

Taktisk planering på Jämtlands förvaltning

KOMBINERAT BESLUTSTÖD AV VÄGRUST OCH HEUREKA

Tactical harvest planning

Integrated analysis using the VägRust and Heureka decision support tools



FOTO: OSKAR GUSTAVSSON/SKOGFORSK

Summary

The VägRust tool uses cost minimisation to generate an optimal proposal for which roads are to be upgraded, and Heureka is a tool used in tactical harvest planning. Previous studies have shown potential for an analysis integrating road upgrades with a harvest calculation. This study has assessed the potential in such an analysis.

The optimisation model generated a joint plan for harvest and road upgrading, based on the forest register and existing harvest planning. A four-step method enabled us to attain a solution that was both realistic and sufficiently close to an optimal solution. This solution was then evaluated using three scenarios to assess how existing planning could be included.

The results of the integrated analysis show a savings potential of approximately SEK 1-2 per cubic metre. Even if this represents an improvement of only approximately 0.5 percent, this corresponds to a saving of SEK 11-15 million in total. The potential should actually be higher, as the reference scenarios also contain part of the optimised solution. Some of the identified potential can therefore be realised by carrying out the analysis in this way, although it would be interesting to evaluate other methods.

The results from this study could already be used to simplify adjustments in the tactical harvest planning of SCA Skog AB and other large forest companies.

Förord

Denna studie har genomförts tillsammans med SCA Skog AB. Vi vill tacka alla inblandade på SCA Skog AB för deras tålamod och stöd under utvecklingsarbetet. Dessutom vill vi rikta ett varmt tack till Peder Wikström vid TreeSys AB för all hjälp med analyser i Heurekasystemet.

Uppsala, oktober 2019

Victor Asmoarp, Mikael Bergqvist, Patrik Flisberg och Oskar Gustavsson

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning.....	5
Bakgrund	6
Syfte och mål.....	7
Material.....	7
Studieområde.....	7
Mottagningsplatser	8
Grustäcker och grusåtgång	9
Metod.....	9
Fas ett: Analys med Heureka.....	9
Fas två: Analys med VägRust	10
Modellen	10
Lösningsmetodik.....	11
Scenarioanalys	12
Med LSP	12
Med gallringar från LSP.....	12
Fri utan LSP	12
Resultat och diskussion.....	13
Med eller utan nuvärde.....	13
Med eller utan långsiktig plan	14
Kombinationen av Heureka och VägRust	18
Möjligheter till praktisk användning.....	18
Slutsatser.....	19
Referenser.....	19

Sammanfattning

Verktuget VägRust använder optimering genom kostnadsminimering för att skapa ett optimalt förslag över vilka vägar som ska upprustas. Tidigare analyser har visat på en potential att genomföra en integrerad analys som inkluderar avverkningsberäkning. Denna studie har utvärderat potentialen i en sådan analys. Genom att nyttja det skogliga registret och den befintliga skogliga planeringen användes optimeringsteknik för att skapa en gemensam plan för avverkning och vägupprustning. För att kunna genomföra detta har en lösningsmetodik i fyra steg använts. Genom denna metodik har vi försäkrat oss om att åstadkomma en lösning som är verklighetstrogen och tillräckligt nära en optimal lösning. Denna lösning har sedan utvärderats genom tre scenarier för att bedöma hur den befintliga planeringen ska inkluderas. Resultaten visar på en besparingspotential på åtminstone 1–2 kronor per kubikmeter, och även om det inte är en förbättring med mer än cirka 0,5 procent blir det 11 till 15 miljoner kronor för förvaltningen. Potentialen bör dessutom vara något högre, då även referensscenariot innehåller en del av den optimerade lösningen. En del av den identifierade potentialen är därmed möjlig att realisera genom att göra analysen på detta sätt, även om det vore intressant att utvärdera annan lösningsmetodik. Resultatet från den här studien bör redan nu kunna användas för att förenkla justeringar i den taktiska planeringen på SCA Skog AB och andra större skogsföretag.

Bakgrund

Skogsföretaget SCA Skog AB har identifierat en betydande samplaneringspotential mellan transport, avverkning och väghållning genom förbättrad planering på horisonten 1–10 år (taktisk planeringshorisont). Sannolikt finns denna potential hos flertalet av de större skogsföretagen. Idag tas avverkningsberäkningar fram med Heureka. Utifrån avverkningsnivåerna genomförs ett manuellt urval av avverkningsobjekt från beståndsregistret. Hos SCA Skog AB kallas detta Långsiktig plan (LSP).

Mixen av avverkningsobjekt ska dessutom matchas mot industrins efterfrågan avseende volym, trädslagsfördelning, gallringsandel samt beståndens och vägnätets tillgänglighet. I matchningen mellan tillgänglighet för bestånd och vägsystemets tillgänglighet finns även valmöjlighet att bygga nya vägar och/eller upprusta befintliga vägar till en högre tillgänglighet.

Planeringen ska tillfredsställa en rad krav såsom:

- Det ska finnas en viss avverkningsbar volym varje år
- Fördelningen mellan olika sortiment ska motsvara efterfrågan
- Det ska finnas en jämnhet mellan åren
- Avverkningarna ska vara geografiskt koncentrerade
- Avverkningarna ska vara spatialt fördelade på ett visst sätt
- Hänsyn ska tas till att inte göra för stora sammanhängande avverkningar

Planeringen bygger på beslutfattarens erfarenhet och genomförs ofta manuellt.

De många infallsvinklarna gör planeringen komplex och tidskrävande, varför omplanering blir svår att genomföra vid ändrade förutsättningar. En konsekvens är att SCA Skog AB upplever att företaget kan tvingas till onödigt dyra åtgärder för att parera förändrade förutsättningar. Hade planeringen varit mindre tidskrävande skulle troligtvis möjligheterna för att göra fler omplaneringar varit större. En metod för att förenkla justeringar av planen är att ta fram fler alternativa planer. Dessa behöver inte vara lika välarbetade. Det kan vara en kortare lista med alternativ.

En annan del av den långsiktiga planeringen är att planera hur vägnätet ska se ut. I de flesta fall behöver det förändras genom nybyggnation och upprustning av de befintliga vägarna. Genom att vägnätet sedan mitten av 1900-talet har byggts ut kraftigt är ofta upprustning en större del än nybyggnation. För att planera hur vägnätet ska upprustas har Skogforsk tidigare tagit fram planeringsverktyget VägRust (Frisk m.fl. 2015). Den tidigare VägRust-studien på SCA har visat på att det finns stor potential att bättre koppla samman val av avverkningsobjekt och vägupprustningar (Asmoarp m.fl. 2016).

Genom omplanering i den ursprungliga planen för vilken säsong bestånden skulle avverkas fanns en potentiell kostnadsbesparing (vägupprustnings- och transportkostnad) med upp till 190 miljoner kronor under en femårsperiod (12,5 kr/m³fub). Detta kunde göras genom omplanering inom förvaltning, men även genom att flytta över ”säsongsvolymer” från en förvaltning till en annan.

Syfte och mål

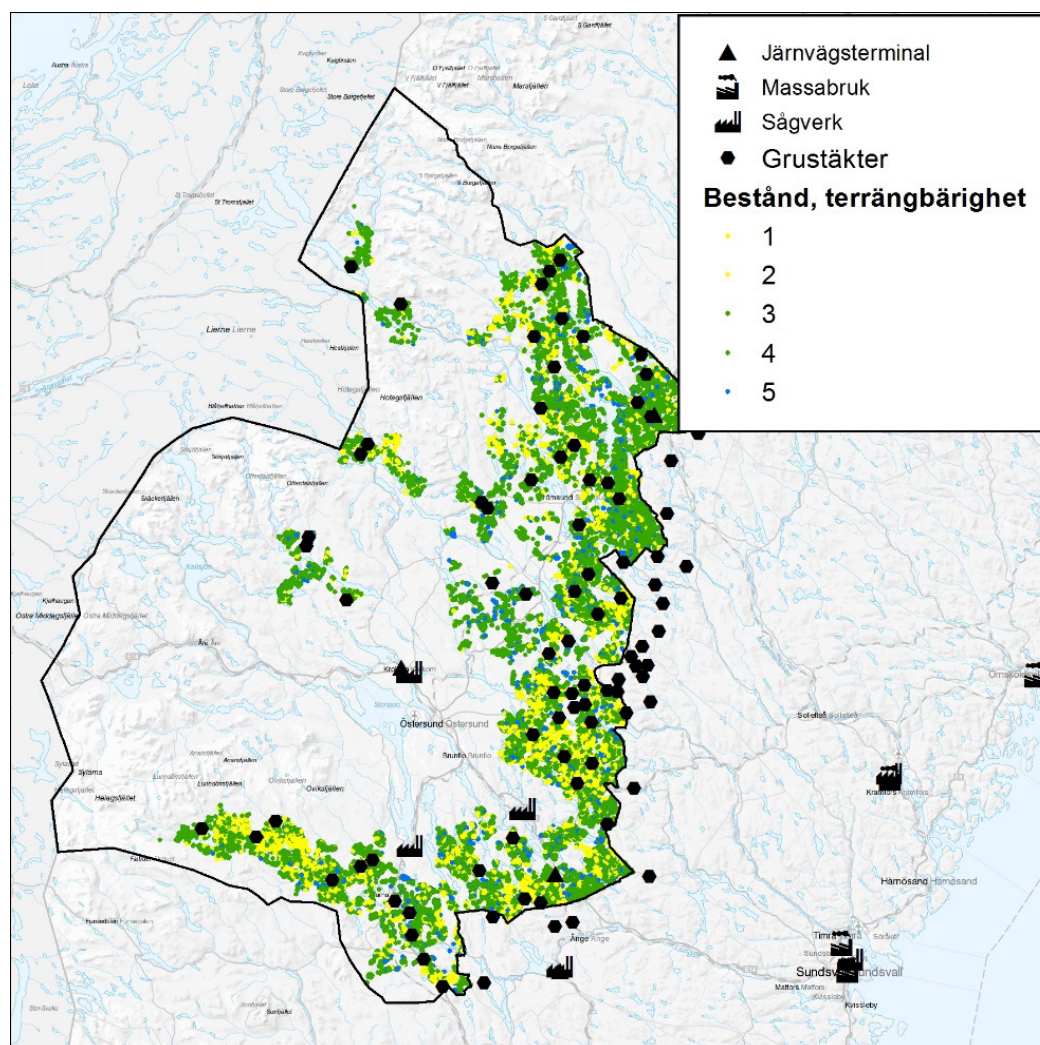
Projektet syftade till att bedöma utvecklingspotentialer och angelägna utvecklingsbehov inom taktisk planering genom att:

- Visa på potentialen med integrerad väg- och avverkningsplanering genom att kombinera beslutstöden Heureka och VägRust.
- Med VägRust och Heureka praktiskt ta fram en taktisk väg- och avverkningsplan för Jämtlands förvaltning som kan användas i SCA:s verksamhet.

Material

STUDIEOMRÅDE

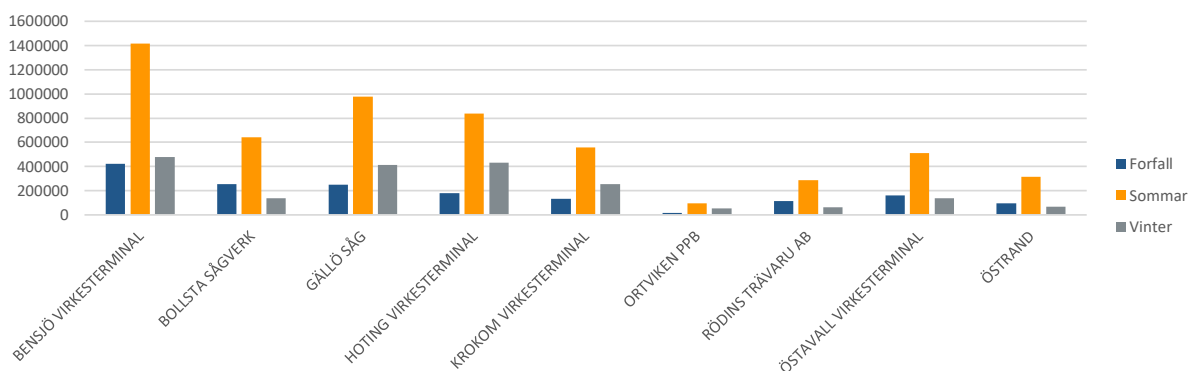
Studieområdet var Jämtlands förvaltning på SCA Skog som totalt sett består av 791 000 hektar (Figur 1). Planperioden var avverkningar som ska göras 2021–2030. 2019 och 2020 har exkluderats eftersom de flesta av dessa avverkningar redan är planerade eller fastlåsta i LSP (Långsiktig plan).



Figur 1, Karta över Jämtlands förvaltning med mottagande industrier och potentiella avverkningstrakter.

MOTTAGNINGSPLATSER

I analysen ingår leveranser till nio olika industrier och järnvägsterminaler. Järnvägsterminalerna likställs med industrier eftersom det finns en tänkt efterfrågan i respektive terminal som ska matcha mottagande industris behov. Leveranser sker av sortimenten barrmassaved (BM), granmassaved (GM), grantimmer (GT), lövmassaved (LM) och talltimmer (TT). De mottagande industrierna efterfrågar virke under alla tre perioder (Förfall (vår och höst), Sommar och Vinter; Figur 2).



Figur 2, Efterfrågans fördelning (m³) över de tre årstider som används i modellen.

Efterfrågan fördelades över planeringens perioder, med en och samma volym de fem första åren och en något lägre de fem senare (Tabell 1). Att avverkningsnivåerna är lägre under de fem sista åren i planeringsperioden beror på att det inte fanns gallringar i LSP-planen. Därmed saknas en del av det som kommer att bli den totala avverkningen.

Tabell 1, Efterfrågans fördelning (m³) över den totala planperioden.

Period	Efterfrågan
2021	1 060 275
2022	1 060 275
2023	1 060 275
2024	1 060 275
2025	1 060 275
2026	795 206
2027	795 206
2028	795 206
2029	795 206
2030	795 206

GRUSTÄKTER OCH GRUSÅTGÅNG

53 grustäcker (både husbehovs- och köptäcker) har ingått i analysen. Enbart täcker som bedömdes vara i drift togs med i studien. För varje grustäcke har ett pris på grus angivits.

Åtgångstal för grusåtgång vid upprustning från en klass till en annan hämtades från tabell 2 i rapporten VägRust på SCA (Asmoarp m.fl. 2016).

Tabell 2, Grusåtgångstal för upprustning av olika väglklasser. Enligt Asmoarp m.fl. 2016.

Vägrustning	Från väglklass D till C	Från C till B	Från D till B
Grusåtgång ton/m	0,4	0,4	0,8

Metod

I analysen har planeringsverktyget Heureka kombinerats med VägRust. Lösningen har delats upp i två faser och dessa presenteras nedan. De två faserna har sedan itererats flera gånger för att kunna utveckla lösningsmetodiken till dess en näroptimal lösning har åstadkommit.

FAS ETT: ANALYS MED HEUREKA

I första fasen gjordes en Heurekanalys på Jämtlands förvaltning. Denna utfördes av TreeSys med planeringsverktyget Heureka. Heurekas modul för taktisk plangenerator tog fram en bruttolista på avverkningsobjekt. För respektive avverkningsobjekt genererades samtliga möjliga skötselalternativ för planperioden (Tabell 3), inklusive ett alternativ som innebar att avverkningsobjektet inte avverkas alls (skötselalternativ 11 i tabell 3). För varje avverkningsobjekt och skötselalternativ följer en tabell med volym per sortiment, nuvärde, avverkningskostnad, värde på virke med flera egenskaper.

Tabell 3, De olika skötselalternativen som genererades med Heureka. Åtgärderna har genomförts någon gång under det aktuella året.

Skötselalternativ	Åtgärdsår									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Gallring									
2		Gallring								
3			Gallring							
4				Gallring						
5					Gallring					
6						Gallring				
7							Gallring			
8								Gallring		
9									Gallring	
10										Gallring
11	Ingen avverkning									

Innan data skickades till analys med VägRust filtrerades avverkningsobjekten för att minska storleken på optimeringsproblemet och få bort orimliga alternativ. Kriterier i filtreringen är:

- Max 20 procent av volymen ska vara contorta
- Slutavverkningar ska vara minst en hektar
- Gallring och blädning ska vara minst två hektar
- Skötselalternativet ska innehålla minst en avverkning på 250 kubikmeter under planperioden.

Resultat från fas ett var en bruttolista på avverkningsobjekt med nuvärde och avverkningsvolym för respektive skötselalternativ.

FAS TVÅ: ANALYS MED VÄGRUST

I fas två användes resultatet från fas ett som indata i VägRust-analysen. Övriga indata hämtades från den tidigare VägRust-analysen på SCA skog (Asmoarp m.fl. 2016). När ett optimeringsresultat var framtaget validerades detta med hjälp av SCA Skog AB. I och med att modellen har utvecklats under arbetet har flera avstämningar genomförts. Den slutgiltiga planen bestod av tre delar: en avverkningsplan, en vägupprustningsplan och en transportplan.

Modellen

Optimeringsmodellen i VägRust har i denna studie tagit hänsyn till följande kostnader:

- Transportkostnad från bestånd till industri (beräknade med Krönt Vägval)
- Avverkningskostnad
- Vägupprustningskostnad
 - o Inköpskostnad i grustäkt
 - o Transportkostnad från grustäkt till vägupprustning
 - o Hyvlingskostnad
- Lagringskostnad för virke (när lagring sker mellan säsonger)

Intäkter i modellen har varit:

- Värde på kvarvarande skog vid planperiodens slut
- Restvärde av vägupprustningen vid planperiodens slut

Efter optimeringen gjordes även en beräkning på vad avverkat virke är värt baserat på uppgifter från Heureka. För en mer detaljerad beskrivning av de ingående parametrarna se Frisk m.fl. (2015).

Lösningssmetodik

För att hantera det stora optimeringsproblemet delades optimeringen upp i fyra steg som löstes sekventiellt (Tabell 4):

1. Optimering av avverkningsbesluten

I första steget låg fokus på avverkningsbesluten. Avverkningsbesluten optimerades som kontinuerliga tal mellan noll och ett (modellen kan alltså välja att avverka en del av varje bestånd). För att förenkla bort vägupprustningsbesluten ansågs alla vägar vara fullt tillgängliga alla årstider.

2. Heuristik

I det här steget avrundades de kontinuerliga avverkningsbesluten till heltal så att varje avverkning tog hela beståndet eller inte genomfördes. I de fall som ett bestånd delades i flera avverkningar valdes det tillfälle då störst andel av beståndet avverkas.

3. Optimering efter Heuristik

Med lösningen från de tidigare stegen gjordes en optimering av alla beslut tillsammans för att hitta bättre lösningar än resultatet i de tidigare stegen. Alla beslut hanterades som heltal. För att minska storleken på problemet delades området upp i två delar: en nordlig och en sydlig. Det innebär att alla beslut i den ena delen fixeras och den andra delen optimeras, sedan växlas områdena.

4. Optimering av vägupprustningar

I det här steget låg fokus på vägupprustningsbesluten, på liknande sätt som för avverkningsbesluten i steg ett. Vägupprustningsbesluten optimerades dock som heltal, vilket gör att hela väglänkar rustades från en klass till en annan. Anledningen till detta är att en optimering med kontinuerliga tal skulle medföra att alldeles för kort sträcka rustas eller att vägarna rustas halvvägs mellan klasser.

Tabell 4. Schematisk beskrivning av lösningssmetodiken.

Steg	Avverkningar	Vägar	Geografiskt område
1	Valfri del kan avverkas	Alla är tillgängliga året runt	Hela
2	Det tidigare beslutet avrundas till hela bestånd	Återställs till ursprungsläget	Hela
3	Hela bestånd avverkas	Hela vägsträckor rustas upp	Hela
4	Hela bestånd avverkas	Hela vägsträckor rustas upp	En halva åt gången

Sammantaget leder den här lösningssmetodiken inte till att ett globalt optimum uppnås. Att de första stegen är förenklade gör dock att en potentiell lösning identifieras. De följande stegen kommer sedan förbättra lösningen. Därmed försäkras de här lösningssstegen att lösningen är tillräckligt nära ett globalt optimum utan att problemet förenklas för mycket.

SCENARIOANALYS

Tre scenarier användes för att besvara uppsatta frågeställningar:

1. Med LSP

För bestånd som finns i LSP tvingas avverkning enligt LSP-förslag. Övriga bestånd får VägRust välja att avverka enligt alternativ från Heureka till dess att problemet är löst. Detta scenario har endast körts med hänsyn till värdet på den kvarvarande skogen vid planperiodens slut.

2. Med gallringar från LSP

För gallringsbestånd som finns i LSP tvingas gallring enligt LSP-förslag. Övriga bestånd får VägRust välja att avverka enligt alternativ från Heureka till dess att problemet är löst. Detta scenario har endast körts med hänsyn till värdet på den kvarvarande skogen vid planperiodens slut.

3. Fri utan LSP

VägRust väljer att avverka bestånd enligt alternativ från Heureka utan att ta hänsyn till LSP-förslagen. Detta scenario har körts både med och utan hänsyn till värdet på den kvarvarande skogen vid planperiodens slut.

Resultat och diskussion

För samtliga tre scenarier visade resultaten på kostnadsbesparingar. Dessa presenteras i detalj nedan. Dessutom presenteras avvägningar som har varit viktiga under projektet tillsammans med en rekommendation för hur vidare analyser bör ställas upp. Framtida analyser kan genom detta utgå från skillnader eller likheter i materialet och göra ett självständigt beslut.

MED ELLER UTAN NUVÄRDE

En viktig fråga för projektet har varit vilken roll värdet på den kvarvarande skogen vid planperiodens slut får på resultatet, nedan kallat värde kvarvarande skog. Preliminära resultat visade på att värdet på den kvarvarande skogen hade stor effekt. Detta berodde på att det fanns ett överutbud i det första materialet av tillgängliga bestånd att avverka. Värdet på den kvarvarande skogen var då 1,5 gånger större än logistik- och avverkningskostnaden. Efter detta gjorde SCA ett nytt beståndsurval när beståndsregister hade uppdaterats och då var inte överutbudet lika stort. I och med det tvingades modellen att avverka alla bestånd för att kunna uppfylla efterfrågan. Detta minskade nuvärdets betydelse för resultatet.

Helt logiskt blir effekten av att hänsyn tas till värdet på kvarvarande skog att logistik- och avverkningskostnaden ökade med fem miljoner kronor. Det beror på att modellen valde bestånd som är dyrare att avverka istället för bestånd som har ett högt värde på den kvarvarande skogen. Genom detta har nuvärdet på den stående skogen ökat med 26 miljoner kronor (Tabell 5).

Tabell 5, Resultatet för scenario Fri, redovisat med och utan hänsyn tagen till värdet av den stående skogen vid periodens slut. Alla kostnader i miljontals kronor.

Totalkostnad	Fri med skogsvärde (mkr)	Fri utan skogsvärde (mkr)	Differens (mkr)
Transportkostnad	-689	-681	8
Väginvestering	-106	-111	-5
Restvärde väg	28	32	4
Lagerkostnad	-2	-2	0
Logistikostnad	-768	-762	6
Avverkningskostnad	-1 013	-1 014	-1
Logistik- och avverkningskostnad	-1 782	-1 777	5
Värde kvarvarande skog	1 545	1 520	-26
Totalnetto (exkl. virkesvärde)	-237	-257	-20
Virkesvärde	2 696	2 713	17
Totalnetto	2 459	2 456	-3

Totalt avverkades 9,3 miljoner kubikmeter under hela planperioderna. Jämförs kostnaderna istället per kubikmeter blir skillnaderna små. När VägRust tar hänsyn till värdet på kvarvarande skog ökar logistik- och avverkningskostnaden med 1 kr/m³. Det innebär en förändring med ca 0,5 procent (Tabell 6).

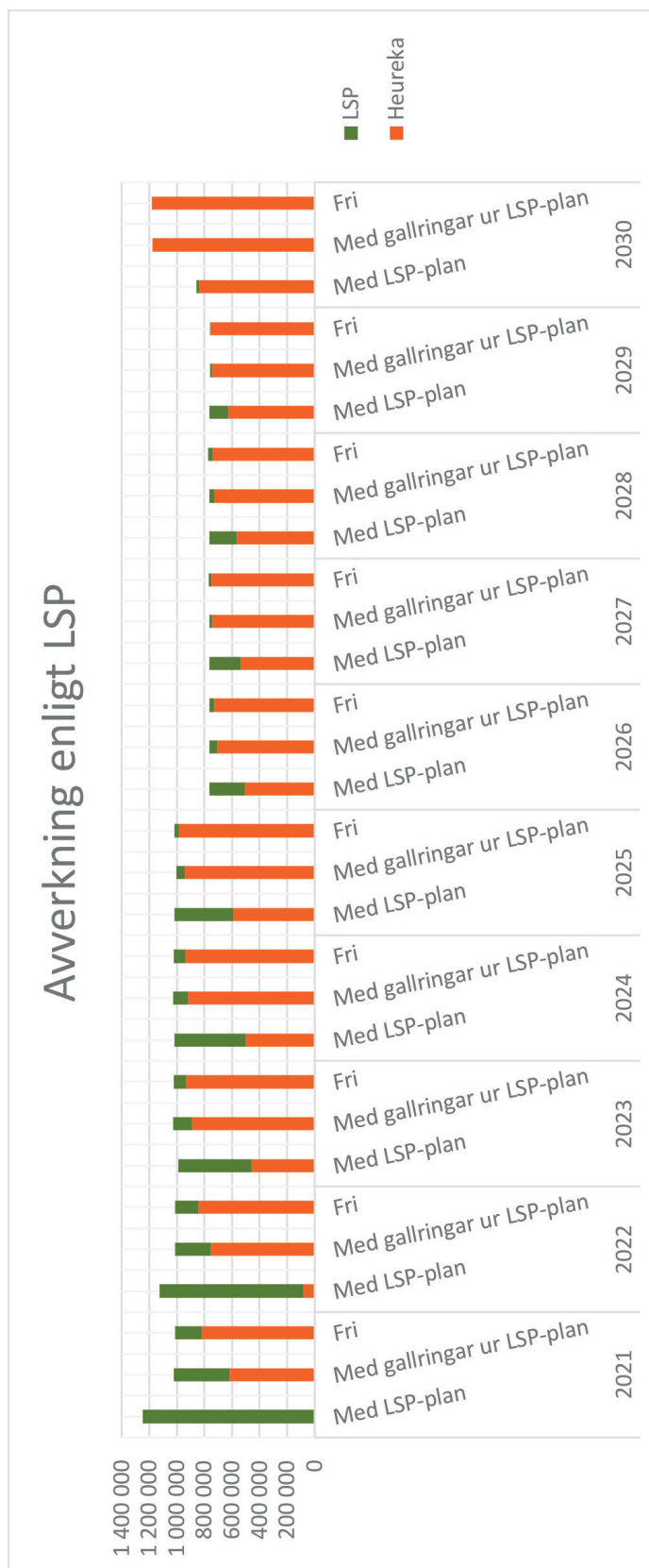
Tabell 6, Resultatet för scenario Fri, redovisat med och utan hänsyn tagen till nuvärdet på den stående skogen vid periodens slut. Alla värden är i kronor per kubikmeter.

Kostnad per kubik (kr/m ³)	Fri med skogsvärde	Fri utan skogsvärde	Differens
Transportkostnad	-74	-73	-1
Väginvestering	-11	-12	1
Restvärde väg	3	3	0
Lagerkostnad	0	0	0
Logistikkostnad	-83	-82	-1
Avverkningskostnad	-109	-108	-1
Logistik- och avverkningskostnad	-191	-190	-1

I de här resultaten blev det tydligt att det kvarvarande värdet på skogen har minskat. Detta beror på att flera bestånd som även efter periodens slut skulle behållit en hög tillväxt (och därmed förräntning) har avverkats. Med hänsyn till dessa resultat ansågs det lämpligt att ta hänsyn till värdet på kvarvarande skog i den fortsatta planeringen.

MED ELLER UTAN LÅNGSIKTIG PLAN

Huvudfrågeställningen i arbetet har varit att kvantifiera värdet av ett kombinerat verktyg för avverkningsberäkning (Heureka) och planering av vägupprustningar (VägRust). I den här analysen ansågs det dessutom viktigt att ta vara på den plan som gjordes i LSP-arbetet. Ett problem med detta är att den LSP-plan som finns svarar för ca 49 procent av volymen som ska levereras under planperioden. Tyngdpunkten ligger på den första femårsperioden och där motsvarar LSP 70 procent av volymen. Sammantaget gör detta att modellen har stor frihet att även i referensscenariot hitta optimala lösningar (Figur 3). Resultaten hade antagligen blivit tydligare om det hade funnits ett referensscenario med en heltäckande LSP-plan, då det hade inneburit fler skillnader.



Figur 3. Avverkningar över planperioden i varje scenario. De gröna staplarna utgör de avverkningar som var planerade i LSP och de röda är de avverkningar som är skötselalternativ från Heureka. Avverkningarna är i m³/ub och redovisas per scenario och åtgärdsår.

Resultaten visar att genom att låta modellen bestämma tidpunkten för föryngrings-avverkningar, men ha gallringar enligt LSP, sjönk logistikkostnaden med 2 mkr och avverkningskostnaden med 9 mkr, samtidigt som värdet på kvarvarande skog ökade med 9 mkr (Tabell 7). Detta innebär att det totala nettot exklusive virkesvärde ökade med 20 mkr. Kompenseras totalnettot med virkesvärdet återstår bara en skillnad på 9 mkr. Denna jämförelse riskerar att bli lite missvisande då virkesvärdet inte varit med i målfunktionen för optimeringsmodellen, utan har räknats ut i efterhand.

Tabell 7. Resultaten från Med LSP-plan och Med gallringar från LSP-plan. I båda scenarierna ingår värdet på den stående skogen. Alla kostnader i miljontals kronor.

Totalkostnad	Med LSP-plan (mkr)	Med gallringar från LSP-plan (mkr)	Differens (mkr)
Transportkostnad	-704	-691	14
Väginvestering	-106	-113	-7
Restvärde väg	39	33	-6
Lagerkostnad	-2	-1	1
Logistikkostnad	-774	-772	2
Avverkningskostnad	-1 023	-1 014	9
Logistik- och avverkningskostnad	-1 797	-1 786	11
Värde kvarvarande skog	1 532	1 541	9
Totalnetto (exkl. virkesvärde)	-265	-245	20
Virkesvärde	2 703	2 693	-10
Totalnetto	2 438	2 447	9

Om kostnaderna jämförs per kubikmeter framgår det att logistikkostnaden var densamma medan avverkningskostnaden sänktes med 1 kr/m³. Totalt sänktes logistik- och avverkningskostnaden med 1 kr/m³ (Tabell 8).

Tabell 8. Resultatet för scenarierna Med LSP-plan och Med gallringar från LSP-plan. Alla värden är i kronor per kubikmeter och värdet på den stående skogen ingår i båda scenarierna.

Kostnad per kubik (kr/m ³)	Med LSP-plan	Med gallringar från LSP-plan	Differens
Transportkostnad	-76	-74	2
Väginvestering	-11	-12	-1
Restvärde väg	4	4	-1
Lagerkostnad	0	0	0
Logistikkostnad	-83	-83	0
Avverkningskostnad	-110	-109	1
Logistik- och avverkningskostnad	-193	-192	1

För scenario Fri, alltså där VägRust väljer bestånd helt fritt blev skillnaden ännu större (Tabell 9). Besparingen ökade då till fem miljoner kronor för logistikkostnaden och ytterligare 10 miljoner kronor i form av sänkta avverkningskostnader. Kostnaderna per kubikmeter minskade med det dubbla för scenario Fri (Tabell 10). Värdet på den kvarvarande skogen ökade dessutom med 13 miljoner kronor, vilket leder till ett ökat netto på 28 miljoner kronor. Kompenseras resultatet dessutom för skillnaden i virkesvärde, en minskning med sju miljoner kronor, resulterade det i ett totalnetto som är 21 miljoner kronor bättre.

Tabell 9. Resultatet för scenarierna Med LSP-plan och Fri. I båda scenarierna har värdet på den stående skogen räknats in. Alla kostnader i miljontals kronor.

Totalkostnad	Med LSP-plan (mkr)	Fri (mkr)	Differens (mkr)
Transportkostnad	-704	-689	16
Väginvestering	-106	-106	0
Restvärde väg	39	28	-11
Lagerkostnad	-2	-2	0
Logistikkostnad	-774	-768	5
Avverkningskostnad	-1 023	-1 013	10
Logistik- och avverkningskostnad	-1 797	-1 782	15
Värde kvarvarande skog	1 532	1 545	13
Totalnetto (exkl. virkesvärde)	-265	-237	28
Virkesvärde	2 703	2 696	-7
Totalnetto	2 438	2 459	21

Tabell 10. Resultat för scenarierna Med LSP-plan och Fri. Alla värden är i kronor per kubikmeter och värdet på den stående skogen ingår i båda scenarierna.

Kostnad per kubik (kr/m³)	Med LSP-plan	Fri	Differens jämför med LSP
Transportkostnad	-76	-74	2
Väginvestering	-11	-11	-0
Restvärde väg	4	3	-1
Lagerkostnad	0	0	0
Logistikkostnad	-83	-83	1
Avverkningskostnad	-110	-109	1
Logistik- och avverkningskostnad	-193	-191	2

Om jämförelsen istället görs mellan scenario Fri och Med gallringar från LSP-plan och per kubikmeter sänks de totala kostnaderna med 2 kronor per kubikmeter. Kostnadsminskningen fördelas jämnt mellan avverkningskostnaden och logistikkostnaden (Tabell 11). Sammantaget är bedömningen att Med gallringar från LSP-plan ger bäst resultat, även om kostnaderna är lägre för Fri. Den huvudsakliga motiveringen är att alla andra scenarier har en mycket lägre andel gallring än önskat.

Tabell 11. Resultat för scenarierna Med gallringar från LSP-plan och Fri. Alla värden är i kronor per kubikmeter och nuvärdet på den stående skogen ingår i båda scenarierna.

Kostnad per kubik (kr/m ³)	Med gallringar från LSP-plan	Fri	Differens
Transportkostnad	-76	-74	2
Väginvestering	-11	-11	0
Restvärde väg	4	3	-1
Lagerkostnad	0	0	0
Logistikkostnad	-83	-83	1
Avverkningskostnad	-110	-109	1
Logistik- och avverkningskostnad	-193	-191	2

KOMBINATIONEN AV HEUREKA OCH VÄGRUST

Resultaten från denna studie visar på potentialen i att kombinera Heureka med VägRust. Det ställer dock krav på en lösning som görs i flera steg, likt den som har använts i det här projektet. Det kommer medföra att modellen inte når en globalt optimal lösning. Trots detta bedöms den metod som har använts komma tillräckligt nära och därmed bör skillnaden vara liten. I framtida projekt kan det vara intressant att utvärdera andra metoder för att begränsa storleken på problemet eller lösa det i flera steg för att kunna jämföra resultatet mellan de olika metoderna. Dessutom kan det vara intressant att utvärdera både större och mindre studieområden. Optimering av ett större område ger en högre total potential. Ett mindre område (eller delning i flera för optimeringen, jämför steg 3 i lösningsmetodiken) kommer däremot att ge högre utnyttjande av den potential som finns.

MÖJLIGHETER TILL PRAKTISK ANVÄNDNING

Studien visar att det går att göra en taktisk plan med optimeringsverktyg som även inkluderar behov av vägupprustning. Det ger både en lista över vilka avverkningar som är planerade för de olika åren och vilka vägupprustningar som krävs för att avverkningarna ska vara tillgängliga. Resultaten har presenterats som kartsikt med tillhörande databaser.

För att praktiskt kunna använda de här resultaten bedömer vi att det är viktigt att utgå från LSP-planen de första åren. Sedan borde det gå att fylla på med de bestånd som är valda utifrån skötselalternativen i Heureka för att göra det mindre tidskrävande att planera för att uppnå leverans- och avverkningsmål. Genom att använda optimeringen som handledning borde dessutom omplaneringar bli smidigare att genomföra.

Vägupprustningsförslagen bör vara användbara genom hela planeringsperioden så länge inte LSP-planen förändras kraftigt. Under de första perioderna borde vägupprustningsplanen vara ännu mer användbar, åtminstone för de vägar som har upprustats i scenarierna som tar hänsyn till LSP-planen. Det här kan motiveras med att avverkade bestånd i stort sett är samma under de första perioderna, och därmed sammanfaller behovet av bäriga vägar till stor del.

SLUTSATSER

- Genom att kombinera Heureka och VägRust blir den taktiska planeringen mer flexibel, eftersom flera analyser kan göras samtidigt och det därmed finns flera bra alternativ att välja från vid omplanering.
- Besparingspotentialen för Jämtlands skogsförvaltning med en integrerad planering är enligt denna studie mellan 11 och 15 miljoner kronor (1–2 kronor per kubikmeter) och nuvärdet av den stående skogen har en potentiell värdeökning på mellan 9 och 13 miljoner kronor. Därmed finns det ett värde i att fortsätta med liknande studier och förfinas metodiken.
- Potentialerna kan dock vara högre i och med att LSP-planen i referensscenariot (Med LSP-plan) endast täcker 49 procent av avverkningarna.
- Jämfört med tidigare analyser får vi små skillnader med respektive utan LSP-plan, eftersom alla bestånd avverkas.
- Väginvesteringskostnaden blir av sekundär betydelse vid hänsyn till avverkningskostnad och värde på kvarvarande skog. Valet av avverkningar påverkar helt enkelt resultatet mer.
- Hänsyn till värdet på kvarvarande skog ger högre avverknings- och logistikkostnader men också ett högre värde på kvarvarande skog.
- I framtida analyser vore det värdefullt att väga in virkesintäkterna i målfunktionen för att se vilka effekter det skulle få på resultatet.

Referenser

Asmoarp, V., M. Bergqvist, M. Frisk, P. Flisberg, & M. Rönnqvist. 2016. VägRust på SCA.

Frisk, M., M. Rönnqvist, & P. Flisberg. 2015. VägRust – projektrapport.