

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020.
Ilmastokestävyys näyttö -taulukon selitteet

Toimenpiteen vaikutus arvioidaan asteikolla:

	Selvästi positiivinen: vaikutus yli 15 %.
	Positiivinen: vaikutus 5-15 %.
	Ei vaikutusta: +5 - - 5 %
	Vaikutuksen suunta riippuu myös muista tekijöistä, esim. korkokannasta.
	Negatiivinen: vaikutus 5-15 %.
	Selvästi negatiivinen: vaikutus yli 15 %.
?	Ei tiedetä

Tutkimusnäytön vahvuuden ilmaiseminen

Näytönaste Määritelmä

● ● ●	Vahva: useita samansuuntaisia tutkimustuloksia. Tulokset kattavia alueellisesti ja kasvupaikkojen ym. suhteen.
● ●	Keskinkertainen: osin ristiriitaisia tuloksia, tutkimusaineiston edustavuus puutteellinen tai vähäinen lukumäärä tuloksia.
●	Heikko: vain osittaisia tuloksia, joita täydennetty asiantuntija-arvioilla.
-	Ei tutkimustuloksia: toimenpiteen vaikutuksen kuvaus perustuu asiantuntija-arvioon

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Ilmastokestävyysnäyttö.

1/2

Kestävyys osa-alueet	Ekosysteemi palvelu	Taulukossa oletettuna ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.							
		ARVIOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT							
		Kriteeri	Indikaattori	Jatkuva kasvatustuote suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (kivennäismaiden kasvatustuote)		Jatkuva kasvatustuote suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (turvemaiden kasvatustuote)		Sekametsien lisääminen metsänhoidossa verrattuna nykyiseen	
Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")			Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")		
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	••	•	••	-	-	-
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	••	•	•	-	?	?
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	••	•	••	-	-	-
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	••	•	•	-	?	?
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	-	-	••	-	-	-
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	••	••	-	-	•	-
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	-	-	-	-	•	•
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	•	•	•	•	•	•
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Metsäpalariski	-	-	-	-	-	-
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	••	••	••	••	-	-
TA	TU		Taloudellinen tulos	••	••	••	••	-	-
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemi- ja palvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	•	•	•	•	•	•
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	?	?	?	?	-	-
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	-	-	-	-	•••	•••

		Taulukossa olettamuksena ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.							ARVIOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT	
Kestävyys osa-alueet	Ekosysteemi palvelu	Kriteeri	Indikaattori	Kiertoajan pidentäminen suhteessa nykysuositukseen (uudistusalat)		Kasvatustiheyksien nostaminen suhteessa nykyisiin harvennusmalleihin (kasvatusmetsä)		Jalostetun siemenmateriaalin käyttö suhteessa metsikkösiemeneseen (uudistusalat)		
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	•	•	••	••	•••	•••	
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	••	••	•	•	-	-	
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	••	••	••	••	•••	•••	
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	••	••	•	•	-	-	
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	-	-	-	-	-	-	
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	-	•	?	?	-	-	
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	•	•	?	?	?	?	
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	?	?	?	?	?	?	
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	•	•	•	•	?	?	
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	•	•	•	•	?	?	
IL	SÄ		Metsäpalariski	•	•	-	-	?	?	
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	••	••	•	•	•••	•••	
TA	TU		Taloudellinen tulos	•••	•••	••	••	•••	•••	
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemi- ja palvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	••	••	•	•	-	-	
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	••	••	?	?	-	-	
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	-	-	-	-	-	-	

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.
Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Ilmastokestävyyden näyttö.

2/2

		Taulukossa olettamuksena ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.							
Kestävyiden osa-alueet	Ekosysteempipalvelu	ARVIOITAVAT METSANHOIDON VAIHTOEHDOT							
		Kriteeri	Indikaattori	Metsän suojelu suhteessa puuntuotantoon		Heikkotuottoisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen		Ravinteisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen	
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	●●	●●	●	●	●	●
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	●●	●●	●	●	●	●
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	●●	●●	●	●	●	●
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	●●	●●	●	●	●	●
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	-	-	●	●	●	●
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	?	?	-	-	-	-
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Metsäpaloriski	-	-	-	-	-	-
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	●●●	●●●	●●	●●	●●	●●
TA	TU		Taloudellinen tulos	-	-	-	-	-	-
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	●●●	●●●	-	-	-	-
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	●●●	●●●	-	-	●	●
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	-	-	●	●	●	●

Kestävyyden osa-alueet	Ekosysteempipalvelu	Taulukossa olettamuksena ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.							
		ARVIOITAVAT METSANHOIDON VAIHTOEHDOT							
		Kriteeri	Indikaattori	Lannoitus suhteessa ettei lannoiteta (kivennäismaiden kasvatusmetsä)		Lannoitus suhteessa ettei lannoiteta (turvemaiden kasvatusmetsä)		Hakkuutähteen ja kantojen korjuu suhteessa ettei korjata (uudistusalat)	
Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")			Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")		
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●	●
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	● ●	● ●	● ●	● ●	●	●
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●	●
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	● ●	● ●	● ●	● ●	●	●
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	●	-	● ●	● ●	-	?
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	●	●	●	●	● ●	?
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	●	●	●	●	● ●	●
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	-	-	-	-	-	-
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	●	?	-	?	-	-
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	-	-	?	?	-	-
IL	SÄ		Metsäpaloriski	-	-	-	-	-	-
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●	●
TA	TU		Taloudellinen tulos	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●	●
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	-	-	-	-	● ●	-
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	?	?	?	?	● ●	-
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	-	-	-	-	-	-

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Vaikutusmekanismi.

		ARVIOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT							
Kestävyysden osa-alueet	Ekosysteempipalvelu	Kriteeri	Indikaattori	Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (kivennäismaiden kasvatusmetsä)		Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (turvemaiden kasvatusmetsä)		Sekametsien lisääminen metsänhoidossa verrattuna nykyiseen	
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	Uudistuskypsässä metsässä lyhyellä aikavälillä kasvaa, koska hakataan vähemmän (kun vertaillaan samaa käsittelypinta-alaa ja luontainen uudistuminen onnistuu). Käsittelyn intensiteetillä on merkitystä. Harvennusmetsässä vaikutus on päinvastainen.	Pitkällä pienenee, koska puuntuotos pienempi, joka pienentää myös hiilinielua. Erityisesti kuusen kohdalla ilmastonmuutoksen tuomat riskit voivat vähentää nielua.	Jatkuvassa kasvatuksessa hiilinielusta osa säilyy alueella, kun taas avohakkuun yhteydessä hiilinielu menetetään joksikin aikaa.	Pitkästä vaikutuksesta ei ole julkaistuja tuloksia. Asiaan vaikuttavat esimerkiksi se, miten puuston kasvun taso muuttuu erilaisissa käsittelyissä sekä se, miten avohakkuualojen hiilinielut kehittyvät ajassa.	Ei suoranaisesti lisää puuntuotosta. Voi olla vaikutusta hiilensidontaan välillisesti, sillä sekametsien oletetaan olevan elinvoimaisempia ja siten turvaavat hiilensidontaa.	Ei suoranaisesti lisää puuntuotosta. Voi olla vaikutusta hiilensidontaan välillisesti, sillä sekametsien oletetaan olevan elinvoimaisempia ja siten turvaavat hiilensidontaa.
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	Ei merkittävää vaikutusta.	Karikesyöte maaperään pysyy jatkuvana ja päätehakkuun jälkeisen avoimen vaiheen puuttuessa maan pinta ei altistu korkeille lämpötiloille tai maanmuokkauksen vaikutuksille. Käsittelyn intensiteetti vaikuttaa.	Veden korkeus vaikuttaa turpeen hajotukseen ja sitä kautta hiilinieluun. Muutokset kariketuotannossa sekä hajotusnopeudessa eri käsittelyillä vaikuttavat taseeseen. Näistä ei ole tutkittua tietoa.	Veden korkeus vaikuttaa turpeen hajotukseen ja sitä kautta hiilinieluun. Jatkuvapeiteisessä pyritään tilanteeseen, jossa vedenpintapysyvyys tasaisesti lähellä turpeen pintaa, mutta tutkimusnäyttöä tämän menetelmän toimivuudesta ei vielä ole. Puustojen kehitys vaikuttaa sekä kariketuotantoon, että ympäristöolosuhteisiin ja nämä taas heijastuvat taseisiin.	Lehtipuut voivat vaikuttaa maaperän hiilinieluun. Puulajien välillä on eroja esimerkiksi vuotuisen karikkeen ja sen hajoamisnopeuden määrässä. Tämä voi myös vaikuttaa maaperän mikrobiston toimintaan.	Lehtipuut voivat vaikuttaa maaperän hiilinieluun. Puulajien välillä on eroja esimerkiksi vuotuisen karikkeen ja sen hajoamisnopeuden määrässä. Tämä voi myös vaikuttaa maaperän mikrobiston toimintaan.
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	Uudistuskypsässä metsässä lyhyellä aikavälillä kasvaa, koska hakataan vähemmän. Nuoremassa metsässä käsittelyn intensiteetillä on merkitystä.	Puuntuotos pienempi. Erityisesti kuusen kohdalla ilmastonmuutoksen tuomat riskit voivat vähentää nielua.	Lyhyellä aikavälillä hakkuiden intensitetit määrittää puuston hiilivaraston muutokset. Ei välttämällä avohakkuuta, puuston määrä pysyy suurempana ja samalla myös sen hiilivarasto.	Pitkällä aikavälillä puuston kasvu ja sen kehittyminen erilaisten hakkuiden seurauksena vaikuttaa voimakkaasti puuston hiilivarastoon. Tästä ei ole vielä tutkittua tietoa.	Voi olla vaikutusta hiilen varastointiin välillisesti, sillä sekametsien oletetaan olevan elinvoimaisempia ja siten turvaavat hiilivarastojen pysyvyyttä.	Voi olla vaikutusta hiilen varastointiin välillisesti, sillä sekametsien oletetaan olevan elinvoimaisempia ja siten turvaavat hiilivarastojen pysyvyyttä.
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	Karikesyöte maaperään pysyy jatkuvana ja päätehakkuun jälkeisen avoimen vaiheen puuttuessa maan pinta ei altistu korkeille lämpötiloille tai maanmuokkauksen vaikutuksille. Käsittelyn intensiteetti vaikuttaa.	Karikesyöte maaperään pysyy jatkuvana. Käsittelyn intensiteetti vaikuttaa.	Lyhyellä aikavälillä avohakkuu saattaa hävitää maaperästä hiiltä, sillä kariketuotos vähenee ja muutokset ympäristöolosuhteissa saattavat kiihdyttää turpeen hajotustoimintaa.	Pitkällä aikavälillä metsiköiden kehittyminen hakkuiden jälkeen muokkaa sekä kariketuotantoa, että ympäristöolosuhteita ja hiilivaraston muutokset riippuvat niistä.	Lehtipuut voivat vaikuttaa maaperän hiilivarastojen pysyvyyteen.	Lehtipuut voivat vaikuttaa maaperän hiilivarastojen pysyvyyteen.
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Lyhyellä aikavälillä avohakkuu alan CH4 ja N2O päästöt ovat suurempia kuin jatkuvapeitteisyyteen tähtäävien hakkuiden jälkeen.	Pitkällä aikavälillä metsiköiden kehittyminen määrittää tilanteen. Toisaalta jatkuvapeitteisyyteen liittyvät toistuvat hakkuut voivat johtaa tilanteeseen, jossa hakkuutaiteita tulee maahan jatkuvasti, mikä saattaa aiheuttaa N2O päästöjen lisääntymistä.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurasuorauksien ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	Juurikääpärisä on erittäin suuri, eikä tautikierteen katkaiseminen puulajivaihdolla ole mahdollista. Peitteinen kasvatus ei siksi sovi lainkaan kasvupaikoille, joilla esiintyy juurikääpää.	Juurikääpärisä on erittäin suuri, eikä tautikierteen katkaiseminen puulajivaihdolla ole mahdollista. Peitteinen kasvatus ei siksi sovi lainkaan kasvupaikoille, joilla esiintyy juurikääpää.	Juurikääpärisä on erittäin suuri, eikä tautikierteen katkaiseminen puulajivaihdolla ole mahdollista. Peitteinen kasvatus ei siksi sovi lainkaan kasvupaikoille, joilla esiintyy juurikääpää.	Juurikääpärisä on erittäin suuri, eikä tautikierteen katkaiseminen puulajivaihdolla ole mahdollista. Peitteinen kasvatus ei siksi sovi lainkaan kasvupaikoille, joilla esiintyy juurikääpää.	Riski pienenee, kun jakautuu usealle puulajille. kuusen juurikäävän leviäminen on hitaampaa, toisaalta generalistilajit voivat hyötyä sekapuustosta, esim. mesisienä.	Riski pienenee, kun jakautuu usealle puulajille. kuusen juurikäävän leviäminen on hitaampaa, toisaalta generalistilajit voivat hyötyä sekapuustosta, esim. mesisienä.
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	Tärkein riski on kirjanpaina. Sen tuhoriski pienenee.	Tärkein riski on kirjanpaina. Sen tuhoriski pienenee.	Tärkein riski on kirjanpaina. Sen tuhoriski pienenee.	Tärkein riski on kirjanpaina. Sen tuhoriski pienenee.	Riski pienenee, kun se jakautuu usealle puulajille.	Riski pienenee, kun se jakautuu usealle puulajille.
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Hirvituhot lisääntyvät mm. lehtipuiden mahdollisen lisääntymisen kautta.	Hirvituhot lisääntyvät mm. lehtipuiden mahdollisen lisääntymisen kautta.
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	Ei ole selkeää tutkimusnäyttöä peitteisen metsänkasvatusmenetelmän vaikutuksesta tuulituhoihin. Oikein tehtynä voi vähentää riskiä.	Ei ole selkeää tutkimusnäyttöä peitteisen metsänkasvatusmenetelmän vaikutuksesta tuulituhoihin. Oikein tehtynä voi vähentää riskiä.	Ei ole selkeää tutkimusnäyttöä peitteisen metsänkasvatusmenetelmän vaikutuksesta tuulituhoihin. Oikein tehtynä voi vähentää riskiä.	Ei ole selkeää tutkimusnäyttöä peitteisen metsänkasvatusmenetelmän vaikutuksesta tuulituhoihin. Oikein tehtynä voi vähentää riskiä.	Kuusi on tuulituholta, muiden puiden lisääminen vähentää tuhoriskiä.	Kuusi on tuulituholta, muiden puiden lisääminen vähentää tuhoriskiä.
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Riski pienenee, kun se jakautuu usealle puulajille.	Riski pienenee, kun se jakautuu usealle puulajille.
IL	SÄ		Metsäpaloriski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Voi olla suurempi paloriski kun mukana on lehtipuusekoitusta, sillä silloin on enemmän palavaa materiaalia (pintakasvillisuus) kuin tiheässä kuusimetsässä.	Voi olla suurempi paloriski kun mukana on lehtipuusekoitusta, sillä silloin on enemmän palavaa materiaalia (pintakasvillisuus) kuin tiheässä kuusimetsässä.
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	Jatkuvapeiteisessä kasvatuksessa ei päästä niin suureen puuntuotokseen kuin viljelymetsätaloudessa.	Pitkän aikavälin hakkuumahdollisuudet 20-25 % pienemmät kuin tasaikäisessä.	Jatkuvapeiteisessä kasvatuksessa ei päästä niin suureen puuntuotokseen kuin viljelymetsätaloudessa.	Pitkän aikavälin hakkuumahdollisuudet 20-25 % pienemmät kuin tasaikäisessä.	Koska hoidetut talousmetsät eivät ole täystihteitä, sekapuustolla ei saada lisätyä puuntuotosta.	Koska hoidetut talousmetsät eivät ole täystihteitä, sekapuustolla ei saada lisätyä puuntuotosta.
TA	TU		Taloudellinen tulos	Pienemmästä puuntuotoksesta huolimatta voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto (alhaiset uudistuskustannukset). Taloudellinen tulos riippuu myös käytetyistä laskentamalleista, sekä puutavaralajien hintasuhteista sekä yksikköhinnoista, korjuukustannuksista, aikahorisontista.	Pienemmästä puuntuotoksesta huolimatta voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto (alhaiset uudistuskustannukset). Taloudellinen tulos riippuu myös käytetyistä laskentamalleista, sekä puutavaralajien hintasuhteista sekä yksikköhinnoista, korjuukustannuksista, aikahorisontista.	Pienemmästä puuntuotoksesta huolimatta voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto. Taloudellinen tulos riippuu korkokannasta ja aikahorisontista.	Pienemmästä puuntuotoksesta huolimatta se voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto. Taloudellinen tulos riippuu korkokannasta ja aikahorisontista.	Taloudellinen tulos riippuu sekametsän puulejista, korkokannasta, puutavaralajien hintasuhteista. Nykyhinnoilla kuusi-koivusekametsän kasvatus voi olla vähemmän kannattavaa kuin puhtaan kuusikon (nykyhinnat).	Taloudellinen tulos riippuu sekametsän puulejista, korkokannasta, puutavaralajien hintasuhteista. Nykyhinnoilla kuusi-koivusekametsän kasvatus voi olla vähemmän kannattavaa kuin puhtaan kuusikon (nykyhinnat).
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteempipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Ei suoraan lisää lahopuun määrää Energiapuuta ei korjata niin paljon, mutta isot puut poistetaan. Lahopuujatkomo vaatii samaa huomioimista kuin jaksollisessa kasvatuksessa. Korjuun intensiteetti vaikuttaa, ei kasvatustapa.	Ei suoraan lisää lahopuun määrää, energiapuuta ei korjata niin paljon, mutta isot puut poistetaan. Lahopuujatkomo vaatii samaa huomioimista kuin jaksollinen. Korjuun intensiteetti vaikuttaa, ei kasvatustapa.	Ei suoraan lisää lahopuun määrää. Energiapuuta ei korjata niin paljon, mutta isot puut poistetaan. Lahopuujatkomo vaatii samaa huomioimista kuin jaksollisessa kasvatuksessa. Korjuun intensiteetti vaikuttaa, ei kasvatustapa.	Ei suoraan lisää lahopuun määrää. Energiapuuta ei korjata niin paljon, mutta isot puut poistetaan. Lahopuujatkomo vaatii samaa huomioimista kuin jaksollinen. Korjuun intensiteetti vaikuttaa, ei kasvatustapa.	Iso vaikutus lahopuudiversitetiin. Lehtipuusekoitus mahdollistaa nopeamman/paremmin lahopuun tuottamisen (lehtipuut lahoavat nopeammin), mutta lahopuujatkomo vaatii sekametsissä vastaavasti huomioon ottamista kuten yhden puulajin metsissä.	Iso vaikutus lahopuudiversitetiin. Lehtipuusekoitus mahdollistaa nopeamman/paremmin lahopuun tuottamisen (lehtipuut lahoavat nopeammin), mutta lahopuujatkomo vaatii sekametsissä vastaavasti huomioon ottamista kuten yhden puulajin metsissä.
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä	Riippuu täysin puulajeista.	Riippuu täysin puulajeista.
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	Iso vaikutus. Vaatii aktiivista huomioimista, poimintahakkuissa valoa vaativien lehtipuiden uudistuminen vaikeutuu, vaikuttaa negatiivisesti lehtipuiden lajimäärään. Myös pieaukkohakkuissa negatiivinen vaikutus (pienempi kuin poimintahakkuissa).	Iso vaikutus. Vaatii aktiivista huomioimista, poimintahakkuissa valoa vaativien lehtipuiden uudistuminen vaikeutuu, vaikuttaa negatiivisesti lehtipuiden lajimäärään. Myös pieaukkohakkuissa negatiivinen vaikutus (pienempi kuin poimintahakkuissa).	Iso vaikutus. Vaatii aktiivista huomioimista, poimintahakkuissa valoa vaativien lehtipuiden uudistuminen vaikeutuu, vaikuttaa negatiivisesti lehtipuiden lajimäärään. Myös pieaukkohakkuissa negatiivinen vaikutus (pienempi kuin poimintahakkuissa).	Iso vaikutus. Vaatii aktiivista huomioimista, poimintahakkuissa valoa vaativien lehtipuiden uudistuminen vaikeutuu, vaikuttaa negatiivisesti lehtipuiden lajimäärään. Myös pieaukkohakkuissa negatiivinen vaikutus (pienempi kuin poimintahakkuissa).	Lisää puulajisekoitusta.	Lisää puulajisekoitusta.

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsähoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsähoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Vaikutusmekanismi.

Kestävyysden osa-alueet	Ekosysteemi palvelu	Kriteeri	ARVOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT						
		Indikaattori	Kiertoajan pidentäminen suhteessa nykysuositukseen (uudistusalat)		Kasvatustiheyksien nostaminen suhteessa nykyisiin harvennushalleihin (kasvatusmetsä)		Jalostetun siemenmateriaalin käyttö suhteessa metsikkösiemeneseen (uudistusalat)		
			Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	Kasvattaa hiilinielua, koska puustopääoma lisääntyy.	Hiilensidonta vähenee, kun puusto vanhenee. Kiertoajan keskikasvu pienenee.	Lyhyellä ajalla enemmän puustoa, enemmän hiilensidontaa.	Suurempi elävän puuston määrä kiertoajalla, suurempi hiilinielu.	Jalostetusta siemenestä kasvatetut paakkutaimet takaavat nopean taimikon alkukehityksen.	Vaikutus puuston kasvuun ja sitä kautta hiilensidontaan näkyy voimakkaimmin muutaman vuosikymmenen kuluttua metsikön perustamisesta.
			Maaperän hiilinielu	Kasvattaa hiilinielua.	Kasvattaa hiilinielua.	Enemmän puustoa, enemmän hiiltä maahan.	Suurempi puiden kuolleisuus, enemmän hiilisyötettä maaperään.	Lisääntynyt puuston hiilinielu lisää myös maaperän hiilinielua.	Lisääntynyt puuston hiilinielu lisää myös maaperän hiilinielua.
			Puuston hiilivaraston ylläpito	Kasvattaa hiilen varastoa.	Kasvattaa hiilen varastoa, pidemmällä ajalla vaikutus vähenee.	Lyhyellä ajalla enemmän puustoa, enemmän hiiltä varastoituneena.	Kiertoajan aikana suurempi puustomäärä, suurempi hiilivarasto.	Parempi kasvu lisää varastoa.	Parempi kasvu lisää varastoa.
			Maaperän hiilivaraston ylläpito	Kasvattaa hiilen varastoa.	Kasvattaa hiilen varastoa.	Enemmän puustoa, enemmän hiiltä maassa.	Enemmän puustoa, enemmän hiiltä maassa.	Puuston parempi kasvu lisää myös maaperän varastoa.	Puuston parempi kasvu lisää myös maaperän varastoa.
			Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.
			Puuston sienitaudit	Tuhoriskit voivat lisääntyä, juurikääpä ehtii leviämään enemmän, puiden elinvoima heikkenee, taudit iskevät helpommin.	Tuhoriskit voivat lisääntyä, juurikääpä ehtii leviämään enemmän, puiden elinvoima heikkenee, taudit iskevät helpommin.	Suurempi tiheys, pienempi elävä latvus, osa puista jää kilpailussa jälkeen ja kuolee, voi lisätä tuhoja.	Suurempi tiheys, pienempi elävä latvus, osa puista jää kilpailussa jälkeen ja kuolee, voi lisätä tuhoja.	Voi vähentää juurikääpätuhoja.	Voi vähentää juurikääpätuhoja.
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston hyönteistuhoriskit	Kirjanpainajatuhot voivat lisääntyä erityisesti vanhoissa kuusikoissa, heikentynyt elinvoimaisuus.	Kirjanpainajatuhot voivat lisääntyä erityisesti vanhoissa kuusikoissa, heikentynyt elinvoimaisuus.	Suurempi tiheys, pienempi elävä latvus, osa puista jää kilpailussa jälkeen, ja kuolee, voi lisätä tuhoja	Suurempi tiheys, pienempi elävä latvus, osa puista jää kilpailussa jälkeen, ja kuolee, voi lisätä tuhoja	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
			Puuston nisäkästuhoriskit	Tuhoriski voi kasvaa/Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta	Tuhoriski voi kasvaa/Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
			Myrskytuhoriski	Puuston tilavuuden kasvu lisää myrskytuhoriskia.	Puuston tilavuuden kasvu lisää myrskytuhoriskia.	Ylitheys lisää myrskytuhoja.	Ylitheys lisää myrskytuhoja.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
			Kuivuustuhoriski	Suurempi puuston määrä ja latvusmassan osuus lisää jonkin verran haihdutusta. Alkutilanteen puuston määrä ja maaperän ominaisuudet vaikuttaa.	Suurempi puuston määrä ja latvusmassan osuus lisää jonkin verran haihdutusta. Alkutilanteen puuston määrä ja maaperän ominaisuudet vaikuttaa.	Suurempi puuston määrä lisää jonkin verran haihdutusta, kuusella vesi voi jäädä latvukseen. Alkutilanteen puuston määrä ja maaperän ominaisuudet vaikuttaa.	Suurempi puuston määrä lisää jonkin verran haihdutusta, kuusella vesi voi jäädä latvukseen. Alkutilanteen puuston määrä ja maaperän ominaisuudet vaikuttaa.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
			Metsäpaloriski	Vähentää paloaineksen (hakkuutähteen) määrää	Vähentää paloaineksen (hakkuutähteen) määrää	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
			Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	Vuotuinen kasvu säilyy uudistuskypsässä metsässä samalla tasolla melko pitkään, eikä vuotuinen kasvu vähene nopeasti. Maltillinen kiertoajan pidentäminen lisää keskikasvua ja puuntuotosta.	Vuotuinen kasvu säilyy uudistuskypsässä metsässä samalla tasolla melko pitkään, eikä vuotuinen kasvu vähene nopeasti. Maltillinen kiertoajan pidentäminen lisää keskikasvua ja puuntuotosta.	Jos elävän puuston määrä suurempi, suurempi puuntuotos hehtaarilla.	Jos elävän puuston määrä suurempi, suurempi puuntuotos hehtaarilla.	Nykyisellä jalostetulla materiaalilla on mahdollista saada 10-35% lisäys tilavuuskasvuun.
TA	TU		Taloudellinen tulos	Kassavirrat lisääntyvät, mutta nettotulojen nykyarvot pienenevät korkokannan kasvaessa. Lisääntyvä puumäärä lisää päätehakkuussa saatavia hakkuutuloja, mutta korkokannan ja ajan huomioon ottaminen johtavat siihen, ettei kiertoajan pidentäminen välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa.	Kassavirrat lisääntyvät, mutta nettotulojen nykyarvot pienenevät korkokannan kasvaessa. Lisääntyvä puumäärä lisää päätehakkuussa saatavia hakkuutuloja, mutta korkokannan ja ajan huomioon ottaminen johtavat siihen, ettei kiertoajan pidentäminen välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa.	Heikentää tuottoa, koska ainespuun tuottaminen pienenee, energiapuun saanto kasvaa. Harvennushakkuutulot pienemmät, päätehakkuutulot suuremmat. Tarkastelu kassavirtana ja nettotulojen nykyarvona.	Heikentää tuottoa, koska ainespuun tuottaminen pienenee, energiapuun saanto kasvaa. Harvennushakkuutulot pienemmät, päätehakkuutulot suuremmat. Tarkastelu kassavirtana ja nettotulojen nykyarvona.	Tutkimusten mukaan jalostetun aineiston käyttö merkitsee metsänkasvattajalle selkeää taloudellista lisätuottoa.	Tutkimusten mukaan jalostetun aineiston käyttö merkitsee metsänkasvattajalle selkeää taloudellista lisätuottoa.
			Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemi palvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Hieman lisääntyy.	Vanhoiden metsien osuus lisää lahopuuston määrää	Hieman lisääntyy.	Lahopuuston määrä lisääntyy ylitheyden seurauksena.	Ei vaikutusta.
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	Uhanalaiset lajit hyötyvät lahopuuston lisääntymisestä.	Uhanalaiset lajit hyötyvät lahopuuston lisääntymisestä.	Uhanalaiset lajit hyötyvät lahopuuston lisääntymisestä.	Uhanalaiset lajit hyötyvät lahopuuston lisääntymisestä.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	Lehtipuut lyhytikäisempiä, kiertoajan pidentäminen vähentää elävän lehtipuuston määrää.	Lehtipuut lyhytikäisempiä, kiertoajan pidentäminen vähentää elävän lehtipuuston määrää.	Lehtipuut tarvitsevat enemmän kasvutilaa, tiheissä havupuuvaltaisissa metsissä lehtipuiden elinvoima heikkenee, vähentää lehtipuiden lajimäärää.	Lehtipuut tarvitsevat enemmän kasvutilaa, tiheissä havupuuvaltaisissa metsissä lehtipuiden elinvoima heikkenee, vähentää lehtipuiden lajimäärää.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.
EK	YL								

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Vaikutusmekanismi.

3/4		Taulukossa oletettuna ilmastoksenario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.		ARVIOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT					
Kestävyiden osa-alueet	Ekosysteempipalvelu	Kriteeri	Indikaattori	Metsän suojele suhteessa puuntuotantoon		Heikkotuottoisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen		Ravinteisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen	
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	Ei hakkuita, hiilinielu kasvaa. Hakkuiden vähentämisen vaikutus hiilinieluun on mallilaskelmien mukaan kaikkein tehokkain tapa lisätä metsien hiilinielua erityisesti lyhyellä aikavälillä.	Pitkällä aikavälillä puuston hiilinielu tyrehtyy. Talousmetsät nuorempia, niiden nielu suurempi.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta, heikentää puiden hiilinielua. Vaikutus suurempi rehevillä soilla, joilla enemmän puustoa vs niukkaravinteiset suot.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta, heikentää puiden hiilinielua. Vaikutus suurempi rehevillä soilla, joilla enemmän puustoa vs niukkaravinteiset suot.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta, heikentää puiden hiilinielua. Vaikutus suurempi rehevillä soilla, joilla enemmän puustoa vs niukkaravinteiset suot.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta, heikentää puiden hiilinielua. Vaikutus suurempi rehevillä soilla, joilla enemmän puustoa vs niukkaravinteiset suot.
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	Ei avohakkuuta, joka pienentää hiilinielua.	Ei hiilinielua vähentäviä toimenpiteitä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä, kun hajotus hidastuu. Vaikutus suurempi rehevillä soilla.Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä, kun hajotus hidastuu. Vaikutus suurempi rehevillä soilla.Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä, kun hajotus hidastuu. Vaikutus suurempi rehevillä soilla.Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä, kun hajotus hidastuu. Vaikutus suurempi rehevillä soilla.Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	Ei varastoa pienentäviä hakkuita.	Vanhat metsät on suuri hiilen varasto. Ei varastoa pienentäviä hakkuita.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	Ei varastoa pienentäviä toimenpiteitä.	Ei varastoa pienentäviä toimenpiteitä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	Vedenpinnan nousu lisää hiilen kertymistä. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Kivennäismailla ei merkittävää vaikutusta. Suometsisä tilanteeseen vaikuttaa mm. vesitalous	Ei vaikutusta.	N2O:n muodostuminen vähenee, kun turpeen hajotus vähenee, mutta metaania muodostuu enemmän, kun vedenpinta nousee. Rehevilla soilla N2O:ta enemmän, kun turve on N-rikkaampaa vs. niukkaravinteinen suo. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	N2O:n muodostuminen vähenee, kun turpeen hajotus vähenee, mutta metaania muodostuu enemmän, kun vedenpinta nousee. Rehevilla soilla N2O:ta enemmän, kun turve on N-rikkaampaa vs. niukkaravinteinen suo. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	N2O:n muodostuminen vähenee, kun turpeen hajotus vähenee, mutta metaania muodostuu enemmän, kun vedenpinta nousee. Rehevilla soilla N2O:ta enemmän, kun turve on N-rikkaampaa vs. niukkaravinteinen suo. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.	N2O:n muodostuminen vähenee, kun turpeen hajotus vähenee, mutta metaania muodostuu enemmän, kun vedenpinta nousee. Rehevilla soilla N2O:ta enemmän, kun turve on N-rikkaampaa vs. niukkaravinteinen suo. Vaikutus riippuu mm. ojan syvyydestä.
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	Tuhoriski kasvaa.	Tuhoriski kasvaa varsinkin pitkällä aikavälillä.	Puun heikentyminen voi lisätä sienituhoja.	Puun heikentyminen voi lisätä sienituhoja.	Puun heikentyminen voi lisätä sienituhoja.	Puun heikentyminen voi lisätä sienituhoja.
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	Tuhoriski kasvaa.	Tuhoriski kasvaa varsinkin pitkällä aikavälillä.	Kuollut puu voi lisätä hyönteistuja, ytimennävertäjät voivat lisääntyä mäntyvaltaisilla rämeillä.	Kuollut puu voi lisätä hyönteistuja, ytimennävertäjät voivat lisääntyä mäntyvaltaisilla rämeillä.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	Tuhoriski voi kasvaa/Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta	Tuhoriski voi kasvaa/Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	Tuhoriski kasvaa.	Tuhoriski kasvaa varsinkin pitkällä aikavälillä.	Vettynyt maa lisää myrskytuhoriskiä.	Vettynyt maa lisää myrskytuhoriskiä.	Vettynyt maa lisää myrskytuhoriskiä.	Vettynyt maa lisää myrskytuhoriskiä.
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	Ei suurta vaikutusta.	Ei suurta vaikutusta	Vedenpinnan nousu vähentää kuivuusriskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää kuivuusriskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää kuivuusriskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää kuivuusriskiä.
IL	SÄ		Metsäpalariski	Tuhoriski kasvaa, enemmän paloainesta (lahopuu), metsissä ei selvää paloa katkaisevaa kerrosten jakoisuutta -> palo leviää helpommin.	Tuhoriski kasvaa, enemmän paloainesta (lahopuu), metsissä ei selvää paloa katkaisevaa kerrosten jakoisuutta -> palo leviää helpommin	Vedenpinnan nousu vähentää metsäpalariskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää metsäpalariskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää metsäpalariskiä.	Vedenpinnan nousu vähentää metsäpalariskiä.
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	Puuntuotanto vähenee.	Puuntuotanto vähenee	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.	Vedenpinnan nousu lisää puiden kuolleisuutta.
TA	TU		Taloudellinen tulos	Taloudellinen tulos vähenee.	Taloudellinen tulos vähenee	Taloudellinen tulos huonontuu. Metsätalous ei ole pitkällä aikavälillä kannattavaa (metsää ei kannata uudistaa). Ennallistaminen tehdään, kun onärkevin aika korjata puusato.	Taloudellinen tulos huonontuu. Metsätalous ei ole pitkällä aikavälillä kannattavaa (metsää ei kannata uudistaa). Ennallistaminen tehdään, kun onärkevin aika korjata puusato.	Taloudellinen tulos huonontuu merkittävästi.	Taloudellinen tulos huonontuu merkittävästi.
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteempipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Lisää hieman lahopuuston määrää	Lisää lahopuuston määrää erityisesti pitkällä aikavälillä.	Ennallistaminen nostaa veden pintaa, kuolleen puun määrä lisääntyy.	Ennallistaminen nostaa veden pintaa, kuolleen puun määrä lisääntyy.	Ennallistaminen nostaa veden pintaa, kuolleen puun määrä lisääntyy.	Ennallistaminen nostaa veden pintaa, kuolleen puun määrä lisääntyy.
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	Vanhojen metsien lisääntyminen edistää uhanalaisten lajien säilymistä.	Vanhojen metsien lisääntyminen edistää uhanalaisten lajien säilymistä	Mm. lahopuun määrä voi lisätä lajimäärää.	Mm. lahopuun määrä voi lisätä lajimäärää.	Mm. lahopuun määrä voi lisätä lajimäärää.	Mm. lahopuun määrä voi lisätä lajimäärää.
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	Ei suurta vaikutusta.	Ei suurta vaikutusta.	Puulajisuhteiden monipuolistaminen on yksi ennallistamisen keskeisimmistä tavoitteista.	Puulajisuhteiden monipuolistaminen on yksi ennallistamisen keskeisimmistä tavoitteista.	Puulajisuhteiden monipuolistaminen on yksi ennallistamisen keskeisimmistä tavoitteista.	Puulajisuhteiden monipuolistaminen on yksi ennallistamisen keskeisimmistä tavoitteista.

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suosittelun jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Vaikutusmekanismi.

4/4			Taulukossa oletettuna ilmastoaskenaario RCP 4.5. Maantieteellä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.						ARVIOITAVAT METSÄNHOIDON VAIHTOEHDOT					
kestävyyden osa-alueet	Elosysteempipalvelu	Kriteeri	Indikaattori	Lannoitus suhteessa ettei lannoiteta (kivennäismaiden kasvatusmetsä)		Lannoitus suhteessa ettei lannoiteta (turvemaiden kasvatusmetsä)		Hakkuutähteen ja kantojen korjuu suhteessa ettei korjata (uudistusalat)						
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)		Välitön vaikutus (alle 10 v.)		Välitön vaikutus (alle 10 v.)		Välitön vaikutus (alle 10 v.)				
				Pitkä vaikutus ("kiertoaika")		Pitkä vaikutus ("kiertoaika")		Pitkä vaikutus ("kiertoaika")		Pitkä vaikutus ("kiertoaika")				
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	Lisää puuston kasvua ja hiilinielua varsinkin lyhyellä aikavälillä.	Lannoituksen vaikutus jatkuu myös pidemmällä aikavälillä, mutta heikompana.	Lisää puuston kasvua ja hiilinielua varsinkin lyhyellä aikavälillä.	Lannoituksen vaikutus jatkuu myös pidemmällä aikavälillä, mutta heikompana.	Hakkuutähteen ja kantojen korjuu voi parantaa maanmuokkauksijälkeä, taimettumista, taimien elossa säilymistä ja sitä kautta hiilensidontaa lyhyellä aikavälillä. Taimien ravinteiden otto on alussa pientä, joten korjuun kautta tapahtuvan ravinnehävikin roolin arvioidaan olevan pieni. Tarvetta täyttää metsään jäävä hakkuutähde, korjuussa ei saada poistettua kaikkia tähteitä.	Hakkuutähteen korjuu voi heikentää kasvua ja sitä kautta hiilensidontaa. Aina ei ole havaittu vaikutusta tai vaikutus on ollut pieni. Metsänuudistamisvaiheen paremmalla onnistumisella voi olla positiivinen vaikutus puuston hiilinieluun myös pidemmällä ajalla. Mm. korjuun intensiteetti, puulaji ja kasvupaikka vaikuttaa. Kantojen korjuulla ei ole havaittu vaikutusta.					
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	Puuston hiilinielun lisääntyessä myös maaperän hiilinielu lisääntyy. Toisaalta lannoitus voi vähentää maanalaista biomassaa. Voi vähentää hiilen mineralisaatiota.	Puuston hiilinielun lisääntyessä myös maaperän hiilinielu lisääntyy. Toisaalta lannoitus voi vähentää maanalaista biomassaa. Voi vähentää hiilen mineralisaatiota.	Kasvava puusto haihduttaa enemmän -> enemmän turpeen hajotusta. Kariketuotanto lisääntyy.	Kasvava puusto haihduttaa enemmän -> enemmän turpeen hajotusta. Kariketuotanto lisääntyy.	vähentää orgaanisen aineen määrää	vähentää orgaanisen aineen määrää					
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	Puuston hiilivarasto kasvaa.	Puuston hiilivarasto kasvaa.	Puuston hiilivarasto kasvaa.	Puuston hiilivarasto kasvaa.	parantaa taimien elossa säilymistä	Hakkuutähteen korjuu voi heikentää kasvua ja sitä kautta hiilen varastointia. Mm. kasvupaikka ja korjuun intensiteetti vaikuttaa.					
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	Typpilannoitus lisää hiilen sitoutumista metsämaahan, suurempi biomassan tuotos ja karikesato, joten orgaanista ainetta tulee maahan enemmän. Typpilannoituksen on havaittu hidastavan hiilen mineralisaatiota (vaikutus pitkäkestoinen). Ligniiniptoisien havupuukarikkeen hajoamisen on havaittu hidastuvan, kun sen typpipitoisuus nousee. Lannoitus voi vähentää maanalaista biomassaa.	Typpilannoitus lisää hiilen sitoutumista metsämaahan, suurempi biomassan tuotos ja karikesato, joten orgaanista ainetta tulee maahan enemmän. Typpilannoituksen on havaittu hidastavan hiilen mineralisaatiota (vaikutus pitkäkestoinen). Ligniiniptoisien havupuukarikkeen hajoamisen on havaittu hidastuvan, kun sen typpipitoisuus nousee. Lannoitus voi vähentää maanalaista biomassaa.	Enemmän turpeen hajotusta.	Enemmän turpeen hajotusta.	Korjuu vähentää orgaanisen aineen määrää (etenkin mallinnukset) (empiiriset tutkimukset = suurimmaksi osaksi ei vaikutusta). Kantojen korjuu voi lisätä orgaanisen aineen hajotusta. Ht:n korjuu voi pienentää hiilen mineralisaatiota.	Vähentää orgaanisen aineen määrää. Kantojen korjuu vähentää hiilen varastoa.					
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Ei merkittävää vaikutusta. Toistuvakaan typpi/tuhkalannoitus kangasmetsässä ei yleisesti kasvata N2O-päästöjä, mutta asiasta on tutkimuksen puute. Typpilannoituksessa lisätystä typestä muuttuu typpioksiduuliksi metsämailla useimmiten vain 0,5–1 %. Metaanin osalta ei tutkimusta. Voimakaskaan typen lisäys ja metsämaan käsittely eivät välttämättä vaikuta pitkäaikaisesti metaanin hapetukseen alueilla, joissa typpilaskeuma on alhainen.	Ei vaikutusta. Toistuvakaan typpi/tuhkalannoitus kangasmetsässä ei yleisesti kasvata N2O-päästöjä, mutta tutkimuksen puute! Typpilannoituksessa lisätystä typestä muuttuu typpioksiduuliksi metsämailla useimmiten vain 0,5–1 %. Metaanin osalta ei tutkimusta. Voimakaskaan typen lisäys ja metsämaan käsittely eivät välttämättä vaikuta pitkäaikaisesti metaanin hapetukseen alueilla, joissa typpilaskeuma on alhainen.	Lannoitusta seuraavien vuosien aikana ei ole havaittu merkittäviä vaikutuksia maaperän CH4- tai N2O-päästöihin. Vuosikymmenten aikaskaalassakaan lannoitus ei lisää N2O-päästöä; jos CH4-päästöjä on ollut ennen lannoitusta, ne vähenevät tai loppuvat lisääntyneen puuston laskiessa vedenpintaa.	Lannoitusta seuraavien vuosien aikana ei ole havaittu merkittäviä vaikutuksia maaperän CH4- tai N2O-päästöihin. Vuosikymmenten aikaskaalassakaan lannoitus ei lisää N2O-päästöä; jos CH4-päästöjä on ollut ennen lannoitusta, ne vähenevät tai loppuvat lisääntyneen puuston laskiessa vedenpintaa.	Hakkuutähteen korjuu vähentää N2O päästöjä, mutta vaikutus on pieni. Metaanin osalta ei vaikutusta.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.					
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	Ei merkittävää vaikutusta.	Ei merkittävää vaikutusta.	Ei merkittävää vaikutusta.	Ei merkittävää vaikutusta.	Kantojen korjuu vähentää juurikääpärisiä	Kantojen korjuu vähentää juurikääpärisiä					
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	Voi lisätä lehtien houkuttelevuutta hyönteisille.	Voi lisätä lehtien houkuttelevuutta hyönteisille.	Voi lisätä lehtien houkuttelevuutta hyönteisille.	Voi lisätä lehtien houkuttelevuutta hyönteisille.	Kantojen korjuu voi vähentää kaarnakuoriaisriskiä. Tukkimiehentäiriski voi vähentyä. Hakkuutähteen korjuu voi vähentää kirjanpajajäriskiä.	Kantojen korjuu voi vähentää kaarnakuoriaisriskiä. Tukkimiehentäiriski voi vähentyä. Hakkuutähteen korjuu voi vähentää kirjanpajajäriskiä.					
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	Lannoitus muuttaa mm. lehtien N-pitoisuutta -> voi lisätä herbivori (kuten hirvet) tuhoja	Lannoitus muuttaa mm. lehtien N-pitoisuutta -> voi lisätä herbivori (kuten hirvet) tuhoja	Lannoitus muuttaa mm. lehtien N-pitoisuutta -> voi lisätä herbivori (kuten hirvet) tuhoja	Lannoitus muuttaa mm. lehtien N-pitoisuutta -> voi lisätä herbivori (kuten hirvet) tuhoja	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä. Kantojen korjuu voi lisätä myyrätuhoja.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä. Kantojen korjuu voi lisätä myyrätuhoja.					
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	Lannoituksen jälkeen puiden neulasmassa rungon yläosan läpimitta kasvaa -> voi lisätä tuulituhoriskiiä.	Neulasmassan määrä tasapainottuu pitkällä ajalla.	Lannoituksen jälkeen puiden neulasmassa rungon yläosan läpimitta kasvaa -> voi lisätä tuulituhoriskiiä.	Neulasmassan määrä tasapainottuu pitkällä ajalla.	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta					
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	Ei merkittävää vaikutusta. Lannoitus lisää puuston kasvua ja sitä kautta haihdutusta.	lannoitus lisää puuston kasvua ja sitä kautta haihdutusta. Ei merkittävää vaikutusta.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta					
IL	SÄ		Metsäpalariski	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Paloaines vähenee, vähentää riskiä	Paloaines vähenee, vähentää riskiä					
TA	TU		Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	Lisää puuntuotosta erityisesti lyhyellä aikavälillä.	Lisää puuntuotosta.	Lisää puuntuotosta erityisesti lyhyellä aikavälillä.	Lisää puuntuotosta.	Taimettuminen paranee	Pitkällä aikavälillä voi vähentää puuston kasvua. Mm. korjuun intensiteetti vaikuttaa.				
TA	TU		Taloudellinen tulos	Lisää taloudellista tuottoa, vaikka lannoitus itsessään on kulu.	Lisää taloudellista tuottoa.	Lisää taloudellista tuottoa, vaikka lannoitus itsessään on kulu.	Lisää taloudellista tuottoa, vaikka lannoitus itsessään on kulu.	Lisää taloudellista tuottoa.	Lisää taloudellista tuottoa, kun korjattu aines myydään ja voi vähentää uudistuskuluja.	Voi heikentää taloudellista tuottoa, jos puuntuotanto heikkenee. Mm. korjuun intensiteetti vaikuttaa.				
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteempipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Määrä voi vähentyä, korjuu voi vahingoittaa olemassa olevaa lahopuustoa	Määrä voi vähentyä, korjuu voi vahingoittaa olemassa olevaa lahopuustoa					
EK	YL		Uhanalaisten lajien kannan kehitys	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Vaikutuksen tarkkaa suuntaa ei tiedetä.	Voi vähentää lahopuuriippuvaisia lajeja, muuttaa aluskasvillisuutta, heikentää vesieliöstön oloja. Kantojen korjuulla on suurempi negatiivinen vaikutus vs. HT korjuu. Korjuun intensiteetti, puulaji ja korjatun puuston järeys vaikuttaa. Vaikutusta uhanalaisiin lajeihin ei tiedetä tarkkaan.	Voi vähentää lahopuuriippuvaisia lajeja, muuttaa aluskasvillisuutta, heikentää vesieliöstön oloja. Kantojen korjuulla on suurempi negatiivinen vaikutus vs. HT korjuu. Korjuun intensiteetti vaikuttaa. Vaikutusta uhanalaisiin lajeihin ei tiedetä tarkkaan.					
EK	YL		Lehtipuun lajimäärä	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.	Ei vaikutusta.				

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Keskeiset viitteet.

Kestävyiden osa-alueet		Ekosysteemipalvelu	ARVIOITAVAT METSANHOIDON VAIHTOEHDOT								
			Taulukossa oletettuna ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteensä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.								
			Kriteeri		Indikaattori		Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (kivennäismaiden kasvatusmetsä)		Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (turvemaiden kasvatusmetsä)		Sekametsien lisääminen metsänhoidossa verrattuna nykyiseen
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	Peura ym. 2017; Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019; Hynynen ym. 2019	Peura ym. 2017; Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019; Hynynen ym. 2019	Nieminen ym. 2018; Korkiakoski ym. 2019, Korkiakoski ym. 2020	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Shanin ym. 2014; Huuskonen ym. 2021	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	Peura ym. 2017; Nilsen ja Strand 2013: Kellomäki ym. 2019	Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019	Nieminen ym. 2018	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta/Shanin ym. 2014	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.		
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	Peura ym. 2017; Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019	Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019	Nieminen ym. 2018; Korkiakoski ym. 2019, Korkiakoski ym. 2020	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Shanin ym. 2014; Huuskonen ym. 2021	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	Peura ym. 2017; Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019	Nilsen ja Strand 2013; Kellomäki ym. 2019	Nieminen ym. 2018	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta/Shanin ym. 2014	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.		
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Korkiakoski ym. 2019, Korkiakoski ym. 2020; Nieminen ym. 2018	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	Piri ym. 2013; Nevalainen ym. 2017	Piri ym. 2013; Nevalainen ym. 2017	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Huuskonen ym. 2021	Huuskonen ym. 2021		
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Björkman ym. 2015; Klapwijk ja Björkman 2018	Björkman ym. 2015; Klapwijk ja Björkman 2018		
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	Nevalainen ym. 2017	Nevalainen ym. 2017	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Nevalainen ym. 2016; Huuskonen ym. 2021	Nevalainen ym. 2016; Huuskonen ym. 2021		
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	Pukkala 2016; Pukkala 2012	Pukkala 2016; Pukkala 2012	Pukkala 2016; Pukkala 2012	Pukkala 2016; Pukkala 2012	Felton ym. 2016	Felton ym. 2016		
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
IL	SÄ		Metsäpalariski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	Lundqvist, 2017; Peura ym. 2017; Hynynen ym. 2019; Bianchi ym. 2020	Lundqvist, 2017; Peura ym. 2017; Hynynen ym. 2019	Nieminen ym. 2018	Nieminen ym. 2018	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
TA	TU		Taloudellinen tulos metsänomistajalle	Pukkala ym. 2012; Peura ym. 2018; Juutinen ym. 2018	Pukkala ym. 2012; Peura ym. 2018; Juutinen ym. 2018	Nieminen ym. 2018; Juutinen ym. 2018	Nieminen ym. 2018; Juutinen ym. 2018	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.		
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteemipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Gustafsson ym. 2017; Peura ym. 2017	Gustafsson ym. 2017; Peura ym. 2017	Gustafsson ym. 2017; Peura ym. 2017	Gustafsson ym. 2017; Peura ym. 2017	Huuskonen ym. 2021	Huuskonen ym. 2021		
EK	YL		Uhanalaisten lajien kehitys	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä/Huuskonen ym. 2021	Ei selkeää tutkimusnäyttöä/Huuskonen ym. 2021		
EK	YL		Puulajisekoitus	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Huuskonen ym. 2021	Huuskonen ym. 2021		

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Taulukko on osa ilmastokestävä metsätalous -raporttia 2020. Taulukon sisältöjä tullaan tarkentamaan Metsänhoidon suositusten jatkotyössä.

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Keskeiset viitteet.

		Taulukossa olettamuksena ilmastoskenaario RCP 4.5. Maantieteenä arvioinnissa Etelä- ja Väli-Suomi.		ARVIOITAVAT METSANHOIDON VAIHTOEHDOT					
Kestävyys- osa-alueet	Ekosysteempipalvelu	Kriteeri	Indikaattori	Metsän suojele suhteessa puuntuotantoon		Heikkotuottoisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen		Ravinteisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen	
				Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")	Välitön vaikutus (alle 10 v.)	Pitkä vaikutus ("kiertoaika")
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, hillintä <i>Kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjen väheneminen tai niiden kasvun hidastuminen</i>	Puuston hiilinielu	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	Ojanen ja Minkkinen, 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020
IL	SÄ		Maaperän hiilinielu	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	Ojanen ja Minkkinen, 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016
IL	SÄ		Puuston hiilivaraston ylläpito	ALRahahleh ym. 2016	ALRahahleh ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020
IL	SÄ		Maaperän hiilivaraston ylläpito	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	ALRahahleh ym. 2016; Saksa ym. 2020	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016
IL	SÄ		Muut kasvihuonekaasut kuin CO2	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Laiho ym. 2016; Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Laiho ym. 2016; Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen 2020; Wilson ym. 2016
IL	SÄ	Ilmastokestävyys, sopeutuminen <i>Ilmaston lämpenemisen metsien terveydelle haitallisten seurausvaikutusten ehkäisy</i>	Puuston sienitaudit	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
IL	SÄ		Puuston hyönteistuhoriskit	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
IL	SÄ		Puuston nisäkästuhoriskit	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
IL	SÄ		Myrskytuhoriski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
IL	SÄ		Kuivuustuhoriski	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei tiedetä tarkkaa vaikutusta.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
IL	SÄ		Metsäpalariski	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
TA	TU	Puuntuotanto <i>Puuntuotannon lisääntyminen</i>	Puuntuotos	ALRahahleh ym. 2016	ALRahahleh ym. 2016	Ojanen ja Minkkinen, 2020	Ojanen ja Minkkinen, 2020	Ojanen ja Minkkinen, 2020	Ojanen ja Minkkinen, 2020
TA	TU		Taloudellinen tulos metsänomistajalle	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
EK	YL	Monimuotoisuus <i>Metsäluonnon kaikkien elementtien moninaisuus ja elinkelpoisuus, joiden turvaaminen on kaikkien ekosysteempipalvelujen edellytys.</i>	Lahopuusto	Tikkanen ym. 2006; Jonsson ym. 2006; Mönkkönen ym. 2009; ALRahahleh ym. 2016	Tikkanen ym. 2006; Jonsson ym. 2006; Mönkkönen ym. 2009; ALRahahleh ym. 2016	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.
EK	YL		Uhanalaisten lajien kehitys	Tikkanen ym. 2006; Mönkkönen ym. 2009; ALRahahleh ym. 2016; Roberge ym. 2016	Tikkanen ym. 2006; Mönkkönen ym. 2009; ALRahahleh ym. 2016; Roberge ym. 2016	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Alanen ja Aapala 2015	Alanen ja Aapala 2015
EK	YL		Puulajisekoitus	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Ei selkeää tutkimusnäyttöä.	Tukia ym. 2003; Aapala, Similä, Penttinen (toim.) 2013	Tukia ym. 2003; Aapala, Similä, Penttinen (toim.) 2013	Tukia ym. 2003; Aapala, Similä, Penttinen (toim.) 2013	Tukia ym. 2003; Aapala, Similä, Penttinen (toim.) 2013

Tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoidon erilaisista valinnoista

Liite 5: Malli tutkimusnäytön esittämiseen osana ilmastokestävä metsätalous raporttia 2020. Tärkeimpiä käytettyjä julkaisuja

Tutkimuslaitosten raportit

Lehtonen, I., Venäläinen, A. ja Gregow, H. 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2020:5. 41 s.

Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

Jatkuva kasvatus

Bianchi, Simone; Huuskonen, Saija; Siipilehto, Jouni; Hynynen, Jari. 2020. Differences in tree growth of Norway spruce under rotation forestry and continuous cover forestry. Forest Ecology and Management. 458. 117689.

Gustafsson, L., Bauhus, J., Asbeck, T. et al. 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. Ambio 49, 85–97.

Hynynen, J., Eerikäinen, K., Mäkinen, H. and Valkonen, S. 2019 Growth response to cuttings in Norway spruce stands under even-aged and uneven-aged management. For. Ecol. Manage. 437, 314–323.

Juutinen, Artti, Ahtikoski, Anssi, Mäkipää, Raisa, Shanin, Vladimir. 2018. Effect of harvest interval and intensity on the profitability of uneven-aged management of Norway spruce stands. Forestry: An International Journal of Forest Research, 91, 589-602.

Kellomäki ym. 2019. Effects of even-aged and uneven-aged management on carbon dynamics and timber yield in boreal Norway spruce stands: a forest. Forestry 2019; 92, 635–647.

Korkiakoski, M., Tuovinen, J-P., Penttilä, T., Sarkkola, S., Ojanen, P., Minkkinen, K., Rainne, J., Laurila, T., & Lohila, A. 2019. Greenhouse gas and energy fluxes in a boreal peatland forest after clear-cutting. Biogeosciences, 16(19), 3703-3723.

Korkiakoski, M., Ojanen, P., Penttilä, T., Minkkinen, K., Sarkkola, S., Rainne, J., Laurila, T., & Lohila, A. K. 2020. Impact of partial harvest on CH4 and N2O balances of a drained borealpeatland forest. Agricultural and Forest Meteorology, 295.

Lundqvist, L. 2017. Tamm Review: Selection system reduces long-term volume growth in Fennoscandic uneven-aged Norway spruce forests, Forest Ecology and Management, Volume 391, 362-375.

Nevalainen, S. 2017. Comparison of damage risks in even- and uneven-aged forestry in Finland. Silva Fennica vol. 51 no. 3 article id 1741. 28 p.

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., Ollikainen, M. 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? Forest Ecology and Management, 424, 78-84.

Nilsen, P. & Strand, L.T. 2013 Carbon stores and fluxes in even- and uneven-aged Norway spruce stands. Silva Fenn. 47, 1–15.

Peura, M., Burgas Riera, D., Eyvindson, K., Repo, A., & Mönkkönen, M. 2017. Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests in Fennoscandia. Biological Conservation, 217, 104-112.

Piri ym. 2013. Incidence and spread of Heterobasidion root rot in uneven-aged Norway spruce stands. Can. J. Res. 43, 9.

Pukkala T., Lähde E., Laiho O. 2012. Continuous Cover Forestry in Finland – Recent Research Results. In: Pukkala T., von Gadow K. (eds) Continuous Cover Forestry. Managing Forest Ecosystems, vol 23. Springer, Dordrecht.

Pukkala, T., Laiho, O., and Lähde, E. 2016. Continuous cover management reduces wind damage For. Ecol. Manag., 372, 120-127.

Sekametsät

Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton, A.M., Roberge, J.-M., Ranius, T., Ahlström, M., Bergh, J., Björkman, C., Boberg, J., Drössler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmström, E., Keskitalo, E.C.H., Klapwijk, M.J., Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Sténs, A., Wallertz, K., 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. Ambio 45 (Suppl 2), 124–139.

Huuskonen, Saija; Domisch, Timo; Finér, Leena; Hantula, Jarkko; Hynynen, Jari; Matala, Juho; Miina, Jari; Neuvonen, Seppo; Nevalainen, Seppo; Niemistö, Pentti; Nikula, Ari; Piri, Tuula; Siitonen, Juha; Smolander, Aino; Tonteri, Tiina; Uotila, Karri; Viiri, Heli. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? Forest Ecology and Management 479. 118558.

Klapwijk, M.J. & Björkman, C. 2018. Mixed forests to mitigate risk of insect outbreaks. Scandinavian Journal of Forest Research, 33, 772-780.

Nevalainen S., Matala J., Korhonen K., Ihalainen A., & Nikula A. 2016. Moose damage in National Forest Inventories (1986–2008) in Finland. Silva Fennica 50(2) article 1410.

Shanin ym. 2014. Tree species composition affects productivity and carbon dynamics of different site types in boreal forests. European Journal of Forest Research, 133, 273-286.

Kiertojalan ja kasvatustiheyden nostaminen

Dettki, H., & P.A. Esseen. 2003. Modelling long-term effects of forest management on epiphytic lichens in northern Sweden. Forest Ecology and Management 175: 223–238.

Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Briceno-Elizondo, E., & Kellomäki, S. 2007. Changed thinning regimes may increase carbon stock under climate change: A case study from a Finnish boreal forest. Climatic Change, 81:431–454.

Giuggiola, A., Bugmann, H., Zingg, A., Dobbertin, M. & Rigling, A. 2013. Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests, Forest Ecology and Management, 310, 827-835.

Heinonen, T., Pukkala, T., Mehtätalo, L., Asikainen, A., Kangas, J., & Peltola, H. 2017. Scenario analyses for the effects of harvesting intensity on development of forest resources, timber supply, carbon balance and biodiversity of Finnish forestry. Forest Policy and Economics, 80, 80-98.

Jonsson, M., T. Ranius, H. Ekvall, G. Bostedt, J.N. Stokland, & Dahlberg, A. 2006. Cost-effectiveness of silvicultural measures to increase substrate availability for red-listed wood-living organisms in Norway spruce forests. Biological Conservation 127: 443–467.

Kellomäki ym. 2019. Effects of even-aged and uneven-aged management on carbon dynamics and timber yield in boreal Norway spruce stands: a forest. Forestry 2019; 92, 635–647.

Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P., Kaila, L., & Rauh, J. 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation*, 94, 199-209.

Paradis, L., Thiffault, E. & Achim, A. 2019. Comparison of carbon balance and climate change mitigation potential of forest management strategies in the boreal forest of Quebec (Canada). *Forestry*, 92, 264-277.

Pyörälä, P., Peltola, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Asikainen, A., Jylhä, K., & Kellomäki, S. 2014. Effects of Management on Economic Profitability of Forest Biomass Production and Carbon Neutrality of Bioenergy Use in Norway Spruce Stands Under the Changing Climate. *Bioenerg. Res.* 7, 279–294.

Roberge, JM., Laudon, H., Björkman, C. et al. 2016. Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* **45**, 109–123.

Routa, J., Kilpeläinen, A., Ikonen, V.-P., Asikainen, A., Venäläinen, A., & Peltola, H. 2019. Effects of intensified silviculture on timber production and its economic profitability in boreal Norway spruce and Scots pine stands. *Forestry* 2019; 00, 1–11.

under changing climatic conditions

Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P., & Rauh, J. 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 128, 211-225.

Viiri, H., Viitanen J., Mutanen, A., & Leppänen, J. 2019. Metsätuhot vaikuttavat Euroopan puumarkkinoihin – Suomessa vaikutukset toistaiseksi vähäisiä. *Metsätieteen aikakauskirja*, artikkeli id 10200.

Wallentin, C. & Nilsson, U. 2014. Storm and snow damage in a Norway spruce thinning experiment in southern Sweden, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 87, 229–238.

Jalostetun siemenmateriaalin käyttäminen

Ahtikoski A, Haapanen M, Hynynen J, Karhu J, & Kärkkäinen K. 2018. Genetically improved reforestation stock provides simultaneous benefits for growers and a sawmill, a case study in Finland. *Scandinavian J. For Res.* 33(5):484–492.

Ahtikoski A., Ahtikoski R., Haapanen M., Hynynen J., & Kärkkäinen K. 2018. Economic Performance of Genetically Improved Reforestation Material in Joint Production of Timber and Carbon Sequestration: A Case Study from Finland. *Forests* (11): 847.

Edvardsen OM, Steffenrem A, Johnskås OR, Johnsen Ø, Myking T, & Kvaalen H. 2010. Strategi for skogplanteforedling 2010-2040 (høringsutkast). [Strategy for tree breeding 2010-2040 (proposal).] Stiftelsen Det norske Skogfrøverk/The Norwegian Forest Seed Center, Hamar, Norway, p. 28. (Norwegian).

Jansson, G., Kehlet Hansen, ; J., Haapanen, M., Kvaalen, H., & Steffenrem, A. 2017. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32:4, 273-286.

Haapanen M., Hynynen J., Ruotsalainen S., Siipilehto J., & Kilpeläinen M. 2016. Realized and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. *Europ J For Res.* 135(6):997–1009.

Haapanen, M. 2020. Performance of genetically improved Norway spruce in one-third rotation-aged progeny trials in southern Finland. *Scand J For Res* 35: 221-226.

Rieksts-Riekstinš, R., Zeltinš, P., Baliuckas, V., Bruna, L., Zaluma, A., & Kapostin, R. 2019. Pinus sylvestris Breeding for Resistance against Natural Infection of the Fungus Heterobasidion annosum. *Forests* 11, 23.

Stener L. 2015. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production – a review of breeding activities and genetic gains in Scandinavia and Finland. *Skogforsk*. Uppsala.

Metsän suojelu

ALRahahleh et al. 2016. Effects of forest conservation and management on volume growth, harvested amount of timber, carbon stock, and amount of deadwood in Finnish boreal forests under changing climate. *Can. J.* vol 47, 215-225.

Jonsson, M., T. Ranius, H. Ekvall, G. Bostedt, J.N. Stokland, & A. Dahlberg. 2006. Cost-effectiveness of silvicultural measures to increase substrate availability for red-listed wood-living organisms in Norway spruce forests. *Biological Conservation* 127, 443–467.

Mönkkönen, M., A.L. Ylisirniö, & Hämäläinen, T. 2009. Ecological efficiency of voluntary conservation of boreal-forest biodiversity. *Conservation Biology* 23: 339–347.

Roberge, JM., Laudon, H., Björkman, C. et al. 2016. Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* **45**, 109–123.

Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

Tikkanen, O.-P., Martikainen, P., Hyvärinen, E., Junninen, K., & Kouki, J. 2006. Red-listed boreal forest species of Finland: associations with forest structure, tree species, and decaying wood. *Annales Zoologici Fennici*, 43, 373-383.

Ennallistaminen

Aapala, Similä, Penttinen (toim.) 2013 <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Bsarja/b188-2.pdf>

Alanen, A. & Aapala, K. (toim.) 2015. Soidensuojelutyöryhmän ehdotus soidensuojelun täydentämiseksi. Ympäristöministeriön raportteja 26 | 2015. www.ym.fi/julkaisut.

Laiho, R., Tuominen, S., Kojola, S., Penttilä, T., Saarinen, M. & Ihalainen, A. 2016. Heikkotuottoiset ojitetut suometsät – missä ja paljonko niitä on? *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2016: 73–93.

Ojanen, P., & Minkkinen, K. 2020. Rewetting offers rapid climate benefits for tropical and agricultural peatlands but not for forestry-drained peatlands. *Global Biogeochemical Cycles*, 34,e2019GB006503.

Tukia ym. 2003 <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Bsarja/b58.pdf>

Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarso, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, A., Strack, M. & Tuittila, E-S. 2016. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17(4): 1–28.

Lannoitus

Ball et al., 2002: Response of a herbivore community to increased food quality and quantity: an experiment with nitrogen fertilizer in a boreal forest. *Journal of Applied Ecology*, 37, 247-255.

Ernfors, M., Sikström, U., Nilsson, M. ja Klemetsson, L. 2010. Effect of wood-ash fertilization on forest floor greenhouse gas emissions and tree growth in nutrient poor drained peatland. *Science of the Total Environment* 408: 4580–4590.

Högberg, P., Larsson, S., Lundmark, T., Moen J., Nilsson, U. & Nordin, A. 2014. Effekter av kvävegödsling på skogsmark. Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen. Rapport 1/2014. Skogsstyrelsen.

Klemetsson, L. ym. 2010. Reduction of greenhouse gas emissions by wood ash application to a *Picea abies* (L.) Karst. forest on a drained organic soil. *European Journal of Soil Science*, volume 61, 734-744.

Kukkola, M. & Nöjd, P. 2000. Kangasmetsien lannoitusten tuottama kasvunlisa²ys Suomessa 1950–1998 (Increase in growth of the Finnish upland forests in 1950–1998 due to fertilization). *Metsä²tieteen aikakauskirja* 4: 603–612. (In Finnish.)

Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 114: 55 pp.

Liimatainen, M. ym. 2017. The effect of wood ash fertilization on soil respiration and tree stand growth in boreal peatland forests. 19th EGU General Assembly, EGU2017, proceedings from the conference held 23-28 April, 2017 in Vienna, Austria., p.11974.

Lim ym. 2015. Inter-annual variability of precipitation constrains the production response of boreal *Pinus sylvestris* to nitrogen fertilization. *Forest Ecology and Management*, 348, 31-45

Maljanen, M. ym. 2006. Greenhouse gas fluxes of coniferous forest floors as affected by wood ash addition. *Forest Ecology and Management*, volume 237, 143-149.

Månsson et al., 2009. Fertilization—Effects on deciduous tree growth and browsing by moose. *Forest Ecology and Management* 258, 2450-2455.

Ojanen, P., Penttilä, T., Tolvanen, A., Hotanen, J.-P., Saarimaa, M., Nousiainen, H. and Minkkinen, K. 2019. Long-term effect of fertilization on the greenhouse gas exchange of low-productive peatland forests, *Forest Ecology and Management*, Volume 432, Pages 786-798.

Olsson, P., Linder, S., Giesler, R., & Högberg, P. 2015. Fertilization of boreal forest reduces both autotrophic and heterotrophic soil respiration *Global Change Biol.*, 11, 1745-1753.

Petaja, G ym. 2019. Forest fertilization: Economic effect and impact on GHG emissions in Latvia. *Baltic Forestry*, 24, 9-16.

Piri, T. 2003. Silvicultural control of *Heterobasidion*

root rot in Norway spruce forests. *METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA* 898, 2003.

in southern Finland.

Saarsalmi, A., and Mälkönen, E. 2001. Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16:6, 514-535.

Saarsalmi et al., 2014. Wood ash in boreal, low-productive pine stands on upland and peatland sites: Long-term effects on stand growth and soil properties. *Forest Ecology and Management* 327, 86–95.

Silvan, N. and Hytönen, J. 2016 Impact of Ash-Fertilization and Soil Preparation on Soil Respiration and Vegetation Colonization on Cutaway Peatlands. *American Journal of Climate Change*, 5, 178-192.

Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3): 457–483.

Energiapuun korjuu

Dahlberg, A., Thor, G., Allmér, J., Jonsell, M., Jonsson, M. & Ranius, T. 2011. Modelled impact of Norway spruce logging residue extraction on biodiversity in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 1220–1232.

de Jong, J. & Dahlberg, A. 2017. Impact on species of conservation interest of forest harvesting for bioenergy purposes. *Forest Ecology and Management* 383:37-48.

Egnell, G. 2011. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management* 261(1): 148–153.

Helmisaari, H., Makkonen, K., Kellomäki, S., Valtonen, E. & Mälkönen, E. 2002. Below-and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland. *Forest Ecology and Management* 165(1-3): 317-326.

Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management* 129(1-3): 41–51.

Mälkönen, E. 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica* 10(3): 157–164.

Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuunkorjuu ja metsämaan ravinnetase. Julkaisussa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.). Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitos.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. s. 31-52.

Olsson, B. A., Bengtsson, J. & Lundkvist, H. 1996. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *Forest Ecology and Management* 84(1–3): 135–147.

Olsson, B., Lundkvist, H. & Staaf, H. 2000. Nutrient status in needles of Norway spruce and Scots pine following harvesting of logging residues. *Plant and Soil* 223(1): 163–175.

Olsson, B. A., Staaf, H., Lundkvist, H., Bengtsson, J. & Rosen, K. 1996. Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity. *Forest Ecology and Management* 82(1-3): 19–32.

Palviainen, M. & Finér, L. 2012. Estimation of nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting of Scots pine, Norway spruce, and birch stands with generalized nutrient equations. *European Journal of Forest Research* 131: 945-964.

Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A.-M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2004. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil* 263: 53-67.

Piri, T., Viiri, H., Hyvönen, J. 2020. Does stump removal reduce pine weevil and other damage in Norway spruce regenerations? – Results of a 12-year monitoring period. *Forest Ecology and Management* 465, 118098.

Proe, M. F. & Dutch, J. 1994. Impact of Whole-Tree Harvesting on Second-Rotation Growth of Sitka Spruce: the First 10 Years. *Forest Ecology and Management* 66(1): 39–54.

Saarsalmi, A., Tamminen, P., Kukkola, M. & Hautajärvi, R. 2010. Whole-tree harvesting at clear-felling: Impact on soil chemistry, needle nutrient concentrations and growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25(2): 148-156.

Smolander, A., Kitunen, V., Tamminen, P. & Kukkola, M. 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. *Soil Biology and Biochemistry* 42(8): 1222–1228.

Smolander, A., Törmänen, T., Kitunen, V., and Lindroos, A.-J. 2019. Dynamics of soil nitrogen cycling and losses under Norway spruce logging residues on a clear-cut. *For. Ecol. Manage.* 449, 117444.

Rahman, A., Viiri, H., Tikkanen, O.-P. 2018. Is stump removal for bioenergy production effective in reducing pine weevil (*Hylobius abietis*) and *Hylastes* spp. breeding and feeding activities at regeneration sites? *Forest Ecology and Management* 424, 184-190.

Ranius et al., 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Enviro. Manage.* 209, 409-425.

- Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M. & Helmisaari, H. 2012. Effects of logging residue harvestin thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 263:31–38.
- Thiffault, E., Pare, D., Belanger, N., Munson, A. & Marquis, F. 2006. Harvesting Intensity at Clear-Felling in the Boreal Forest: Impact on Soil and Foliar Nutrient Status. *Soil Science Society of America Journal* 70(2): 691–701.
- Törmänen, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Heikkinen, J., and Smolander, A. 2018. How do logging residues of different tree species affect soil N cycling after final felling? *FORECO* 427, 182-189.
- Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V., Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of The Total Environment*.
- Vanguelova, E., Pitman, R., Luiro, J. & Helmisaari, H. 2010. Long term effects of whole tree harvesting on soil carbon and nutrient sustainability in the UK. *Biogeochemistry* 101(1-3): 43–59.
- Wall, A. & Hytönen, J. 2011. The long-term effects of logging residue removal on forest floor nutrient capital, foliar chemistry and growth of a Norway spruce stand. *Biomass and Bioenergy* 35(8): 3328–3334.
- Walmsley, J. D., Jones, D. L., Reynolds, B., Price, M. H. & Healey, J. R. 2009. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. *Forest Ecology and Management* 257(3): 1104–1111.