

Loppuraportti, SUOSUUNTA-jatkohanke

Johdanto

Tässä maa- ja metsätalousministeriön tilaamassa tarkastelussa oli tavoitteena laskea mahdolliset tulonmenetykset, jotka aiheutuvat siirryttäessä turvemaiden jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen rehevillä kasvupaikoilla. Toimeksiantoon sisältyi myös turvemaiden kasvumallien päivitys, testaus ja integrointi Motti-metsikkösimulaattoriin, jotta simulaattorilla voitaisiin luotettavasti tuottaa puuston kehitysennusteita myös jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa. Tarkastelut kohdennettiin käsittelemään ainoastaan kahta lähtötilannetta: *i)* kaksijaksoinen metsikkö, jossa luontaista alikasvosta (ns. tapaus 2) ja *ii)* tasaikäinen toistuvasti alaharvennettu metsikkö (tapaus 3). Näistä edellinen kuvaa jatkuvapeitteisen kasvatuksen kannalta rajatapausa ja jälkimmäinen lähtökohtaisesti epäsuotuisaa lähtöpuustoa jatkuvapeitteiselle kasvatukselle. Tässä raportissa esitettävät tulokset ovat jatkoa vuonna 2023 julkaistulle Luken raportille (Viitala ym. 2023), jossa tarkasteltiin lähtötilannetta, jonka katsottiin olevan suotuisa jatkuvapeitteiselle kasvatukselle (tapaus 1). Koska Lukessa kehitetyssä Motti-metsikkösimulaattorissa on tapahtunut viimeisen vuoden aikana merkittävää kehitystä eritoten turvemaiden kasvumallien kohdalla, katsottiin kesäkuun lopussa 2024 pidetyssä palautekokouksessa perustelluksi toistaa vuoden 2023 simuloinnit (Paroninkorpi) Motin uusimmilla kasvumalleilla. Koska alkuperäisessä toimeksiannossa ei erikseen määritetty lähtöpuustojen maantieteellistä sijaintia, päädyttiin tässä raportissa esittämään tulokset kahdelle eri paikkakunnalle, joista toinen sijaitsi Etelä-Suomessa (Hollola) ja toinen Pohjois-Pohjanmaalla (Oulu). Vaihtoehtoisilla lähtöpuustojen sijainneilla pyrittiin kartoittamaan mahdollisten tulonmenetysten maantieteellisiä eroja.

Aineisto ja menetelmät

Lähtöpuustot

Etelä-Suomen lähtöpuustot sijaitsevat Tuusulan Ruotsinkylässä. Kumpikin puusto edustaa todellista toistuvasti mitattua ojitettua turvemaan kestokoealaa Ruotsinkylän tutkimusalueella. Koealojen tavoitteena on alun perin ollut tutkia puuston kasvua ja kehitystä uudisojituksen jälkeen. Kasvupaikka on molemmissa ruohoturvekangas.

Ensimmäinen lähtöpuusto (koeala 41, epäsuotuisa) on toistuvien alaharvennuksin käsitelty kohtalaisen tasakokoinen ja järeä puhdas kuusikko. Toinen lähtöpuusto (koeala 39, rajatapaus) on muutoin vastaavanlainen, mutta selvästi kaksijaksoinen. Tässä lähtöpuustossa (39) on päällyspuuston lisäksi olemassa luontainen alikasvos. Koeala 39 on ojitettu 1926 ja koeala 41 on ojitettu 1930. Vastaavasti turvepaksuudet ovat 0.9 m ja 0.6 m.

Puustojen käsiteltyhistoriat poikkeavat hieman toisistaan: Koealalla 39 on tehty kaksi normaalia alaharvennusta 1950-luvulla ja yksi lievä alaharvennus 1980-luvulla sekä välillä korjattu myös kuolevia puita. Koeala on myös typpilannoitettu kahdesti 1960-luvulla. Koealaa 41 on puolestaan hakattu useammin: vuosina 1952–1998 on kaikkiaan tehty viisi normaalia alaharvennusta ja lisäksi korjattu

pieniä määriä kuolevaa puustoa. Esimerkkipuustojen puustotunnukset viimeisimmän puustomittauksen mukaan (1998) on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tuusulan Ruotsinkylän lähtöpuustojen tunnusluvut. Koeala 39 edustaa rajatapausta ja koeala 41 jatkuvalle kasvatukselle epäsuotuisaa lähtötilannetta.

Koeala	Tunnus	Mänty	Kuusi	Koivu	Yhteensä
39	runkoluku, kpl/ha	50	190	20	260
	pohjapinta-ala, m ² /ha	6.0	26.0	1.5	33.5
	painotettu keskiläpimitta, cm	39.2	42.6	33.0	41.5
	valtapituus, m	28.9	30.4	26.3	29.4
	tilavuus, m ³ /ha	80.2	344.9	19.4	443.5
	Ikä, v	95	110	80	105
41	runkoluku	-	316	16	328
	pohjapinta-ala	-	25.8	0.9	26.7
	painotettu keskiläpimitta	-	28.7	26.6	28.6
	valtapituus	-	29.9	26.5	29.9
	tilavuus	-	340.4	12.0	352.4
	Ikä	-	95	80	95

Pohjois-Pohjanmaan (Asmonkorpi, Oulu) molemmat lähtöpuustot edustavat mustikkaturvekankaan metsiköitä. Turpeen paksuus on vaihtelee 0.8 – 1.0 m. Puusto on järeää, kuusivaltaista uudistuskypsää metsikköä, jossa aiemmat hakkuut on tehty alaharvennuseriaa. Toisessa lähtöpuustossa (koeala 131, epäsuotuisa) alikasvosta ei ole lainkaan, ja lähtötilanteessa puuston pohjapinta-ala ja keskiläpimitta ovat hyvin korkeita, 37.8 m² ha⁻¹ ja 29.2 cm. Vastaavasti toisessa lähtötilanteessa (koeala 232, rajatapausta) puuston on kaksijakoista ja alikasvos on luontaisesti uudistunutta kuusentaimitta. Asmonkorven lähtöpuustojen keskitunnukset esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Oulun Asmonkorven lähtöpuustojen tunnusluvut. Koeala 232 edustaa rajatapausta ja koeala 131 jatkuvalle kasvatukselle epäsuotuisaa lähtötilannetta.

Koeala	Tunnus	Mänty	Kuusi	Koivu	Yhteensä
131	runkoluku, kpl/ha		582	73	655
	pohjapinta-ala, m ² /ha		33.9	3.9	37.8
	painotettu keskiläpimitta, cm		29.2	27.4	29.2
	valtapituus, m		23.0	20.0	23.0
	tilavuus, m ³ /ha		328.8	34.9	363.7
	Ikä, v		58		58
232	runkoluku	21	520	31	572
	pohjapinta-ala	2.3	28.3	0.9	31.5
	painotettu keskiläpimitta	38.0	30.5	24.2	30.5
	valtapituus	21.9	23.0	14.9	23.0
	tilavuus	22.5	269.2	7.7	299.4
	Ikä		57		57

Menetelmät

Puuston kehityssennusteet laadittiin Motti-metsikkösimulaattorilla. Motti on kuvattu seikkaperäisesti Viitala ym. (2023) raportissa sivulla 33. Lyhyesti, Motti-metsikkösimulaattorilla voidaan tarkastella metsänhoidon tai hoitamattomuuden, puulajivalinnan, sekä kasvatusketjujen tai yksittäisten metsänhoidon toimenpiteiden vaikutuksia puuston kehitykseen, hakkuukertymiin, metsänkasvatuksen kannattavuuteen ja puustoon sitoutuneeseen hiilen määrään sekä jaksollisessa että jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa. Metsikön puuston kehitys kuvataan kasvumalleilla, ja kehityssennusteisiin vaikuttavat metsien käsittely (mm. harvennusten voimakkuus) ja kasvuolosuhteet (maantieteellinen sijainti ja kasvupaikka). Tämän raportin simulointeja varten Motti-metsikkösimulaattorin turvemaiden kasvumalleja on päivitetty keväällä 2024 siten, että esimerkiksi uudistumisen (ns. sisäänkasvu), alikasvoksen kehityksen ja ns. isojen puiden (pituus > 6 m) malleja on päivitetty ja testattu.

Taloudellinen tulos pohjautui Motti-simuloinneilla tuotettuihin puuston kehityssennusteisiin. Poimintahakkuun (jatkuvapeitteinen kasvatus) taloudellinen tulos laskettiin alla olevan kaavan mukaan:

$$\Pi_{CCF} = \sum_{i=0}^T b^{t_i} \sum_{l=1}^L CR_{t_i}^l + \frac{b^{t_S} * CR_{t_S}}{1-b^{t_S}} * b^{t_T} \quad (1)$$

, jossa Π_{CCF} on poimintahakkuun taloustulos, €/ha, CR^l on l:n harvennuksen hakkuutulo (€/ha) ajanhetkellä t_i (Huom. $l=1, 2, \dots, L$, riippuen konversiovaiheen kestosta) b on diskonttaustekijä, jossa $b = 1/(1+r)$, r on laskentakorkokanta (%), t_T on aika vuosina nykyhetkestä, jolloin poimintahakkuun ns. *steady state* alkaa, t_S on hakkuusykli *steady state*-tilassa (vuosia) ja CR on simuloidun poimintahakkuun hakkuutulo hakkuusyklin lopussa t_S (€/ha).

Vastaavasti, jaksollisen kasvatuksen taloudellinen tulos laskettiin kaavalla:

$$\Pi_{RF} = \sum_{i=0}^T b^{t_i} \sum_{k=1}^K CR_{t_i}^k + \frac{\sum_{n=1}^N b^{t_n} \sum_{h=1}^H CR_{t_n}^h - \sum_{l=0}^M b^{t_l} \sum_{p=1}^P sc_{p,t_l}}{1-b^{t_N}} * b^{t_T} \quad (2)$$

, jossa Π_{RF} on jaksollisen metsänkasvatuksen taloustulos, €/ha, CR^k on nykypuuston k :nnen harvennuksen tai päätehakkuun, K hakkuutulo (€/ha) ajanhetkellä t_i , b on diskonttaustekijä (Ks. kaava 1), CR^h on seuraavassa puusukupolvessa h :nnen harvennuksen tai päätehakkuun hakkuutulo (€/ha) ajanhetkellä t_h , sc_p on työläjän p kustannus (€/ha) ajanhetkellä t_i ja t_N kuvaa simuloidun puusukupolven kiertoaikaa vuosina. Lyhyesti, kaavan (2) yhtälön oikeanpuoleinen toinen termi kuvaa paljaan maan

arvoa diskontattuna lähtötilanteeseen ja ensimmäinen termi nykypuusukupolven nettotulojen nykyarvoa lähtötilanteesta päätehakkuuseen.

Talouslaskennassa Ruotsinkylän kohteilla (alue: Etelä-Suomi) sovellettiin samoja yksikköhintoja ja -kustannuksia kuin Viitala ym. (2023) raportissa, ja ne esitetään taulukossa 3. Taulukossa 3 esitetään myös Asmonkorven (Oulu) kohteilla sovelletut yksikköhinnat ja -kustannukset, jotka puolestaan pohjautuvat koko maan viiden kalenterivuoden (2018-2022) aritmeettisiin, reaalsiin keskiarvoihin (nimellishinnat deflatoitu elinkustannusindeksisarjan 1951:10=100 mukaan).

Taulukko 3. Talouslaskelmissa käytettävät kantohinnat (€/m³) ja metsänhoidon kustannukset (€/ha), Etelä-Suomi (suluissa koko maan lukuarvot). Lukuarvot reaalisia keskiarvoja vv. 2018–2022 deflatoiduista nimellisistä lukuarvoista.

Harv.tapa	Mäntytukki	Kuusitukki	Koivutukki	Mäntykuitu	Kuusikuitu	Koivukuitu
uudistushakkuu	68.44 (66.88)	71.27 (69.95)	48.86 (50.64)	21.32 (21.95)	24.12 (23.68)	21.02 (20.96)
harvennus	60.08 (56.77)	61.85 (58.84)	42.55 (43.48)	19.17 (18.59)	19.65 (19.13)	18.51 (18.02)
ensiharvennus	49.73 (44.89)	51.88 (47.27)	39.44 (37.49)	14.77 (14.45)	15.10 (14.49)	14.36 (14.17)
Metsänhoitokustannukset, €/ha maanmuokkaus 483.7 (454.5) istutus 824.0 (797.8) varhaisperkaus 404.2 (425.4) taimikonhoito 531.5 (514.1) kunnostusojitus 396.8 (281.8)						

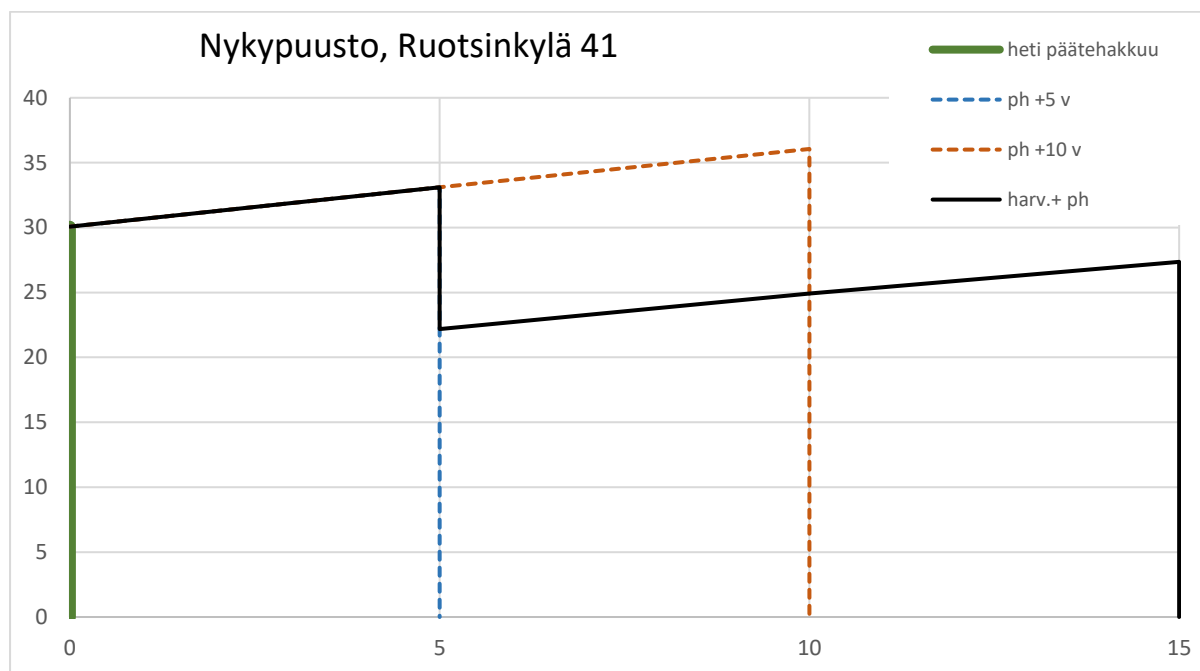
Metsänkäsittelyvaihtoehdot

Jaksollisessa kasvatuksessa lähtöpuusto käsiteltiin neljällä vaihtoehtoisella tavalla (päätehakkuu heti, päätehakkuu viiden vuoden päästä, päätehakkuu 10/20 vuoden päästä ja harvennus+ päätehakkuu), joista taloustarkasteluihin valittiin se, joka yhdessä seuraavien puusukupolvien taloustuloksen (ns. diskontattu paljaan maan arvo) kanssa tuotti suurimman nettotulojen nykyarvon laskentakorkokannoilla 2–5 %. Seuraavan puusukupolven kasvatusvaihtoehdot simuloitiin kolmella eri tavalla: *i*) metsänhoidon suositusten mukaan, *ii*) vuonna 2023 laadittujen harvennusmallien mukaan ja *iii*) aikaistettuja harvennuksia käyttäen. Näistä kolmesta valittiin aina se, joka yhdessä edellisen puusukupolven (lähtöpuusto) taloustuloksen kanssa tuotti korkeimman nettotulojen nykyarvon (laskentakorkokannat 2–5 %.). Jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa simuloitiin aina kolme vaihtoehtoista kasvatusetjua, joilla tavoiteltiin eri pohjapinta-alarajaa ja eripituista hakkuusykliä *steady state*-tilassa. Taloustarkasteluihin valittiin kolmesta vaihtoehdosta paras.

Tulokset

Kasvu- ja tuotos

Ruotsinkylän jatkuvapeitteiselle kasvatukselle epäsuotuisan (koeala 41) lähtöpuuston kehitys jaksollisessa kasvatuksessa nykypuusukupolvessa esitetään kuvassa 1.

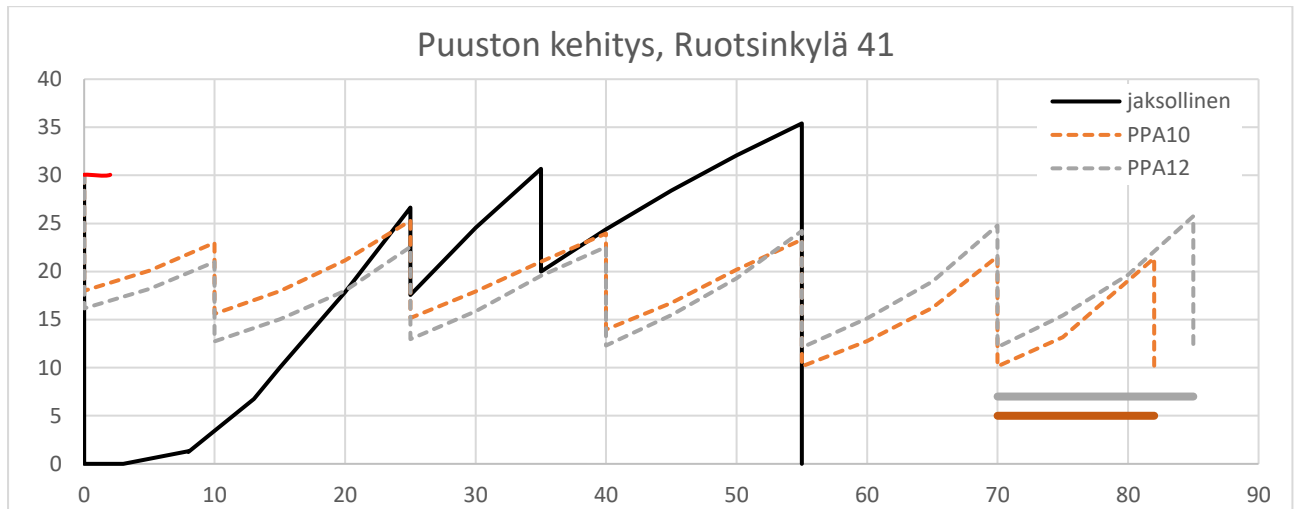


Kuva 1. Ruotsinkylä epäsuotuisan (koeala 41) lähtöpuuston kehitysennusteet nykypuusukupolvessa jaksollisessa kasvatuksessa, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Kuvassa 1 esitetyistä vaihtoehdoista valittiin se, joka yhdessä seuraavien puusukupolvien taloustuloksen (diskontattu paljaan maan arvo) kanssa tuotti suurimman nettotulojen nykyarvon. Vaihtoehdoista valikoitui ”päätehakkuu heti” lähtökohtaisesti lähes kaikilla laskentakorkokannoilla (pl. 2 %n mukaan laskettuna).

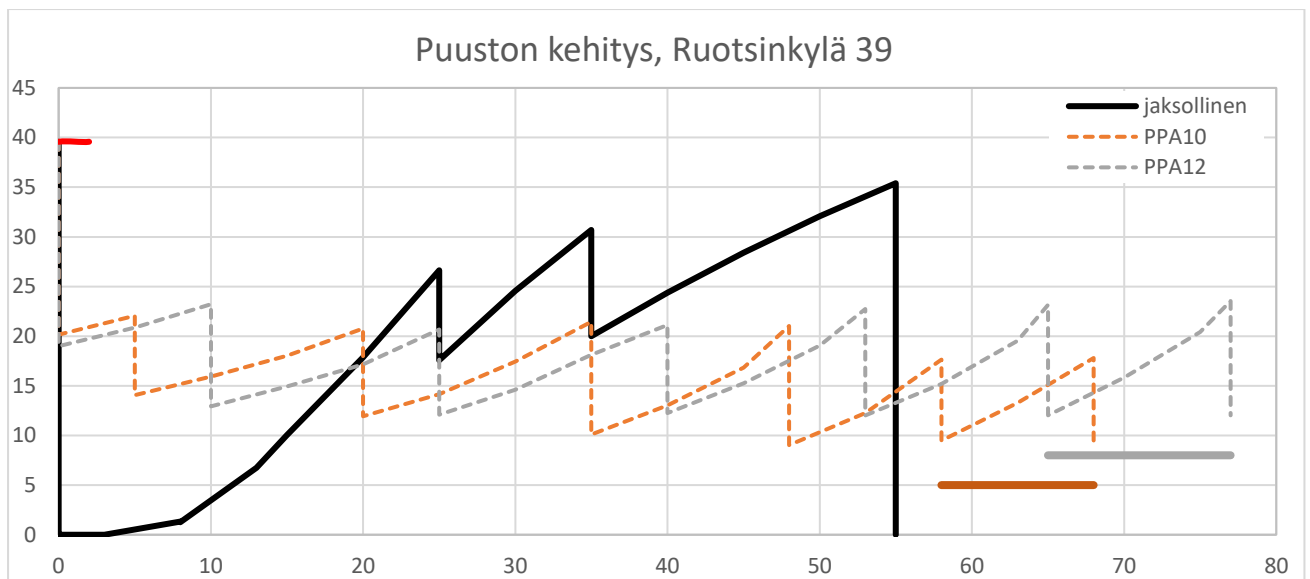
Seuraavaksi jaksollisessa kasvatuksessa simuloitiin seuraavien puusukupolvien puuston kehitys. Tämä ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta vaihtoehtoa on esitetty kuvassa 2. Jaksollisessa kasvatuksessa juokseva vuosikasvu (MAI, mean annual increment) oli $11.6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, kun se jatkuvapeitteisen *steady state*-tilassa oli $10.1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (kun PPA -tavoite oli $12 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$). Jaksollisessa kasvatuksessa ensimmäisten 55 vuoden (nykypuusukupolvi + seuraava kiertoaika) kokonaiskertymä oli $1\,067 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, kun jatkuvapeitteisen kasvatuksen vastaava lukuarvo samalta aikajaksolta (0–55 v) oli $769 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Ero tasoittui seuraavan 55 vuoden aikana (56–110 v), mutta oli edelleen noin 20 %-

yksikköä jaksollisen kasvatuksen hyväksi. Tuloksia tulkittaessa on syytä korostaa, että lähtötilanteen puustopääoma vaikutti kertymiin ratkaisevasti.



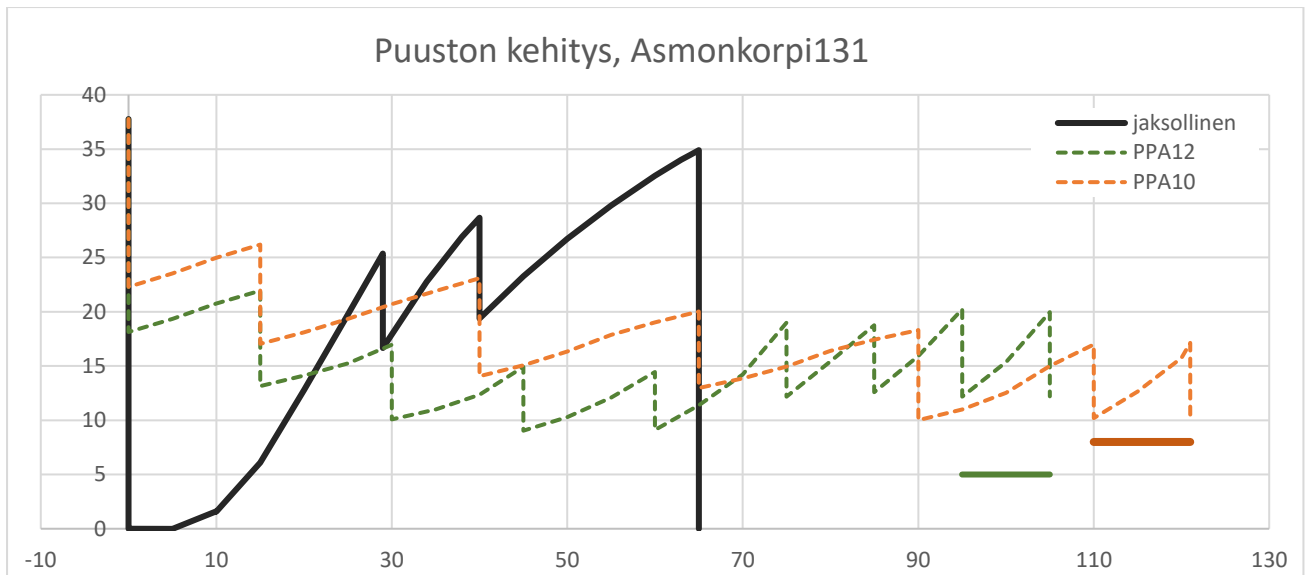
Kuva 2. Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta kasvatusvaihtoehtoa, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. ”PPA10” ja ”PPA12” viittaavat jatkuvapeitteisen kasvatuksen tavoitepohjapinta-aloihin steady state-tilassa, ja horisontaalit viivat kuvastavat jatkuvapeitteisen kasvatusketjun *steady state*-tilan alkamisajankohtaa ja hakkuusyklin pituutta vuosina. Punainen aaltoviiva vuonna 0 kuvaa puuston pohjapinta-alaa lähtötilanteessa. Vaaka-akselilla esitetty simulointivuosi, vuodet 0–90.

Ruotsinkylän kohteista rajatapauksen (koeala 39) kohdalla nykypuuston jaksollisen kasvatuksen taloudellisesti paras vaihtoehto oli poikkeuksetta heti päätehakkuu. Tämä johtui suurelta osin lähtöpuuston puustopääomasta, joka oli suurempi kuin koealalla 41 (Ks. taulukko 1). Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta vaihtoehtoa on esitetty kuvassa 3. Kuvasta 3 nähdään, että *steady state*-tilan saavuttaminen kesti vähemmän aikaa kuin epäsuotuisalla kohteella (vrt. kuva 2). Juokseva keskikasvu (MAI) oli jatkuvapeitteisen kasvatuksen parhaan vaihtoehdon *steady state*-tilassa $n 9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Ero Ruotsinkylän toiseen koealaan (41) johtuu metsikön lähtötilanteen rakenteesta, joka tässä (koeala 39) mahdollisti suuremmat konversiovaiheen kertymät. Se puolestaan hieman laski *steady state*-tilan hakkuusyklin kertymää, mutta toisaalta paransi taloudellista tulosta, koska konversiovaiheen hakkuut luonnollisesti ajoittuvat ennen *steady state*-tilaa. Tässä yhteydessä on kuitenkin korostettava, että tässä raportin tarkasteluissa kasvatusketjuja ei optimoitu. Metsikkötason optimointi olisi varmuudella tuottanut taloudellisesti parhaan tuloksen niin, että sekä konversiovaihe että *steady state*-tila molemmat olisivat optimaalisia.



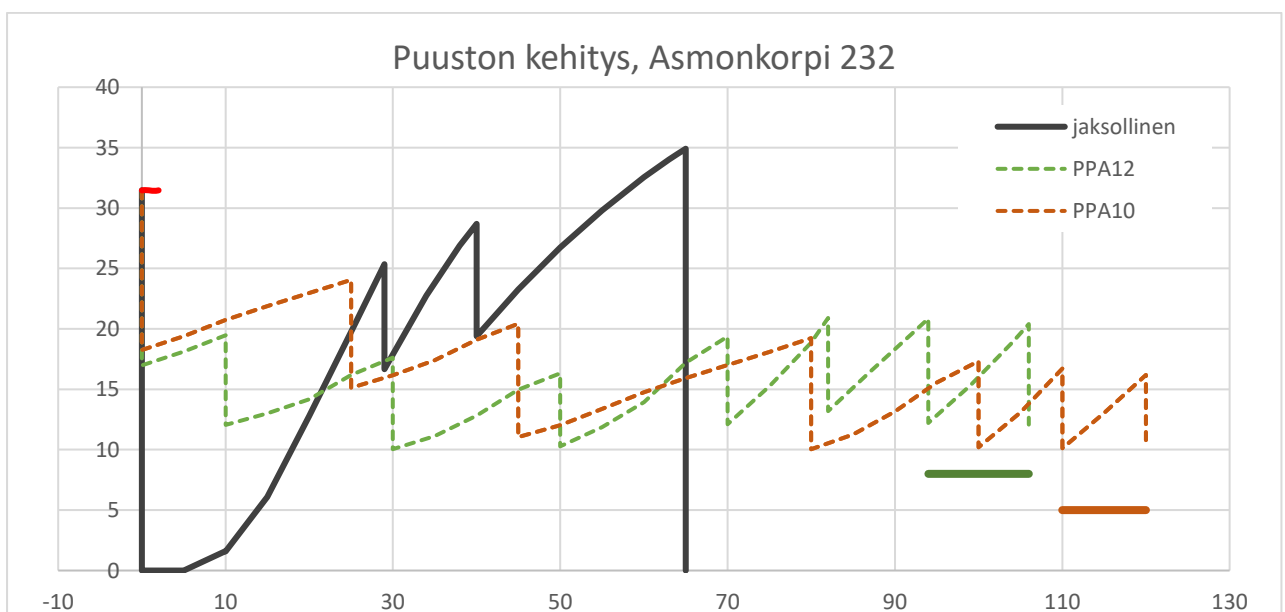
Kuva 3. Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta kasvatusvaihtoehtoa, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Symbolit samat kuin kuvassa 2. Vaaka-akselilla esitetty simulointivuosi, vuodet 0–80.

Pohjois-Pohjanmaan jatkuvapeitteiselle kasvatukselle *a priori* epäsuotuisan lähtötilanteen (Asmonkorpi koeala 131) puusto oli jaksollisessa kasvatuksessa perusteltua päätehakata heti, laskentakorkokannoilla 2, 3, 4 ja 5 %. Vastaavasti jaksollisen kasvatuksen seuraavan puusukupolven kehitys ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta vaihtoehtoa on esitetty kuvassa 4. Jatkuvapeitteisen kasvatuksen tavoitepinta-ala 12-vaihtoehdossa (kuva 4) tehtiin heti alussa voimakas poimintahakkuu, minkä jälkeen puustoa kasvatettiin 15 vuotta. Tällöin tehtiin toinen voimakas poimintahakkuu. Seuraavilla kolmella poimintahakkuulla jäävä pohjapinta-ala pudotetaan noin 10 m^2 :iin, josta sitten lähdetään nousemaan. Voimakkaiden hakkuiden tavoitteena oli saada taimettuminen alkuun/käyntiin sekä luontainen alikasvos syntymään ja kasvamaan. Alikasvoksesta syntyneen nuoremman puuston voimistunut kasvu alkoi näkyä nopeampana pohjapinta-alan kehityksessä vasta viidennen poimintahakkuun jälkeen. *Steady state*-tila saavutetaan yli 90 vuoden kuluttua, ja hakkuusyklin pituus on 10 vuotta puuston pohjapinta-alan kehittyessä hakkuusyklissä suhteellisen voimakkaasti (kuva 4). Jaksollisessa kasvatuksessa juokseva vuosikasvu oli $7.2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, kun se *steady state*-tilassa oli $5.8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Huom. kasvupaikka on mustikkaturvekangas). Kokonaishakkuukertymä jaksollisessa kasvatuksessa ensimmäisten 65 vuoden aikana (nykypuusukupolvi+seuraava) oli $829 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, kun se jatkuvapeitteisessä oli ainoastaan $540 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ (suhteellinen ero n 35 %). Ero toki tasoittui seuraavien 65 vuoden aikana (vv. 66–130), ollen suhteellisenä ilmaistuna n 26 %-yksikköä. Tässä yhteydessä on tärkeä korostaa, että hakkuukertymien eri kasvatusmenetelmien välillä oli voimakkaasti ehdollinen lähtöpuuston rakenteelle.



Kuva 4. Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta kasvatusvaihtoehtoa, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. ”PPA10” ja ”PPA12” esittävät jatkuvapeitteisen kasvatuksen tavoitepinta-aloja (steady state). Lähtötilanteessa puuston pohjapinta-ala oli $37.8 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$. Oikean alaosan vaakaviivat kuvaavat jatkuvapeitteisen kasvatusketjun *steady state*-tilan alkamisajankohtaa ja hakkuusyklin pituutta vuosina. Vaaka-akselilla on esitetty simulointivuosi, vuodet 0–130.

Asmonkorven rajatapaus-lähtötilanteessa (Asmonkorpi koeala 232) oli jaksollisessa kasvatuksessa perusteltua tehdä heti päätehakkuu kaikilla laskentakorkokannoilla 2–5 %. Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta vaihtoehtoa on esitetty kuvassa 5.

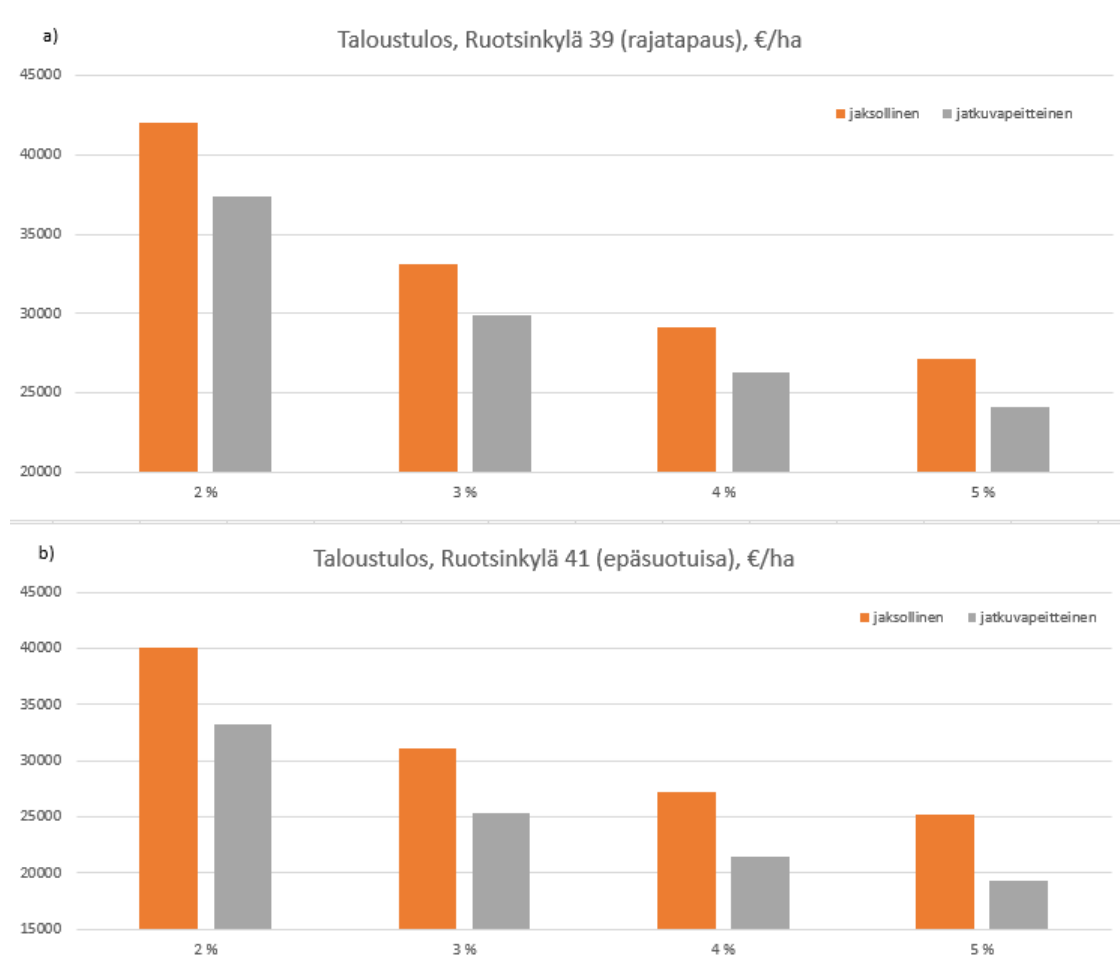


Kuva 5. Puuston kehitys jaksollisen kasvatuksen seuraavassa puusukupolvessa ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen kaksi parasta kasvatusvaihtoehtoa, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Symbolit samat kuin Kuvassa 2. Vaaka-akselilla esitetty simulointivuosi, vuodet 0–130.

Taloustulokset

Ruotsinkylä

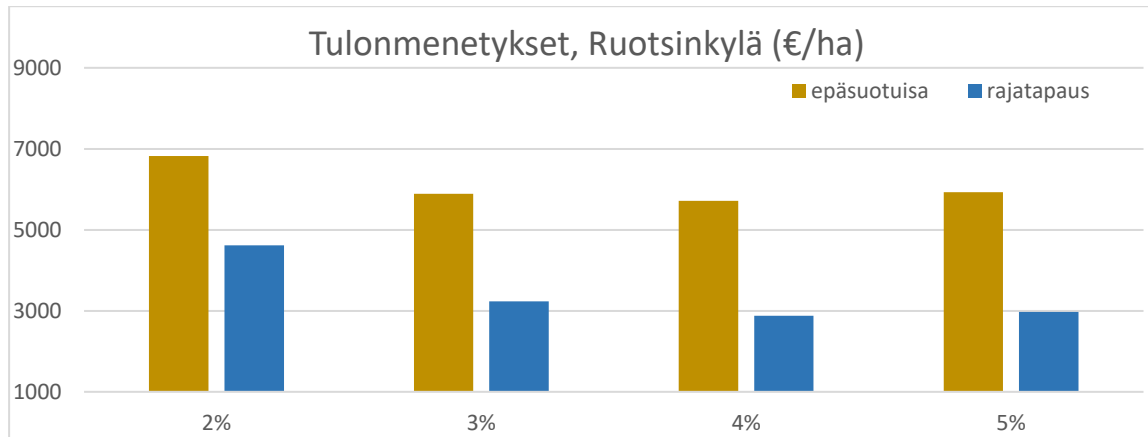
Ruotsinkylän lähtöpuustoissa näyttää siltä, että jaksollinen kasvatus on selkeästi taloudellisesti kannattavampaa kuin jatkuvapeitteinen kasvatus (kuva 6a, b).



Kuva 6. a) jaksollisen ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen taloustulos Ruotsinkylän rajatapaus-kohteessa ja b) epäsuotuisassa kohteessa, € ha^{-1} .

Kuvasta 7 nähdään, että metsänomistajalle koituu tulonmenetyksiä siirryttäessä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen. Esimerkiksi, 4 %:n laskentakorkokannalla epäsuotuisassa

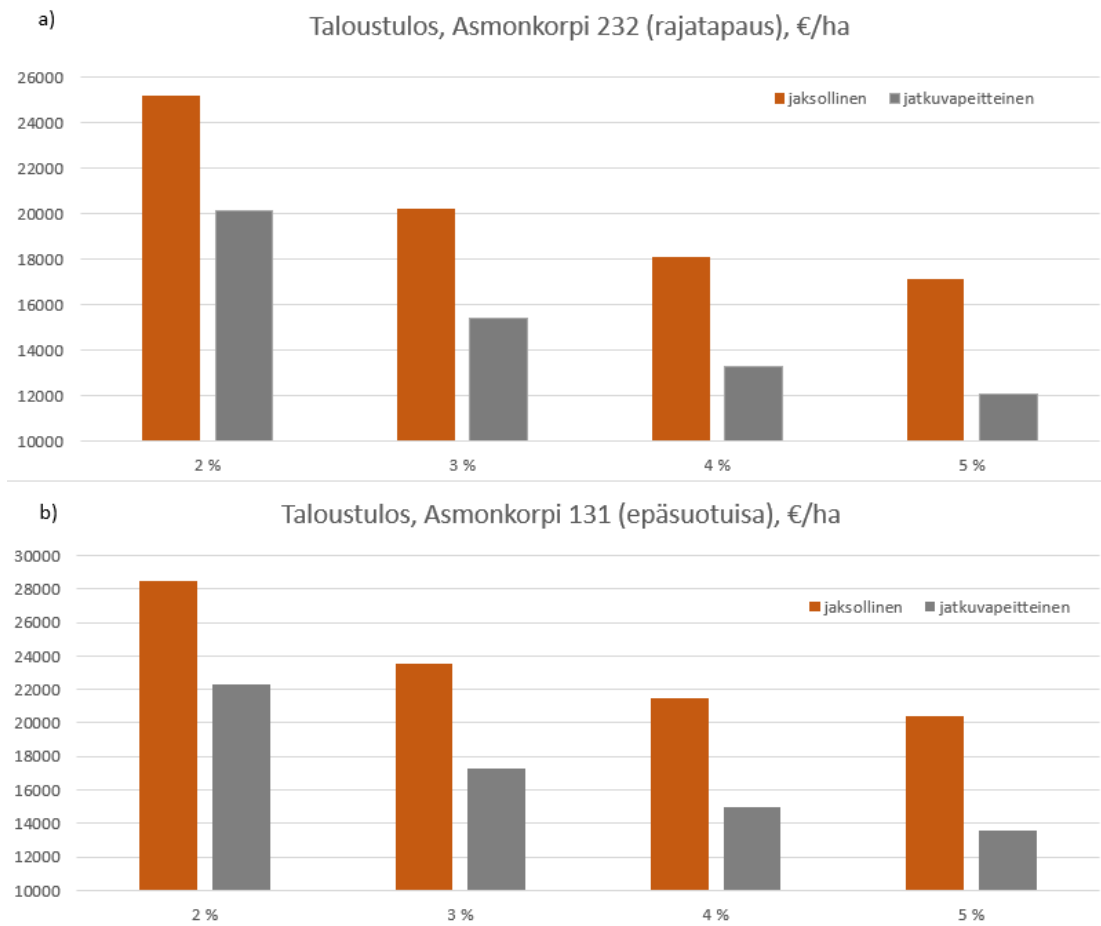
lähtötilanteessa metsänomistaja menettäisi noin 5 700 € hehtaarilla siirtyessään jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen (kuva 7).



Kuva 7. Tulonmenetykset Ruotsinkylän epäsuotuisassa (koeala 41) ja rajatapauksessa (koeala 39) siirryttäessä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen, €/ha. [Huom. teknisesti tulonmenetykset ovat erotuksia kahden loglineaarisen sarjan välillä, jolloin tulonmenetys itsessään ei välttämättä ole loglineaarinen laskentakorkokannan suhteen].

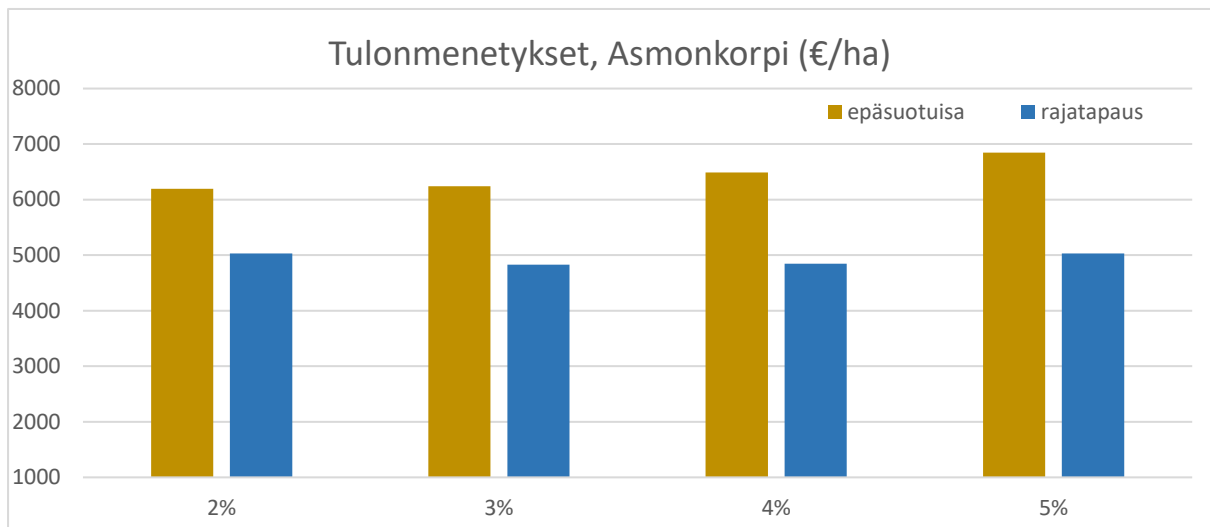
Asmonkorpi

Asmonkorven lähtöpuustoissa näyttää myös, että jaksollinen kasvatus oli taloudellisesti kannattavampaa kuin jatkuvapeitteinen kasvatus kaikilla laskentakorkokannoilla 2–5 % (kuva 8a, b).



Kuva 8. a) *a)* jaksollisen ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen taloustulos Asmonkorven rajatapauskohteessa ja *b)* epäsuotuisassa kohteessa, € ha⁻¹.

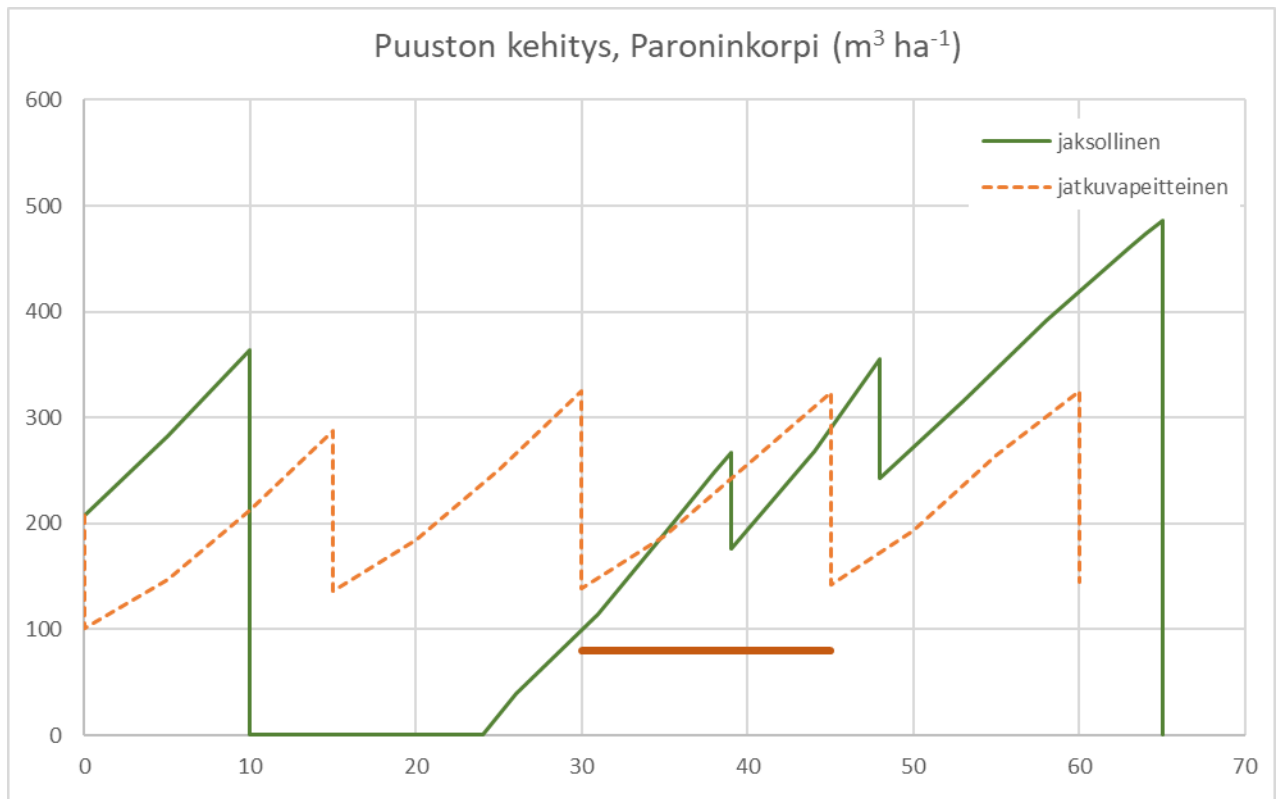
Myös Asmonkorven kohteilla metsänomistaja menettää tuloja siirtyessään jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen (kuva 9). Epäsuotuisasta lähtötilanteesta tarkasteltaessa tulonmenetykset vaihtelivat noin 6 194 ja 6 844 €/ha välillä, kun taas rajatapauksessa vaihtelua oli noin 4 830 ja 5 033 €/ha välillä, riippuen laskentakorkokannasta 2–5 % (kuva 9). Vertailtaessa Asmonkorven tulonmenetyksiä Ruotsinkylän vastaaviin (kuva 9 vs. kuva 7) nähdään, että Asmonkorven tulonmenetykset olivat keskimäärin hieman suurempia.



Kuva 9. Tulonmenetykset Asmonkorven epäsuotuisassa ja rajatapauksessa (koeala 39) siirryttäessä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen, €/ha.

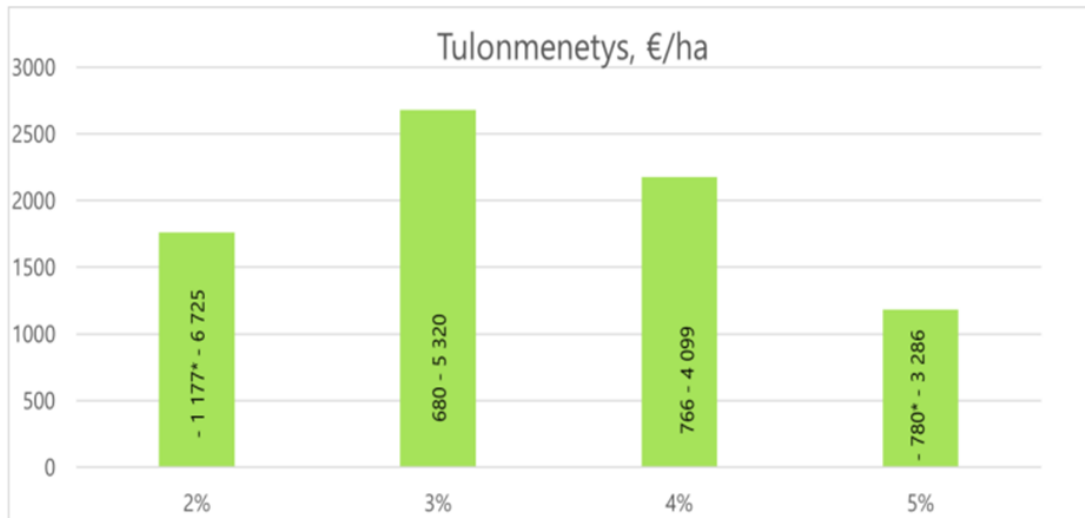
Päivitetty tarkastelu, Paroninkorpi

Koska Motti-metsikkösimulaattorin kasvumalleihin on tehty useita muutoksia ja päivityksiä viimeisen vuoden aikana, oli perusteltua toistaa vuoden 2023 Paroninkorven simuloinnit vuonna 2024 päivitettyillä malleilla. Kuvassa 10 esitetään Paroninkorven simuloinneista jaksollisen ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen paras vaihtoehto (molemmissa simuloitiin kaksi vaihtoehtoista kasvatusketjua), kun simuloinnit toteutettu päivitettyillä malleilla. Kuvaa 10 voi verrata Viitala ym. (2023) raportin kuviin 7 (jaksollinen) ja 8 (jatkuvapeitteinen) sivuilla 35 ja 36. Lähtökohtaisesti voidaan sanoa, että päivitettyillä malleilla Paroninkorven puusto kasvoi hieman paremmin sekä jaksollisessa että jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa kuin vuoden 2023 malleilla.



Kuva 10. Päivitettyjen mallien mukaan puuston kehitys jaksollisessa ja jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa Paroninkorvessa, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Lähtöpuuston tilavuus $207 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$. Vaakaviiva kuvaa jatkuvapeitteisen kasvatuksen *steady state*-tilan alkamisajankohtaa ja hakkuusyklin pituutta.

Vertailtaessa vuonna 2023 Paronikorvelle laskettuihin tulonmenetyksiin (kuva 11: kuvankaappaus Viitala et al. 2023; alkuperäinen kuva sivulla 38) voidaan todeta, että päivitettyillä malleilla määritetyt tulonmenetykset Paroninkorvessa ovat linjassa (taulukko 4). Esimerkiksi, kun vuoden 2023 mukainen tulonmenetyksen vaihteluväli 3 %:n laskentakorkokannalla oli 680–5 320 €/ha (kuva 11), oli se päivitettyillä malleilla (kun vertailtiin ainoastaan paras vs. paras) 4 384 €/ha (taulukko 4). Vastaavasti, 4 %:n mukaan laskettaessa tulonmenetyksen vaihteluväli oli vuoden 2023 tuloksissa 7 66–4 099 €/ha (kuva 11) ja päivitettyjen mallien mukaan 3 751 €/ha (taulukko 4).



Kuva 11. Viitala et al. (2023) raportin alkuperäinen kuva sivulla 38. Alkuperäinen kuvateksti: Tulonmenetys siirryttäessä esimerkin metsikössä jaksollisesta metsänkasvatuksesta jatkuvapeitteiseen poimintahakkuin, €/ha. Lukuarvot pylväiden sisällä kuvaavat tulonmenetyksen vaihteluväliä. Merkintä * tarkoittaa, että paras jatkuvapeitteinen vaihtoehto oli parempi kuin heikoin jaksollinen vaihtoehto. Laskentakorko 2–5 prosenttia.

Taulukko 4. Tulonmenetykset Paronikorven kohteella eri korkokannoilla vertailtaessa päivitettyjen mallien mukaista parasta jatkollisen kasvatuksen ja parasta jatkuvapeitteisen kasvatuksen vaihtoehtoa keskenään, €/ha.

Tulonmenetykset, €/ha			
2 %	3 %	4 %	5 %
5 000	4 384	3 751	3 074

Johtopäätökset

Tämän raportin tuloksia tulkittaessa on syytä korostaa, että talouslaskelmat perustuivat simulointeihin, joissa ei sovellettu metsikkötason optimointia (Ks. Juutinen ym. 2020). Sen sijaan, tämän raportin tavoitteena oli kartoittaa mahdollisia tulonmenetyksiä siirryttäessä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen, kun metsänkäsitteily toteutetaan jaksollisessa kasvatuksessa metsänhoidon suositusten (vaihtoehtoisesti uusien harvennusmallien) mukaan ja vastaavasti jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa sovellettiin joko 10 tai 12 m² ha⁻¹ tavoitepohjapinta-alaa

steady state-tilassa. Lähtöpuusto muutetaan *steady state*-tilaan siten, että toistuvien poimintahakkuin muutetaan metsikkörakenne jatkuvapeitteiselle kasvatukselle soveltuvaksi. Pohjapinta-alojen 10 ja 12 m² ha⁻¹ katsotaan turvaavan riittävän puuston haihdunta, jotta kunnostusajituksilta voitaisiin välttyä (esim. Juutinen ym. 2021), minkä katsotaan olevan turvemailla yksi merkittävä jatkuvapeitteisen kasvatuksen hyöty verrattuna jaksolliseen kasvatukseen (Nieminen ym. 2018).

Sekä Etelä-Suomessa (Ruotsinkylä) että Pohjois-Pohjanmaalla (Asmonkorpi) metsänomistajalle aiheutui tulonmenetyksiä hänen siirtyessään jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen — niin rajatapauksessa kuin epäsuotuisastakin lähtötilanteesta simuloitaessa. Tulonmenetykset olivat hieman suurempia pohjoisemmassa (Asmonkorpi), mutta tässä yhteydessä on korostettava, että myös puuston rakenteet (lähtötilanne) ja kasvupaikkatyyppi poikkesivat toisistaan Etelä-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan välillä. Suuntaa antavana lukuarvona voidaan esittää, että Etelä-Suomen esimerkissä (Ruotsinkylä, ruohoturvekangas) metsänomistaja menettäisi keskimäärin noin 3 426 €/ha rajatapauksessa ja noin 6 091 €/ha jatkuvaan kasvatukseen epäsuotuisassa lähtötilanteessa hänen siirtyessään jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen — lukuarvot kuvaavat eri laskentakorkokannoilla määritettyjen tulonmenetysten (nettotulojen nykyarvon erotus) keskiarvoa. Vastaavasti, Pohjois-Pohjanmaalla (Asmonkorpi, mustikkaturvekangas) metsänomistaja menettäisi rajatapauksessa noin 4 935 €/ha ja epäsuotuisassa tapauksessa noin 6 443 €/ha.

Edellisessä kappaleessa esitettyjä karkeita keskiarvoja on kuitenkin syytä olla hyödyntämättä sellaisenaan, sillä ne kuvaavat tilanteita, joissa jatkuvalle kasvatukselle on lähtökohtaisesti varsin huonot edellytykset. Ne ikään kuin kuvastavat tilanteita, joissa ei ole perusteltua — ainakaan taloudellisesta näkökulmasta — siirtyä jatkuvapeitteiseen metsätalouteen. Sen sijaan, tämän raportin tuloksia yhdessä viime vuonna tuotettujen tulosten (Viitala ym. 2023) kanssa voidaan hyödyntää taustatietoina esimerkiksi hahmoteltaessa pilottihankkeita, joissa metsänomistajille kaavaillaan mahdollisia taloudellisia kompensatioita siirryttäessä jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen rehevien turvemaiden metsissä. Samalla keskusteluun on tuotava ympäristöhyötyjen tuottamisen (esim. Dasgupta 2021) näkökulma, jota tässä raportissa ei ole otettu huomioon. Esimerkiksi, suometsien vesistökuormituksen pienentäminen on ympäristöhyöty, jolle voidaan laskennallisesti määrittää tuotantokustannukset. Tässä ja viime vuoden raportissa (Viitala ym. 2023) keskityttiin pelkästään mahdollisten tulonmenetysten arviointiin – tulonmenetysten arviointia ja

ympäristöhyötyjen tuotantokustannuksia molempia tarvitaan päätettäessä turvemaiden metsien tulevaisuudesta.

Lähteet

Dasgupta, P. 2021. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. (London: HM Treasury)

Juutinen, A., Ahtikoski, A. ja Rämö, J. 2020. Puuntuotannon kannattavuuteen vaikuttavat tekijät jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa. Metsätieteen Aikakauskirja 2020-10313. 11 s.

Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A., Rämö, J., Mäkipää, R., Laiho, R., Sarkkola, S., Lauren, A., Penttilä, T., Hökkä, H. and Saarinen, M. 2021. Profitability of continuous cover forestry in Norway spruce-dominated peatland forest and the role of water table. Canadian Journal of Forest Research. 10.1139/cjfr-2020-0305

Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., Kojola, S., Sarkkola, S., Launiainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, R., Miettinen, J. and Ollikainen, M. 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? Forest Ecology and Management 424(2018):78-84. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.046>

Viitala, E.-J., Ahtikoski, A., Haltia, E., Hökkä, H., Mäkipää, R., Nieminen, M., Saarinen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A. & Valkonen, S. 2023. Tehokkaat ohjauskeinot jatkuvapeitteisen metsänkäsitteilyn edistämiseksi runsasravinteisilla turvemaidella. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 100/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 79 s.