



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Mänty-kuusi-sekakylvön ja kuusen istutuksen tuotoksen ja talouden vertailu.

Miska Kuru

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Metsätalous



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

KURU, MISKA:

Mänty-kuusi-sekakylvön ja kuusen istutuksen tuotoksen ja talouden vertailu.

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 7 sivua

Huhtikuu 2017

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tarkastella 80-luvun lopulla ja 90-luvun alussa kuusen ja männyn sekasiemenellä tuoreelle kankaalle konekylvettyjä taimikoita. Osana opinnäytetyötä mittasin puustotiedot valituilta 18:lta sekasiemenellä kylvetyltä kuvioilta. Mitattujen puustotietojen pohjalta metsän kasvua simuloitiin metsänkasvatussimulaattorilla. Vertailukohtana käytettiin simuloitua kuusen istutusta ja männyn kylvöä eri kasvupaikoilla. Vertailussa keskitytään eri uudistamistapojen taloudelliseen kannattavuuteen ja tuotoksen vertailuun pitkällä aikavälillä. Opinnäytetyön tilaajana toimi Metsähallitus.

Opinnäytetyön tuloksena oli, että sekasiemenkylvö ei ole ollut ainakaan mitatuilla kasvupaikoilla taloudellisesti kannattavaa verrattuna kuusen istutukseen. Toisaalta mitatuilla kuvioilla oli suuria eroja puustossa, osa mitatuista kuvioista oli jopa tuottavampia kuin kuusen istutus.

Kuvioiden tuottavuuteen vaikuttaa eniten kylvön onnistuminen. Kylvön onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä oli kuitenkin vaikea tutkia, niistä kuluneen pitkän ajan takia. Mikäli metsän kasvatuksen tavoitteena ei ole pelkästään metsästä saatava rahallinen tuotto, voi sekasiemenkylvö olla hyvä vaihtoehto metsänuudistamiseen.

Asiasanat: konekylvö, sekasiemen, mänty, kuusi, metsänuudistaminen, vertailu, tuotto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

KURU, MISKA:

Comparison of the Wood Production and Economy of Mixed Pine-Spruce Sowing and Plantation of Spruce.

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 7 pages

April 2017

The purpose of this thesis was to study plantations made by sowing using mixture of spruce and pine seeds. The information on the chosen 18 plantations was gathered by measuring their attributes. The measurements were part of this thesis. The growth of the plantations was simulated using a forestry simulator and the given data. Different forest regeneration options including sowing with mixed seeds were compared using a forestry simulator. Research focused on the economic viability of different forest regeneration options on a long timescale. The Finnish State Forest Enterprise commissioned the thesis.

The result of the thesis was that sowing using mixed seeds was not economically viable compared with the usually used option that is plantation of spruce. On the other hand, there were great variations among the measured plantations. Some of the measured plantations were even economically more productive than plantation of spruce according to simulations.

The most important factor affecting the economic production of the chosen plantations was successful sowing. However, it is difficult to study the influential factors behind successful sowing due to long time-from the sowing taking place. If the purpose of growing forest is not purely economical sowing mixed seeds can be a good option for regeneration of a forest.

Key words: machinery sowing, mixture seeds, pine, spruce, forest regeneration, comparison, economic production

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Metsänuudistamismenetelmien kuvaus ja aikaisemmat tutkimukset.....	7
	2.1. Konekylvö.....	7
	2.2. Sekasiemenkylvö	9
	2.3. Männyn kylvö	9
	2.4. Kuusen kylvö	11
	2.5. Kuusen istutus.....	12
3	Sekametsän kasvatuksen hyödyt	14
4	Tutkimusaineisto ja menetelmät.....	16
	4.1. Tutkimuksen kuvaus	16
	4.2. Tutkimusaineiston keruu.....	17
	4.3. Tutkimusaineiston käsittely	18
	4.4. Tutkimusaineiston esittely	19
	4.4.1 A-ryhmä 1988–1992	20
	4.4.2 B-ryhmä 1993–1994	21
	4.5. Kylvöjen onnistuminen mitatuilla kuvioilla	22
5	Simuloinnit ja laskelmat	26
	5.1. Diskonttauslaskelmat	26
	5.2. Kasvatussimuloinnit mitatuille kuvioille	27
	5.3. Kuusen istutus MT -kasvupaikalle (vertailu).....	30
	5.4. Männyn kylvö MT-kasvupaikalle (vertailu).....	31
	5.5. Kuusen istutus VT-kasvupaikalle (vertailu)	31
	5.6. Männyn kylvö VT-kasvupaikalle (vertailu)	32
	5.7. Männyn kylvö VT-kasvupaikalle, jossa mukana jalostushyöty (vertailu).....	33
6	Tuotos ja Taloudellinen kannattavuus.....	35
	6.1. Tuotos vertailu	35
	6.2. Taloudellinen kannattavuusvertailu	36
7	Pohdinta ja tulosten tarkastelu.....	40
	7.1. Virheen mahdollisuuden pohdinta	42
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46
	Liite 1. A-ryhmä kuvioiden kuvaus.....	46
	Liite 2. B-ryhmän kuvioiden kuvaus.....	47
	Liite 3. Kuvioiden simuloinnit. Sanallinen kuvaus simuloinneista. (1) 6	48
	ERITYISSANASTO	

Diskonttaus	Laskentaa, jolla tutkitaan pitkäaikaisen sijoituksen kannattavuutta.
Nettonykyarvo	Eri aikoina syntyvät tulot ja menot yhteismitallistetaan eli diskontataan nykyhetkeen.
Motti-simulaattori	Luonnonvarakeskuksen kehittämä metsänkasvatussimulaattori, jonka antamat tulokset perustuvat laajoihin mittaustuloksiin.
Korkokanta	Laskelmissa käytetty oletuskorko.

1 JOHDANTO

1980-luvun lopulla ja 1990-luvun alussa Metsähallituksen työntekijä Aarne Palonen halusi kokeilla männyn ja kuusen sekakylvöä tuoreelle kankaalle. Sekakylvö oli vastoin vallalla olevia metsänuudistamisohjeita. Kylvöt suoritettiin koneellisesti maanmuokkauksen yhteydessä. Palosen tavoitteena oli saada aikaan mahdollisimman tasarakenteista, hyvälaatuista sekametsää mahdollisimman pienillä uudistamiskustannuksilla sekä kokeilla menetelmän toimivuutta.

Kuusen kylvöä ei yleensä käytetä metsänuudistamisessa sen onnistumisen suuren epävarmuuden takia. Kuusen ja männyn sekakylvöä ei suositella yleensä kuin poikkeustapauksissa ja silloinkin vain kasvupaikoille, jotka ovat tuoreen kankaan ja kuivahkon kankaan välimaastossa. Kylvötaimien juuristo on usein hyvin pinnallinen taimien kehityksen alkuvaiheessa. Tämä on ongelma erityisesti kuusen kylvössä, sillä kuusella juuristokehitys on hidasta ja nuoret taimet ovat erityisen arkoja rousteelle. Tuoreilla kasvupaikoilla myös pintakasvillisuuden kilpailu voi olla hitaasti kehittyville kylvötaimille liian ankaraa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli erityisesti vertailla kuusen ja männyn sekakylvöä kuusen istutukseen tuoreella kankaalla.

Esittelen opinnäytetyöni alussa eri metsänuudistamismenetelmiä ja niistä tehtyjen tutkimusten tuloksia. Tämän jälkeen käyn läpi tutkimuksen tekemiseen liittyvät vaiheet ja esittelen tutkimusaineiston. Tutkimusaineiston- ja menetelmien esittelyn jälkeen käyn läpi Motti -ohjelmalla tehdyt metsänkasvatussimuloinnit ja niihin liittyvät kannattavuuslaskelmat. Myöhemmin vertailen eri kasvatusvaihtoehtojen puuntuotosta ja taloudellista kannattavuutta simulointien perusteella. Lopuksi tarkastellen simuloinneista saatuja tuloksia ja pohdin sekakylvön kannattavuutta, sekä virheen mahdollisuutta opinnäytetyön tekemisen eri vaiheissa.

2 Metsänuudistamismenetelmien kuvaus ja aikaisemmat tutkimukset

Tässä kappaleessa on esitelty eri metsänuudistamismenetelmiä. Kerron niiden käytön yleisyydestä metsätilastollisten vuosikirjojen avulla käyttäen tilastotietoa eri vuosilta. Kuvaan myös kunkin uudistamismenetelmän peruseriaatteen ja esittelen joitakin niistä tehtyjen tutkimusten tuloksia. Metsätilastollisista vuosikirjoista on haettu tietoa uudistamismenetelmistä viiden vuoden välein alkaen vuodesta 1983 ja päättyen vuoteen 2013. Konekylvöstä löytyi tietoa kuitenkin tutkimistani vuosista vasta 2003 alkaen. Konekylvöstä hain tietoa vain vuosilta 2003, 2008 ja 2013. Alla olevassa taulukossa on eri metsänuudistamistapojen hehtaarimääriä eri vuosilta.

TAULUKKO 1 Eri metsänuudistamismenetelmien pinta-alat hehtaareina. (Metsätilastolliset vuosikirjat.)

Vuosi	Männyn kylvö	Kuusen kylvö	Männyn istutus	Kuusen istutus	Metsänviljelyala kaikkiaan
1983	28500	100	90600	22900	145500
1988	17400	100	58400	26500	110900
1993	22200	200	33100	36200	110900
1998	30300	800	29800	36600	111300
2003	30980	493	26970	54000	118787
2008	32273	180	24327	68124	128157
2013	21387	46	21359	52646	98368
Keskiarvo	26149	274	40651	42424	117702

2.1. Konekylvö

Metsätilastollisen vuosikirjan mukaan koneellisesti kylvämällä uudistettiin vuosina 2003, 2008 ja 2013 keskimäärin 19903 ha Suomessa. Kaikesta uudistamisesta pinta-alasta näiltä vuosilta se on vain noin 17 prosenttia. Kaikista kylvöistä konekylvön osuus oli noin 70 prosenttia. Koneellinen kylvö oli tilaston mukaan paljon yleisempää valtion tai teollisuuden metsissä kuin yksityisissä metsissä. Yksityisten metsien pientä osuutta konekylvöistä voi selittää keskimääräisesti pienemmillä uudistusaloilla verrattuna teollisuuden tai valtion omistamiin metsiin. (Metsätutkimuslaitos 2004; 2009; 2014.)

Koneellisessa metsänkylvössä metsätraktorin vetämään äkeeseen tai kaivurin kauhaan on liitetty kylvölaite. Muokkaus-koneisiin suunnitelluissa kylvölaitteissa siemenet puhalletaan paineilman avulla muokkausjälkeen. Metsä-äkeeseen liitetyissä laitteissa sieme-

net tulevat tasaisena virtana, jolloin niitä varsinkin huonossa muokkausjäljessä ohjautuu myös taimettumisen kannalta epäedullisiin kohtiin. Kaivinkoneella suoritettavassa kylvössä siemenet suunnataan paljastettuun kivennäismaalaikkuun. Kylvön tärkeimpänä etuna istutukseen nähden on mahdollisuus lisätä kasvatustiheyttä edullisesti niin suureksi, että sillä pystytään parantamaan sahapuun laatua. Lisäksi kylvön kustannukset ovat pienemmät kuin istutuksessa. Kylvö on myös huomattavasti helpompi koneellistaa kuin istutus. Luontaiseen uudistamiseen verrattuna kylvön etuna on riippumattomuus siemenvuosista ja tuulikaatoriskin puuttuminen. (Kinnunen 2002.)

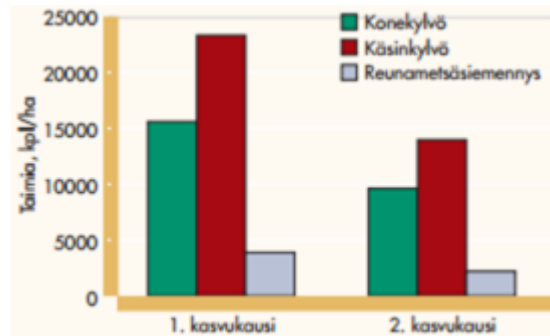
Muokkaamattomassa maassa on humuskerroksen takia harvoin kylvösiemenille kunnan edellytyksiä kasvaa kunnan taimiksi. Tästä syystä metsänuudistaminen kylvämällä vaatii onnistuakseen aina maanmuokkauksen. Kylvössä käytössä ovat äestys ja laikuttaminen. Kylvön onnistumisen kannalta myös maaperän kosteudella on merkitystä.

Kylvöajankohdalla ja kylvöhetkellä vallitsevalla säällä on merkitystä kylvön onnistumiseen. Havupuiden kylvöön kevät on selvästi syksyä parempi kylvöajankohta. Syksyllä kylvetyt taimet eivät yleensä ehdi juurtua riittävästi talven varalle, jolloin rouste nostaa huonosti juurtuneet taimet maasta. Lisäksi kylvöjen onnistumiseen näyttää vaikuttavan reunametsän siemennys, humuskerroksen paksuus, maalaji ja maanmuokkauksen laatu. (Kinnunen 2003.)

Saksan ja Kankaanhuhdan (2007) tekemässä tutkimuksessa konekylvö antoi paremmat tulokset kuin käsinkylvö. Selityksen arvellaan olevan se että, konekylvössä on käytössä suurempi siemenmäärä. Jatkuvatoimisilla metsä-äkeeseen liitetyillä laitteilla ei voida valita edullisinta kylvökohtaa, vaan kone kylvää sokeasti. Tällöin siementä joutuu monenlaisiin muokkausjäljen pintoihin, mikä lisää siementen itämismahdollisuutta erilaisissa kylvön jälkeisissä sääolosuhteissa. Lisäksi konekylvössä siemen pääsee aina tuoreeseen muokkausjälkeen, jossa sen kosteus edesauttaa siemenen itämistä.

Toisaalta konekylvössä paljon siemeniä joutuu myös epäedullisiin itämiskohtiin ja ne eivät idä, varsinkin jos muokkausjälki on huono. Kinnusen (2002) tutkimuksissa käsinkylvöllä onkin päästy parempiin tuloksiin kuin konekylvöllä. Kinnusen tulokset ovat esitelty alla olevassa taulukossa.

Kuva 1. Kinnusen tulokset kylvötavoista. (Kinnunen 2002.)



2.2. Sekasiemenkylvö

Sekasiemenkylvöistä löytyi melko vähän tutkimustuloksia koska menetelmää on käytetty vähän, eikä siitä löytynyt tietoa myöskään metsätilastollisista vuosikirjoista. Yleensä sekasiemenkylvöjä on tehty vain, kun uudistamiskohteen metsätyyppi on puolukka- ja mustikkatyypin rajamailla. Routimattomilla, vettä läpäisevillä hiekka- tai hietamailla kuusen ja männyn sekakylvö on eräissä tapauksissa onnistunut hyvin. (Tapion siemenkeskus 2016). Sekasiemenkylvöä tehdään pääasiassa, kun halutaan pienentää hirvituhojen riskiä taimikossa. Suositeltu siemenmäärä sekakylvössä on 200 grammaa männyn siemeniä ja 200 grammaa kuusen siemeniä hehtaarille. (Tapio siemenkeskus 2016.)

2.3. Männyn kylvö

Metsätilastollisten vuosikirjojen mukaan männyn kylvöaluetta oli tutkiminani vuosina keskimäärin 26 149 ha vuodessa. Tämä on noin 22 prosenttia kaikista uudistamisalueista tutkimiltani vuosilta. Eniten mäntyä kylvettiin vuonna 2008, yhteensä 32273 ha vuodessa ja vähiten vuonna 1988, yhteensä 17 400 ha vuodessa. Männyn kylvöä oli käytetty metsänuudistamismenetelmä erityisesti valtion metsissä. Tämä selittyy sillä, että suurin osa valtion metsistä sijaitsee pohjoisessa karuilla kasvupaikoilla, jonne männyn kylvö sopii hyvin. Yksityisomistuksessa olevissa metsissä männyn kylvön käyttöaste on vähentynyt ajan myötä. Yhtiöiden metsissä männyn kylvön käyttöaste on pysynyt melko lailla samana.

Käytännössä miltei kaikki metsäkylvöt tehdään Suomessa männyllä, koska männyn kasvupaikat ovat parhaimpia kylvökohteita. Suurin osa kylvöistä tehdään jalostetulla

siemenellä, sen paremman laadun vuoksi. (Nygren, Ikonen, Helenius 2013.) Männykylvölle sopiva ajankohta on kevätkosteuden aikaan heti lumen sulamisen jälkeen, mutta kylvöä voidaan tehdä juhannukseen asti (Tapio 2014). Männylle sopivia kylvökohteita ovat kuivahkot ja sitä karummat kivennäismaat sekä vastaavat turvemaat, joilla pintakasvillisuuden kilpailu ei ole siemenistä kehittyville taimille liian kovaa. Vaikka mänty voi menestyä myös rehevillä kasvupaikoilla, nousee epäonnistumiseen uudistamisen riski tasaisesti kasvupaikan viljavuuden mukaan. (Saksa, Kankaanhuhta 2007; Nygren, Ikonen ja Helenius 2013.) Männykylvössä suositeltava taimikon tiheys on jopa 4000–5000 tainta hehtaarilla. Männykylvön suuri tiheys on edellytyksenä korkealaatuisen tukkipuun kasvatukselle. Mäntyä kylvettäessä suositellaan käytettäväksi jalostettua siementä. Jalostetulla siemenellä voidaan saavuttaa kylvömänniköissä jopa 25 prosenttia korkeampi nettohyöty kolmen prosentin korkokannalla kuin metsikkösiemenellä. (Ahtikoski, Ojansuu, Haapanen, Hynynen, Kärkkäinen 2012). Maanmuokausmenetelmäksi suositellaan äestystä ja laikutusta kivennäismaille ja turvemaille kääntömätästystä ja laikutusta. (Tapio 2014).

Tapion metsänhoidonsuosituksissa ei suositella mänykylvöä tai istutusta tuoreelle kankaalle. Tutkimusta männykylvön uudistamisesta tuoreelle kankaalle on kuitenkin tehty. Tutkimusten mukaan männykylvö onnistuu varmemmin tuoreen kankaan kylvökohteilla, kun maalaji on karkea, kun taas kasvupaikaltaan lehtomaiset kohteet ja maalajiltaan hienot ja keskikarkeat kohteet ovat epävarmempia. Hienot ja keskikarkeat maalajit ovat alttiita routimiselle, mitä pidetään pääsyyntä kylvötaimien kuolemiseen näillä kylvökohteilla. (Saksa, Kankaanhuhta 2007.) Miinan, Saksan ja Valkosen (2011) mukaan männykylvön istutustulokset olivat tuoreella kankaalla parempia kuin kylvötulokset. Istutuksella saatu tiheys ei kuitenkaan riitä laadukkaan sahapuun kehityksen varmistamiseksi. Männykylvön suosiota selitetään sen kustannustehokkuudella, kylvämällä saaduilla suuremmilla taimitiheyksillä ja oikein tehtynä sen onnistumisvarmuudella.

2.4. Kuusen kylvö

Metsätilastollisten vuosikirjojen mukaan kuusen kylvöaluetta oli tutkiminani vuosina keskimäärin 274 ha vuodessa. Kaikista tutkimieni vuosien uudistamisalueista tämä on vain 0,2 prosenttia. Eniten kuusta kylvettiin vuonna 2003, jolloin kuusen kylvöaluetta oli yhteensä 493 ha. Vähiten kuusta kylvettiin vuonna 2003, jolloin kuusen kylvöaluetta oli yhteensä vain 46 ha. Kuusen kylvö oli selvästi käytetyintä yksityisten metsänomistajien parissa. Valtion ja metsäyhtiöiden kuusen kylvömäärät olivat todella vähäisiä, käytännössä lähellä nollaa. Kuusen kylvön suosio yksityisissä metsissä selittyy metsänomistajien erilaisilla metsänhoidon tavoitteilla.

Kuusen kylvöstä on vähemmän tuloksia kuin männyn kylvöstä, eivätkä saadut tulokset ole rohkaisevia. Kuusen kylvö ei ole koskaan ollut laajalti käytetty uudistamismenetelmä sen epävarmuuden takia. Useiden aihetta käsittelevien tutkimusten johtopäätökset kuusen kylvöstä ovat, ettei sitä voida suositella uudistamismenetelmäksi taimien suuren kuolleisuuden ja hitaan alkukehityksen takia. Kuusentaimien hitaan alkukehityksen tähden ne häviävät nopeasti kilpailussa pintakasvillisuudelle. Kuusen kylvössä on aina oltava valmis uusinta- tai täydennysviljelyyn. (Mattila 2001.) Saksan ja Kankaanhuhdan (2007) mukaan kuusen kylvöalalla keskimäärin ilman kuusentaimia olevan pinta-alan osuus on jopa 25 prosenttia. Valtasen ja Enbergin (1987) mukaan kuusen kylvö onnistuu paremmin kuivahkolla kankaalla kuin tuoreella kankaalla. Metsänhoidon suositusten mukaan kuivahko kangas ei kuitenkaan ole sopiva kasvupaikka kuuselle.

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 3) on vertailtu eri tutkimuksessa saatuja tuloksia kuusen istutuksesta ja kylvöstä. Taulukosta on havaittavissa, että eri tutkimuksien mukaan kuusen uudistaminen onnistuu varmemmin istuttamalla, sillä taimellisten viljelykohtien osuus on merkittävästi suurempi istutetuilla koealoilla kuin kylvetyillä. Lisäksi istutetut kuusentaimet ovat keskimäärin pidempiä kuin kylvötaimet.

TAULUKKO 2. Tutkimuksia kuusen istutuksesta ja kylvöstä. (Helenius, Nygren 2006.)

Viljelymenetelmä	Siemen- ja taimimateriaali *	Viljelytiheys ja siemenmäärä (kpl, g / ha)	Aika viljelystä (v.)	Taimellisia viljelykohtia (%)	Taimien keskipituus (cm)	Lähde
Kylvö	–	2000, 50–100	2	45 **	–	Viikari 1999
	–	–, 200	3–5	58	12	Kinnunen 1996
	–	–	4	–	27	Saksa (julkaisematon)
	–	–	4	67	21	Mattila 2001
	–	–	5	45	24	"
	A2–B3	3600, 150–220	7	52	40	Kinnunen 1995 ***
	B2	2000, 50–160	8	29	35	Kolström 1991
	–	≤ 2500, ≤ 500	9	60	36	Heikinheimo 1941
	–	–	10	–	43	Hagner 1990
	A2–B3	3600, 150–220	10	45 (ka. 50)	60	Kinnunen 2006 ***
Istutus	1,5 v. pk.	2000	2	98 **	33	Viikari 1999
	1 v. pk.	–	3	–	53	Saksa (julkaisematon)
	2 v. pk.	–	3	–	56	"
	3 v. pj.	–	3	–	59	"
	2 v. pj.	1800	7	90	100	Kinnunen 1995 ***
	4 v. pj.	2000	8	91	131	Kolström 1991
	2 v. pj.	2000	8	71	68	"
	2 v. pk.	2000	8	80	86	"
	2 v. pj.	2500	10	86	76	Heikinheimo 1941
	2 v. pj.	1800	10	88 (ka. 86)	170	Kinnunen 2006 ***

2.5. Kuusen istutus

Metsätilastollisten vuosikirjojen mukaan kuusen istutusalueita oli tutkiminani vuosina keskimäärin 42 424 ha vuodessa. Kaikista tutkimieni vuosien uudistamisalueista tämä on 36 prosenttia. Eniten kuusta istutettiin vuonna 2008, jolloin kuusen istutusalueita oli yhteensä 68 124 ha. Vähiten kuusta istutettiin vuonna 1983, jolloin istutusalueita oli yhteensä 22 900 ha. Kuusen istutus on ylivoimaisesti käytetyin metsän uudistamismenetelmä Suomessa. Vuonna 2013 kuusen istutuksen osuus kaikesta metsänuudistamisesta oli hieman yli puolet. (Metsäntutkimuslaitos 2014.) Metsäyhtiöiden ja valtion metsissä kuusen istutuksen määrä on ollut hiljalleen kasvussa. Kuusen istutuksen suosiota selittää sen varmuudella ja nopeudella muihin uudistamismenetelmiin nähden.

Kuusen viljelyssä paras lopputulos saadaan yleensä istutuksella. Paras ajankohta kuusen istutukseen on touko-kesäkuussa. Nykyisillä taimityypeillä istutus on mahdollista myös elo-syyskuussa. Suositeltava istutustiheys on 1800 tainta hehtaarilla. Maanmuokkausmenetelmäksi kuusen istutuksessa suositellaan mätästystä. Kuusi istutetaan paakku- taimena, jossa juurten ympärillä on suojaava turvepaakku. Paakku taimet eivät ole kovin alttiita kuivuudelle ja niitä voidaan istuttaa ajallisesti joustavasti. Istutus on uudistamis-

menetelmistä kallein, mutta myös varmin. Se sopii erityisesti viljaville kasvupaikoille. Istutustaimet hyötyvät nopeasta alkukehityksestään ja pääsevät kilpailussa voitolle pintakasvillisuuden kanssa. Myös taimikon varhaisperkaus ja myöhemmin suoritettava taimikonhoito varmistavat kuusentaimien menestymisen kilpailevaa kasvillisuutta vastaan. On tärkeää huolehtia taimikonhoitovaiheesta siitä, että kuusen taimet eivät jää kilpailussa muun kasvillisuuden alle. Vaikka kuusi sietääkin kohtalaisesti varjostusta, sen kasvu hidastuu varjossa. Varjoon jääneen kuusen sopeutuminen valoisimpiin kasvuolosuhteisiin voi viedä vuosia. Karuilla kasvupaikoilla kasvu on hitaampaa ja istutuksen vaatimaa investointia on vaikea saada kannattavaksi. Kuusta ei suositellakaan kasvatettavaksi karuilla kasvupaikoilla. (Tapio 2015.)

Saksan (2011) mukaan taimien pituus istutettaessa vaikuttaa positiivisesti taimien menestymiseen. Tutkimus osoittaa myös, että keskimäärin maanpinnan tasoa korkeammalle kivennäismaalle istutetut taimet ovat vähemmän alttiita tukkimiehentäin aiheuttamille tuhoille. Toinen merkittävästi taimien menestymiseen vaikuttava tekijä on taimen etäisyys humuskerroksesta. Samassa tutkimuksessa on todettu, että tukkimiehentäi on suurin yksittäisten kuusen taimien kuolleisuutta aiheuttava tekijä. Tukkimiehentäille otollisia vuosia ovat keskimääräistä lämpimämmät ja kuivemmat vuodet.

3 Sekametsän kasvatuksen hyödyt

Tässä kappaleessa on käsitelty sekametsän kasvattamisen hyötyjä verrattuna yhden puulajin metsiin. Alussa on kuvattu lyhyesti sekametsän kasvatuksen periaatteita ja myöhemmin esittelen aiheesta löytyviä tutkimustuloksia.

Sekametsiä voidaan kasvattaa eri puulajiyhdistelmillä riippuen kasvupaikasta ja metsän kasvatuksen tavoitteista. Havusekametsien, joissa puulajeina ovat mänty ja kuusi, kasvatuksen hyötyinä on luonnontuhoriskien kuten hirvituhoriskin ja myrskytuhoriskin väheneminen. Lisäksi mänty tuottaa kuusikon sekapuuna hyvälaatuista tukkia. Havusekametsien kasvatusta voidaan perustella myös monimuotoisuuden lisäämisellä ja maisemallisilla arvoilla. Haasteena havusekametsien kasvatuksella ovat puulajien erilaiset kasvurytmit, kasvupaikkavaatimukset ja uudistamistavat. Lehti-havupuusekametsien kasvatuksen hyötyinä ovat lehtipuiden tuottama karike, joka vähentää maaperän happamuutta. Lehtipuut myös parantavat metsän valo olosuhteita. Rauduskoivu tuottaa sekapuuna kasvaessaan hyvälaatuista vanerikoivua. Haasteina lehti-havupuusekametsien kasvatuksella on puulajien erilaiset kasvurytmit ja valontarve, jotka edellyttävät hyvää metsänhoidollista osaamista taimikonhoidossa ja harvennuksissa. (Tapio 2015.)

Sekasiemenellä uudistetusta alueesta on tarkoitus kehittyä enemmän kuin yhden puulajin metsä. Metsän, jossa ei ole nähtävillä selkeää pääpuulajia, kasvatusta on haasteellista verrattuna yhden puulajin metsiin. Kaikista karumpia kasvupaikkoja lukuun ottamatta metsät kehittyvät luontaisesti sekametsiksi. Sekametsän puulajit reagoivat ilmastoon ja kasvupaikkaan eri tavoin, niiden kasvurytmit ovat erilaiset, kuten myös niiden aiheuttama kilpailu. Puulajien erilainen ravinteidentarve määrittää suurelta osin niiden kyvyn tuottaa biomassaa jollakin tietyllä kasvupaikalla. Lisäksi puulajien valon- ja varjontarve vaikuttaa niiden keskinäiseen kilpailuun. Enemmän valoa tarvitsevat puulajit kasvavat ensimmäisinä elinvuosinaan huomattavasti nopeammin kuin varjopuulajit ja valtaavat metsän latvuserroksen. Näin sekametsään syntyy luonnostaan eri puulajeille kasvun kannalta optimaalinen rakenne. (Vettenranta 2000.) Metsänhoidossa sekapuustoisuutta voidaan edistää suosimalla eri puulajeja metsänhoitotöissä ja hakkuissa. Sekapuustoisuus lisää ennen kaikkea metsän monimuotoisuutta ja maisemallista arvoa sekä vähentää erilaisia metsätuhoriskejä. (Tapio 2015.) Monet taudit ja tuholaiset ovat erikoistuneet yhteen puulajiin, jolloin sekametsän tautien ja tuholaisen kesto on yhden tai kahden puulajin metsää parempi (Juurikkamäki, Reiman, Vääränen 2004). Sekametsän

kasvatus on myös järkevää riistanhoidon näkökulmasta, sillä se tarjoaa riistalle monipuolisempaa ravintoa, suojaa ja asuinsijojia. Puuston kokonaiskasvua sekapuustoisuudella ei voida kuitenkaan oleellisesti lisätä. (Tapio 2015).

Vettenrannan (2000) tekemän tutkimuksen mukaan mäntyjen ympäröimien kuusten läpimitan ja pituuden kehitys on nopeampaa kuin kuusten, joita ympäröivät toiset kuuset. Männyn kasvuun ympäröivän puuston lajilla ei ole suurta merkitystä. Tapion Hyvän metsänhoidon suositusten (2015) mukaan mänty tuottaa kuusikon sekapuuna hyvälaatuisia tukkia, jos puu kasvaa samassa latvuserroksessa kuusten kanssa. Myös lehtipuusekoituksella voi olla sopivissa olosuhteissa puuntuotosta parantava vaikutus. Lehtipuun karikke vaikuttaa myönteisesti metsän terveyteen ja ravinnekiertoon. Tutkimusten mukaan se vähentää maan happamuutta ja nopeuttaa karikkeen maatumista ja ravinnekiertoa pitkällä aikavälillä. Lehtipuut päästävät havupuita enemmän valoa alempiin kasvukerroksiin, joten myös metsikön lämpö- ja valo-olosuhteet paranevat lehtipuusekoituksen myötä. Lisäksi sekametsä tuottaa useita puutavaralajeja, joten puun hintojen heilahtelu markkinoilla ei vaikuta niin voimakkaasti, eli markkinariski pienenee. (Tapio 2015.) Toisaalta ainoastaan yhden puulajin leimikolle saattaa olla enemmän kysyntää puun ostajan näkökulmasta. Monen puulajin leimikoista voi olla vaikeaa saada kaikki korjuusta kertyvät puutavaralajit niitä hyödyntämään pystyville tuotantolaitoksille.

4 Tutkimusaineisto ja menetelmät

4.1. Tutkimuksen kuvaus

Tietoa sekasiemenkylvöistä saatiin mittaamalla 18 kuviota, jotka on uudistettu käyttämällä männyn ja kuusen sekasiemenkylvöä. Kuviot olivat pinta-alaltaan 0,7 hehtaarin ja 10 hehtaarin väliltä. Kuvioista haluttiin mittauksiin mukaan pinta-alaltaan mahdollisimman erikokoisia. Kuviot oli kylvetty vuosien 1988–1994 välillä. Mittaukset suoritettiin syksyllä 2016 Parkanon ja Kihniön kuntien alueella. Mitatut koekuviot sijaitsevat Metsähallituksen mailla ja ne on nimetty Metsähallituksen metsäsuunnittelujärjestelmän mukaisesti. Aineisto on nähtävissä opinnäytetyön liitteissä.

Metsänkasvatuksen simuloinnissa käytettiin Luonnonvarakeskuksen Motti-metsänkasvatussimulaattoria. Motti -simulaattorilla saatiin tietoa kuvioiden metsänhoitosuosituksen mukaisista kasvatuksista ja niiden kannattavuudesta verrattuna samanlaiselle kasvupaikalle istutetun kuusimetsän tai pelkän männyn kylvöön. (LUKE 2015.)



KUVA 2. Tutkimusalueiden sijainti. (Maanmittauslaitos 2014.)

4.2. Tutkimusaineiston keruu

Sopivat konekylvöalueet etsittiin käsin Metsähallituksen paperiarkistoista, jotka Palonen oli säilyttänyt. Paperiarkistoissa oli raportteja ja karttoja kuvioiden metsänuudistamisista ja maanmuokkauksista. Lisäksi joiltakin kuvioilta löytyi tietoa taimikontarkastuksista. Tämän jälkeen tarkistettiin Metsähallituksen tietojärjestelmistä, löytyykö alue sieltä ja mitä tietoja siitä on saatavilla. Sopivat koekuviot valittiin sijainnin, pinta-alan, kylvövuoden ja kylvössä käytetyn siemenmäärän mukaan.

Tutkimukseen kuuluva puusto mitattiin syksyn 2016 aikana. Mittaukset ajoittuivat syysloka- ja marraskuulle, joka oli otollista aikaa maastotyöhön, sillä hirvikärpäset eivät häirinneet, eikä luntakaan ollut vielä maassa. Mittaukset suoritettiin ympyräkoeloilta, joiden säde oli 5,64 metriä eli pinta-alaltaan ne olivat yhden aarin suuruisia. Koeloilta mitattiin puuston määrä, läpimitta ja pituus puulajeittain. Mittaukseen otettiin mukaan myös selvästi kylvön jälkeen alueelle luontaisesti syntyneet taimet. Koalojen määrä riippui uudistusalan koosta: alle 2 hehtaarin kuvioille tuli 2 koalaa, 2-4 hehtaarin kuvioille 3 koalaa ja yli 4 hehtaarin kuvioille 4 koalaa. Mitattavia kuvioita oli yhteensä 18.



KUVA 3. Esimerkkikuvio 403 59 ja siellä olevat koalat.

Apuvälineenä käytettiin 5,64 metrin onkivapaa sekä hypsometria puun pituuden mittaamiseen ja talmeteria puun läpimitan mittaamiseen. Puun läpimitta mitattiin 1,3 metrin korkeudelta 0,5 senttimetrin tarkkuudella ja pituus 15 metrin päästä mitattavasta

puusta hypsometrilla 0,5 metrin tarkkuudella. Koealoilla olevan puuston suuren määrän vuoksi, pituus mitattiin vain jokaisen koealan koepuista. Koepuiksi valittiin jokaisesta koealan puulajista läpimitaltaan pienin, keskimmäinen ja suurin puu. Tämä kuitenkin vääristi kuvion puuston keskipituusjakaumaa, sillä muutoin yhden puulajin osalta melko järeäpuustoisella koealalla olevat pienikasvuiset puulajit saavat suuren merkityksen laskehtaessa koko kuvion keskipituutta. Koealoille suunnistamisen apuna käytettiin puhelimelle saatavaa B-bark -nimistä karttasovellusta. (B-bark. Belectro Ltd.) Karttasovellukseen merkittiin koealat ennen niille menemistä. Sovelluksen avulla pystyttiin määrittämään myös koealojen koordinaatit.

Jokainen koeala merkittiin karttaan ja lisäksi koealojen keskipiste merkittiin maastoon punaisella kuitunauhalla. Lisäksi koealan keskipisteen koordinaatit on merkitty ylös. Koealojen paikat valittiin satunnaisesti kartalta jo ennen mittaispaikalle menemistä B-bark -karttasovelluksen avulla. Koealojen valinnassa pyrittiin valitsemaan koealat mahdollisimman edustavasti eri osista kuviota niin, että kuvion eri osista tulisi mittaustietoa. Aineistoksi saatiin jokaiselta koealalta puulajikohtainen runkoluku-, läpimitta- ja pituus jakauma. Koealojen tuloksista laskettiin jokaiselle kuviolle puulajikohtainen pituus- ja läpimittakeskiarvo, joita käytettiin opinnäytetyön simuloinneissa ja laskelmissa.

4.3. Tutkimusaineiston käsittely

Maastossa mitattu tieto kirjattiin käsin lomakkeelle ja myöhemmin tietokoneelle Excel -ohjelmistoon. Lisäksi alueiden kartat, ilmakuvat ja koealojen sijainnit lisättiin Excel -ohjelmistoon. Aineiston käsittely ja vertailu tapahtuivat osittain Excel-ohjelmiston avulla ja osittain Luonnonvarakeskuksen Motti -metsänkasvatussimulaattorin avulla.

Motti on alun perin Metsäntutkimuslaitoksen kehittämä ja nykyään Luonnonvarakeskuksen ylläpitämä metsiköiden kasvatuksen tarkasteluun kehitetty laskentaohjelmisto ja päätöksenteon sekä neuvontatyön apuväline. Sen antamat laskelmat perustuvat kasvumalleilla tuotettuihin ennusteisiin. Laskennassa käytetyt kasvumallit perustuvat laajoihin maastomittausaineistoihin ja pitkään seurattuihin metsien käsittelykokeisiin. Mallit on pyritty laatimaan mahdollisimman kattaviksi maantieteellisen alueen, kasvupaikan, metsänhoitotoimenpiteiden vaikutusten ja puulajien suhteen. (LUKE 2016).

Koska kyseessä on simuloiva ohjelmisto, liittyy sen antamiin ennusteisiin aina epävarmuustekijöitä. Malleilla tuotetut ennusteet ovat aina keskiarvoistavia. Todellisissa metsiköissä olosuhteiden ja puuston kehityksen vaihtelu on aina suurempaa kuin mallien antamissa ennusteissa. Lisäksi mitä enemmän kasvatusketjun toimenpiteet poikkeavat nykyisin vallalla olevasta metsänhoidosta, sitä epävarmempia mallien antamat tulokset ovat, sillä Motti -ohjelmiston simuloinnit perustuvat olemassa olevaan tutkimustietoon. (LUKE 2016.)

Motti -ohjelma ei myöskään ota huomioon erilaisia metsänkasvatukseen liittyviä riskejä. Ne voivat olla luontaisia tai ihmisen toiminnasta johtuvia biologisia riskejä tai taloudelliseen toimintaympäristöön liittyviä riskejä. Puuston kehitykseen liittyvistä epävarmuustekijöistä tärkeimpiä ovat puustotuhot. Motti -ohjelmistolla tehtävissä laskelmissa on oletuksena, että yllättäviä ja voimakkaita tuhoja ei kasvatuksen aikana esiinny. Todellisuudessa riski tuhojen esiintymiselle on aina olemassa. Tauteja ja lieviä tuhoja esiintyy jokaisessa metsikössä jonkun verran. (LUKE 2016).

Metsänkasvatuksen kannattavuus riippuu ratkaisevasti puun hinnoista, metsänkasvatuksen kustannuksista sekä laskentakorkokannasta. Näihin liittyy epävarmuutta, jonka vaikutukset voivat olla biologisia riskejä suurempia. Esimerkiksi eri puutavaralajien hintojen ja metsänhoidon kustannusten muutoksia on hyvin vaikea ennustaa luotettavasti. Käytännössä on melkein mahdotonta ennustaa, kuinka paljon 80 vuoden kuluttua maksetaan päätehakkuuleimikosta. Hinnat ja kustannukset voivat vaihdella myös alueellisesti, mikä voi vaikuttaa paljonkin eri kasvatusvaihtoehtojen keskinäiseen kannattavuuteen. Korkokannan käyttäjä voi valita ohjelmistossa itse 1-6 prosentin väliltä. Hakkuutulot lasketaan kantohinnoin, joten laskelmiin ei sisälly harvennus- tai päätehakkuukustannuksia. Muut metsänkasvatuskustannukset voidaan ohjelmistolle antaa. Todellisuudessa erityisen korkeat korjuukustannukset heijastuvat myös kantohintoihin. (LUKE 2016).

4.4. Tutkimusaineiston esittely

Valitut kuviot on jaettu kahteen ryhmään niiden kylvövuoden perusteella, mikä helpottaa niiden tarkastelua ja esittelyä. A-ryhmässä on vuosina 1988–1992 ja B-ryhmässä vuosina 1993–1994 kylvetyt kuviot. Koealoiksi pyrittiin valikoimaan pinta-alaltaan erikokoisia koealoja reunametsän siementämisen vaikutuksen vuoksi. Lisäksi koealueiksi

haluttiin nimenomaan tuoreita kankaita. Koealojen puuston kehitysluokkaa vastaa osassa kuvioista varttunut taimikko eli T2 ja osassa nuori kasvatusmetsikkö eli O2. Suuri osa koekuvioista kuuluu läpimittansa puolesta O2-luokkaan, mutta ovat pituudeltaan luokkaa T2. Taulukko valituista kuvioista on nähtävissä liitteissä. Koekuviot on nimetty Metsähallituksen järjestelmän mukaisesti kaksiosaisella numerosarjalla. Tässä ja myöhemmissä kappaleissa ne on kuitenkin nimetty juoksevalla numerosarjalla taimikoiksi. Kaikki koekuviot sijaitsevat Parkanon tai Kihniön kunnissa. Opinnäytetyössä esitellään ja käytetään vain mittauksilla saatuja kuvioiden keskiarvotietoja.

4.4.1 A-ryhmä 1988–1992

A-ryhmään kuuluu 8 kuviota, jotka on kylvetty vuosien 1988–1992 aikana. Kuviot ovat kuvattu alla olevassa taulukossa 4 ja esitely tarkemmin liitteissä. Alla olevassa taulukossa esitetään pinta-ala hehtaareina, runkoluku puuna hehtaarilla, keskipituus metreinä ja keskiläpimitta senttimetreinä.

TAULUKKO 3. Mitatut kuviot ja niiden tiedot. A-Ryhmä.

Taimikko	Kylvövuosi	Pinta-ala	Runkoluku m	Runkoluku ku	Runkoluku ko	Yht.	Keskipituus mä	Keskipituus ku	Keski lpm m	Keski lpm ku	Tilavuus
1	1988	10,0	800	500	500	1800	9	6	12	8	74
2	1990	0,7	900	600	300	1800	6	6	10	7,5	47
3	1990	1,8	1200	800	100	2100	8	6	11	7	73
4	1990	7,0	1500	300	0	1800	7	6	10	6,5	59
5	1992	4,4	1200	800	300	2300	8	5	11	6,5	72
6	1992	6,0	1200	100	300	1600	7,5	7	13	12	73
7	1992	3,0	800	400	800	2000	7	6	12	8	43
8	1992	4,0	600	300	900	1800	6	4	10	5	22
Keskimäärin		4,6	1025	475	400	1900	7	6	11	7,5	58

A-ryhmään kuuluvilla kuviolla puusto on odotetusti hieman järeämpää kuin B-ryhmään kuuluvilla kuviolla, kun tarkastellaan kuvioiden puuston keskipituutta ja keskiläpimittaa. Keskipituuden ja keskiläpimitan hienoinen ero johtuu aikaisemmasta kylvövuodesta. Pinta-alaltaan A-ryhmään kuuluvat kuviot ovat hyvinkin erilaisia. Ääripäinä ovat taimikko 1, joka on pinta-alaltaan 10 hehtaaria ja taimikko 2, joka on pinta-alaltaan 0,7 hehtaaria.

Myös puulajisuhteissa löytyy suurta eroa kuvioiden välillä. Osalla kuvioista kylvö on onnistunut hyvin ja niillä on hyvässä suhteessa sekoitus mäntyä ja kuusta sekä koivun osuus kuviolla on vähäinen. Hyvänä esimerkkinä tästä on taimikko 3. Kuvioilla 7 ja 8

kylvö sen sijaan on epäonnistunut, minkä seurauksena kuusen ja männyn hehtaarikoh-
tainen runkoluku on jäänyt pieneksi. Näillä kuvioilla taimikonhoidossa on jätetty
enemmän koivua kasvamaan ja paikkaamaan epäonnistunutta kylvöä, mikä näkyy tau-
lukossa kuvioiden suurena koivun runkolukuna. Myös kuvioiden puuston tilavuudessa
on melko suuria eroja. Tilavuserot selittyvät suurella koivun määrällä kuvioilla, joilla
tilavuus on pieni.

4.4.2 B-ryhmä 1993–1994

B-ryhmään kuuluu 10 kuviota, jotka on kylvetty vuosien 1993 ja 1994 aikana. Kuviot
on kuvattu alla olevassa taulukossa 5 ja esitelty tarkemmin liitteissä. Alla olevassa tau-
lukossa esitetään pinta-ala hehtaareina, runkoluku puina hehtaarilla, keskipituus metrei-
nä ja keskiläpimitta senttimetreinä.

TAULUKKO 4. Mitatut kuviot ja niiden tiedot. B-ryhmä.

Taimikko	Kylvövuosi	Pinta-ala	Runkoluku m	Runkoluku ku	Runkoluku ko	Yht.	Keskipituus m	Keskipituus ku	Keski lpm m	Keski lpm ku	Tilavuus
9	1993	5,3	700	1200	300	2200	8	6	14	8	80
10	1993	1,2	1500	600	0	2100	8,5	3	13	6	97
11	1994	4,7	900	700	200	1800	6	3	8	5	20
12	1993	0,8	2000	400	0	2400	7	6	9	7	73
13	1994	3	1100	900	200	2200	5	5	7	6	28
14	1994	1,2	1100	400	0	1500	4	5	6	7	30
15	1993	1,3	1800	1100	100	3000	7	5	9	6	65
16	1993	1,7	1700	200	0	1900	7,5	6	9	8	62
17	1993	2,6	1700	400	0	2100	8	5	9	6	66
18	1994	2,7	1400	200	0	1600	7	6	12	7	70
Keskimäärin		2,5	1390	610	80	2080	7	5	10	7	59

B-ryhmään kuuluvilla kuviolla puusto ei ole niin järeää, kuin A-ryhmän kuvioilla, mikä
johtuu myöhemmästä kylvövuodesta. Pinta-alaltaan B-ryhmään kuuluvat kuviot ovat
kohtalaisen homogeenisiä: suurin osa kuvioista sijoittuu pinta-alahaarukkaan 0,8-3 heh-
taaria. Poikkeuksena ovat hieman suuremmat taimikot 9 ja 11. Kuvioiden välisissä puu-
lajisuhteissa löytyy eroa, mutta männyn osuus hehtaarikohtaisesta runkoluvusta on kai-
killa kuviolla melko suuri. Myös kuusenkylvöt ovat B-ryhmässä onnistuneet keskimää-
räisesti paremmin kuin A-ryhmässä, sillä B-ryhmässä kuusella on suurempi keskirunko-

lukuhehtaarilla kuin A-ryhmässä. Myöskään koivuvaltaisia kuvioita ei ole B-ryhmässä. Toisaalta myös kaikista mitatuista kuvioista pienin hehtaarikohtainen runkoluku on taimikolla 14, joka kuuluu B-ryhmään. Myös tässä ryhmässä on kuvioiden välillä melko suurta eroa puuston tilavuudessa. Taimikot 11, 13 ja 14 ovat puuston tilavuudelta melko pieniä verrattuna muihin ryhmän taimikoihin. Näillä taimikoilla puusto on jostakin syystä jäänyt lyhyemmäksi ja heikkokasvuiseksi kuin muilla ryhmän taimikoilla. Taimikolla 14 on myös melko pieni kokonaisrunkoluku hehtaarilla, kuten aikaisemmin huomattiin.

4.5. Kylvöjen onnistuminen mitatuilla kuvioilla

Tässä kappaleessa tarkastellaan kylvöjen onnistumista ja pohditaan syitä niiden onnistumiseen ja epäonnistumiseen. Kylvön onnistumisella on ratkaiseva rooli tutkimieni kuvioiden metsänkasvatuksen kannattavuuden kannalta, sillä se määrää pitkälti millainen metsä uudistamisen jälkeen kehittyy ja kuinka kannattavaa sitä on kasvattaa.

Mittaamillani kuvioilla kylvöistä kuluneen pitkän ajan vuoksi niiden täsmällistä onnistumista on vaikea tutkia. Osa kylvetystä kuvioista voi olla täydennysviljeltyjä. Metsähallituksen järjestelmistä tätä tietoa ei kuitenkaan löytynyt, kylvöistä kuluneen pitkän ajan vuoksi. Lisäksi kylvetyillä kuvioilla on jo tehty taimikonhoidot, mikä vaikeuttaa kylvöjen onnistumisen arviointia entisestään. Muutamalla kuviolla kylvö oli epäonnistunut ja niille oli taimikonhoidossa jätetty enemmän koivua kasvamaan, mikä näkyy kuvioiden puulajisuhteista.

Muuttujia ja syitä tutkimieni kuvioiden puustorakenteen heterogeenisyyteen on monia ja on vaikea sanoa mikä tai mitkä niistä ovat merkittäviä. Teoriassa kaikilla kylvetyillä kuvioilla pitäisi olla puustorakenteeltaan kohtalaisen tasarakenteinen sekametsä riippuen sinne kylvetystä siemenmäärästä ja kylvövuodesta. Mittauksien mukaan näin ei kuitenkaan ole. Männyn runkoluku on miltei jokaisella kuviolla suurempi kuin kuusen. Tämä saattaa johtua kappaleessa 2.4 esitellyistä kuusen kylvön haasteista. Lisäksi puuston järeydessä ja pituudessa on eroja samana vuonna kylvetyillä kuvioilla. Tähän saattaa olla monia vaikuttavia tekijöitä. Uudistamisessa käytetty siemenmäärä, kylvön onnistuminen, kylvöajankohtana vallinneet sääolosuhteet ja kuvion pinta-ala, joka vaikuttaa reunametsän siemennysmäärään. Myös taimikonhoidossa tehdyt toimenpiteet ja tuho-

laiset kuten hirvi voivat joillakin kuvioilla vaikuttaa puustoon. Yksittäisten puiden kasvuun vaihtelua aiheuttavat perimä, kilpailu ja ilmastolliset vaihtelut. (Vettenranta 2000.)

TAULUKKO 5. Kaikki mitatut kuviot ja niiden tiedot.

Taimikko	Kylvövuosi	Pinta-ala	Siemenmäärä	Runkoluku mä	Runkoluku ku	Runkoluku ko	Yht.	Keskipituus mä	Keskipituus ku	Keski lpm mä	Keski lpm ku	Tilavuus
1	1988	10	500	800	500	500	1800	9	6	12	8	73
2	1990	0,7	300	900	600	300	1800	6	6	10	7,5	47
3	1990	1,8	300	1200	800	100	2100	8	6	11	7	73
4	1990	7	300	1500	300	0	1800	7	6	10	6,5	59
5	1992	4,4	450	1200	800	300	2300	8	5	11	6,5	72
6	1992	6	450	1200	100	300	1600	7,5	7	13	12	74
7	1992	3	450	800	400	800	2000	7	6	12	8	43
8	1992	4	450	600	300	900	1800	6	4	10	5	22
9	1993	5,3	500	700	1200	300	2200	8	6	14	8	80
10	1993	1,2	500	1500	600	0	2100	8,5	3	13	6	95
11	1994	4,7	500	900	700	200	1800	6	3	8	5	26
12	1993	0,8	300	2000	400	0	2400	7	6	9	7	73
13	1994	3	500	1100	900	200	2200	5	5	7	6	28
14	1994	1,2	500	1100	400	0	1500	4	5	6	7	28
15	1993	1,3	500	1800	1100	100	3000	7	5	9	6	65
16	1993	1,7	500	1700	200	0	1900	7,5	6	9	8	61
17	1993	2,6	200	1700	400	0	2100	8	5	9	6	66
18	1994	2,7	500	1400	200	0	1600	7	6	12	7	70
Keskimäärin		3	428	1228	550	222	2000	7	5	10	7	59

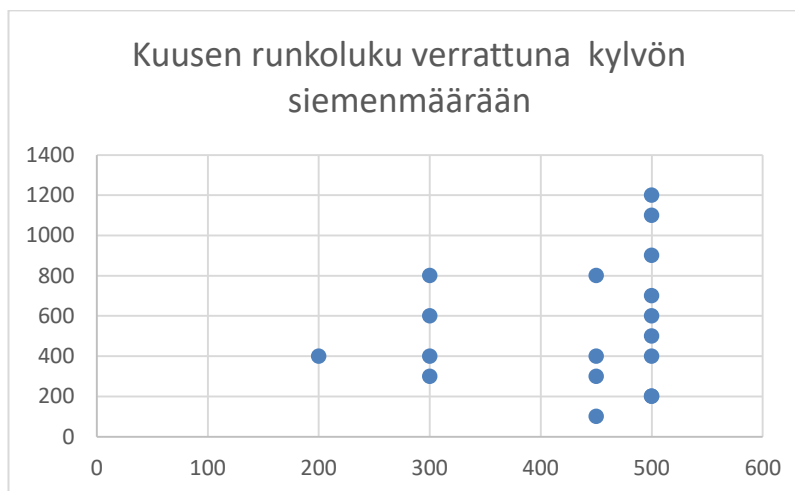
Taulukossa on tilastoitu tietoja mittaamiltani kuvioilta. Taulukossa on kuvion kylvövuosi, pinta-ala, kylvössä käytetty siemenmäärä grammoina hehtaarilla, puulajikohtainen runkoluku hehtaarilla ja yhteisrunkoluku sekä puustotiedot havupuista eli pituus metreinä ja läpimitta sentteinä. Lisäksi taulukossa on kuvion puustontilavuus kuutiometreinä mittaushetkellä. Tilavuus on saatu Motti -ohjelmistosta.

Taulukosta 5 voidaan etsiä yhtäläisyyksiä ja eroja kuvioiden välillä. On nähtävissä, että kuvion kylvövuodella ei ole suurta merkitystä kuvion puuston kokonaistilavuuteen.



Kuvio 1. Y-akselilla kaikkien kuvioiden kuusen ja männyn keskipituudet. X-akselilla ikä.

Kuviosta 1 on nähtävissä, että kylvövuodella on sen sijaan vaikutusta puuston pituuteen odotetusti. Kuviolla jossa on vanhin puusto, se on keskimäärin myös pidempää. Taulukossa 5 näkyy myös, että kuvioille, joissa kylvötulos on ollut heikompi ja männyn ja kuusen runkoluvut ovat pienempiä, on taimikonhoidossa jätetty enemmän koivua kasvamaan. Tästä esimerkkeinä ovat kuviot 8 ja 7.



Kuvio 2. Y-akselilla kuusen mitattu runkoluku kuvioilla. X-akselilla kylvöissä käytetty männyn ja kuusen siemenmäärä.

Käytetyn siemenmäärän vaikutusta syntyneeseen runkolukuun on mahdotonta tarkastella tarkasti, sillä runkolukuun on vaikutettu kuvioilla tehdyissä taimikonhoidoissa. Taimikonhoidossa myös huonolaatuiset kuusen ja männyn taimet on poistettu koivun lisäksi. Vaikka kuvioilla onkin jo tehty taimikonhoidot, oletettavasta kuusta ei ole taimikonhoidoissa poistettu kuitenkaan niin paljon kuin mäntyä. Kuviossa 2 vertaillaankin kuusen runkolukua ja kylvössä käytettyä siemenmäärää. Kylvössä käytetyllä siemenmääräl-

lä näyttäisi olevan jonkin verran vaikutusta kuvioille syntyneeseen puuston määrään. Kuviosta 2 on nähtävissä että, keskimäärin mitä enemmän siementä on kylvössä käytetty, sen enemmän kuusta on kuviolle syntynyt.

Myös kuvion koolla on ollut merkitystä kylvöjen onnistumiseen reunametsän siemennyksen johdosta. Mitä pienempi kuvio on, sitä suurempi vaikutus reunametsän siemennyksellä on syntyvien taimien määrään. Toisaalta mitä pienempi kuvio on, sen huommat kasvuolosuhteet siellä on männylle, mikäli reunametsät ovat varttunutta puustoa. Kuvion nykypuustosta on kuitenkin vaikea päätellä, onko se syntynyt kylvössä vai reunametsän siemennyksen johdosta, lisäksi kaikilla kuvioilla on tehty taimikonhoito, mikä tekee myös reunametsänsiemennyksen tarkastelun mahdottomaksi. Kuvion koko vaikuttaa myös itse kylvötoimenpiteen kanttaavuuteen. Mitä suurempi kylvettävä kuvio on, sitä vähemmän kylvökoneita täytyy ketjuttaa ja siirrellä, mikä lisää kylvötoimenpiteen kannattavuutta.

5 Simuloinnit ja laskelmat

Kaikilla mittaamillani kuvioilla pääpuulajina on mänty, joten simulointien harvennukset on tehty Motti -ohjelmistossa olevan männyn harvennusmallien mukaisesti. Koska mitatuilla kuvioilla on melko paljon eroa puustossa, pinta-aloissa ja järeydessä, tulokset ovat erilaisia. Vertailukohdaksi simuloin kuusen taimien istutuksen tuoreelle kankaalle tiheyteen 1800 taimia hehtaarille ja männyn kylvön samanlaiselle kasvupaikalle tiheyteen 4500 tainta hehtaarille. Lisäksi tein samanlaiset simulaatiot kuivahkon kankaan kasvupaikalle. Männyn kylvössä VT -kasvupaikalle tein kaksi eri simulaatiota. Toisen tein ilman jalostushyötyä ja toisen jalostushyödyn kanssa. Nämä simuloinnit eivät perustunut omiin mittaustietoihini vaan METLA:n suurten aineistojen keskiarvotietoon, jota Motti -mallit edustavat. Olen käyttänyt kaikkiin kannattavuuslaskelmiini kolmen prosentin korkokantaa, joka on yleisesti hyväksytty korkotaso metsätaloudessa. Näillä vertailukohdilla voidaan verrata sekasiemenkylvön tuottavuutta ja kannattavuutta perinteisiin metsänuudistusvaihtoehtoihin.

Kaikissa simuloinneissa käytettiin kasvatuskuntana Parkanoa, jonka lämpösummatietojen mukaan kasvatukset simuloitiin. Kasvupaikkana käytettiin tuoretta kangasta, paitsi muutamassa vertailusimulaatiossa. Kaikki simulaatiot paitsi kuusen istutus VT -kasvupaikalle on tehty Tapion hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti kahdella harvennuksella ja päätehakkuulla, joka tehdään, kun puuston keskiläpimitta on välillä 24–28 senttimetriä. Kuusen istutuksessa VT -kasvupaikalle metsän kasvu oli niin heikkoa, että toista harvennusta ei kannattanut tehdä 90 vuoden kiertoajassa.

On mahdollista, että jollakin muulla kasvatusmallilla voidaan saada optimoitua jonkin mitatun kuvion puuntuotos ja sitä kautta myös lisätä kannattavuutta, mutta suuren simuloitavan kuviomäärän tähden en ryhtynyt tutkimaan niitä tässä opinnäytetyössä. Lisäksi Metsähallitus noudattaa pääosin Tapion Hyvän metsänhoidon suosituksia metsänhoidossaan.

5.1. Diskonttauslaskelmat

Motti -simulaattori ei ota huomioon menneisyydessä tapahtuneita kustannuksia simuloitaessa vakiintuneen metsikön kasvatusta, jota käytin simuloidessani mittaamani kuvioiden kasvatukset. Simulaattori antaa siis nettonykyarvoksi lukuja, joihin ei ole laskettu

uudistamisen tai taimikonhoidon kustannuksia. Nämä kustannukset voidaan kuitenkin ottaa laskennallisesti huomioon oikeaa nettonykyarvoa laskettaessa, mikäli kustannusten suuruus ja ajankohta tiedetään. Nettonykyarvoa laskettaessa on käytetty Mottisimulaattorin antamia hintoja metsänhoitotoimenpiteille vertailusimuloinneissa. Nämä kustannukset olivat: kylvö 600 €/ha, taimikonhoito 300 €/ha ja taimikon perkaus 250 €/ha. Simuloidessani mittaamieni kuvioiden kasvatuksia, käytin kylvönkustannuksena 700 €/ha, sillä kylvöissä käytetty siemenmäärä oli keskimäärin 450 g/ha, kun se normaalissa kylvössä on 300 g/ha. Näistä kustannuksista taimikonhoidon ja taimikonperkauksen kustannukset on diskontattava vastaamaan investointihetkeä ja sitten vähennettävä simuloidusta hehtaarikohtaisesta nettonykyarvosta, jolloin saadaan realistinen metsän hehtaari tuotto. Taimikonperkauksien ajankohdasta ei löytynyt tietoa kaikilta kuvioilta Metsähallituksen järjestelmistä. Oletin, että kaikille kuvioille on tehty taimikonperkaus 5 vuoden kulutta kylvöstä, jota käytin taimikonperkauksen ajankohtana diskonttauslaskelmissani. Taimikonharvennuksista sen sijaan löytyi tarkka tieto Metsähallituksen järjestelmistä.

Simulaattorin antamat hakkuutulot ja taimikonhoidon- ja perkauksen kustannukset metsikön perustamishetkeen diskontataan kaavalla:

$$V_0 = \frac{V_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t}$$

Kaavassa V_0 on laskettava kylvöhetken nykyarvo. V_t on Motti -simulaattorin antama hakkuutulo tai -kustannus, jota diskontataan. r on käytettävä korkokanta, tässä tapauksessa 3. t on toimenpiteestä kuluneet vuodet.

5.2. Kasvatussimuloinnit mitatuille kuviolle

Taulukossa 9 on esitetty mittaamieni kuvioiden simulointien tuloksia. Tarkemmat tiedot simuloinneista löytyvät opinnäytetyön liitteissä. Taulukosta on nähtävillä kuviokohtainen poistuma, jossa on mukana simuloidut harvennukset ja päätehakkuu. Lisäksi taulukossa esitetään puuntuotos eroteltuna sahatukkiin ja kuitupuuhun. Sahatukin ja kuitupuun jakautuminen puulajeittain käsitellään kappaleessa 6.1. Taulukossa on nähtävillä myös hukkapuun osuus, luonnonpoistuma, kiertoaika vuosina ja nettotulojennykyarvo kolmen prosentin korkokannalla. Taulukossa 9 poistuma, tuotokset, hukkapuu ja luonnonpoistuma on esitetty yksikössä kuutiometriä hehtaarilta ja nettonykyarvo kolmen prosentin korkokannalla euroina.

TAULUKKO 6. Mitattujen kuvioiden kasvatussimulaatioiden tuloksia. Yksikkönä m³/ha. Kiertoaika on vuosina ja nettonykyarvo €/ha.

Taimikko	Poistuma	Puuntuotos	Sahatukkia	Kuitupuuta	Hukkapuu	Luonnonpoistuma	Kiertoaika	NNA 3%kk
1	370	362	220	142	8,1	12,8	77	694
2	350	343	210	133	8	3,4	74	702
3	354	347	195	152	9,8	3,1	70	864
4	352	345	197	148	7,6	1,6	73	727
5	368	358	200	158	10,1	4,8	70	1090
6	348	344	223	121	4,3	2,7	76	781
7	360	361	234	127	8,9	8,8	77	672
8	351	342	207	135	6,5	9	79	455
9	343	331	187	144	12,4	4,6	65	1079
10	372	362	197	165	10	3,9	68	1130
11	378	370	235	135	8,1	4,1	80	592
12	348	336	166	170	12	1,7	65	927
13	366	355	218	137	10,2	5,3	73	817
14	375	371	239	132	4,7	1,5	81	536
15	390	374	201	172	15,7	5,2	70	946
16	364	356	188	168	7,9	1,3	70	822
17	371	362	194	168	9,7	1,8	69	930
18	352	346	203	143	5,8	1,1	72	838
Keskiarvo	362	354	206	147	9	4	73	811

Simulointien nettonykyarvoissa oli melko paljon vaihtelua. Nettonykyarvo oli simuloinneissa välillä 400–1200 €/ha. Parhaan nettonykyarvon simuloinneissa saavat taimikot 5, 9 ja 10. Näillä kuviolla lähtöpuusto on ollut järeää ja sitä on ollut noin 2000 runkoa hehtaarilla. Lähtöpuustona oli myös kohtalaisen tasainen sekoitus kuusta ja mäntyä, Näillä kohteilla kylvö on onnistunut. Lisäksi taimikot on hyvin hoidettu niillä olevasta pienestä koivun runkoluvusta päätellen. Huonoimman nettonykyarvon antaa taimikko 8. Kuviolla, jossa taimikko 8 sijaitti, kylvö oli selkeästi epäonnistunut, kuten huomattiin luvussa 4.4.1. Kylvön onnistumisella on siis suuri merkitys kasvatuksen kannattavuuteen. Keskiarvo taimikoiden nettonykyarvosta oli 811 €/ha.

Puuntuotos vaihtelee kuvioiden simulointien välillä erittäin vähän välillä 330–380 m³/ha. Parhaan puuntuotoksen antavat taimikot 14 ja 15. Taimikolla 14 oli pisin simuloinneissa käytetty kiertoaika ja taimikolla 15 oli lähtötilanteessa kaikista taimikoista suurin yhteisrunkoluku hehtaarilla. Huonoimman puuntuotoksen antaa taimikko 9. Keskimääräinen kokonaispuuntuotos kuviolla oli 354 m³/ha. Kuvioiden kiertoajoissa oli jonkin verran eroa. Lyhyimmät kiertoajat olivat taimikoilla 9 ja 12. Kiertoaika näiden taimikoiden simuloinneissa oli 65 vuotta. Pisin kiertoaika 81 vuotta oli taimikolla 14. Keskimääräinen kiertoaika simuloinneissa oli 73 vuotta.

TAULUKKO 7. Mitattujen kuvioiden kasvatussimulaatioiden puuntuotokset. Yksikkönä m³/ha.

Taimikko	Tuotos sahatukki	Sahatukki mä	Sahatukki ku	Kuitupuu tuotos	Kuitupuu mä	Kuitupuu ku	Kuitupuu ko
1	220	123	97	142	88	37	18
2	210	92	118	133	74	44	15
3	195	126	68	152	126	44	1
4	197	152	45	148	128	19	0
5	200	131	69	158	113	44	1
6	223	182	42	121	114	7	0
7	234	126	97	127	77	28	22
8	207	119	90	135	70	22	43
9	187	90	97	144	71	68	5
10	197	154	43	165	142	23	0
11	235	121	114	135	83	45	8
12	166	122	44	170	148	22	0
13	218	69	150	137	79	56	2
14	239	115	125	132	106	26	0
15	201	128	46	172	126	46	1
16	188	152	36	168	155	13	0
17	194	148	46	168	144	24	0
18	203	180	23	143	130	13	0
Keskiarvo	206	129	75	147	110	32	6

Sahatukin tuotoksen vaihtelu simuloinneissa oli välillä 160–240 m³/ha. Suurin sahatukintuotos oli taimikolla 14 ja pienin taimikolla 12. Keskimäärin sahatukkia syntyi 206 m³/ha. Mäntytukin simuloitu kuviokohtainen tuotos oli suuremmalla osalla kuvioilla suurempi kuin kuusitukin tuotos. Kuusen siemeniä ei toisaalta ole jalostettu ja niistä syntyvät puut ovat keskimäärin huonompilaatuisia ja heikkokasvuisempia kuin jalostetuista männyn siemenistä syntyneet puut. Tämä voi vaikuttaa simuloinneissa saatavaan kuusen tukkipuun määrään. Todennäköisesti simuloinneissa käytetty kohtalaisen lyhyt kiertoaika ja kuusen hidas kehitys ovat kuitenkin pääsyyinä kuusen pieneen tukkipuun määrään. Yksi mahdollisuus on, että simuloinneissa valittu männyn kasvatusmalli suosii mäntytukin kertymistä kuusitukin kustannuksella.

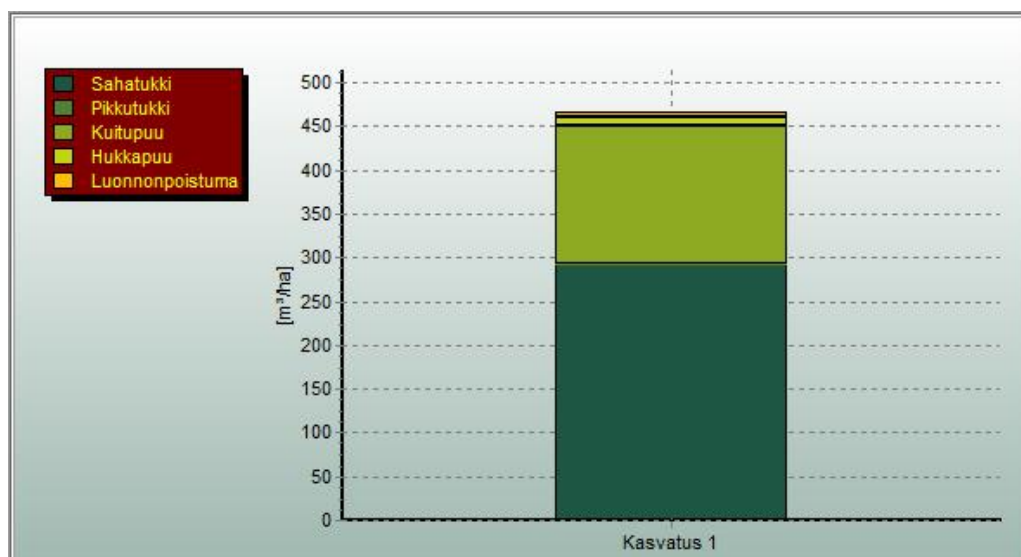
Simuloinneissa kuvioiden hehtaariohtainen kuitupuun tuotos oli hyvin samansuuruista, eikä valtavia eroja kuvioiden välillä ollut havaittavissa. Kuitupuunmäärä vaihteli pääosin välillä 130–170 m³/ha. Keskimäärin kuitupuuta kuvioilta syntyi 147 m³/ha. Simuloinneissa syntyvä männyn kuitupuun tuotos oli myös jokaisella taimikolla suurempi kuin kuusikuidun. Tämä johtuu todennäköisesti edellä mainituista männynsiemenen jalostushyödyistä tai Motti-simulaattorin männyn kasvatusmallista. Koivukuidun osuus sen sijaan kasvoi, mikäli kuviolla kylvö oli epäonnistunut ja sen seurauksena kuvion havupuusto on harvaa. Harvan havupuuston seurauksena taimikonhoidossa koivupuuta

on jätetty enemmän kasvatukseen, jonka Motti -ohjelmisto huomio simuloinneissaan ja se vaikuttaa kuvioiden koivukuidun tuotokseen.

5.3. Kuusen istutus MT -kasvupaikalle (vertailu)

Tämä simulaatio tehtiin vertailukohtaksi mitattujen koealojen simuloinneille. Kasvukunnaksi valittiin Parkano ja kasvupaikaksi tuore kivennäismaa. Istutustiheydeksi valittiin 1800 tainta hehtaarille ja maanmuokkausmenetelmäksi laikkumätätys.

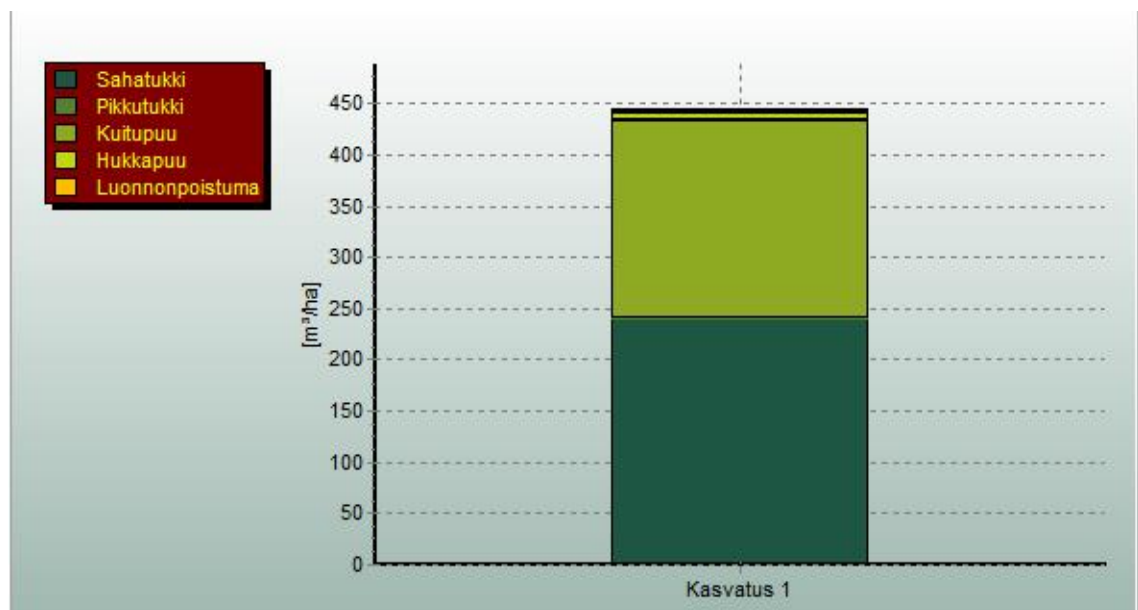
Simulointi tehtiin Tapion Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan. Metsikköön tehtiin simuloinnissa 6 vuoden ikäisenä taimikon varhaisperkaus. Taimikonharvennus tehtiin 11 vuoden iässä. Ensiharvennus tehtiin 38 vuoden iässä tilavuudesta 165 m³/ha tilavuuteen 109 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 51 vuoden iässä tilavuudesta 228 m³/ha tilavuuteen 155 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 72 vuoden iässä tilavuudesta 335 m³/ha. Kuvioilla sahatukkia tuli 292 m³/ha, josta kuusta oli 291 m³/ha ja rauduskoivua 1 m³/ha. Kuitupuuta saatiin 158 m³/ha, josta oli kuusta 150 m³/ha ja rauduskoivua 8 m³/ha. Hukkapuuta kertyi 10/ha m³ ja luonnonpoistumaa 6 m³/ha. Simuloinnin nettonykyarvoksi tuli kolmen prosentin korkokannalla 1173 €/ha. Hakkuutuloja kertyi yhteensä 2597 €/ha, josta harvennuksista kertyneitä tuloja oli 628 €/ha ja päätehakkuutuloja 1969 €/ha. Kustannuksia kertyi yhteensä 1424 €/ha. Uudistamisesta kertyneet kustannukset olivat 1056 €/ha. Taimikonhoidon kustannuksia kertyi 368 €/ha.



KUVA 4. Puuntuotos kuusen istutuksen simuloinnissa MT:lle.

5.4. Männyn kylvö MT-kasvupaikalle (vertailu)

Tämä simulaatio tehtiin toiseksi vertailukohtaksi mitatuille kuviolle tehdyille simulaatioille. Kasvatuskunnaksi valittiin Parkano ja kasvupaikaksi tuore kangas. Runkoluvuksi valitsin 4500 tainta hehtaarille ja maanmuokkaukseksi äestys. Taimikonperkaus tehtiin 5 vuoden iässä ja taimikon harvennus 12 vuoden iässä. Ensiharvennus tehtiin 39 vuoden iässä tilavuudesta 155 m³/ha tilavuuteen 102 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 54 vuoden iässä tilavuudesta 216 m³/ha tilavuuteen 145 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 85 vuoden iässä tilavuudesta 321 m³/ha. Simuloinnissa syntyi sahatukkia 240 m³/ha, joka oli pelkästään mäntyä. Kuitupuuta syntyi 195 m³/ha, joka oli pelkästään mäntyä. Hukkapuuta syntyi 8 m³/ha ja luonnonpoistuma oli 2 m³/ha. Simuloinnin nettonykyarvoksi tuli noin 672 €/ha. Hakkuutuloja kertyi 1620 €/ha, josta oli harvennustuloja 506 €/ha ja päätehakkuutuloja 1114 €/ha. Kustannuksia kertyi yhteensä 948 €/ha, josta uudistamisen kustannuksia oli 591 €/ha, taimikonhoidon kustannuksia 185 €/ha ja taimikonperkaus-kustannuksia 173 €/ha.

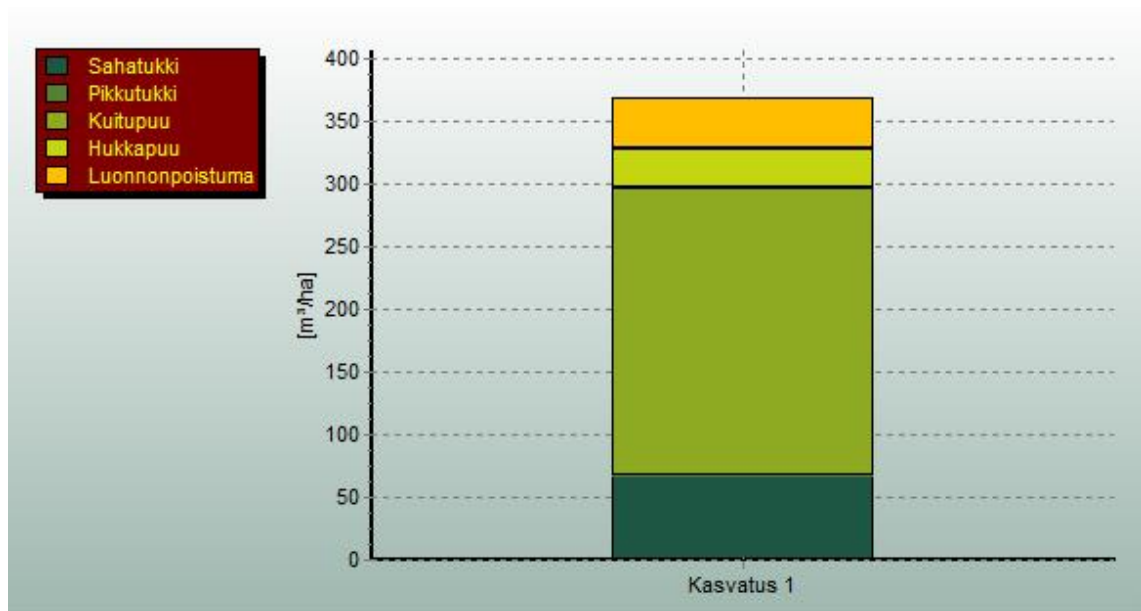


KUVA 5. Puuntuotos männyn kylvön simuloinnista MT:lle.

5.5. Kuusen istutus VT-kasvupaikalle (vertailu)

Tämä simulointi tehtiin vertailukohtaksi, sillä osa mittaamieni kuvioiden kasvupaikoista oli tuoreen ja kuivahkon kankaan välimaastossa. Tässä simuloinnissa kasvukunnaksi valittiin Parkano. Kasvupaikaksi valittiin kuivahko kangas. Kuusen istutustiheydeksi

valittiin 1800 tainta hehtaarille ja maanmuokkausmenetelmäksi laikkumätästys. Simulointi toteutettiin Tapion hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti. Simuloinnissa ensiharvennus tehtiin 59 vuoden iässä tilavuudesta 161 m³/ha tilavuuteen 107 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 79 vuoden iässä tilavuudesta 217 m³/ha tilavuuteen 147 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 89 vuoden ikäisenä tilavuudesta 205 m³/ha. Simulointi tuotti sahatukkia yhteensä 67 m³/ha, josta mäntyä oli 31 m³/ha ja kuusta 36 m³/ha. Kuitupuuta tuli yhteensä 231 m³/ha, josta oli mäntyä 98 m³/ha, kuusta 97 m³/ha ja koivua 36 m³/ha. Hukkapuuta tuli 30 m³/ha ja luonnonpoistumaa tuli 41 m³/ha. Simuloinnin nettomykyarvoksi tuli kolmen prosentin korkokannalla -443€/ha. Diskonttatut hakkuutulot olivat 613€/ha, josta oli harvennustuloja 181€/ha ja päätehakkuutulot 432€/ha. Kustannuksia tuli yhteensä 1056 €/ha, joista kaikki olivat uudistamisesta.

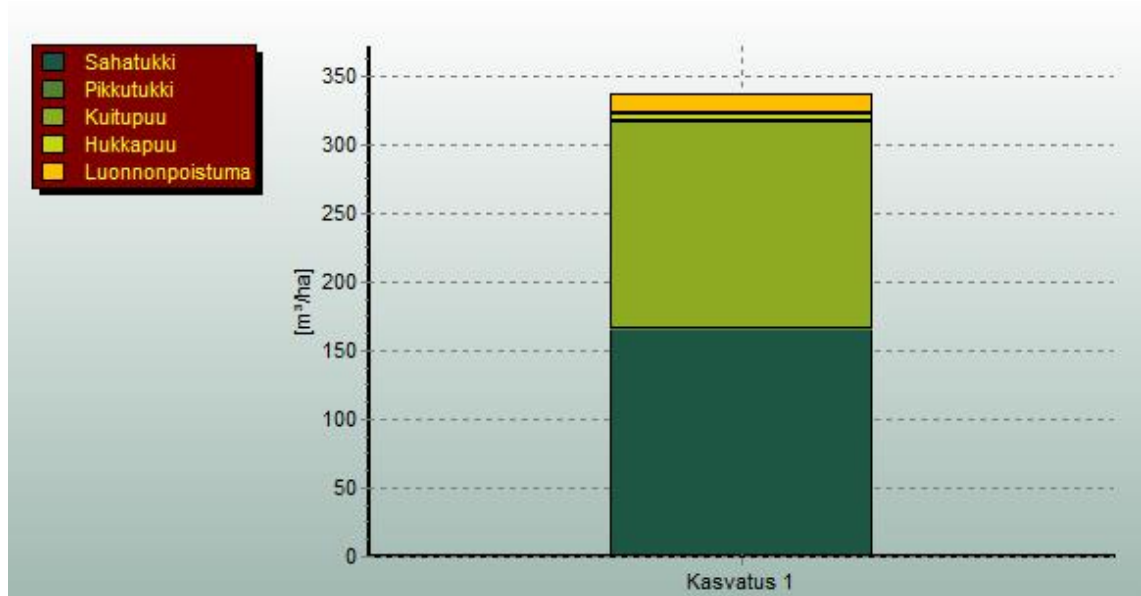


KUVA 6. Puuntuotos kuusen istutuksesta VT:lle.

5.6. Männyn kylvö VT-kasvupaikalle (vertailu)

Myös tämä simulointi tehtiin vertailukohdaksi, sillä osa mittaamistani kuvioista oli kasvupaikaltaan tuoreen ja kuivahkon kankaan välimaastossa. Tässä simulaatiossa kasvatuskunnaksi valittiin Parkano ja kasvupaikaksi valittiin kuivahko kangas. Runkoluvuksi valittiin 4500 taimia hehtaarille ja maanmuokkausmenetelmäksi äestys. Simulointi toteutettiin Tapion Hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti. Varhaisperkaus tehtiin 5 vuoden iässä ja taimikonhoito 13 vuoden iässä. Ensiharvennus tehtiin 42 vuoden iässä tilavuudesta 125 m³/ha tilavuuteen 82 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 62 vuoden iässä tilavuudesta 181 m³/ha tilavuuteen 126 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 87 vuoden iässä

tilavuudesta 227 m³/ha. Simulointi tuotti sahatukkia yhteensä 166 m³/ha, josta kaikki oli mäntyä. Kuitupuuta tuli yhteensä 151 m³/ha, josta kaikki oli mäntyä. Hukkapuuta saatiin 6 m³/ha ja luonnonpoistumaa 15 m³/ha. Simuloinnin nettonykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 147 €/ha. Hakkuutuloja tuli yhteensä 1090 €/ha, josta harvennustuloja oli 337 €/ha ja päätehakkuutuloja 753 €/ha. Kustannuksia tuli yhteensä 943 €/ha, josta uudistamisen kustannuksia oli 591 €/ha, taimikonhoidon kustannuksia 179 €/ha ja varhaisperkauksen kustannuksia 173 €/ha.



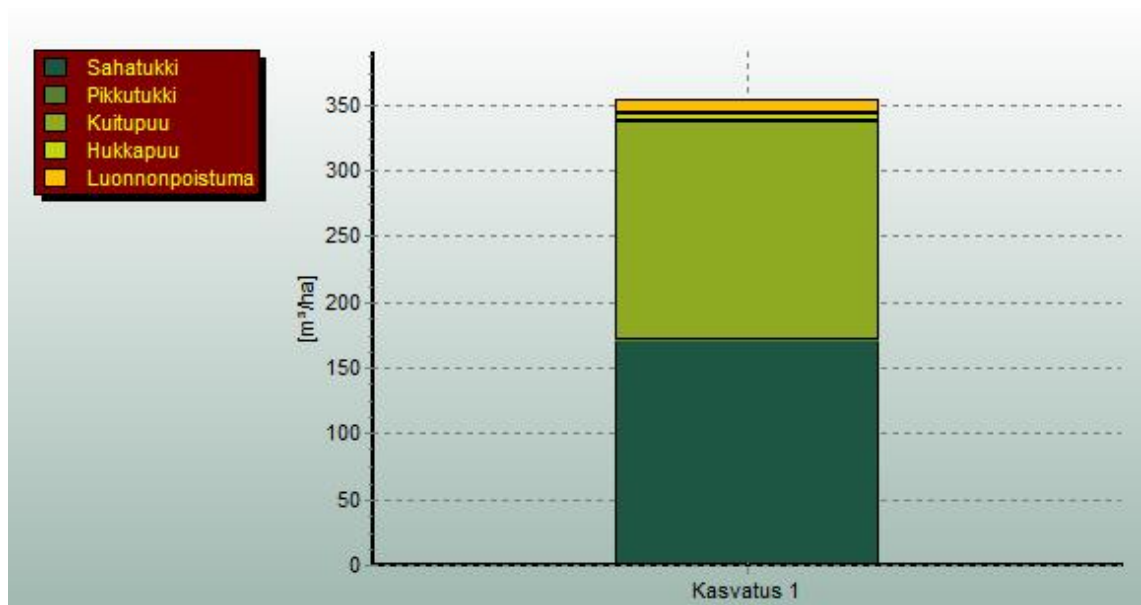
KUVA 7. Puuntuotos männynkylvöstä VT:lle.

5.7. Männyn kylvö VT-kasvupaikalle, jossa mukana jalostushyöty (vertailu)

Simulointi tehtiin vertailukohdaksi, sillä männyn jalostetulla siemenellä on mahdollista saada jopa 25 prosenttia suurempi nettonykyarvo kolmen prosentin korkokannalla kuin metsikkö siemenellä (Ahtikoski, Ojansuu, Haapanen, Hynynen, Kärkkäinen 2012). Motti-ohjelmisto ei kuitenkaan oleta jalostushyödyn olevan 25 prosenttia. Siksi koettiin tarpeelliseksi tehdä vielä yksi vertailusimulaatio, jossa männyn jalostushyötyä on otettu huomioon.

Simulaatiossa kasvatuskunnaksi valittiin Parkano ja kasvupaikaksi kuivahko kangas. Runkoluvuksi valittiin 4500 tainta hehtaarille ja maanmuokkausmenetelmäksi äestys. Simulointi toteutettiin Tapion Hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti hyvin hoidettuna viljelymetsänä ja huomioon otettiin kasvuntasokorjaus, joka kuvastaa jalostushyötyä. Simuloinnissa varhaisperkaus tehtiin 5 vuoden kuluttua kylvöstä ja taimikon-

hoito 13-vuotiaana. Ensiharvennus tehtiin 37-vuotiaana tilavuudesta 142 m³/ha tilavuuteen 93 m³/ha ja toinen harvennus 47-vuotiaana tilavuudesta 171 m³/ha tilavuuteen 123 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 67-vuotiaana tilavuudesta 241 m³/ha. Simulointi tuotti sahatukkia 171 m³/ha, josta kaikki oli mäntyä. Kuitupuuta tuli yhteensä 167 m³/ha, josta kaikki oli mäntyä. Hukkapuuta tuli 6 m³/ha ja luonnonpoistumaa 11 m³/ha. Simuloinnin nettonykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 813 €/ha. Hakkuutuloja tuli yhteensä 1906 €/ha, josta harvennustuloja 488 €/ha ja päätehakkuutuloja 1418 €/ha. Kustannuksia tuli yhteensä 1093 €/ha, josta uudistamisen kustannuksia oli 741 €/ha, taimikon perkauksen kustannuksia 173 €/ha ja taimikonhoidon kustannuksia oli 179 €/ha.



KUVA 8. Puuntuotos jalostetun männyn kylvössä VT:lle.

6 Tuotos ja Taloudellinen kannattavuus

Tässä kappaleessa vertaillaan eri uudistamistapojen puuntuotosta ja kannattavuutta edellä kuvattujen simulointien avulla. Lisäksi kappaleessa on määritelty tuotokseen ja kannattavuuteen liittyviä käsitteitä sekä pohdittu syitä eri toimenpiteiden kannattavuuteen ja kannattamattomuuteen. Simulointien tiedot on esitetty taulukoissa. Simulointien vertailu toteutetaan taulukoiden avulla.

6.1. Tuotos vertailu

TAULUKKO 8. Simulointien puuntuotokset uudistamistavan ja kasvupaikan mukaan. Sekakylvöt on tehty MT-kasvupaikalle. Yksikkönä taulukossa on m³/ha ja kiertoaika kohdassa vuodet.

Selite	Sekakylvö keskiarvo	Ku istutus MT	Mä kylvö MT	Ku istutus VT	Mä kylvö VT	Jalostus Mä kylvö VT
Kokonaistuotos	352	450	434	298	317	338
Keskituotos	4,8	6,3	5,0	3,3	3,6	5,0
Sahatukki	204	292	240	67	166	171
Mäntytukki	129	0	240	31	166	171
Kuusitukki	75	292	0	36	0	0
Kuitupuu	148	158	195	231	151	167
Mäntykuitu	110	0	195	98	151	167
Kuusikuitu	32	149	0	97	0	0
Koivukuitu	6	9	0	36	0	0
Kiertoaika	73	72	86	90	87	67

Uudistamismenetelmien simuloinneista parhaan kokonaispuuntuotoksen antaa kuusen istutus MT-kasvupaikalle ja toiseksi parhaan tuloksen jalostetun männyn kylvö MT -kasvupaikalle. Jalostetun männyn kylvössä kiertoaika oli kuitenkin lyhyempi. Samalla kiertoajalla jalostetun männyn kylvö antaisi todennäköisesti suuremman kokonaistuotoksen. Huonoimman puuntuotoksen antavat kuusen istutus VT -kasvupaikalle ja jalostamattoman männyn kylvö VT -kasvupaikalle. Sekakylvöllä on huomattavan pieni puuntuotos, vaikka kasvupaikkana on tuore kangas. Verrattuna muhin samalle kasvupaikalle simuloituihin metsänuudistamisvaihtoehtoihin, sekakylvön puuntuotos on miltei 100 m³/ha pienempi. Toisaalta männynkylvössä MT-kasvupaikalle on melkein 10 vuotta pidempi kiertoaika kuin sekakylvössä tai kuusen istutuksessa. Myös sahatukin tuotoksessa on merkittäviä eroja simulointien välillä. Sahatukin hehtaarituohto on suurin kuusen istutuksessa MT-kasvupaikalle ja pienin kuusen istutuksessa VT-kasvupaikalle.

MT-kasvupaikalle tehdyt uudistamisvertailut tuottavat enemmän sahatukkia kuin VT-kasvupaikalle tehdyt.

6.2. Taloudellinen kannattavuusvertailu

Kannattavuudella tarkoitetaan taloudellisen toiminnan kykyä tuottaa tulosta. Kannattavassa toiminnassa sen tuottamat tuotot ovat suuremmat kuin kulut. Kannattavuudella voidaan mitata myös kuinka tehokkaasti jokin tuottaa tulosta. Metsätalous on pitkäjänteistä taloudellista toimintaa, jossa siitä saatavat tulot on mahdollista saada vasta useiden vuosikymmenten päästä metsään tehdystä investomisesta. Käytännössä metsätalous tuottaa tulosta ainoastaan niinä vuosina, jolloin tehdään hakkuita. Muina vuosina metsä kasvaa ja sen puusto kehittyy, lisäten myöhemmin hakkuissa saatavaa tuottoa. Metsän kasvatuksen kannattavuuteen vaikuttavat useat tekijät. Näitä ovat esimerkiksi ajoissa ja kunnolla hoidetut metsänhoitotyöt. Investoimalla metsänhoitotöihin voidaan kasvattaa kasvatettavan puuston arvoa tulevaisuudessa. Lisäksi tärkeässä roolissa ovat puun myyntiä koskevat päätökset ja niiden ajoitus. Kasvatushakkuilla voidaan säädellä puustoon sitoutunutta pääomaa ja puustonkasvun arvoa. Metsää ei kannata pitää kasvamassa loputtomiin. Puuston ikääntyessä sen arvokasvu heikkenee, kasvu hidastuu ja erilaisten metsätuhojen riskit kasvavat. Metsään aikoinaan investoitu raha kasvaa korkoa sitä enemmän, mitä kauemmaksi hakkuut siirtyvät. Päätehakuulla voidaan vapauttaa koko puustoon sitoutunut pääoma ja tehdä alkuinvestointi uuteen puustoon. Puusta lopulta päätehakuissa saatava hinta merkitsee myös todella paljon metsänkasvatuksen koko pitkän investointiketjun kannattavuuteen. (Tapio 2015.)

Metsän uudistamisen toimenpiteet aiheuttavat kustannuksia. Tutkittaessa metsän uudistamista diskonttauslaskennan avulla huomataan, että alkuinvestointien suuruus vaikuttaa metsän kasvatuksen kannattavuuteen suuresti. Metsästä kaukana tulevaisuudessa saatavilla hakkuutuloilla taas voi olla melko pieni vaikutus metsän kasvatuksen kokonais-kannattavuuteen. Lisäksi kannattavuuteen vaikuttaa käytettävä korkokanta, joka kuvastaa tehdyn investoinnin tuotto-odotusta. Yksi merkittävimpiä metsätalouden harjoittamiseen liittyviä riskejä on metsänhoidon kustannusten nousu. Jos metsänhoidon kustannukset nousevat metsästä saatavaa tuloa enemmän, heikkenee metsänkasvatuksen ja siihen liittyvien investointien kannattavuus. (Tapio 2015.)

Nettonykyarvo kuvastaa toiminnan tulevaisuudessa tuottaman tulojen ja menojen arvon erotuksen, kun arvot on muutettu vastamaan nykyhetkeä eli diskontattu. Nettonykyarvon maksimointi on kaiken kannattavan liiketoiminnan tavoitteena. Tämä tarkoittaa sitä, että pyritään tekemään niitä toimenpiteitä ja investointeja, jotka tulevaisuudessa synnyttävät tuloja ja jotka tuottavat investoijan tuottovaatimukselle mahdollisimman korkean nettonykyarvon. (Tapio 2015.)

TAULUKKO 9. Kaikkien simulointien nettonykyarvo kolmen prosentin korkokannalla sekä nollan prosentin korkokannalla, yksikkönä €/ha. Taulukossa on myös simuloinneissa syntyneet tulot ja kustannukset kolmen prosentin korkokannalla jaettuna uudistamisen kustannuksiin ja taimikonhoidon sekä varhaisperkauksen kustannuksiin, yksikkönä €/ha. Taulukossa on nähtävillä myös simulointien kiertoaika vuosina ja kokonaispuuntuotos eriteltyinä sahatukkiin ja kuitupuuhun, yksikkönä m³/ha.

Selite	Sekakylvö keskiarvo	Ku istutus MT	Mä kylvö MT	Ku istutus VT	Mä kylvö VT	Jalostus Mä kylvö VT
Nna 3%	812	1173	671	-443	147	813
Nna 0%	12419	16988	15280	6380	10501	10855
Tulot 3%	1853	2597	1620	613	1090	1906
Kustannukset 3%	1041	1424	949	1056	943	1093
Uudistaminen 3%	700	1056	591	1056	591	741
Taimikonhoito 3%	341	368	358	0	352	352
Kiertoaika	73	72	86	90	87	67
Puuntuotos	352	450	434	298	317	338
Sahatukkia	204	292	240	67	166	171
Kuitupuuta	148	158	195	231	151	167

Nettotulojen nykyarvo kolmen prosentin korkokannalla kuvastaa yleisesti hyväksytyä korkokantaa metsätaloudessa. Se vaihteli simuloitujen kasvatusten välillä melko paljon. Eroja kasvatuksen kannattavuuteen syntyi kustannuksista, hakkuista saaduista tuloista ja kiertoaajasta.

Nettotulojen nykyarvo nollan prosentin korkokannalla kuvastaa tilannetta, missä metsälle ei ole tuotto-oletusta. Nettotulojen nykyarvo kuvastaa hyvin simuloinneista saatuja tuloja ja menoja.

Tulot kolmen prosentin korkokannalla kuvastavat harvennuksista ja päätehakkuusta saatavia tuloja. Niihin vaikuttaa simuloinneissa syntyä puuntuotos, erityisesti sahatukin määrä.

Kustannukset kolmen prosentin korkokannalla kuvastavat simuloinneista syntyviä kustannuksia. Kustannukset syntyvät uudistamisesta ja taimikonhoidosta ja taimikonperkauksesta.

Uudistamisen kustannukset syntyvät käytetyn metsänuudistamismenetelmän kustannuksista. Uudistamisen kustannukset jakautuvat maanmuokkauksen, siementen ja taimien kustannuksiin sekä kylvön ja istutuksen kustannuksiin.

Taimikonhoidon kustannukset jakautuvat simuloinneissa tehtyihin taimikon perkauksen ja taimikonhoidon kustannuksiin. Taimikonhoidon kustannukset ovat kaikilla kasvatusvaihtoehdoilla lähes yhtä suuret. Sekakylvön taimikonhoitokustannukset ovat hieman pienemmät kuin muiden simulointien. Tämä saattaa johtua laskentavirheestä kustannuksia laskettaessa. Vaikutus simuloinnin nettohyötyyn ei ole kuitenkaan kymmentä euroa suurempi.

Kiertoaika on simuloinneissa käytetty metsän kiertoaika. Kiertoaikaan vaikuttaa kasvupaikan ravinteisuus ja sopivuus kasvatettavalle puustolle sekä mahdollinen puuston jalostuksella saatu hyöty.

Puuntuotos on simuloinneissa syntynyt kokonaispuun määrä. Puuntuotos on jaettu sahatukin ja kuitupuuntuotokseen. Puuntuotokseen vaikuttaa simuloinneissa käytetty kasvupaikka ja kiertoaika. Tässä kappaleessa en tarkastele simulointien puuntuotosta sen tarkemmin.

Sekakylvö sijoittuu kannattavuudessaan kuusen istutuksen MT:lle ja männyn kylvön VT:lle jälkeen. Sen nettohyöty kolmen prosentin korkokannalla on käytännössä samaa tasoa kuin jalostetun männynsiemenen kylvö VT -kasvupaikalle. Toisaalta sen nettohyöty nollan prosentin korkokannalla on suurempi kuin jalostetun männyn kylvöllä. Tämä johtuu suuremmasta puuntuotoksesta erityisesti suuremmasta sahatukin tuotoksesta. Sekakylvö oli MT:lle simuloituista uudistamismenetelmistä toiseksi kannattavin kolmen prosentin korkokannalla. Sekakylvön kannattavuus verrattuna männyn kylvöön MT:lle selittyy sen lyhyemmällä kiertoajalla. Nollan prosentin korkokannalla

männyn kylvö MT:lle oli kuitenkin kannattavampaa. Tämä selittyy sen suuremmalla puuntuotoksella ja pienemmillä kustannuksilla.

Simulointien mukaan kuusen istutus tuoreelle kankaalle oli tutkimistani metsänuudistamismenetelmistä kannattavin. Sen nettonykyarvo oli tekemistäni simuloinneista suurin niin kolmen prosentin korkokannalla kuin nollan prosentin korkokannallakin. Kuusen istutuksessa tuoreelle kankaalle oli toisaalta myös simuloinneista suurimmat kustannukset. Kuusen istutuksen kannattavuuteen selittää suuri sahatukin tuotos ja täten hakkuista saatavat suuremmat tulot sekä kohtalaisen lyhyt kiertoaika.

Kuusen istutuksen simuloinnissa kuivahkolle kankaalle nettonykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla negatiivinen, eli toiminta on taloudellisesti kannattamatonta. Kyseisessä simuloinnissa ei tehty taimikonhoitoa, sen tuomien kustannusten vuoksi. Simulaatiossa oli myös pisin kiertoaika ja pienin sahatukin tuotos.

Kylvöistä parhaan nettonykyarvon kolmen prosentin korkokannalla saa jalostetun männynsiemenen kylvö kuivahkolle kankaalle. Käytännössä saman nettonykyarvon kolmen prosentin korkokannalla saa sekakylvö. Sekakylvössä oli suurempi puuntuotos kuin jalostetun männyn kylvössä. Männyn kylvön tulosta selittää jalostetun siemenen mahdollistama lyhyempi kiertoaika kuin muissa simuloituissa kylvöissä. Nollan prosentin korkokannalla taas männyn kylvö tuoreelle kankaalle on kannattavin kylvövaihtoehto. Männyn kylvö tuoreelle kankaalle synnyttää kylvövaihtoehtoista eniten sahatukkia. Männyn laatu saattaa kuitenkin tuoreella kankaalla olla heikompaa kuin simulaatiossa, jolloin tukkiosuus olisi pienempi.

Pienimmän nettonykyarvon kylvöjen simuloinneista antaa jalostamattoman männyn kylvö VT –kasvupaikalle ja sillä on pienin puuntuotos ja pisin kiertoaika. Kylvöjen kustannukset vaihtelevat. Sekakylvössä ja jalostetun männyn siemenen kylvössä kustannukset ovat suuremmat kuin muissa kylvövaihtoehtoissa. Tämä johtuu sekakylvön kohdalla suuremmasta käytetystä siemenmäärästä ja jalostetun männyn kylvön kohdalla jalostussiemen suuremmasta hinnasta.

7 Pohdinta ja tulosten tarkastelu

Mittaamani metsiköt ovat pääasiassa olleet odotusten mukaisesti melko mäntyvaltaisia. Kuitenkin samaan aikaan kylvettyjen kuvioiden puustossa on melko suuria eroja. En pysty tarkalleen kertomaan, mistä syystä osa mitatuilla kuvioilla tehdyillä kylvöistä on onnistunut ja osa ei. Kuusen kunnollisen kehittymisen riskinä kylvössä on erityisesti nuoria taimia uhkaava rouste. Tuoreella kasvupaikalla rouste on erityisen suuri uhka. On mahdollista, että rouste on tuhonnut kuusentaimet pian niiden kylvön jälkeen huonoin onnistuneilla kuvioilla. Kuusen kylvön tyypillinen ongelma on myös kuusen taimien hidas alkukehitys ja rehevillä kasvupaikoilla aukolle nopeasti kehittyvä heinikko, joka kilpailullaan tukahduttaa kuusentaimet. Toinen mahdollinen syy on, että kuusen taimet ovat jostakin syystä jääneet jälkeen kasvussa männyn taimille ja kuviolle tehty taimikonhoito on tehty männyntaimien hyväksi. Tämä ei toisaalta vaikuta järkevältä selitykseltä, sillä miksi tuoreella kasvupaikalla taimikonhoito tehtäisiin männyn hyväksi, jos tiedetään, että alueelle on aikoinaan yritetty uudistaa kuusi-mäntysekametsää.

Tekemäni tutkimuksen mukaan sekasiemenkylvö on simulointien perusteella yhtä kannattavaa kuin jalostetun männyn kylvö VT -kasvupaikalle. Vaikka usealla mittaamallani kuviollla kuusen kylvö oli epäonnistunut, kannattavuutta parantaa kylvetyillä kuvioilla männynkylvöjen laajamittainen onnistuminen. Voidaan pohtia, olisiko ollut kannattavampaa istuttaa osa kuviosta pelkälle kuuselle tai kylvää puhtaasti männylle? Simulointien mukaan kuusen istutus oli MT -kasvupaikalle tehdyistä simuloinneista kannattavin. Sekasiemenkylvön keskimääräinen nettohyötyarvo oli kolmen prosentin korkokanalla laskettuna 400€/ha pienempi kuin kuusen istutuksella. Joissakin simuloinneissa sekakylvöllä oli jopa parempi nettohyötyarvo kuin kuusen kylvössä.

Metsänkasvatuksen kannattavuuteen vaikuttaa ehkä eniten puusta tulevaisuudessa saatava hinta. On miltei mahdotonta ennustaa minkäläistä hintaa 60–80 vuoden päästä puusta tarjotaan sekä minkäläiselle leimikolle ja mille puutavaralajeille on eniten kysyntää. Tämän vuoksi sekametsien kasvatusta on perusteltua. Toisaalta, jos puulajit on hajautettu kasvamaan eri kuvioilla, saadaan silti kuvioiden korjuussa useita puutavaralajeja. Tällaiset yhden puulajin kuviot ovat kuitenkin alttiimpia erilaisille metsätuhoille.

Motti -simulaattori ei myöskään ota huomioon kasvatettavan puuston laatua. On mahdollista, että joillakin koekuvioilla kasvatettavat männyt ovat liian harvassa, jotta niistä

kehittyisi laadukasta ja vähäoksaista tukkipuuta. Lisäksi rehevillä kasvupaikoilla männyt yleensä kehittyvät melko oksaisiksi. Mittaustulosten perusteella ainoastaan yhdellä koekuviolla oli 2000 mäntyä hehtaarilla ja lisäksi kaikki koekuviot olivat kasvupaikaltaan tuoretta kangasta. Tavallisesti hyvänä laatumännikön kasvatustiheytenä pidetään 3000 runkoa hehtaarilla. (Hynynen 2012.) Toisaalta kuvioilla oli jo tehty taimikonhoidot, joissa männyn runkolukua on säädelty. Koekuvioilla kasvatettavat männyt eivät todennäköisesti ole laatunsa puolesta parhaita mahdollisia, tätä on kuitenkin melko vaikea ottaa huomioon simuloinneissa ja laskelmissa. Motti-simulaattori ei ota huomioon myöskään korjuukustannuksia tai metsänkasvatukseen liittyviä riskejä, jotka voivat vaikuttaa suurestikin kasvatuksen kannattavuuteen. Esimerkiksi poikkeuksellisen vaikeat korjuuolosuhteet nostavat korjuun kustannuksia ja vaikuttavat metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Toisaalta myös metsätuhojen riski on todellisessa metsänkasvatuksessa aina läsnä. Jokaisessa metsässä esiintyy pieniä tuholaisien ja sääilmiöiden aiheuttamia tuhoja. Suuret metsätuhot sattuessaan vaikuttavat metsänkasvatuksen kannattavuuteen merkittävästi.

Motti -ohjelmiston antamat tulokset ovat keskiarvoistavia. Todellisessa metsänkasvatuksessa puusto ei ole välttämättä ole niin homogeenistä kuin Motti -ohjelmisto antaa ymmärtää, lisäksi olosuhteet vaihtelevat oikeassa metsikössä ja puuston kehityksessä on suurempaa vaihtelua, kuin simuloinneissa.

Kuusen ja männyn sekasiemenkylvö voi olla hyvä metsänuudistamisvaihtoehto, mikäli tavoitteena metsän kasvatukselle ei ole pelkästään taloudellinen tuottavuus. Sekasiemenellä kylvettäessä on varauduttava kylvön epäonnistumiseen. Tässäkin opinnäytetyössä mitatuista 18 sekasiemenellä uudistetusta kuviosta ainakin kaksi oli epäonnistunut. Mikäli epäonnistunutta kylvöä joudutaan paikkaamaan täydennysviljelyllä, laskee sekasiemenkylvön kannattavuus paljon. Sekasiemen kylvöllä voidaan päästä hyviin tuloksiin, mikäli metsänkasvatuksella halutaan hyödyttää esimerkiksi metsän monimuotoisuutta, riistaa tai maisemallisia arvoja, joiden lisäksi metsästä saadaan jonkin verran myös taloudellista hyötyä.

7.1. Virheen mahdollisuuden pohdinta

Kappaleessa pohditaan virheen mahdollisuuksia opinnäytetyön teon eri vaiheissa. Pääasiassa keskitytään metsänmittaukseen, jossa eniten virheitä opinnäytetyötä tehdessä on todennäköisesti sattunut. Avuksi käytetään Tapion taskukirjan Metsävarojen mittaus ja arviointi lukua. Mahdollisia virheitä on voinut sattua myös aineistoa valittaessa ja sitä käsiteltäessä.

Metsän arvioimiseen jonkin otoksen avulla liittyy aina virheen mahdollisuus. Saatu mitaustulos poikkeaa oikeasta yleensä sitä enemmän, mitä pienempi otos on mitattu. Absoluuttisen tarkkaa mittausta ei ole. Mittaustieto poikkeaa aina jonkin verran todellisuudesta tehtyjen luokitus-, otanta-, mittaus-, taulukko-, rekisteröinti- ja laskentavirheiden takia. Mittausvirheet johtuvat mittaajasta, mittalaitteesta, mittausolosuhteista, mitattavasta kohteesta. Mittausvirheet voidaan jakaa joko systemaattisiin tai satunnaisvirheisiin. Satunnaisvirheet aiheuttavat yksittäisissä mittauksissa joskus yli- ja joskus aliarvioita, jotka kuitenkin suuressa joukossa kumoavat toisensa. Sen sijaan mittauksissa olevan systemaattisen virheen eli harhan vaikutus tuloksiin ei poistu lisäämällä mittausten määrää. (Ärölä 2008.)

Puun läpimittaa mitatessa yleisimmät mittavirheet syntyvät muun muassa väärästä mittauskorkeudesta ja puun epäpyöreystä. Pituutta mitatessa yleisimmät virheet syntyvät latvan huonosta näkyvyydestä tiheässä metsässä tai kallistuneen puun mittaamisesta ottamatta huomioon kallistumiskulmaa. Lisäksi on huomioitava, että etäisyys mitattavaan puuhun on mitattu vaakasuorasti, lukemat otetaan oikein ja oikeilta asteikoilta ja pituusmittari pidetään pystysuunnassa. (Ärölä 2008.)

Opinnäytetyötä varten tekemissäni mittauksissa puun pituuden mittaukseen liittyvänä riskinä voidaan pitää hypsometrin käyttöä. Mittaamani puusto on vielä melko lyhyttä ja tiheää, mikä saattaa vaikeuttaa puuston pituuden mittausta hypsometrillä. Tiheässä taimituksessa on vaikeaa hahmottaa mitattavan puun latvaa. Lisäksi pituuden mittaukseen liittyy eräs systemaattinen virhe, jonka huomasin. Kun mitataan jokaiselta koelajilta jokaista puulajia kohden vain kolme puuta: suuriläpimittaisin, mediaani-, ja pieniläpimittaisin puu, vääristävät pienikasvuiset vähemmistöpuulajit koko kuvion keskipituusjakaumaa alemmaksi kuin se todellisuudessa on. Näin käy esimerkiksi kuviolla, joka on valtaosin mäntyä ja jonka pituus on 8-10 metriä. Lisäksi kuviolla kasvaa 6-7 metrin pi-

tuista kuusta ja 4-6 metristä koivua. Jokaisesta puulajista valitaan kolme puuta, joista mitataan niiden pituus ja näistä lasketaan kuvion puustonpituuden keskiarvo. Saatu keskiarvo on virheellinen, sillä se ei ota huomioon kuvion mäntyvaltaisuutta ja antaa turhan paljon huomiota alikasvoksille.

Mittaamani aineisto on suuri ja sitä mitatessa on varmasti sattunut muutamia virheitä. Yksittäisillä mittausvirheillä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä kokonaisuuden kannalta, sillä mittauksia tehtiin paljon. Tulosten myöhemmässäkin käsittelystä, ja keskiarvojen laskemisesta on myös saattanut sattua inhimillisiä virheitä. Itse pidän näitä virheitä todennäköisempinä ja tärkeämpiä kuin itse mitatessa tehtyjä virheitä. Itse simuloineissa ja niiden tulosten tarkastelussa ja vertailussa on tuskin sattunut montakaan virhettä. Toisaalta virheet, jotka ovat sattuneet puustoa mitatessa tai tuloksia kirjatessa, säilyvät simulointivaiheeseen ja itse kannattavuuden vertailuun.

Yhtenä tutkimuksen merkittävänä riskinä voidaan pitää koealojen vähäisyyttä. Pienialaisilla kuviolla mitattiin korkeintaan kaksi koealaa. Koealojen vähäisyys voi vaikuttaa mittaustulosten paikkansapitävyyteen, mikäli koealat ovat osuneet sellaisiin kuvion kohtiin, jotka eivät edusta sen yleistä puustorakennetta. Tällöin kuviolta mitattu tieto on puutteellista ja vaikuttaa haitallisesti opinnäytetyön kasvuvvertailuun.

Tutkimukseen valitut koealat haettiin käsin Metsähallituksen paperiarkistoista. Arkistojen vanhuudesta johtuen, niitä oli toisinaan vaikea tulkita. En kuitenkaan usko että sen suurempia virheitä olisi koealojen valinta vaiheessa tapahtunut, sillä valitut koealat myös tarkistettiin metsähallituksen järjestelmästä.

LÄHTEET

Ahtikoki, A. Ojansuu, R., Haapanen, M., Hynynen, J. & Kärkkäinen, K. 2012. Financial performance of using genetically improved regeneration material of Scots pine in Finland. Netherlands. Springer.

B-bark. Belectro Ltd.
<http://www.b-bark.com/>

Hannikainen, P.W. 1903. Metsänhoito-oppi.

Hynynen, J. 2012. Männyn laatukasvatus. Metsäntutkimuslaitos. Luettu 6.2.2017.
http://www.metla.fi/tapahtumat/2012/ita-savon-laatukasvatuspaiva/pdf/Ita-Savon_laatukasvatuspaiva_Hynynen_21-8-2012.pdf

Juurikkamäki T., Reiman H. & Vääränen K. 2004. Sekametsän kasvatus. Metsänhoitosuosituksen Keski-Suomen täydennysosat.

Kinnunen, K. 2002. Kylvö metsänuudistamismenetelmänä. Metsätieteen aikakauskirja.

Kinnunen, K. 2003. Konekylvön käyttökelpoisuus männyn uudistamisessa. Metsätieteen aikakauskirja. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff03/ff031069.pdf>

LUKE. 2015. MOTTI-laskelmiin liittyviä näkökohtia. MOTTI-ohjelmiston käyttöohje. Luettu 6.12.2016
<http://www.metla.fi/metinfo/motti/>

Maanmittauslaitos. 2014 Suomen kunnat, maakunnat ja aluehallintavirastot.

Mattila, H. 2001. Kuusen kylvötaimikoiden tila Pohjois-Savossa 4-5 vuotta kylvön jälkeen. Metsänhoitotieteen pro gradu-tutkielma. Metsäekologian laitos. Helsingin yliopisto. 46s.

Metsäntutkimuslaitos. Metsätilastollinen vuosikirja 2014.

Metsäntutkimuslaitos. Metsätilastollinen vuosikirja 2009.

Metsäntutkimuslaitos. Metsätilastollinen vuosikirja 2004.

Metsäntutkimuslaitos. Metsätilastollinen vuosikirja 1999.

Miina, J, Saksa, T ja Valkonen, S. 2011. Männyn taimikoiden laatu tuoreen kankaan kasvupaikoilla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2011. Metla.

Mäkipää, R. 2015. Sekametsät tuottavat enemmän puuta-artikkeli. Luettu 3.1.2017
<https://www.luke.fi/uutiset/sekametsat-tuottavat-enemman-puuta/>

Nygren, M., Helenius, P. 2006. Kylväisinkö kuusta? Suomalaisia ja ruotsalaisia tutkimustuloksia- artikkeli. Taimiuutiset 3/2006. LUKE.

Nygren, M., Ikonen, N. & Helenius, P. 2013. Siementen itäminen ja taimien orastuminen männyn äeskylvössä – tapaustutkimus. Metsätieteen aikakauskirja. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff13/ff132127.pdf>

Peltola, A. 2005. Metsien hoito. Metsätilastollinen vuosikirja 2005. Metsäntutkimuslaitos.

Rummukainen, A. 2011. Jatkuva toimiva äestys ja konekylvö - kelvollisia taimikoita kohtuuhintaan-artikkeli. Metla. Luettu 29.1.2017. <http://www.metla.fi/uutiskirje/taimitarha/2011-03/uutissivu2.html>

Saksa, T. 2011. Kuusen istutustaimien menestyminen ja tukkimiehentäin tuhot eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011. Luettu 6.2.2017 <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff112091.pdf>

Saksa, T., Kankaanhuhta V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. Metsänuudistamisen laadun hallinta -hankkeen loppuraportti. Luettu 30.1.2017. <http://www.metla.fi/metinfo/taimitieto/julkaisut/metsanuudistus-screen.pdf>

Tapio Siemenkeskus. 2016. Männyn ja kuusensiementen säilytys- ja kylvöohjeet. Luettu 29.11.2016. http://tapio.fi/wp-content/uploads/2016/01/Siementen_kylvoohjeet_ma_ja_ku.pdf

Tapio. 2015. Metsänhoidon suositukset kannattavaan metsätalouteen, työopas. Luettu 4.1.2017 http://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/09/MHS_Kannattava_metsatalous_201500814.pdf

Valtanen, J., Enberg, M. 1987. Vuosien 1970-1972 perustetun aurausalueen metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.

Vettenranta, J. 2000. Havumetsästä todelliseen suunnitteluun. Metsätieteen aikakauskirja 1/2000. Luettu 27.1.2017. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff00/ff001050.pdf>

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset –METSÄNHOITO. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Äärölä, E. 2008. Metsävarojen mittaaminen ja arviointi. Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

LIITTEET

Liite 1. A-ryhmä kuvioiden kuvaus.

Osasto	Kuvio	Pinta-ala	Kehitys lk	Kylvövuosi	Siemenmäärä	Runkoluku Mä	Runkoluku Ku	Runkoluku Ko	Keski lpm	Keski pit
403	59	4 ha	T2	1992	450 g/ha	600	300	900	7 cm	5m
405	52	10 ha	02	1988	500 g/ha	800	450	500	10 cm	7,5 m
406	102	6 ha	02	1992	450 g/ha	1200	50	325	11 cm	7 m
406	104	3 ha	02	1992	450 g/ha	800	400	800	9 cm	6 m
408	327	4,4ha	02	1992	450 g/ha	1200	800	300	9 cm	6,5 m
236	37	7 ha	02	1990	300 g/ha	1500	300	0	10 cm	6 m
405	66	1,8 ha	02	1990	300 g/ha	1200	800	100	10 cm	7 m
407	49	0,7 ha	02	1990	300 g/ha	900	550	300	9 cm	6 m

Liite 2. B-ryhmän kuvioiden kuvaus.

Osasto	Kuvio	Pinta-ala	Kehitys lk	Kylvövuosi	Siemenmäärä	Runkoluku Mä	Runkoluku Ku	Runkoluku Ko	Keski lpm	Keski pit
403	83	5,3 ha	02	1993	500 g/ha	700	1200	300	10 cm	7 m
403	82	1,2 ha	02	1994	500 g/ha	1500	600	0	11 cm	6 m
406	81	4,7 ha	T2	1994	500 g/ha	850	650	150	7 cm	5 m
503	198	0,8 ha	02	1993	300 g/ha	2000	350	0	9 cm	7 m
506	82	3 ha	T2	1994	500 g/ha	1100	900	200	6 cm	5 m
236	239	1,2 ha	T2	1994	500 g/ha	1100	300	0	6 cm	5 m
272	204	1,3 ha	T2	1993	500 g/ha	1800	1100	100	8 cm	5 m
407	429	1,7 ha	02	1993	500 g/ha	1700	150	0	9 cm	7 m
408	188	2,6 ha	02	1993	200 g/ha	1700	400	0	10 cm	7 m
407	460	2,7 ha	02	1994	500 g/ha	1400	200	0	11 cm	7 m

Liite 3. Kuvioiden simuloinnit. Sanallinen kuvaus simuloinneista.

(1) 6

Kuvion 405 52 simuloinnissa ensiharvennus tehtiin 40 vuoden iässä puustontilavuuden päästyä harvennuskäyrien väliin. Harvennuksessa puustontilavuus 149m³/ha harvennettiin 102m³/ha. Toinen harvennus 57 vuoden iässä. Tilavuudesta 210 tilavuuteen 150. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 77 vuoden iässä. Puuston tilavuus oli tällöin noin 263 m³ hehtaarilla. Kuviolla sahatukkia tuli 220 m³, josta mäntyä oli 123 m³ ja kuusta 97 m³. Kuitupuuta kuviolla oli 142 m³, josta 88 m³ oli mäntyä, kuusta 37 m³ ja hieskoivua 18 m³. Hukkapuuta kuviolla oli 8,1 m³ ja luonnonpoistuma oli 12,8 m³. Kolmen prosentin korkokannalla laskettuna kuvion nettotulojen nyky-arvo olisi noin 4023 € hehtaarilta. Tähän ei kuitenkaan ole laskettu mitään taimikonhoito tai uudistamiskuluja. Harvennustuloja kuviolta syntyi 1025 €/ha ja päätehakkuista 2997 €/ha.

Kuviolla 407 49 ensiharvennus tehtiin 38 vuoden iässä puustontilavuudesta 111m³/ha tilavuuteen 82m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 52 vuoden iässä puustontilavuuden ollessa 191m³/ha tilavuuteen 134m³/ha. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 74 vuoden iässä, puuston-tilavuuden ollessa 258m³/ha. Kuviolla tuli sahatukkia 210 m³, josta mäntyä oli 92 m³ ja kuusta 118 m³. Kuitupuuta tuli 133 m³, josta mäntyä oli 92 m³, kuusta 44 m³ ja hieskoivua 15,4. Hukkapuuta tuli 8 m³ ja luonnonpoistumaa 3,9 m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 3852 €/ha, johon ei ole laskettu mukaan taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa syntyi 811 €/ha ja päätehakkuutuloja 3040 €/ha.

Kuviolla 405 66 ensiharvennus tehtiin 34 vuoden iässä puustontilavuudesta 122m³/ha tilavuuteen 77m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 52 vuoden iässä tilavuudesta 201m³/ha tilavuuteen 137m³/ha. Kuvion päätehakkuu tehtiin 70 vuoden ikäisen puustontilavuuden ollessa 247m³/ha. Kuviolla tuli sahatukkia 195 m³, josta mäntyä oli 126 m³ ja kuusta 68 m³. Kuitupuuta oli 152 m³, josta mäntyä oli 126 m³, kuusta 44 m³ ja koivua 1 m³. Hukkapuuta 9,8 m³ ja luonnonpoistumaa oli 3,1 m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 4236 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon ja uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa syntyi 1109 €/ha ja päätehakkuutuloja 3127 €/ha.

Kuviolla 236 37 ensiharvennus tehtiin 38 vuoden ikäisenä puustontilavuuden ollessa 132m³/ha tilavuuteen 89m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 53 vuoden iässä tilavuudesta

191m³/ha tilavuuteen 132m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 73 vuoden iässä tilavuudessa 250m³/ha. Kuviolla sahatukkia oli 197 m³, josta mäntyä oli 152 m³ ja kuusta oli 45 m³. Kuitupuuta oli 148 m³, josta mäntyä oli 128 m³ ja kuusta 19 m³. Hukka-puuta oli 7,6 m³ ja luonnonpoistumaa oli 1,6 m³. Nettotulojen jennykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 3906 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa syntyi 991 €/ha ja päätehakkuutuloja 2915 €/ha.

Kuviolla 408 327 ensiharvennus tehtiin 34 vuoden ikäisenä, puustontilavuus 132m³/ha harvennettiin tilavuuteen 85m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 51 vuoden ikäisenä, jolloin puustontilavuus 204m³/ha harvennettiin tilavuuteen 138m³/ha. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 70 vuoden iässä, puuston tilavuuden ollessa 255m³/ha. Kuviolla tuli sahatukkia 200 m³, josta mäntyä oli 131 m³ ja kuusta 69 m³. Kuitupuuta oli 158m³, josta mäntyä oli 113 m³, kuusta 44 m³ ja koivua 0,7m³. Hukkapuuta oli 10,1 m³ ja luonnonpoistumaa oli 4,8 m³. Nettotulojen jennykyarvo kolmen prosentin korkokannalla oli 4140 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa syntyi 1105 €/ha. pääte 3035 €/ha.

Kuvion 406 102 simuloinnissa ensiharvennus tehtiin 33 vuoden iässä, jossa puuston tilavuus 122m³/ha pudotettiin 80m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 52 vuoden iässä, tilavuudesta 189 tilavuuteen 135. Kuviolle tehtiin päätehakkuu 76 vuoden iässä, jolloin sen puuston tilavuus oli 253m³/ha. Kuviolla sahatukkia tuli 223,4 m³, josta mäntyä oli 181,5 m³ ja kuusta 42 m³. Kuitupuuta oli 121 m³, josta mäntyä oli 113,5 m³, kuusta 7,1 m³ ja koivua 0,3 m³. Hukkapuuta oli 4,3 m³ ja luonnonpoistuma oli 2,7 m³. Nettotulojen jennykyarvo on 3838 €/ha kolmen prosentin korkokannalla. Siihen ei ole laskettu uudistamisen tai taimikonhoidon kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 1179 €/ha ja päätehakkuutuloja 2659 €/ha.

Kuviolla 406 104 ensiharvennus tehtiin 36 vuoden iässä, puustontilavuus 115m³/ha pudotettiin 74m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 56 vuoden iässä, tilavuudesta 201 tilavuuteen 139. Päätehakkuu tehtiin 77 vuoden iässä, puuston tilavuuden ollessa 257m³/ha. Kuviolla sahatukkia tuli 224 m³, josta mäntyä oli 126 m³ ja kuusta 97 m³. Kuitupuuta oli 127 m³, josta mäntyä oli 77 m³, kuusta 28 m³ ja hieskoivua 22,2 m³. Hukkapuuta oli 8,9 m³ ja luonnonpoistumaa 8,8 m³. Nettotulojen jennykyarvo oli kolmen prosentin

korkokannalla 3609 €/ha. Tähän ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 2044 €/ha ja päätehakkuutuloja 1252 €/ha.

Kuvion 403 59 simuloinnissa ensiharvennus tehtiin vasta 46 vuoden iässä puustontilavuuden päästyä harvennuskäyrien väliin. Harvennuksessa puustontilavuus 148m³/ha harvennettiin 98m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 66 vuoden iässä tilavuudesta 226 tilavuuteen 174. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 79 vuoden iässä. Puuston tilavuus oli tällöin noin 248 m³ hehtaarilla. Kuviolla sahatukkia tuli 208,6 m³, josta mäntyä oli 118,8 m³ ja kuusta 89,7 m³. Kuitupuuta kuviolla oli 135,2 m³, josta 70 m³ oli mäntyä, kuusta 22,4m³ ja hieskoivua 43,1 m³. Hukkapuuta kuviolla oli 6,5m³ ja luonnonpoistuma oli 9 m³. Kolmen prosentin korkokannalla laskettuna kuvion nettotulojen nyky-arvo olisi noin 3122 €/ha. Tähän ei kuitenkaan ole laskettu mitään taimikonhoito tai uudistamiskuluja. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 822 €/ha ja päätehakkuutuloja 2300 €/ha.

Kuviolla 403 83 ensiharvennus tehtiin 29 vuoden iässä ja siinä puustontilavuus 113 m³/ha harvennettiin tilavuuteen 71 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 45 vuoden iässä, jossa puustontilavuus 180m³/ha harvennettiin tilavuuteen 121 m³/ha. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 65 vuoden iässä. Päätehakkuussa puuston tilavuus oli 242m³/ha. Kuviolla sahatukkia tuli 187m³, josta mäntyä oli 90,2 m³ ja kuusta 96,8 m³. Kuitupuuta oli 144,2 m³, josta mäntyä oli 71,4 m³, kuusta 67,9 m³ ja hieskoivua 4,8. Hukkapuuta oli 12,4 m³ ja luonnonpoistumaa oli 4,6 m³. Kuvion nettonykyarvo on kolmen prosentin korkokannalla noin 4311 €/ha. Tähän ei ole laskettu uudistamiskustannuksia tai taimikonhoitokustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 1167 €/ha ja päätehakkuutuloja 3244€/ha.

Kuviolla 403 82 ensiharvennus tehtiin 32 vuoden iässä tilavuudesta 163m³/ha tilavuuteen 94 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 47 vuoden iässä. Harvennuksessa puuston tilavuus pudotettiin 190 m³/ha tilavuuteen 131 m³/ha. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 68 vuoden iässä, jolloin sen tilavuus oli 244 m³/ha. Kuviolla sahatukkia oli 197,4 m³, josta mäntyä oli 154,2 m³ ja kuusta 143,2 m³. Kuitupuuta oli 164,9 m³, josta mäntyä oli 141,6 m³ ja kuusta 23,3 m³. Hukkapuuta oli 10 m³ ja luonnonpoistumaa 3,9 m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmella prosentin korkokannalla. 4414 €/ha, johon ei ole laskettu

uudistamiskustannuksia tai taimikonhoitokustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 1385 €/ha ja päätehakkuutuloja 3029 €/ha.

Kuviolla 406 81 ensiharvennus tehtiin 39 vuoden iässä tilavuudesta 121,6 m³/ha tilavuuteen 74 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 60 vuoden iässä tilavuudesta 218m³/ha tilavuuteen 147 m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 80 vuoden iässä puuston tilavuuden ollessa 202 m³/ha. Kuviolla sahatukkia tuli 235 m³, josta mäntyä oli 121 m³ ja kuusta 114,3 m³. Kuitupuuta 135,4 m³, josta mäntyä oli 82,5 m³, kuusta 44,9 m³ ja hieskoivua 8 m³. Hukkapuuta oli 8,1 m³ ja luonnonpoistumaa 4,1 m³. Nettotulojen jennykyarvo oli kolmen-prosentinkorkokannalla 3288 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 938 €/ha ja päätehakkuutuloja 2351 €/ha.

Kuviolla 503 198 ensiharvennus tehtiin 30 vuoden ikäisenä, siinä puustontilavuus 109m³/ha harvennettiin tilavuuteen 74m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 45 vuoden iässä ja siinä puustontilavuus 178m³/ha harvennettiin 121m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 65 vuoden iässä ja puustontilavuuden ollessa 248m³/ha. Kuviolla oli sahatukkia 166,1 m³, josta mäntyä oli 121,7 ja kuusta 44,4 m³. Kuitupuuta kuviolla oli 170 m³, josta mäntyä oli 147,9 m³ ja kuusta 22,2 m³. Hukkapuuta oli 12 m³ ja luonnonpoistumaa 1,7 m³. Nettotulojen jennykyarvo oli 4011 €/ha kolmen prosentin korkokannalla. Tähän ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 860 €/ha ja päätehakkuutuloja 3151 €/ha.

Kuviolla 506 82 ensiharvennus tehtiin 39 vuoden iässä ja puustontilavuus 128,5m³/ha harvennettiin tilavuuteen 85m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 53 vuoden iässä ja siinä puustontilavuus 190m³/ha pudotettiin tilavuuteen 127m³/ha. Kuviolle tehtiin päätehakkuu 73 vuoden iässä, jolloin puustontilavuus oli 259m³/ha. Kuviolla oli sahatukkia 218,2 m³, josta mäntyä oli 68,6 m³ ja kuusta 149,5 m³. Kuitupuuta oli 137,4 m³, josta mäntyä oli 78,8m³, kuusta 56,4 m³ ja hieskoivua 2,1 m³. Hukkapuuta oli 10,2 m³ ja luonnonpoistumaa oli 5,3 m³. Nettotulojen jennykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 3688 €/ha, johon ei ole laskettu mukaan taimikonhoidon ja uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 890 €/ha ja päätehakkuutuloja tuli 2798 €/ha.

Kuviolla 236 239 ensiharvennus tehtiin 44 vuoden iässä, puustontilavuus 142m³/ha pudotettiin tilavuuteen 93m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 61 vuoden iässä, jossa puustontilavuus 210m³/ha pudotettiin tilavuuteen 144m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 81 vuoden iässä, puustontilavuuden ollessa 261m³/ha. Kuviolla oli sahatukkia 239 m³, josta mäntyä oli 114,5 m³ ja kuusta 124,5 m³. Kuitupuuta 131,6 m³, josta mäntyä oli 106,1 m³, kuusta 25,5 m³. Hukkapuuta oli 4,7 ja luonnonpoistumaa oli 1,5m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmenprosentinkorkokannalla 3226€/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 960 €/ha ja päätehakkuutuloja 2266 €/ha.

Kuviolla 272 204 ensiharvennus tehtiin 32 vuoden ikäisenä, siinä puustontilavuus 117m³/ha harvennettiin tilavuuteen 77m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 45 vuoden ikäisenä, jossa puustontilavuus 176m³/ha harvennettiin tilavuuteen 118m³/ha. Kuviolle tehtiin päätehakkuu 70 vuoden ikäisenä, puustontilavuudessa 291m³/ha. Kuviolla oli sahatukkia 201 m³, josta mäntyä oli 128 m³ ja kuusta 46 m³. Kuitupuuta oli 172 m³, josta mäntyä oli 126 m³ ja kuusta 46m³. Koivua 1. Hukkapuuta oli 15,7 m³ ja luonnonpoistumaa oli 5,2 m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla laskettuna 4051 €/ha. Siihen ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kustannuksia. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 784 €/ha ja päätehakkuutuloja 3267 €/ha.

Kuviolla 407 429 ensiharvennus tehtiin 34 vuoden iässä, puustontilavuus 131m³/ha pudotettiin tilavuuteen 88m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 49 vuoden iässä, puustontilavuus 206m³/ha pudotettiin tilavuuteen 147m³/ha. Päätehakkuu tehtiin 70 vuoden iässä, puustontilavuuden ollessa 261m³/ha. Kuviolla oli sahatukkia 188 m³, josta mäntyä oli 151,8 m³ ja kuusta 36,2 m³. Kuitupuuta oli 168,2 m³, josta mäntyä oli 154,9 m³ ja kuusta 13,2 m³. Hukkapuuta oli 7,9 m³ ja luonnonpoistumaa oli 1,3 m³. Nettotulojen nykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 3831 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnista tuli 899 €/ha ja päätehakkuutuloja 2932 €/ha.

Kuviolla 408 188 ensiharvennus tehtiin 32 vuoden ikäisenä, tilavuudesta 123m³/ha tilavuuteen 84m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 46 vuoden ikäisenä, tilavuudesta 186m³/ha tilavuuteen 124m³/ha. Päätehakkuu kuviolle tehtiin 69 vuoden ikäisen puus-

tontilavuuden ollessa 270m³/ha. Kuviolla tuli sahatukkia 193,7 m³, josta mäntyä oli 148 m³ ja kuusta 45,7 m³. Kuitupuuta tuli 167,8 m³, josta mäntyä 143,9 ja kuusta 23,9 m³. Hukkapuuta tuli 9,7 m³ ja luonnonpoistumaa 1,8 m³. Nettotulojen nykyarvo kuviolla kolmen prosentin korkokannalla oli 4062 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 904 €/ha ja pääte 3158 €/ha.

Kuviolla 407 460 ensiharvennus tehtiin 32 vuoden ikäisenä puustontilavuus 128m³/ha harvennettiin tilavuuteen 83 m³/ha. Toinen harvennus tehtiin 52 vuoden iässä, puustontilavuus 206m³/ha harvennettiin tilavuuteen 139m³/ha. Päätehakkuu tehtiin kuviolle 72 vuoden iässä puustontilavuuden ollessa 240m³/ha. Kuviolla tuli sahatukkia 203 m³, josta mäntyä oli 179,6 m³ ja kuusta 23,4 m³. Kuitupuuta oli 142,9 m³, josta mäntyä oli 129,7 m³ ja kuusta 13,2 m³. Hukkapuuta oli 5,8 m³ ja luonnonpoistumaa oli 1,1 m³. Nettonykyarvo oli kolmen prosentin korkokannalla 3762 €/ha, johon ei ole laskettu taimikonhoidon tai uudistamisen kuluja. Harvennustuloja simuloinnissa tuli 1132 €/ha ja päätehakkuutuloja 2630 €/ha.