transportkostnader och bränsleförbrukning som följd.
- Modellen har också potential att hantera fler alternativa skattningar av sortimentsutfallet beroende på vilken prislista som används. Detta ger möjlighet att lyfta in ytterligare dimensioner i planeringsarbetet för att stärka de skogliga värdekedjorna.

Även om denna rapport inte kvantifierar nyttorna är det tydligt att modellen skulle kunna vara ett bra hjälpmedel i praktisk turordningsplanering.

PRAKTISK ANVÄNDNING AV MODELLEN



Figur 9.
Förslag till arbetsprocess för turordningsplanering.

Modellen för turordningsplanering är tänkt att integreras som en del i ett beslutsstöd för turordningsplanering. Modellen är dock bara en liten del i en hel produktionskedja som förutsätter flera viktiga moment där användaren sätter begränsningar och analyserar resultat innan beslut om turordning fastställs. Ett förslag till arbetsordning illustreras i Figur 9. Optimeringen förutsätts ingå i en iterativ process där flera olika optimeringar görs innan ett slutligt val av turordningsplan kan göras.

Processen kräver följande delar av ett tänkt beslutsstöd:

- Generering av data inklusive avståndsberäkning.
- Sammanfattning och visualisering av data samt redigering.
- Inläsning av optimeringsresultat.
- Visualisering av resultat (karta, schema, tabeller etc.).
- Justering/låsning.
- Jämförelse mellan olika optimeringsresultat.

Avståndsberäkning omfattar avstånd mellan trakter, mellan trakter och industri samt mellan trakter och maskinlagens hemområden.

Det finns flera faktorer som kan anses vara mycket viktiga för en framgångsrik implementering av modellen, bl.a. möjligheten att redigera indata, framför allt bärighetsrelaterad indata, justering av vissa optimeringsparametrar och möjligheten att göra flera scenarier vars resultat kan jämföras med varandra.

VÄG MOT IMPLEMENTERING

De steg som bedöms vara centrala för skarp implementering av turordningsplaneringsmodellen är:

- Demonstration och anpassning till företagets informationsflöden.
Denna punkt utgår för skogsföretag som medverkat i utvecklingsprojektet, men gäller för andra företag intresserade av att nyttja modellen.
- Förstudier rörande hur modellen kan integreras i befintliga produktionsverktyg, IT-system, och en beskrivning av användare i hur resultaten från modellen ska användas operativt.
- Skarp implementering och testning. Detta moment inkluderar att minska antalet manuella moment och korrekt felhantering.
- Uppdatering av processbeskrivningen för produktionsplanerare.

FORTSATT UTVECKLING

Modellen för turordningsplanering är utvecklad och testad i flera avseenden. Testresultaten visar att den skapar verklighetsförankrade planer som kan användas som bra beslutsunderlag för arbetet med schemaläggning. Det har dock identifierats några delar som skulle vara intressant att testa vidare:

- Testa olika prislister för att styra produktion på trakter.
- Göra fler tester för att undvika ”skumma grädden”-effekt när antalet trakter och dess volym överstiger industriefterfrågan.
- Använda fler och förbättrade prestationsfunktioner.
- Förbättrade utbytesprognoser, som bättre kopplar skogens produkter mot industriefterfrågan.

Slutsatser

Resultat från optimeringen kan skapas inom rimlig tid (1–5 minuter), vilket är mycket viktigt för att modellen ska kunna användas praktiskt.

- Den utvecklade metodiken genererar intressanta och verklighetsförankrade planer för avverkning inklusive lagens schemaläggning och transport av virket.
- Modellen är även ett effektivt verktyg för att snabbt identifiera problem att uppfylla efterfrågan.
- Det är möjligt att skapa en detaljerad planering med modellen, något som krävs för praktisk implementering.
- Med data genererade från VSOP (BillerudKorsnäs/Holmen) är det visat att data finns tillgänglig för att utföra planering med hjälp av optimeringsmodellen.
- Vi har noterat att det är svårt att balansera maskinutnyttjandet, vilket har betydelse för hur väl ett optimeringsförslag kan användas i praktiken.
- Många maskiner är likvärdiga då de har exakt samma kostnad och prestationsfunktion om de är lika stora. Det skulle vara intressant att ta med att vissa lag är effektivare än andra även om de använder samma maskinstorlekar.
- Modellen är ett bra verktyg för analyser av effekter vid styrning mot olika mål, exempelvis att utöver kostnadsminimering fylla vissa lags arbetskalendrar (jobba heltid) och bara använda vissa lag för att fylla efterfrågan (får lite strötrakter) eller att enbart minimera totalkostnaden oberoende av hur mycket eller lite olika lag får jobba. Det går också att hålla ihop lagen runt dess hemmabas för att få låga reskostnader eller fokusera mer på att få ner avverkningskostnaden.
- Om efterfrågan är stor i förhållande till tillgänglig maskintid och alla lagen måste jobba heltid, så kommer det bli längre flyttar och ökade resekostnader eftersom det blir viktigare att sätta lagen på de trakter de avverkar snabbast (för att hinna med så mycket som möjligt).
- Modellen gör det möjligt att balansera resursutnyttjandet över längre tid och därmed undvika att skapa en ”skumma grädden”-effekt (om det finns ett överskott av trakter bara välja de billigaste). Problematiken löses genom att lägga till fler planeringsperioder, öka efterfrågan sista planeringsperioden och/eller begränsa avverkningskostnad och uppskattat transportarbete för de trakter som inte avverkas.
- Det är viktigt att ha en bra beskrivning av avverkningstid och skotningstid via prestationsfunktioner. Detta är något som för olika företag kan behöva revideras/utvecklas då alla inte har detaljerad information om detta.

Referenser

- Bredström, D., Jönsson, P. & Rönnqvist, M. 2010. Annual planning of harvesting resources in the forest industry, *International Transactions in Operations Research*, Vol. 17, No. 2, 155–177, 2010.
- Flexwood, 2012. Summary of WP 5000 – Novel Harvesting and Logistic Concepts for Integration of Forestry with Industry. Deliverable 5.4 – Novel Logistic model – Optimisation model for tactical and operational planning of the logging- and transport operations including data management. FP7 Grant agreement No. 245136.
- Frisk, M., Flisberg, P. Rönnqvist, M. & Andersson, G. 2016. Detailed scheduling of harvest teams and robust use of harvest and transportation resources, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31:7, 681-690, DOI: 10.1080/02827581.2016.1206144
- Lundgren, J., Rönnqvist, M. & Värbrand, P. 2010. Optimeringslära, Studentlitteratur, Sweden, 537 pages, 2010, ISBN: 9789144053141.
- Troncoso, J., D'Amours, S., Flisberg, P., Rönnqvist, M. & Weintraub, A. 2015. A mixed integer programming model to evaluate integrating strategies in the forest value chain - A case study in the Chilean forest industry, *Canadian Journal of Forest Research* 45: 937–949.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Mohtashami, S. & Willén, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.
- Nr 924 Mörk, A., Englund, M. & Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 17 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyrauddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Friberg, G., Berlin M., Johannesson, T. & Eliasson, L. 2017. Lutningsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.
- Nr 930 Flisberg, P., Frisk, M., Mikael, Rönnqvist, M. & Willén, E. 2017. Turordningsplanering – Sequencing in operational planning. 28 s.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg. – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogliga samhällsnyttor

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 930–2017



www.skogforsk.se