

Kostnader och produktivetskalkyl i skärgårdsavverkningar i Österbotten

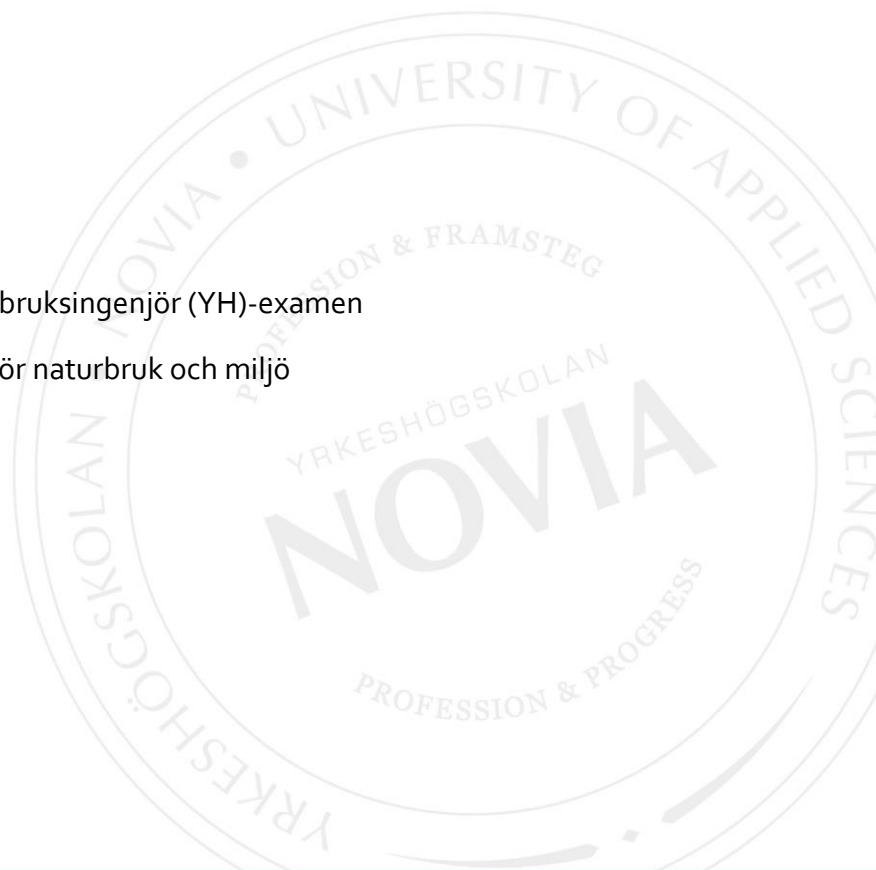
Case studie

Victor Åstrand

Examensarbete för Skogsbruksingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för naturbruk och miljö

Raseborg 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Victor Åstrand

Utbildning och ort: Naturbruk och miljö, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Skogsbruk

Handledare: Johnny Sved

Titel: Kostnader och produktionskalkyl i skärgårdsavverkningar i Österbotten

Datum 20.05.2019

Sidantal 22

Bilagor 2

Abstrakt

I detta arbete presenteras kostnaderna vid skärgårdsavverkning i Österbotten samt en produktivetskalkyl. Arbetet baserar sig på ett avverkningsprojekt som Skogsvårdsföreningen Österbotten rf har utfört på Harvungön sommaren 2018.

Syftet med arbetet är att redogöra kostnaderna i de olika arbetskedena i avverkningen i skärgården samt att undersöka hur skotningsavståndet inverkar på skotarnas produktivitet i förhållande till skördarnas. En jämförelse görs mellan tre olika skotarkombinationer samt tre olika medelstamstorlekar i gallringsskog.

Resultaten visar att det blir dyrare avverkningar än på fastlandet. Kostnadsökningen beror på pråmlastningen, byggande av landfäste och de längre skotningsavstånden. Mina kalkyler visar att stamstorlekens inverkan på den optimala kombinationen av skördare och skotare är stor. Vid en stamstorlek på 150 liter i gallringarna och längre transportavstånd kräver det att skotarna kör i dubbla skift, eller att man tar in en extra skotare för att ha balans i drivningskedjan och undvika väntetider för skördare och skotare.

Språk: Svenska

Nyckelord: Skärgård, Skärgårdsskogsbruk

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Victor Åstrand

Koulutus ja paikkakunta: Luonnonvara ja ympäristö, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Metsätalous (AMK)

Ohjaaja(t): Johnny Sved

Nimike: Saaristohakkuiden kustannukset ja tuottavuuslaskelmat Pohjanmaalla

Päivämäärä 20.05.2019

Sivumäärä 22

Liitteet 2

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä esitellään kustannukset saaristohakkuista Pohjanmaalla sekä niiden tuottavuuslaskelmat. Työ perustuu hakkuuprojektiin jonka Metsänhoitoyhdistys Österbotten ry on tehnyt Harvungön nimisellä saarella kesällä 2018.

Työn tarkoitus on kuvata eri työvaiheiden kustannuksia saaristossa sekä tutkia kuinka lähikuljetusmatkan etäisyys vaikuttaa kuormatraktoreiden tuottavuuteen verrattuna hakkuukoneisiin. Vertaus tehdään kolmen eri kuormatraktorin yhdistelmien välillä sekä kolmen eri keskirunkotilavuuden välillä harvennusmetsässä.

Tulos näyttää, että hakkuut saaristossa ovat kalliimmat kuin mannermaalla.

Kustannuksia nostavat proomujen lastaukset, satama-alueen rakentaminen ja pidemmät lähikuljetusmatkat. Laskelmani näyttävät, että runkotilavuuden vaikutus hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden optimaaliseen yhdistelmään on suuri.

Runkotilavuuden ollessa 150 litraa harvennuksessa, sekä pitempi kuljetusmatka vaativat, että kuormatraktorit ajavat kaksinkertaista vuoroa tai että otetaan mukaan ylimääräinen kuormatraktori, jotta saadaan tasapaino korjuuketjuun ja vältetään hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden odotusaikaa.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Saaristo, Saaristohakkuut

BACHELOR'S THESIS

Author: Victor Åstrand

Degree Programme: Natural Resource Management and the Environment, Raasepori

Specialization: Forestry (UAS)

Supervisor(s): Johnny Sved

Title: Costs and productivity calculations for Logging in the Ostrobothnian Archipelago

Date 20.05.2019

Number of pages 22

Appendices 2

Abstract

In this study the costs of logging in the archipelago in Ostrobothnia and a productivity calculation will be presented. The work is based on a logging project done by Skogsvårdsföreningen Österbotten rf in the summer of 2018.

The purpose of the thesis was to present the cost at different stages of the logging and to examine how the forwarding distance impacts the productivity between forwarders and harvesters. A comparison is done with three different forwarder combinations and three different stem sizes in thinning forests.

The results show that it's more expensive to conduct loggings in the archipelago than on the mainland. The increase in expenses is because of the loading of the barge, construction of the abutment and the longer forwarding distances. My calculation shows that the stem size's impact on the optimal combination of forwarders and harvesters is big. With a stem size of 150 liters in thinning forests and longer forwarding distances, the forwarders must drive double shifts or bring in an extra forwarder to achieve balance in the logging chain and avoid waiting times for forwarders and harvesters.

Language: Swedish

Key words: Logging, Logging in the archipelago

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Syfte	1
3	Skogar i skärgården.....	2
4	Avverkningsslag.....	3
4.1	Gallringar	3
4.1.1	Låggallring.....	4
4.1.2	Höggallring.....	4
4.1.3	Kvalitetgallring	5
4.2	Förnyelseavverkning	6
4.2.1	Kalavverkning.....	6
4.2.2	Avverkning i fröträdsställning.....	6
5	Virkespotential på holmar	7
6	Avverkningsprojektet.....	8
6.1	Beskrivning av projektet	8
6.2	Planering.....	10
6.3	Logistiska utmaningar.....	10
6.4	Lagring.....	11
6.5	Skotningen	11
6.6	Lönsamheten för skogsägaren	12
6.7	Antal sortiment	12
7	Resultat	12
7.1	Skotningen	13
7.2	Avverkningen.....	13
7.3	Lastning av pråm	15
7.4	Muddring och övriga kostnader	15
7.5	Totalt.....	16
8	Produktivitetenskalkyl.....	17
8.1	Produktion per timme.....	18
8.2	Produktion per vecka.....	19
9	Diskussion.....	22
10	Källförteckning	23

Bilaga

1 Inledning

Man har länge avverkat på holmar utan fast vägförbindelse, det kräver mera både av planering och utförande än normalt men ger goda resultat om det görs rätt.

Vid avverkningar i skärgården är man beroende av vädret eftersom man antingen måste använda pråm för att flytta virket eller så måste man köra på isen. Eftersom det är omöjligt att förutspå isbildningen i förtid är pråm ett säkrare alternativ att frakta bort virket från holmar.

Jag utförde min sista praktikperiod hos Skogsvårdsföreningen Österbotten som sommaren 2018 har utfört ett avverkningsprojekt på Harvungön i Korsnäs. Jag kommer att räkna fram kostnaderna i de olika arbetsmomenten och hur mycket dyrare det blev jämfört med landet i genomsnitt. Jag kommer inte att fördjupa mig i fjärtransporten med pråm eftersom Skogsvårdsföreningen inte vill att jag ska ta upp saken.

I mitt slutarbete undersöker jag kostnaderna för avverkningen, skotningen och lastningen av pråmen och jämför dessa med medelkostnader från Metsäteho:s statistik.

Jag gör också en produktivitetskalkyl utgående från ett arbete av Nurminen T., Korpunen H & Uusitalo J. (2006).

2 Syfte

Syftet med detta arbete är att redogöra för kostnaderna för avverkning på öar i Österbotten. Jag kommer att undersöka den optimala kombinationen av skördare och skotare samt göra en produktivitetskalkyl. Arbetet baserar sig på ett avverkningsprojekt på Harvungön i Korsnäs som genomfördes av Skogsvårdsföreningen Österbotten rf sommaren 2018.

I arbetet tar jag upp kostnaderna för avverkningen, skotningen, lastningen av pråmen, kostnaderna för muddringen och andra kostnader.

3 Skogar i skärgården

Skogarna i skärgården har brukats under lång tid av lokalbefolkningen både för att få brännved och sågtimmer. Avverkningarna minskade under 60-talet när nya metoder utvecklades som gynnade avverkningarna på fastlandet. I mitten på 70-talet blev avverkningarna vanligare i skärgården p.g.a. nya system som underlättade virkestransporter. De skogar vi har idag i skärgården bär spår från dessa tidigare avverkningar och har till stor del förnyats naturligt. (Kihlblom 1991, 40)

Skogens betydelse i skärgården har ändrats mycket under åren, idag har den en större betydelse för naturvård och landskapsbild. I Finland har skogen haft en större betydelse för inkomst och sysselsättning för befolkningen vilket har lett till att skogarna också i skärgården har brukats mera aktivt jämfört med Sverige. Detta leder till att man behöver ha speciella krav så att man bevarar naturvärden så som Naturaområden. (Kihlblom 1991, 30)

Skogarna i skärgården är i regel stormfastare än vid fastlandet. Marken i skärgården är vanligtvis torr, fuktig mark är sällsynt, och det saknas också rörligt markvatten vilket dock kan förekomma under kortare perioder. Detta gör att drivningarna i skärgårdarna i regel inte blir problematiska med tanke på att fastkörningar. (Kihlblom 1991, 36–37)

Med tanke på vindarna är valet av rätt trädslag viktigt. Tall och lövträd har en bättre förmåga att klara stormar än granen främst p.g.a. att deras rötter går längre ner i marken jämfört med granens men också för att de kräver mera ljus och står glesare än granen. När alla faktorer tas i beaktande bör man vid valet av trädslag i skärgården välja tall från en produktiv synvinkel men också ha en blandning av lövträd och gran på bördigare marker. Vid förnyelserna ska man tänka på att tillgängligheten av markvatten i skärgården är mindre än på fastlandet, detta betyder att man ska lämna sparträd men även undervegetationen som bromsar upp vindarna så att marken blir mindre yttorr. (Kihlblom 1991, 42–46)

4 Avverkningsslag

I detta kapitel tar jag upp de olika avverkningsmetoderna. Gallringarnas huvudsakliga syfte är att förbättra kvaliteten i beståndet. Valet av gallringsmetod gör att inkomsterna från avverkningen ändras eller att omloppstiden förlängs. Förnyelseavverkningarnas mål är att förbereda beståndet för en ny generation, valet av förnyelseavverkningsmetod beror på om man vill förnya beståndet naturligt eller genom plantering eller sådd.

4.1 Gallringar

Det övergripande målet med gallringar är att förbättra kvaliteten i det bestånd man vill driva upp och således få diametertillväxten att öka och generera virkesförsäljningsintäkter. Det bestånd som ska vara kvar efter gallringen ska vara av så bra kvalitet som möjligt och ha bra tillväxt. De vanligaste gallringsformerna är låggallring och höggallring men kvalitetsgallring i tallbestånd går också bra som metod. (Äijälä & Koistinen & Sved & Vanhatalo & Väisänen 2014, 98–99)

Ur skogsvårdande synpunkt är den första gallringen den viktigaste eftersom du då skapar förutsättningar för att skogen kan växa till ett värdefullt trädbestånd i framtiden. Man tryggar genom gallringar att beståndet utvecklas ekonomiskt, ekologiskt och socialt hållbart. Gallringarna ger också en avsevärd sysselsättande effekt. (Hynynen & Huuskonen 2015, 133)

Efter gallringarna växer det kvarvarande beståndet bättre eftersom konkurrensen om utrymmet har blivit mindre och också p.g.a. den gödslingseffekt som hyggesresterna orsakar. Efter gallringarna är beståndet i snitt mera livskraftigt eftersom man har lämnat kvar de mest livskraftiga träden. Rötterna kan breda ut sig mera vilket ger en bättre stormfasthet men åren efter gallringarna är beståndet mera känsligt för storm- och snöskador. (Hynynen & Huuskonen 2015, 136)

Alla trädslag reagerar på en gallring men det finns skillnader i reaktionens varaktighet och styrka mellan trädslagen. Av våra inhemska träd är granen bättre än tallen och lövträden på att anpassa sig till olika tätheter i skogen. Granen klarar skugga bra men reagerar också kraftigt på gallringar, i unga bestånd är reaktionen mycket snabb. Granens tillväxtreaktion börjar redan 1–2 år efter gallringen medan tallens tillväxtreaktion är lite svagare än granens och börjar senare, ca 5–10 år efter gallringen. (Hynynen & Huuskonen 2015, 138)

4.1.1 Låggallring

Låggallring är den vanligaste gallringsformen i första gallringar och lämpar sig i bestånd med varierande åldersstruktur. I första hand sparas träd i det härskande och medhärskandet skiktet som har bästa möjligheten att utvecklas till stockträd, man tar således bort de minsta och döende träden samt träd som har kvalitetsbrister. Detta leder till att intäkten från gallringen blir liten men gör att beståndet får en snabbare diameterutveckling och att man får bättre intäkter från följande avverkningar. (Äijälä, et al. 2014, 99)

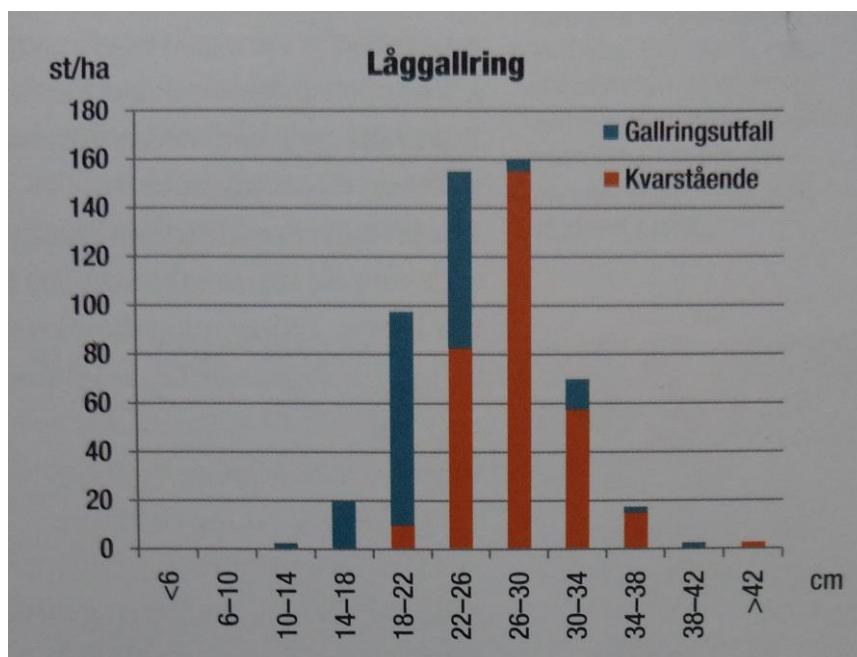


Bild. 1 Stamfördelning för de träd som lämnas kvar och för de som avlägsnas vid låggallring (Saksa, Luoranen & Uotila 2015, 139)

4.1.2 Höggallring

Höggallring lämpar sig bättre i äldre gallringsbestånd som har en jämn beståndsstruktur. Man tar bort både de minsta träden samt större träd och betonar det medhärskandet skiktet, detta leder till att längd- och diameterspridningen i beståndet jämnar ut sig men man förlänger också omloppstiden. Man ska ta bort sjuka träd och träd av dålig kvalitet samt 50–100 träd ur det härskandet skiktet per hektar. Detta kräver mera yrkesskicklighet av skördarföraren samt lämpar sig först i de senare gallringarna. (Äijälä, et al. 2014, 99)

Höggallring lämpar sig inte i bestånd som har stått övertäta eller i bestånd på de kargaste ståndorterna. Om beståndet höggallras i slutet av omloppstiden leder det till att slutavverkningen skjuts fram med 10–15 år. Man har kunnat konstatera att höggallrade

tallbestånd som man har följt med i 40 års tid har visat en ca åtta procent högre tillväxt och nästan fyra procent högre gagnsvirkesproduktion än motsvarande låggallrade bestånd. I lönsamhetsberäkningar har man kommit fram till att höggallring vid ett räntekrav på fyra procent är ungefär tio procent lönsammare än låggallring för skogsägaren. (Hynynen & Huuskonen 2015, 140)

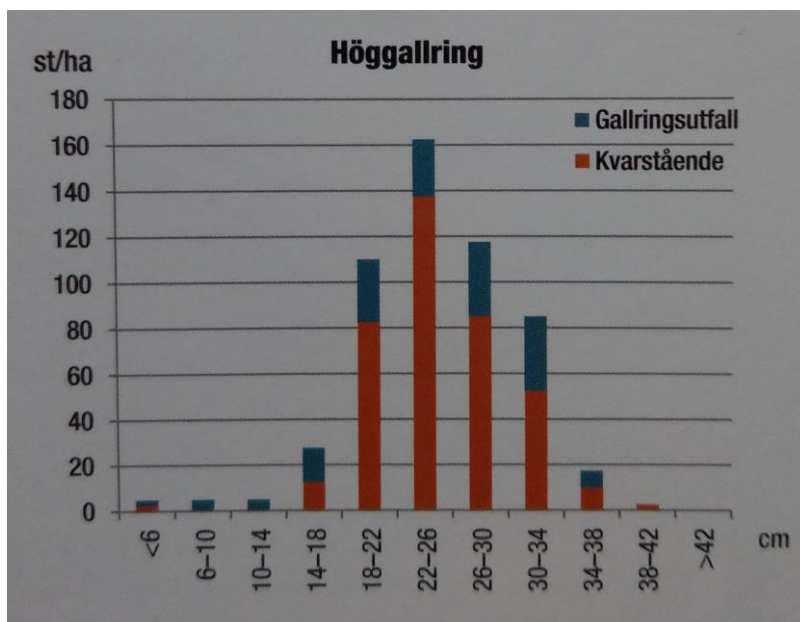


Bild 2. Stamfördelning för de träd som lämnas kvar och för de som avlägsnas vid höggallring (Saksa, et al. 2015, 139)

4.1.3 Kvalitetgallring

Kvalitetgallring rekommenderas som gallringsmetod i första gallringar, i tallbestånd där kvaliteten är medelmåttlig och beståndets övre höjd är 10–12 meter. Vid kvalitetgallring tar man bort de träd som har de grövsta kvistarna och sparar således träd i det medhärskande skiktet. Denna form av gallring kan leda till ett skötselprogram som består av tre gallringar istället för två och kan då också förlänga omloppstiden i beståndet. Man får en bättre stockkvalitet som gör denna typ av gallring konkurrenskraftig. (Äijälä, et al. 2014, 99)

Man utför kvalitetgallringen något tidigare jämfört med de andra gallringsformerna, redan när träden har en övre höjd på 10–12 meter. De större ”vargträden” dominerar då inte ännu så mycket att deras beskuggning skulle ha påverkat livskraften hos de medhärskande träden. (Hynynen J. och Huuskonen S. 2015, 140)

4.2 Förnyelseavverkning

Vid förnyelseavverkning tar man tillvara det virke som den nuvarande trädgenerationen har producerat samt förbereder ytan för nästa generation. Man kan utgående från skogsägarens mål samt ståndortens egenskaper välja mellan att förnya skogen på naturlig väg eller genom skogsodling. (Äijälä, et al. 2014, 79)

Ur virkesproduktionssynpunkt ska man förnyelseavverka sin skog när den årliga tillväxten är mindre än den årliga genomsnittliga tillväxten i beståndet. Ur virkesproduktionsekonomisk synpunkt ska man förnyelseavverka skogen när den årliga avkastningen av virkesbeståndet och marken underskrider det avkastningskrav du har på kapitalet vilket oftast inom skogsbruket är 1–4%. (Saksa, Luoranen & Uotila 2015, 80)

4.2.1 Kalavverkning

Kalavverkning är den vanligaste förnyelseavverkningsmetoden eftersom den kombinerat med skogsodling är ett snabbt och säkert sätt att förnya skogen. Man använder också frö eller plantor som är förädlade vilket ger det nya beståndet en högre tillväxt och bättre kvalitet. Kalavverkningar förändrar landskapet radikalt vilket kan vara både negativt och positivt. När man planerar kalavverkningar ska man tänka på att följa terrängen för att minska inverkan på landskapet och att lämna naturvårdsträden vid fastighetsgränserna för att undvika raka linjer. Ekosystemet förändras mycket efter en kalavverkning, pionjärarter som gynnas av ljusa förhållanden kommer snabbt in på ytan och arter som trivs i skugga försvinner. Med tanke på viltvården bör man undvika kalavverkningar under den viktigaste häckningstiden maj-juni i lövträdsdominerade skogar och i strandskogar. (Äijälä, et al. 2014, 79–80)

4.2.2 Avverkning i fröträdsställning

Detta är en metod som innebär att man förnyar tall och vårtbjörk på naturlig väg. Av tallen sparar man 50–100 härskande träd av god kvalitet per hektar och av vårtbjörken räcker det med att spara 10–20 träd per hektar. Efter avverkningen bör man utföra en lätt markberedning för att försäkra sig om att fröna kan gro och att man får ett jämt uppslag av plantor. Undantag från detta är sandmoar med sorterade jordarter och ett tunt humustäcke samt på bergbunden mark. Denna metod är en förmånlig metod att förnya skogen men avverkningskostnaderna blir högre eftersom man blir tvungen att avverka i två omgångar. Dessutom har man kapital bundet i fröträden. (Äijälä, et al. 2014, 80)

Man bör alltid kontrollera att det finns förutsättningar för naturlig förnyelse samt att planera in avverkningen så att den sammanfaller med förväntade goda fröår. Fröträden ska lämnas antingen jämnt utspridda över ytan eller i glesa grupper. Om man vill försäkra sig om att förnyelsen lyckas ska man kombinera den med markberedning och sådd, mängden frö som behövs är mindre än vid normal sådd. Ibland kan syftet med fröträdsställning vara mer landskapsmässig än skogsvårdsmässig eftersom den förändrar landskapet mindre. (Saksa, et al. 2015, 98–99)

5 Virkespotential på holmar

Det finns en virkespotential på holmar men det kräver mera planering för att utföra avverkningar på dessa samt tillräckliga mängder virke för att få lönsamhet. Med en allt större efterfrågan på virke från industrierna, speciellt för massaved, ökar intresset för att påbörja avverkningsprojekt på holmar. Den största hållbara avverkningsmängden i Finland är 85 miljoner m³ per år. År 2017 avverkades 72,4 miljoner m³ eller 86% av den maximala hållbara avverkningsmängden. (Luke 2017) Detta visar att det ännu finns möjligheter att avverka mera i Finland och att skärgården således kan bli mera intressant för att uppnå avverkningspotentialen.

Enligt skärgårdsprogrammet 2017–2019 är skogsbruket i skärgården mera krävande än på fastlandet med en större betoning på miljö- och landskapshänsyn. Skogsbruket utgör en viktig del av den lokala ekonomin i skärgården. Det finns 4 249 öar i Österbotten och bortser man från de minsta öarna vilkas storlek är 0,5 ha – 100 ha så finns det 62 öar i Österbotten. (Skärgårdsdelegationen, Spatia 2017)

6 Avverkningsprojektet

I detta kapitel beskriver jag avverkningsprojektet och Harvungön. Jag ta även upp logistiken och planeringen utgående från personlig kommunikation med Jens Helenelund på Skogsvårdsföreningen Österbotten.

6.1 Beskrivning av projektet

Projektet började med att man ville göra en iståndsättningsdikning på Harvungön eftersom de gamla dikena var väldigt förfallna. Man höll ett inledande möte hösten med 19 av 76 skogsägare närvarande. Alla som var närvarande önskade att planeringen av dikesrensingen skulle inledas. När planeringen inleddes märkte man att stora delar av ön var i behov av främst gallringar i de ca 40-åriga skogarna på ön. Våren 2016 höll man det andra mötet angående planen för dikesrensningen. Förslaget som presenterades gällde knappa 20 kilometer dikesrensning. På mötet var 27 delägare närvarande och alla som fick inbjudan fick också förutom en dikeskarta ett förslag på gallringar och röjningar som borde utföras i samband med avverkningen av dikeslinjerna. Hösten 2016 beviljades Kemerastöd för dikesrensningen som ska vara utförd och redovisad senast 31.12.2020. Man försökte bjuda ut avverkningarna och fjärrtransporten till virkesbolagen under några år men inget intresse fanns. Skogsvårdsföreningen Österbotten tog därför på sig att utföra avverkningarna på ön och valde att använda präm som fjärrtransportmedel direkt från ön till fabrikena. Man flyttade över maskinerna till ön efter midsommar 2018. Avverkningen inleddes först efter midsommar för att inte störa havsörnarnas häckning. Att föreningen avverkade detta år beror på flera faktorer varav den främsta är att det nu finns intresse av att ta emot massaved sommartid och till bättre priser jämfört med tidigare år. En orsak var också att man hittade en lämplig transportör av virket och att deadlinen för när finansieringsredovisningen av beviljat Kemerastödet för dikesrensingen närmar sig.

Harvungön är belägen i kommunen Korsnäs i Österbotten. Harvungön har en area på ca 700 hektar. Ön har en största längd på 4,9 km i nord-sydlig riktning. Längs med hela västra sidan samt i norra ändan av ön finns ett Natura 2000-område som är ca 150 hektar som bild 3 visar. Det finns ingen vägförbindelse till ön och inga vägar på ön heller. Sommarstugor finns det ca 20 av runt ön, främst på östra sidan av ön. Mitt på ön finns Hamnträsket och på södra sida av träsket finns ett utsiktstorn och en grillplats som är byggd av markägaren men är tillgänglig för allmänheten.



Bild 3. Harvungön (Lantmäteriverkets karttjänst) [Hämtat 10.1.2019]

Skogsvårdsföreningen äger en båt som kunde användas av röjarna, därtill använde skogsfackmannen på området sin personliga båt för att komma till och från ön. Entreprenörerna hade också egna båtar. Båtresan från fastlandet till ön tog ca 10 minuter. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

6.2 Planering

Skogsvårdsföreningen var i kontakt med alla skogsägare på holmen och förklarade vad som var på gång. De skogsägare som ville avverka i sina skogar fick nu underteckna ett avtal om rotaffär. Det hölls ett möte med alla inblandade aktörer där det diskuterades vem som hade hand om vad samt vilka som var kontaktpersonerna. Huvudkörstråk planerades också, dessa gick i nord-sydligriktning och märktes ut med blåa fiberband, fastighetsgränserna märktes ut med gul-röda band. Bandningen av fastighetsgränserna var inte enkel att göra eftersom när skogen är långt borta och ute på en ö så besöker de flesta skogsägarna inte sina skogsskiften och håller upp sina fastighetsgränser. Mobiltelefonnätverket täcker inte västra sidan av ön där försvinner sändningen till mobiler och då också till nätet vilket måste tas i beaktande så att man hade alla kartor färdigt nedladdade i GPS-utrustningen. Fastigheterna på Harvungön är typiska för Österbotten, långa smala skiften med en bredd på vanligtvis 35–50 meter och en längd upp till 1,5 km. Fastigheterna går i öst-västlig -riktning förutom fastigheterna längst norrut och söderut som går i nord-sydlig -riktning. Eftersom fastighetsgränserna kunde vara svårupptäckta kunde det ibland ta nästan en halv dag att märka ut fastighetsgränsen för en enskild fastighet. Detta ska man ta i beaktande så att bandningen görs i god tid före maskinerna och röjarna kommer till ön. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

6.3 Logistiska utmaningar

Det finns många logistiska utmaningar av i skärgårdsavverkningar. Det kräver mycket planering samt underhåll under projektets gång. Det krävs en pråm samt en hamn för att flytta maskinerna ut till ön. Bränsletransporten ut till ön sköttes av en lokal fiskare som hade en bränsletank i sin båt. Denna tankades vid hamnen i Korsnäs och fördes sedan till ön där bränslet flyttades över till mindre bränsletankar som maskinentreprenörerna hade med sig. Det finns också alltid risken att någon maskin går sönder vilket skulle bli problematiskt om man skulle bli tvungen att få den till en verkstad eftersom maskinen i så fall måste flyttas tillbaka till fastlandet med en pråm. Pråmen är känslig för stormar och man måste därför försäkra sig om att man kan flytta sortiment som kräver att man får det snabbt till fabrik. Detta gör att man på förhand ska ha en alternativ hamn där man kan lasta av virket och köra det med lastbil om det så kräver till fabriken. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

6.4 Lagring

Virket ska lagras vid hamnen och vara uppsorterat vilket gör att man måste ha tillräckligt stora utrymmen för att alla sortiment ska rymmas.

Travarna ska läggas upp på grova underlag vilket minskar riskerna för att föroreningar kommer med, travarna ska också vara jämna vilket minimerar risken att de rasar ihop. Travarna ska inte heller vara bredare än 6,2 meter men det är inte ett problem eftersom bitarna inte kapas så långa. (Persson 2008, 108–112)

Beräkning av hur lång längd man behöver till travarna kan räknas med formeln $m^3 \cdot 0,114 + 10$ om man antar att man radar traven till en höjd på 4 meter och har en medellängd på 4,5 meter på virket. Om man utgår från formeln och räknar med att ha ett lager vid hamnen på 1000 m^3 skulle då ge en travlängd på 124 meter. Detta är endast ett ungefärligt mått och lagret ska förberedas för större utrymme för travarna än detta. Man ska prioritera det sortiment med störst volym och detta ska ligga närmast därifrån skotaren kommer till avlägget. (Persson 2008, 162)

6.5 Skotningen

Skotningen sköttes av 3 skotare, det fanns två huvudkörstråk i nord-sydlig-riktning på ön. Avverkningen inleddes med att hugga upp huvudkörstråken. Pråmen lastades av två skotare och hade en kapacitet på ca 800 m^3 . Problemet med avverkningar på holmar blir de långa skotningsavstånden och hur man ska ta dessa i beaktande när man planerar projektet. Alternativet är att bygga flera hamnar men då uppstår det en merkostnad för att muddra flera hamnar. Skärgården i Österbotten är stenig så detta kan bli dyrare än att ha längre köravstånd för skotarna. Pråmen behövde ett djup på 1,5 meter och bogserbåten ett djup på 3 meter. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

6.6 Lönsamheten för skogsägaren

Rotnettot blir klart lägre vid avverkning på holmar jämfört med avverkning på fastlandet. Det är flera faktorer som leder till lägre rotnetto, alla arbetsskeden blir dyrare p.g.a. transporten till och från holmen. Rotpriset är 10 € lägre än på fastlandet. Rotnettot blir därför inte så stort vid gallringarna men vid slutavverkningarna blir det helt tillfredsställande. Möjligheten att få kemerastöd för vård av ungskog på de stämplingar som har en medeldiameter under 16 cm före och efter avverkningen gör också att lönsamheten blir bättre för markägaren, men alla gallringar uppfyller inte dessa krav. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

6.7 Antal sortiment

Mängden sortiment ska vid avverkningar i skärgården av logistiska orsaker hållas så litet som möjligt. En orsak är att under sommarmånaderna behöver man få stocken levererad till fabrik inom två veckor från att den är avverkad. Detta gör det svårt att få tillräckligt med stock från gallringarna under en förhållandevis kort tid så att det skulle räcka till en hel pråm. Detta gör att man avverkar endast massavedsortiment vid gallringarna och stock och massaved vid slutavverkningarna. Man vill också ta så långa bitar som möjligt vid avverkningen för att få ner skotningskostnaderna samt lastningskostnaderna för pråmen. (Personlig kommunikation med Jens Helenelund 1.4.2019)

7 Resultat

Jag använde mig av fakturorna från entreprenörerna när jag räknade hur mycket det har avverkats och kostnaderna, alla priser är utan moms. Entreprenörerna hade en 10 % högre taxa än på fastlandet för att kompensera för de mera krävande drivningsförhållandena och arbetsresorna. Avverkningsmängderna per dag räknade jag så att jag tog totala avverkade mängden volym per stämpling och delade det med antalet dagar. Jag räknade att det avverkades i snitt lika mycket varje dag.

Resultatet kommer från tre maskinkedjor. En entreprenör som hade en maskinkedja skötte det hela med helhetsentreprenad och därför framgår inte kostnaderna för avverkningen och för skotningen skilt.

Vid jämförelsen med medelkostnader för avverknings- och skotningskostnader jämför jag med Metsäteho:s statistik från 2005 eftersom det av nyare statistik inte framgår avverknings- och skotningskostnaderna skilt, jag gjorde en inflationskorrigering på 20 %. (FOS)

7.1 Skotningen

Skotningskostnaderna kommer från två skotare som skotade 7 925 m³ virke. Medelkostnaden var 9,54 €/m³, jämfört med medelkostnaden 2005 som var 4,09 €/m³. (Kariniemi A. 2006). En orsak till detta beror troligen på att köravstånden var längre men också de höjda taxorna. Längsta körsträckan var 2 550 meter och totala kubikmetervägda medeltransportsträckan för alla tre skotare var 1 700 meter.

7.2 Avverkningen

Avverkningarna sköttes av tre skördare som avverkade totalt 12 620 m³ virke. I medeltal avverkades ca 143 m³ per dag med en topp på 319 m³ på en dag. Avverkningsmängden per dag kan avläsas i diagram 1. Gallringarna bestod av ca 9 880 m³ och kalavverkningarna av ca 2 740 m³.

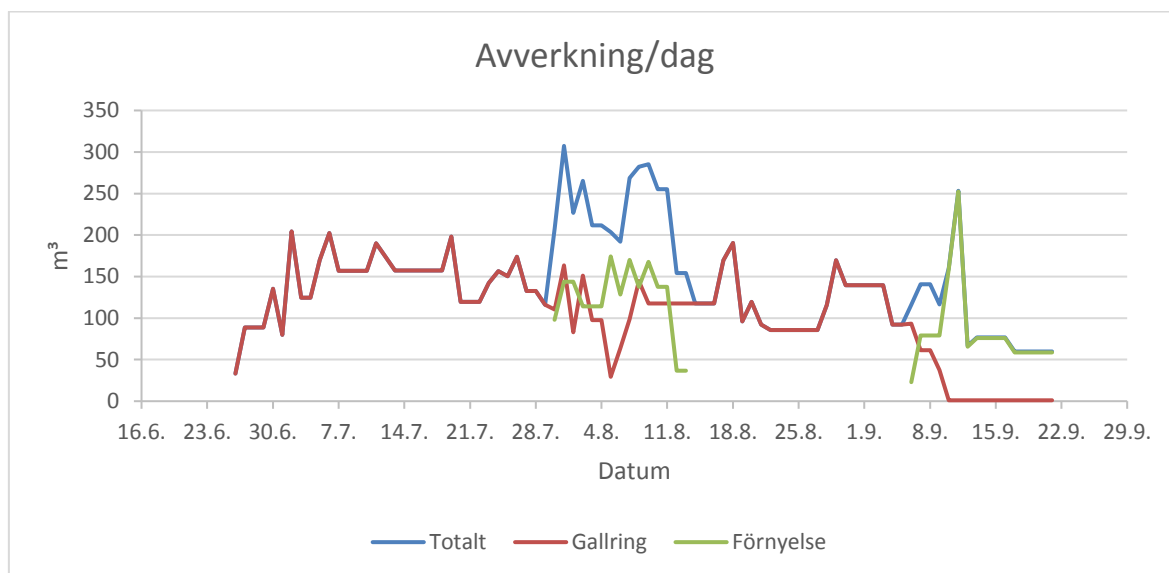


Diagram 1. Den avverkade mängden per dag.

Avverkningskostnaderna är från två skördare som avverkade ca 7 900 m³. Medelkostnaden för avverkningen vid gallringarna var 11,49 €/m³ och för kalavverkningarna 5,92 €/m³. Medelkostnaderna från 2005 var 10,34 €/m³ vid gallringarna och 4,93 €/m³ vid kalavverkningarna. Detta visar att avverkningskostnaderna var 11% högre vid gallringarna och 20% högre vid kalavverkningarna nu jämfört med år 2005. (Kariniemi A. 2006)

Stockandelen vid kalavverkningarna låg på 37 % för tall och 38 % för gran. Andelen rötskadat virke var i medeltal 2,9 %. Detta visar att rotrötan ännu inte är något problem på Harvungön. Alla barrträds stubbar behandlades med Urea.

Diagram 2 visar avverkade mängderna och de borttransporterade mängderna under projektets tid. Att diagrammet har ett minusresultat efter den sista prämen beror på att de avverkade mängderna kommer från maskinmätningen, och de bortförda från fabriksmätningen, vilket ger ett kast.

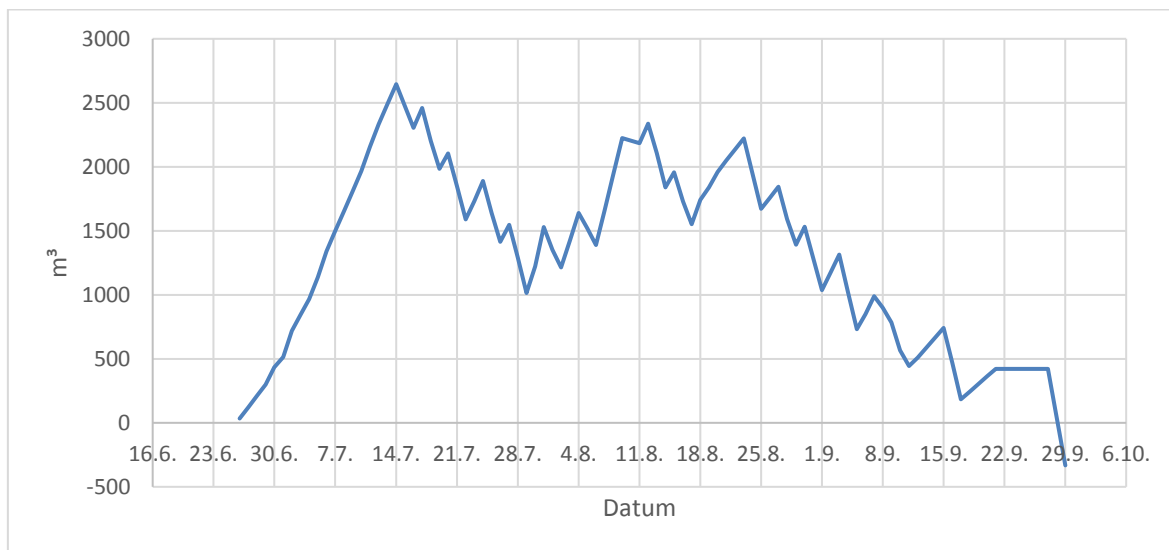


Diagram 2. Virkeslagret (avverkat virke – borttransporterat virke)

7.3 Lastning av pråm

Lastningen av pråmen sköttes av två skotare samtidigt. Medelkostnaden för alla lastningar var 1,9€/m³ och lastningen av en pråm tog i medeltal 22,5 arbetstimmar. Tabell 1 visar skillnaderna i tidsåtgång mellan de olika sortimenten som lastades. Lastning av björkmassa tog längst tid per kubikmeter och var därmed dyrast. Lastning av stockarna gick snabbast och var därmed billigast.

Tabell 1. Lastat virke och tidsåtgång per sortiment

Stock		
m ³	m ³ /h	€/m ³
699,9	42,8	1,3
Barrmassa		
m ³	m ³ /h	€/m ³
752,7	36	1,8
Björkmassa		
m ³	m ³ /h	€/m ³
507,8	18	3,3

7.4 Muddring och övriga kostnader

Muddringen och byggandet av landfäste kostade 14 000 € och övriga kostnader som maskinflytt samt bränslekörningen uppgick till 8 900 €. Fördelat på allt virke som avverkades 2018 blir det en kostnad på 1,8 €/m³. Avverkningarna fortsätter ännu 2019 och kostnaderna för muddring och byggande av landfäste räknat per m³ avverkat virke kommer att sjunka en aning.

7.5 Totalt

Totala kostnaden från att virket avverkades till att det var lastat på pråmen blev i detta avverkningsprojekt i gallringarna 24,73 €/m³ och kalavverkningarna 19,16 €/m³. Enligt Strandström (2018) var medelkostnaderna i Finland år 2017 vid första gallringar 16,81 €/m³ och vid kalavverkningar 8,12 €/m³. På Harvungön blev kostnaderna därmed 32 % högre vid gallringar och 57,6 % högre vid kalavverkningar än i landet i genomsnitt. Detta beror till en stor del på de långa köravstånden jämfört med fastlandet samt att taxorna var 10 % högre än på fastlandet. I diagram 3 presenteras kostnaderna i de olika arbetskedena.

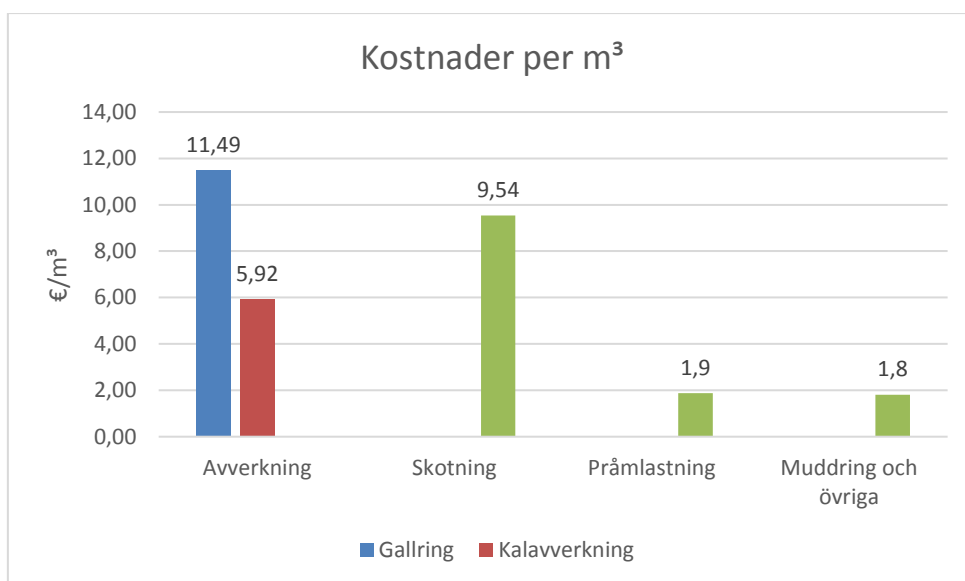


Diagram 3. Drivningskostnaderna per m³ i olika arbetsmoment

Antalet skördare och skotare på Harvungön sommaren 2018 var tillräcklig men med längre köravstånd så kan flera eller större skotare bli en nödvändighet. Tre skotare är bra att ha eftersom det vid lastningen behövs två skotare som lastar i ca 11 timmar var och en tredje behövs för att transportera ut virket från skogen till hamnen.

8 Produktivitetskalkyl

Jag kommer att beräkna skotningens teoretiska produktivitet beroende på körsträcka, lastförmåga och antal skotare. Denna jämförs sedan med skördarnas teoretiska produktivitet vid olika stamstorlekar. Kalkylerna och de fasta parametrarna baserar sig på ett arbete gjort av Nurminen T., Korpunen H & Uusitalo J. (2006). Formlerna för skotningen finns i bilaga 1 och de fasta parametrar jag använde var, $a = 27$, $r = 80$, $s = 500$ och $d_1 = d_2 = d_3 = 0$. Formlerna för avverkningen finns i bilaga 2. Jag använde mig av produktivitet m^3/h med <15 minuters fördröjningar i uträkningarna.

Jag gjorde kalkylerna i Excel och räknade med tre olika skotarkombinationer. Tre medelstora skotare med en lastkapacitet på $13 m^3$ per st., tre stora skotare med en lastkapacitet på $18 m^3$ per st. och fyra medelstora skotare med en lastkapacitet på $13 m^3$ per st. Jag räknade med ett transportavstånd mellan 1 000 meter och 2 000 meter. Med större köravstånd har virkesuttaget per ha mindre betydelse eftersom det är körningen mellan avverkningsplatsen och virkesupplaget som har den största tidsåtgången. Därför begränsade jag kalkylerna till att endast omfatta ett alternativ: ett virkesuttag på $80 m^3/ha$. Jag räknade enbart med massaved i skotningen.

På stamstorleken i kalkylerna räknade jag med tre alternativ: 65 liter, 100 liter och 150 liter. Jag räknade med tre skördare som utförde gallringar i tallbestånd.

8.1 Produktion per timme

Resultatet från produktiviteten per timme kan avläsas i diagram 4. Diagrammet visar att stamstorleken har en mycket stor inverkan på var jämvikt i produktion mellan skördarna och de olika skotarscenarierna ligger. Med en stamstorlek på 150 liter klarar fyra medelstora skotare med nöd och näppe att skota mera än det avverkas per timme redan vid ett transportavstånd på 1 000 meter. Med en stamstorlek på 100 liter ligger brytpunkten med tre medelstora skotare vid 1 000 meter, med tre stora skotare vid 1 400 meter och fyra stora skotare vid 1 800 meters transportavstånd. Med en stamstorlek på 65 liter klarar alla skotarkombinationer av att producera mera än tre skördare kan avverka upp till 2 000 meters transportavstånd.

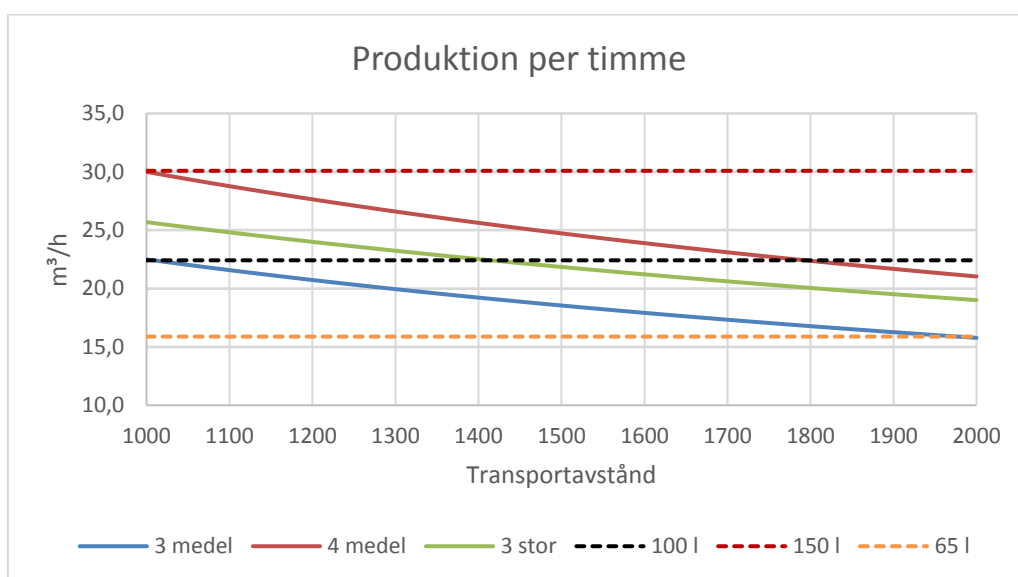


Diagram 4. Produktion per timme, skördarnas produktion med olika stamstorlekar är de streckade linjerna och skotarnas är de heldragna kurvorna.

8.2 Produktion per vecka

Här räknade jag att alla tre skördare arbetade sex dagar i veckan och 11 timmar per dag. Med skotarna räknade jag att alla skotare arbetade fem dagar i veckan, 11 timmar per dag. En dag i veckan var två skotare borta 11 timmar för att lasta prämen.

Diagrammen ska avläsas så att om kurvan ligger över 0 m³ så blir skotarna tvungna att vänta på virket i skogen eller köra kortare dagar jämfört med skördarna. Ligger kurvan under 0 m³ avverkas det så mycket mera m³ än vad man skotar i veckan, alltså måste skotarna köra längre dagar än skördarna i veckan. Uträkningarna visar således om kurvan är ovanför x-axeln så behöver skotarna köra kortare dagar eller skördarna längre dagar, om den är under x-axeln så behöver skotarna köra längre dagar eller skördarna kortare dagar för att producera lika mycket i veckan.

Diagram 5 visar produktion per vecka med en stamstorlek på 65 liter. Diagrammet visar att jämvikt i produktion med kombinationen tre medelstora skotare ligger vid 1 600 meters transportavstånd. De andra kombinationerna klarar av att producera mera än det avverkas vid transportavstånd upp till 2 000 meter, alltså bör skotarna köra kortare dagar jämfört med skördarna.

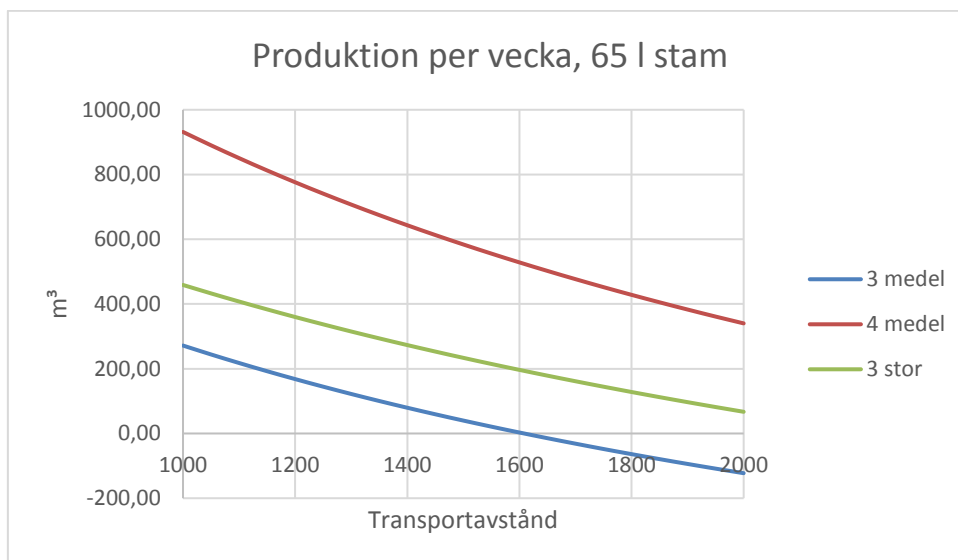


Diagram 5. Produktionen per vecka med en stamstorlek på 65 liter.

Diagram 6 visar produktionen per vecka med en stamstorlek på 100 liter. Diagrammet visar att tre medelstora skotare inte klarar av att skota mera än det avverkas per vecka oberoende av köravstånd. Med tre stora skotare finns jämvikt vid 1 050 meter transportavstånd. Med fyra medelstora nås jämvikt vid 1 800 meter.

För att tre medelstora skotare och tre stora skotare ska kunna skota mera än det avverkas i veckan vid ett transportavstånd på 1 700 meter, kräver det att de kör minst 14 respektive 13 timmars dagar.

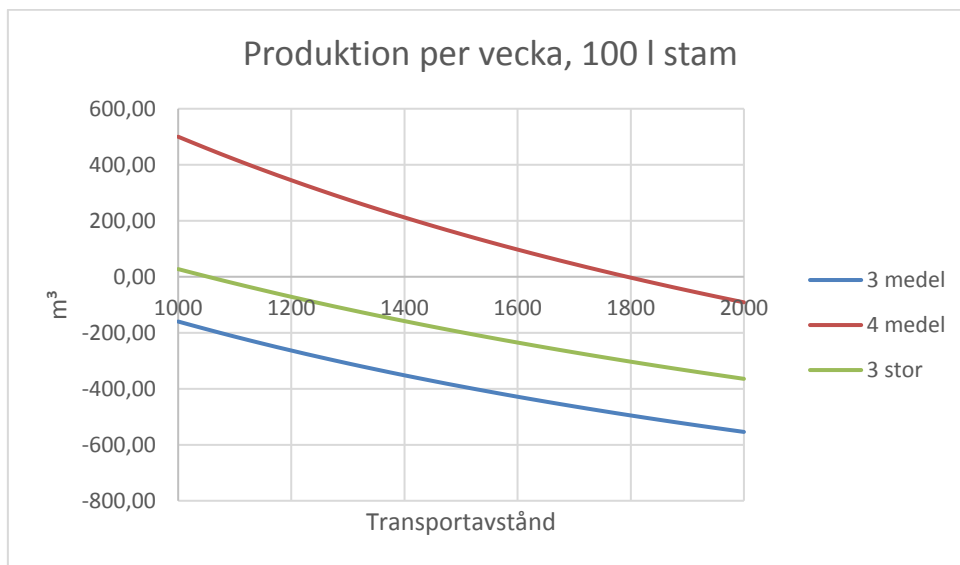


Diagram 6. Produktionen per vecka med en stamstorlek på 100 liter.

Diagram 7 visar att det vid en stamstorlek på 150 liter är jämvikt i produktion mellan skördarna och fyra medelstora skotare vid 1 000 meters transportavstånd, de andra skotarkombinationernas produktivitet räcker inte till för att transportera det virke som skördarna klarar av att avverka.

För att tre medelstora skotare ska kunna transportera mera än skördarna avverkar i veckan måste de vid ett transportavstånd på 1 700 meter köra 19,5 timmars dagar, tre stora skotare måste köra 17 timmars dagar och fyra medelstora skotare 14 timmars dagar.

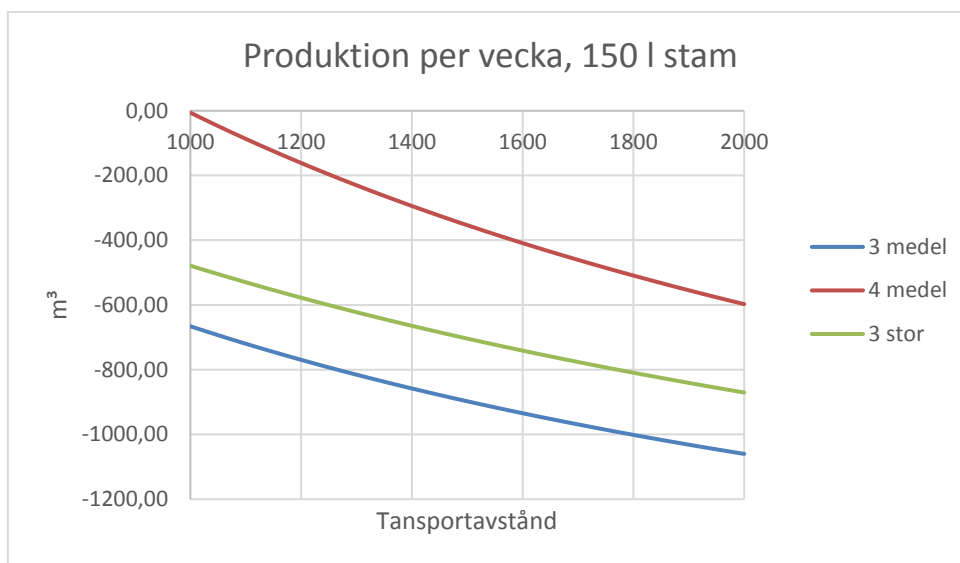


Diagram 7. Produktionen per vecka med en stamstorlek på 150 liter.

Diagrammen visar att det vid större transportavstånd krävs att skotarna kör längre dagar än skördarna för att klara av att skota ut lika mycket som det avverkas. Stamstorleken betydelse visar att det i senare gallringar framförallt om de utförs som höggallring, med större stamstorlek krävs längre dagar för skotarna jämfört med skördarna för att de ska klara av att få ut virket från skogen. Dessa uträkningar gör att man kan planera avverkningarna således att en vecka avverka grövre stämplingar som då gör att skördarna producerar mera än skotarna den veckan, medan nästa vecka så avverkar man i klenare stämplingar så att skotarna hinner ikapp skördarnas produktion. Uträkningar är riktgivande eftersom produktionen är långt bundet till den enskilda föraren men de ger en bild av att med större köravstånd så kräver det längre dagar eller flera skotare för att få ut allt virke ur skogen. Produktiviteten har troligen också ökat med tekniska framsteg sedan studien var gjord 2006.

9 Diskussion

Jag anser att jag har fått svar på de frågeställningar som jag hade i detta arbete. Utgående från resultatet från Harvungön blev kostnaderna vid gallring ca 7,9 €/m³ dyrare och vid kalavverkning ca 11 €/m³ dyrare än motsvarande avverkningar i genomsnitt i landet. Detta avverkningsprojekt på Harvungön sommaren 2018 med tre maskinkedjor lyckades bra med tanke på att det fanns tillräckligt med virke vid hamnen hela tiden så att pråmen alltid kunde köra när vädret tillät.

Avverkningar i skärgården kräver god planering samt tillräckliga virkesvolymen för att få en entreprenör som sköter fjärrtransporten med pråm intresserad. För att avverkningarna i skärgården ska ha förutsättningar att fortsätta i framtiden är en förutsättning att priset på massaved inte sjunker. Priset i nuläget gör att det för skogsägaren inte blir många euro kvar per kubikmeter efter att man förhandsröjt och gallrat.

Skärgårdsavverkningarna tror jag att man kommer att fortsätta med så länge det finns öar med goda gallringsskogar eftersom efterfrågan på massaved för tillfället är hög och man också kan exportera virket från holmarna rakt över till Sverige.

Stamstorleken har stor betydelse för när jämvikt i produktivitet uppnås mellan skördare och skotare när transportavstånden är långa. Nästa gång man avverkar på Harvungön kommer stamstorleken att vara högre än den var nu. Eftersom timkostnaden för en skördare är avsevärt högre än för en skotare blir det då av större vikt att planera en tillräcklig skotningskapaciteten så att man kan utnyttja skördarna kapacitet maximalt.

Dessa uträkningar ger riktlinjer hur man kan planera avverkningen vid större skotningsavstånd. Med större storlekar på stammarna och längre skotningsavstånd så kan det behövas flera eller större skotare eller flera chaufförer till skotarna jämfört med avverkningsprojektet sommaren 2018 på Harvungön.

Arbetet kunde ha gjorts bättre med intervjuer av entreprenörerna med färdiga frågor angående avverkningen och skotningen hur de upplevde att den fungerade. Man kunde även ha mätt tiden för skotarna och samlat in data från skotarna och skördarna för att granska hur entreprenörernas produktivitet stämmer överens med studien gjord av Nurminen, Korpunen och Uusitalo och justerat den därefter.

10 Källförteckning

Hynynen, J. och Huuskonen, S. 2015. *Gallringsavverkningar*. I Skogsbrukets handbok. S. Rantala (red.). Borgå: Metsäkustannus OY.

Kariniemi, A. 2006. *Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2005*. Helsinki: Metsäteho Oy. nro 19. [Online] http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Katsaus_19.pdf [hämtat: 10.3.2019]

Kihlblom, D. 1991. *Skärgårdsskog ekologi och skötsel*. Arklöv: Skogsstyrelsen.

Drivning och fjärrtransport av industrivirke [webbpublikation]. Helsingfors: Naturresursinstitutet [hänvisat: 31.3.2019]. Åtkomstsätt: <https://stat.luke.fi/sv/avverkning-av-industrivirke-och-fjarrtransport>

Finlands officiella statistik (FOS): Konsumentprisindex [e-publikation]. ISSN=1799-0246. mars 2019, Tabellbilaga 6. Konsumentprisindexet 2005=100 . Helsinki: Statistikcentralen [hänvisat: 28.4.2019].
Åtkomstsätt: http://www.stat.fi/til/khi/2019/03/khi_2019_03_2019-04-15_tau_006_sv.html

Nurminen, T., Korpunen, H. och Uusitalo, J. 2006. *Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System*. u.o., Silva Fennica. 40(2): 335–363. [Online] <https://www.silvafennica.fi/pdf/article346.pdf> [hämtat: 1.4.2019]

Persson P-E. 2008. *Arbete i avverkningslag: arbetsmiljö, kvalitet, produktion. del 2 praktisk produktion*. Mora: Mora in Europe.

Saksa, T., Luoranen, J. och Uotila, K. 2015. *Förnyelse av skog*. I Skogsbrukets handbok. S. Rantala (red.). Borgå: Metsäkustannus OY.

Skärgårdsdelegationen, Spatia. 2017. *Skärgårdsprogrammet 2017–2019 Öar, hav, sjöar, älvar och strandzonen som faktorer i den regionala utvecklingen*. Jord- och skogsbruksministeriets publikationer 2017 [Online] http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80071/6a_17_valtakunnallinen_saaristoohjelma_SE.pdf [hämtat: 20.3.2019]

Strandström, M. 2018. *Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2017*. u.o., Metsätehon tulosalvosarja 8a/2018. Metsäteho Oy. [Online] http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2018_08a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2017.pdf [hämtat: 10.3.2019]

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. och Väisänen, P. (red.) 2014. *Råd i god skogsvård – SKOGSVÅRD*. u.o., Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio. [Online] http://tapio.fi/wp-content/uploads/2016/01/Rad_i_god_skogsvard_webv1_2014.pdf [hämtat: 20.3.2019]

Bilaga

Bilaga 1

$$t_1 = \frac{0.7123 + 0.0149x_1}{v} \quad (14)$$

where

t_1 = time consumption for driving empty, min/m³

x_1 = driving empty distance, m

v = timber volume per load, m³

$$t_2 = \frac{0.9347 + 0.0185x_2}{v} \quad (15)$$

where

t_2 = time consumption for driving loaded, min/m³

x_2 = driving loaded distance, m

v = timber volume per load, m³

$$t_4 = 2.022 + \frac{0.211}{x_4} + 0.755d_1 - 1.184d_2 - 0.537d_3 \quad (24)$$

where

t_4 = time consumption for loading, min/m³

x_4 = timber volume at the loading stop, m³ (loaded wood assortments)

$d_1 = d_2 = d_3 = 0$ when 1 pulpwood assortment is being loaded at the loading stop

$d_1 = 1, d_2 = d_3 = 0$ when both 1 pulpwood and 1 sawlog assortment are being loaded at the loading stop (pulpwood is the main assortment)

$d_1 = 0, d_2 = 1, d_3 = 0$ when 1 sawlog assortment is being loaded at the loading stop

$d_1 = 0, d_2 = 0, d_3 = 1$ when 2 sawlog assortments are being loaded at the loading stop

Constant	Single loads		Mixed loads	
	Sawlogs	Pulpwood	Sawlogs ^{a)}	Pulpwood ^{a)}
	min/m ³			
u_1	0.498	0.522	0.569	0.542
u_2	0.041	0.034	0.061	
u_3	0.008		0.027	
Total	0.547	0.564	0.657	0.630

^{a)} According to the main wood assortment in the load.

$$t_5 = u_1 + u_2 + u_3 \quad (26)$$

where

t_5 = total time consumption for unloading and driving while unloading, min/m³

u_1 = actual unloading time, min/m³

u_2 = sorting and arranging time, min/m³

u_3 = driving while unloading, min/m³

$$t_3 = \frac{x_3}{av} = \frac{100}{za} \quad (16)$$

$$x_3 = \frac{100v}{z} \quad (17)$$

$$z = \frac{100r}{s} \quad (18)$$

where

t_3 = time consumption for driving while loading, min/m³

x_3 = driving while loading distance, m

a = average driving speed when driving while loading, m/min

v = timber volume per load, m³

z = timber density on the strip road for wood assortment/assortments that is/are being loaded, m³/100m

r = removal of wood assortment/assortments that is/are being loaded, m³/ha

s = total length of strip road network, m/ha

$$\ln(x_4) = -0.447 + 0.300 \ln(z) - 1.281d \quad (25)$$

where

x_4 = timber volume at the loading stop, m³ (loaded wood assortments)

z = timber density on the strip road, m³/100m (loaded wood assortments)

$d = 0$ in final fellings

$d = 1$ in thinnings

$$t_{\text{tot}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \quad (27)$$

where

t_{tot} = total effective time consumption for forest haulage, min/m³

t_1 = time consumption for driving empty, min/m³

t_2 = time consumption for driving loaded, min/m³

t_3 = time consumption for driving while loading, min/m³

t_4 = time consumption for loading, min/m³

t_5 = time consumption for unloading and driving while unloading, min/m³

$$p_e = \frac{60}{t_{\text{tot}}} \quad (28)$$

$$p_{ge} = \frac{p_e}{1.084 \times 1.224} \quad (29)$$

where

p_e = productivity, m³/effective hour

t_{tot} = total effective time consumption for forest haulage, min/m³

p_{ge} = productivity, m³/gross effective hour (including < 15 min delays)

Average moving time (t_1) was 4.6 s/stem (0.077 min/stem) in final fellings and 6.0 s/stem (0.100 min/stem) in thinnings.

Thinnings:

$$t_3 = 0.093 + 0.101x \quad (2)$$

where

t_3 = time consumption for felling, min/stem

x = stem size, m³

The average time consumption (t_5) was 2.8 s/stem (0.047 min/stem) in final fellings and 2.9 s/stem (0.049 min/stem) in thinnings.

Moving logs, tops and branches (t_7) took on average 0.7 s/stem (0.012 min/stem) in final fellings and 0.4 s/stem (0.007 min/stem) in thinnings.

$$p_e = \frac{60x}{t_{\text{tot}}} \quad (8)$$

$$p_{ge} = \frac{p_e}{1.197 \times 1.276} \quad (9)$$

where

p_e = productivity, m³/effective hour

t_{tot} = total effective time consumption for cutting, min/stem

x = stem size, m³

p_{ge} = productivity, m³/gross-effective hour (including < 15 min delays)

1.197 = gross-effective time coefficient for effective time (Kuitto et al. 1994)

1.276 = follow-up coefficient for gross-effective time (Kuitto et al. 1994)

The average time consumption (t_2) for both final fellings and thinnings was 6.0 s/stem (0.100 min/stem).

Thinnings:

$$\text{Pine: } t_4 = 0.0359 + 1.1368x \quad (6)$$

where

t_4 = time consumption for delimiting and cross-cutting, min/stem

x = stem size, m³

The time consumption for clearing (t_6) was calculated as a mean value: 1.3 s/stem (0.022 min/stem) in final fellings and 1.0 s/stem (0.017 min/stem) in thinnings.

$$t_{\text{tot}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 \quad (7)$$

where

t_{tot} = total effective time consumption for cutting, min/stem

t_1 = time consumption for moving, min/stem

t_2 = time consumption for positioning-to-cut, min/stem

t_3 = time consumption for felling, min/stem

t_4 = time consumption for delimiting and cross-cutting, min/stem (For the total time consumption of processing, the bunching and sorting time must be added to the delimiting and cross-cutting time according to bucking.)

t_5 = time consumption for steering the boom in, min/stem

t_6 = time consumption for clearing, min/stem

t_7 = time consumption for moving logs, tops and branches, min/stem