

Metsätehon raportti 274
30.6.2025

Moni-indeksi

**Täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon
monimuotoisuusindeksointi puunkorjuun
suunnittelun tueksi**

Micke Malm
Kirsi Riekki
Markus Strandström
Jukka Malinen

ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)

METSÄTEHO OY
Vernissakatu 1
01300 Vantaa

www.metsateho.fi

Moni-indeksi

Täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon monimuotoisuusindeksointi puunkorjuun suunnittelun tueksi

Micke Malm
Kirsi Riekk
Markus Strandström
Jukka Malinen

Metsätehon raportti 274
30.6.2025

ISSN 1796-2374 (Verkojulkaisu)

© Metsäteho Oy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
1 JOHDANTO	5
1.1 Taustaa	5
1.2 Hankkeen tavoitteet.....	6
2 KIRJALLISUUSKATSAUS.....	8
2.1 Luontokohteet.....	8
2.1.1 Pienvesien ja vesistöjen elinympäristöt.....	8
2.1.2 Kallioelinympäristöt.....	10
2.1.3 Lehdot	11
2.1.4 Suoelinympäristöt.....	11
2.1.5 Paahdeympäristöt.....	12
2.1.6 Monimuotoisuudelle merkittävät kangasmetsät	13
2.1.7 Puustoiset perinneympäristöt.....	14
2.2 Luonnonhoidon keinot	15
2.2.1 Säästöpuiden jättäminen	15
2.2.2 Lahopuun turvaaminen ja tekopötkkelöt	16
2.2.3 Suojatiheikköjen jättäminen	18
2.2.4 Lehtipuusekoituksen ylläpito	18
2.3 Lajien huomiointi metsänkäsittelyssä.....	19
3 TYÖPAJAT	21
4 TIETOTARVEKARTOITUS	22
5 PRIORISOINTIKYSELY	23
5.1 Kyselyn rakenne.....	23
5.2 Tulokset.....	26
5.2.1 Puuston koko.....	27
5.2.2 Havupuiden puulajivaihtelu	27
5.2.3 Lehtipuun osuus	28
5.2.4 Eroosioherkkyys	29
5.2.5 Maaperän kosteus	30
5.2.6 Vesistöt	31
5.2.7 Vaihtumisyöhykkeet.....	32
5.2.8 Karukkoalueet	33
5.2.9 Suojelukohteet.....	35
5.2.10 Luonnonhoidon kohteet	36
5.2.11 Muuttujien välinen arvotus	37
5.2.12 Arvotus metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin	38
5.2.13 Arvotus talousmetsien luonnonhoidon suunnittelussa.....	38
6 INDEKSOINNIN MUODOSTAMINEN.....	39
6.1 Kuvion ulkopuoliset alueet	39
6.2 Infrastruktuurin huomiointi	40
6.3 Rantojen, suojelukohteiden ja vaihtumisyöhykkeiden indeksi... 40	

6.4	Karukkoindeksi	40
6.5	Kosteuden indeksi	40
6.6	Eroosion indeksi	41
6.7	Puustotunnukset.....	41
6.7.1	Järeän puuston indeksi.....	41
6.7.2	Lehtipuun osuuden indeksi	42
6.7.3	Havupuiden puulajivaihtelun indeksi	43
6.8	Monimuotoisuusindeksin muodostaminen muuttujien arvoista.....	43
6.9	Esimerkkikohteita	45
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSTARPEET	49
	LÄHTEET.....	51

TIIVISTELMÄ

Suomen Metsäsäätiön rahoittamassa Moni-Indeksi-hankkeessa tuotettiin monimuotoisuusindeksi täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon suunnittelun ja toteutuksen tueksi puunkorjuussa, esimerkiksi automaattiseen ajourasuunnitteluun. Hankkeen alkuvaiheessa kartoitettiin talousmetsien luonnonhoidon nykykäytänteitä ja käytiin läpi aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Tietotarvekartoituksessa tunnistettiin talousmetsien luonnonhoidossa huomioitavia asioita ja selvitettiin nykyisten aineistojen käytettävyyttä tunnistettujen tietotarpeiden täyttämiseksi. Lisäksi hankkeessa järjestettiin asiantuntijatyöpajoja, joissa käsiteltiin talousmetsien luonnonhoitoa ja siihen liittyviä haasteita ja hyviä käytänteitä sekä asiantuntijoiden huomionarvoisimpina pitämiä luonnonhoidon kohteita.

Kirjallisuuskatsauksen ja työpajojen perusteella laadittiin tunnistettuja ja toteutuskelpoisiksi arvioituja monimuotoisuusmuuttujia koskeva kysely, joka lähetettiin asiantuntijoille. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää, mitkä tunnistetuista muuttujista koetaan tärkeimmiksi talousmetsien luonnonhoidossa, ja miten näitä eri muuttujia tulisi arvottaa indeksissä toisiinsa nähden. Tärkeimmät muuttujat liittyivät suojelu-kohteisiin ja vesistöjen suoja- ja vaihteluväyhykkeitä sekä lehtipuuosuuteen.

Indeksi muodostettiin yhdistämällä maaperän kosteutta, karukkoalueita, eroosioherkkyyttä, puustotietoja ja eri vyöhykealueiden tietoja. Vyöhykealueet kattavat vesistöt ja pienvedet, suojelukohteet, erityisen tärkeät elinympäristöt ja muut arvokkaat elinympäristöt, pellot, niityt sekä ojittamattomat suot. Niille muodostetaan 20 metrin vyöhyke, jonka alueella monimuotoisuusarvojen oletetaan laskevan kohteelta poispäin siirryttäessä. Maaperän kosteuden osalta käytetään kosteusindeksiä (4 ha), joka kuvaa pohjaveden pinnan tasoa suhteessa maanpintaan. Karukkoalueista huomioidaan kivet, kivikot, louhikot ja hietikot. RUSLE-eroosiomallin tietoja käytetään vesistöjen läheisyydessä, jotta eroosioherkimmät kohteet voidaan huomioida ajoura- ja luonnonhoidon suunnittelussa. Puustotiedot perustuvat Metsäkeskuksen hila-aineistoon, ja niistä tarkastellaan käsittelyalueen puuston tilavuutta, havupuiden puulajivaihtelua sekä lehtipuuston osuutta. Näistä kaikista saadut monimuotoisuusarvot yhdistetään 4 m x 4 m hilaruuduille, joilta indeksin arvoja voidaan tarkastella ja ottaa huomioon luonnonhoidon suunnittelussa.

Moni-Indeksi-hankkeen tulokset ja tuotettu indeksi esitellään tässä raportissa, ja niitä tullaan käyttämään mm. tukiaineistona monimuotoisuuspiirteitä huomioivassa automaattisessa ajourasuunnittelutyökalussa.

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Taloustmetsien monimuotoisuudesta käydään Suomessa jatkuvaa keskustelua. Taloustmetsien luonnonhoidolla on pyritty vastaamaan tähän keskusteluun huolehtimalla metsään jäävän laho- ja säästöpuuston määrästä sekä arvokkaiden elinympäristöjen ja vesiensuojelun huomioimisesta. Toimenpiteet on hyväksytty laajalti metsäalalla ja käytänteistä on saatu hyviä kokemuksia esimerkiksi PEFC-sertifioinnin osalta (Heinonen ym. 2023). Metsäsertifiointistandardit (PEFC ja FSC) ohjaavatkin luonnonhoitoa merkittävässä määrin asettaen laatu- ja määrävaatimuksia sertifioituihin metsiin. Metsänhoidon suosituksiin (Tapio 2025) päivitettyt ohjeet luonnonhoidon keinoista auttavat metsäalan toimijoita metsäsertifiointistandardien vaatimusten käytännön toteutuksessa.

Monimuotoisuuskysymyksiin vastatakseen puuta jalostava teollisuus on tuottanut monimuotoisuustiekartan (Metsäteollisuus ry ja Sahateollisuus ry 2023), jolla pyritään huomioimaan ja edistämään taloustmetsien luonnonhoitoa kestävästi ja pitkäjänteisesti. Tiekartassa nostetaan esiin ilmasta tehtävän kaukokartoituksen merkitys monimuotoisuuskohteiden havainnoinnissa esimerkiksi isojen säästöpuiden ja suojavyöhykkeiden osalta. Samalla mainitaan puunkorjuussa kerättävä tieto tekopötkkelöistä, suoja-kaistoista ja -tiheiköistä sekä säästöpuuryhmistä nykyteknologiaa hyödyntäen mahdolliseksi.

Puuta jalostavan teollisuuden tiekartassa mainitaan viisi osa-aluetta (taulukko 1), joita toteuttamalla, tutkimalla ja lisäämällä voidaan vahvistaa taloustmetsien monimuotoisuutta.

Taulukko 1. Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartan osa-alueet vaadittuine toimenpiteineen ja kehitystarpeineen (Lähde: Metsäteollisuus ry ja Sahateollisuus ry 2023)

Osa-alue	Toimenpiteet	Kehitystarpeet
Puulajisuhteiden monipuolistaminen	Lisätään lehtipuun ja sekapuuston osuutta metsien uudistamisessa, taimikonhoidossa ja kasvatushakkuissa sekä säästöpuustossa	Varmistetaan jalostetun metsänviljelyaineiston saatavuus koivun viljelyyn sekä turvataan metsänjalostuksen resurssit myös muiden lehtipuiden osalta
	Säästetään harvalukuisempia lehtipuita, kuten haapoja ja raitoja, säästöpuiksi kaiken ikäisissä metsissä	Lisätään tutkimusta puulajisuhteiden optimeista ilmasto-kestävyyden ja monimuotoisuuden kannalta
	Tavoitellaan suojavyöhykkeillä ja arvokkaissa elinympäristöissä luontaista puulajikoostumusta	Laaditaan ohjeistus jätettävän säästöpuuston ekologisesta laadusta ja kohdentamisesta
Lahopuun lisääminen ja laadun parantaminen	Säästetään luontaisesti syntynyt maa- ja pystylahopuu sekä jätetään korjaamatta osa hakkuutähteistä	Säilytetään runkolahopuut paremmin, selvitetään tuhoutumisen syyt ja etsitään keinoja tilanteen parantamiseksi
	Lisätään säästöpuuston vaikuttavuutta keskittämällä niitä ryhmiin ja kohdentamalla niitä potentiaalisimpiin kohteisiin	Kehitetään käytäntöön sovellettavia säästöpuuohjeita laadun ja kohdentamisen parantamiseksi
	Lisätään tekopötkkelöiden määrää kohteissa, joissa ei ole riittävästi lahopuuta	Selvitetään säästöpuiden ja tekopötkkelöiden pitkäaikaisvaikutuksia
Arvokkaiden elinympäristöjen turvaaminen	Turvataan arvokkaat elinympäristöt metsälain sekä metsäsertifioinnin tarkoittamalla tavalla ja seurataan toteutusta	Selkiytetään luontokohteiden luokitusta sekä rajaus- ja käsittelyohjeita
	Keskitetään monimuotoisuustoimia arvokkaiden elinympäristöjen yhteyteen	Kehitetään ja säännöllistetään luontotiedon keruuta ja seurantojen toteutusta
	Edistetään merkittävimpien kohteiden suojelua METSO-ohjelman avulla	Edistetään kansallisen luontotietokeskuksen perustamista luontotiedon mutkattoman jakamisen varmistamiseksi
Lehtojen ja paahde-elinympäristöjen tunnistaminen ja niiden monimuotoisuuden lisääminen	Toteutetaan lehtojen hoidon toimintaohjelmaa, joka auttaa erilaisten taloustmetsälehtojen ja suojelulehtojen tunnistamisessa ja hoidossa	Laaditaan kansallinen lehto-ohjelma kartoittamaan lehtojen sijaintia ja kehittämään lehtotyypeittäin hoitotoimia eri lehtokeskusalueilla
	Monipuolistetaan, erityisesti Etelä-Suomen lehdissä, puulajistoa vähentämällä kuusia	
	Toteutetaan paahde-elinympäristöohjelmaa, joka auttaa paahde-elinympäristöjen tunnistamisessa ja hoidossa	Laaditaan kansallinen paahde-elinympäristöohjelma kartoittamaan paahde-elinympäristöjen sijaintia ja kehittämään tarvittavia toimia
Paloelinympäristöjen lisääminen	Lisätään kontrolloituja metsän- ja luonnonhoidollisia polttoja ja kulutuksia	Edistetään kulutuksen pullonkaulojen analysointia ja niiden purkamista
	Ylläpidetään palojatkumoa keskittämällä polttoja alueille, joissa on äskettäin poltettu tai palanut metsää	
	Kulutetaan paahde-elinympäristöjä	Viestitään tulen käytön monimuotoisuushyödyistä

Tiekartassa mainitaan arvokkaiden elinympäristöjen turvaaminen metsälain sekä metsäsertifioinnin tarkoittamalla tavalla, minkä lisäksi tavoitteena on seurata näiden toimenpiteiden toteutusta. Hakkuukoneen tallentamista tiedoista voidaan tarkastella esimerkiksi suojavyöhykkeiden ja muiden hakkuun ulkopuolelle jätettyjen kohteiden toteutumista (Rieki ja Malinen 2022; Rieki ym. 2023; Haavisto ym. 2023).

Monimuotoisuustiekartassa kuvattujen toimenpiteiden toteuttamiseen osana talousmetsien hoitoa tarvitaan monipuolisesti tietoa korjuukohteiden maaston ja luonnonpiirteiden ominaisuuksista. Täsmämetsätaloudella voidaan tehostaa metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamista, metsien puuntuotoskykyä, hiilensidontaa sekä lisätä metsien resistanssia ja resilienssiä muuttuvassa ilmastossa. Toimenpiteiden kohdistaminen tehokkaimmin edellyttää korjuukohteen ominaisuuksien sisäisen vaihtelun selvittämistä ja huomiointia, eli ns. täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoitoa jo korjuun suunnittelu- sekä myös toteutusvaiheessa.

Täsmämetsätaloustyökohteita ovat muun muassa pienipiirteiset käsittelyalueen sisäiset kohteet, joissa yhdistyy vesiensuojelullisia ja puuntuotannon teknis-taloudellisia riskejä ja toisaalta normaalia korkeampia monimuotoisuusarvoja. Esimerkiksi tulvaherkät vesistövyöhykkeet tai kosteat painanteet, monimuotoisuuskohteet, puuntuotannollisesti vähäarvoiset kohteet ja kuolleen puun keskittymät voi olla perusteltua käsitellä poikkeavasti tai jättää kokonaan käsittelyn ulkopuolelle.

Täsmätoimenpiteiden suunnittelu ja toteuttaminen talousmetsissä edellyttää monien aineistojen hyödyntämistä samanaikaisesti. Se on haaste puunkorjuun suunnittelijalle ja toteuttajalle, esimerkiksi metsäkoneenkuljettajalle, ja sitä varten tarvitaan automaattisia päätöstukijärjestelmiä. Metsäkoneenkuljettaja joutuu vielä nykyään tekemään monet täsmäpuunkorjuuseen liittyvät päätökset maastossa. Jatkossa automaattisten päätöstukijärjestelmien toivotaan helpottavan kuljettajan työtä.

Aineistoilta täsmämetsänhoidon automatisoitu suunnittelu edellyttää laajaa alueellista kattavuutta sekä myös tasalaatuisuutta, mikä saavutetaan helpoimmin automatisoidulla aineiston tuotannolla, kuten kaukokartoituksella tai laskennalliseen mallinnuksen avulla. Kaukokartoitus pohjaisten tulkintojen spatiaalinen resoluutio mm. monimuotoisuuskohteiden tunnistamisessa on vielä nykyisellään siinä määrin kärkeä, että yksin sen pohjalta pienipiirteisempien täsmäluonnonhoitotoimien suunnittelu ja toteutus voi olla haastavaa. Esimerkkejä tällaisista luonnonhoidon toimenpiteistä ovat mm. tekopötkkelöiden tekeminen sekä suojatiheikköjen ja säästöpuuryhmien jättäminen.

Yksi keino tarjota hakkuun toteuttajalle täsmätietoa korjuukohteelta on indeksoida metsien monimuotoisuutta. Monimuotoisuusindeksointia on käytetty aiemmin esimerkiksi Lähteen ym. (1999) ja Saarisen ym. (2018) artikkeleissa. Lähteen ym. (1999) indeksoinnissa otettiin huomioon runkoluku puulajeittain, pohjapinta-ala, kuolleiden pysty- ja maapuiden tilavuus puulajeittain, aluskasvillisuuden peittävyys, erikoispuulajit ja palanut puu. Saarisen ym. (2018) artikkelissa huomioitiin melko lailla samat asiat, tosin osaa muuttujista painotettiin pohjapinta-alalla. Lisäksi laskettiin kokonaisbiomassa maanpinnan yläpuolelta.

Sekä Lähteen ym. (1999) että Saarisen ym. (2018) monimuotoisuusindeksoinnissa käytetyt tunnuksat vaativat mittauksia joko kenttätöinä tai paikallisena ilmakuvauksena (multi- tai hyperspektrikuvaus). Edellä mainitut indeksoinnit on alun perin kehitetty kuvioiden tai metsiköiden väliseen vertailuun, joten ne eivät sellaisenaan kuvaa kohteiden sisäistä vaihtelua, mitä taas täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidossa pyritään huomioimaan.

1.2 Hankkeen tavoitteet

Moni-Indeksi-hankkeen tavoitteena oli tuottaa käsittelyalueen sisäisen vaihtelun huomioiva monimuotoisuusindeksointi puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen tueksi. Indeksointi pyrittiin tuottamaan valtakunnallisilla aineistoilla mahdollisimman tarkalla resoluutiolla lähtöaineistojen tarkkuus hyödyntäen, jotta päästäisiin täsmätoimenpiteiden kannalta mahdollisimman yksityiskohtaiselle tasolle.

Monimuotoisuusindeksin ensimmäinen suunniteltu käyttökohde on Metsätehon kehittämä automaattinen ajourasuunnittelutyökalu. Automaattisessa ajourasuunnittelussa monimuotoisuusindeksillä pyritään tunnistamaan alueita, jotka jätetään esimerkiksi kokoojaurien ulkopuolelle ja ajourien väliin käsittelemättä.

Ajourasuunnittelun lisäksi tässä hankkeessa tavoiteltava monimuotoisuusindeksointi voi helpottaa ja tehostaa arvokkaiden elinympäristön suojaamista. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi metsälakikohteiden yhteyteen sijoitettavien säästöpuuryhmien suunnittelua tai koskemattoman tiheikön rajaamista käsitteilyn ulkopuolelle. Näin ollen tässä hankkeessa tuotettava monimuotoisuusindeksointi helpottaa myös puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartan tavoitetta monimuotoisuustoimien keskittämisestä arvokkaiden elinympäristöjen yhteyteen.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoitus oli selvittää metsäluonnon monimuotoisuusindikaattoreita sekä täsmäluonnonhoidon menetelmiä ja näiden suunnittelua tukevia tietoaineistoja. Aihe rajattiin projektin luonteen vuoksi koskemaan talousmetsiin kohdistuvia luonnonhoidon keinoja, minkä lisäksi näiden keinojen pääasiallinen tarkastelu painottui puunkorjuun yhteydessä mahdollisesti toteutettaviin ja niihin keskittyviin täsmäluonnonhoidon toimenpiteisiin. Tästä syystä joitakin yleisesti hyväksyttyjä ja käytettyjä luonnonhoidon keinoja, kuten suoalueiden ennallistamistoimenpiteitä tai kulotusta ei tässä katsauksessa käsitellä.

Monimuotoisuuden indikaattoreina tai ylläpitäjinä on yleisesti pidetty metsänhoidon suosituksissa esiteltyjä metsien rakennepiirteitä, kuten suuria säästöpuita, lahoppuita, lehti- ja sekapuustoisuutta sekä suojaiteikköjä. Esimerkiksi Gaon ym. (2015) tekemä laaja katsaus biodiversiteetti-indikaattoreista luetteli samat piirteet useimmiten käytetyiksi. Lahopuu oli erityisesti edustettuna, ja se oli jaoteltu lahoasteen sekä lahoppuun määrän ja lajivaihtelun mukaan.

Metsänhoidon suositukset kattavat yleisimmin käytetyt talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteet sekä monimuotoisuuden kannalta olennaisimmat luontokohteet. Tämän vuoksi kirjallisuuskatsauksessa esitetyt asiat on jaoteltu metsänhoidon suositusten mukaisesti, joskin asioita on pyritty tiivistämään hankkeen kannalta oleellisiin osiin.

2.1 Luontokohteet

Talousmetsissä tai niiden välittömässä läheisyydessä esiintyvät monimuotoisuuden kannalta merkittävimmät luontokohteet on jaettu metsänhoidon suositusten mukaan seitsemään eri luontokohdetyyppiin.

Luontokohteiden yhteydessä on esitetty metsäsertifiointistandardien kriteerejä kyseiseen luontokohteeseen liittyen. Viittaukset ovat aina standardien viimeisimpään versioon (PEFC Suomi 2022; FSC Suomi 2023).

2.1.1 Pienvesien ja vesistöjen elinympäristöt

Pienvedet ja vesistöt muodostavat lähiympäristöjensä kanssa monimuotoisia ja arvokkaita elinympäristöjä niin maa- kuin vesilajeille. Pienvesillä ja vesistöillä tarkoitetaan puroja, noroja, lähteitä, lähteikköjä, lampia, fladoja ja kluuveja sekä järviä, jokia ja meriä ja niiden rantametsiä. Näiden tunnistamisen paikkatietoaineistoja ovat Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (Maanmittauslaitos 2025) ja Suomen Ympäristökeskuksen Ranta10-aineisto (Syke 2021).

Vuoden 2018 luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa (Kontula & Raunio 2018b) pienvesien tila oli heikko. Metsätalouden hakkuut ja ojitukset ovat osaltaan heikentäneet pienvesien ja vesistöjen tilaa. Nykylainsäädännössä metsälaki (1093/1996) ja vesilaki (587/2011) suojaavat pienvesiä ja vesilaki laajemmin vesistöjä metsänkäsittelyn toimenpiteiltä. Lisäksi metsäsertifiointijärjestelmissä (PEFC ja FSC) on omat velvoitteensa esimerkiksi suojavyöhykkeiden käsittelyn osalta.

Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartassa (Metsäteollisuus ry & Sahateollisuus ry 2023) mainitaan viisi osa-aluetta, joihin panostamalla puuta jalostava teollisuus pyrkii vahvistamaan luonnon monimuotoisuutta talousmetsissä. Pienvesien ja vesistöjen osalta tiekartan olennaisimmat kohdat liittyvät lehtipuun lisäämiseen ja arvokkaiden elinympäristöjen turvaamiseen. Puulajisuhteiden monipuolistamisen tavoitteena mainitaan luontaisen puulajikoostumuksen ylläpito suojavyöhykkeillä ja arvokkaissa elinympäristöissä. Arvokkaiden elinympäristöjen turvaamisen osalta tavoitteita ja kehitystarpeita on mahdollista ottaa huomioon täsmäluonnonhoidon keinojen ja sitä kautta tämän hankkeen tavoitteiden kautta.

Metsänhoidon suosituksissa korostetaan suojavyöhykkeen riittävää rajausta ja sen puuston ja maanpinnan säilyttämistä koskemattomana. Tarkoituksena on säilyttää pienvesiä ja vesistöjä suojaavan puuston varjostusvaikutus sekä estää ravinnekuormituksen päätymistä vesistöön. Suojavyöhykkeellä

neuvotaan suosimaan vähäarvoisempaa lehtipuustoa, pieniä havupuita, rantapuita, pensaita ja alikasvopuita. Hakkuutähteitä ei tulisi sijoittaa suojavyöhykkeille.

Metsäsertifiointijärjestelmien velvoitteet suojavyöhykkeille vaihtelevat. **PEFC-järjestelmässä** suojavyöhykkeen leveyden tulisi olla keskimäärin 10 metriä, mutta vähintään viisi metriä. Suojavyöhykkeellä tehdään vain lehtipuustoa suosivaa poimintahakkuuta, eikä alueella tehdä maanmuokkausta, lannoitusta, kantojen korjuuta, pensaskerroksen kasvillisuuden raivausta tai kemiallista torjuntaa kasvinsuojeluaineilla. **FSC-sertifioinnissa** suojavyöhykkeen leveys vaihtelee kohteen mukaan kymmenestä 30 metriin. Suojavyöhyke tulee jättää vesistön molemmille puolille. Silloin kun edellytetään sekä käsittelmätöntä että käsiteltyä suojavyöhykettä, käsittelemätön suojavyöhykkeen osa sijaitsee aina lähempänä kohdetta. FSC-sertifioinnissa suojavyöhykkeet määritellään kuvassa 1.

	Käsittelemättömäksi jätettävän suojavyöhykkeen osan leveys	Peitteisenä hoidettavan suojavyöhykkeen osan leveys	Suojavyöhyke yhteensä
Meri	15 m	n. 10 m	n. 25 m
Järvi	10 m	-	10 m
Lampi	10 m	-	10 m
Luonnontilaiset tai sen kaltaiset joet, purot ja lähteet	20 m	n. 10 m	n. 30 m
Joet (muut kuin luonnontilaiset tai sen kaltaiset)	15 m	-	15 m
Uomaltaan voimakkaasti muokattu puro	-	10 m	10 m

Kuva 1. FSC-standardin vaatimukset vesistöjen suojavyöhykkeillä. Lähde: FSC Suomi (2023).

Sertifiointijärjestelmistä poimittuja suojavyöhykkeiden leveysvaatimuksia käytetään usein sellaisenaan. Monimuotoisuuden, korjuukelpoisuuden ja hakkuukertymänkin kannalta olisi kuitenkin järkevämpää käyttää vaihtelevan levyistä suojavyöhykettä. Kosteammat painanteet kestävät huomattavasti huonommin hakkuukorjuun alla ja urasyvytykset saattavat syventyä tarpeettomasti. Samoilla paikoilla kosteus voi haitata puuston kasvua tai puulajit voivat olla taloudellisesti vähemmän arvokkaita lehtipuita.

Maaperän kosteutta on mallinnettu Luonnonvarakeskuksen tuottamilla kosteusindeksikartoilla (DTW; depth-to-water -index). Kosteusindeksikartat on muodostettu korkeusmallin ja sitä määriteltyn uoma-verkoston kautta (Salmivaara 2020) eri kynnysarvoille, jotka edustavat erilaisia kosteusolosuhteita. Esimerkiksi 4 ha:n kynnysarvo kuvaa keskimääräisiä loppukesän olosuhteita.

Suomen ympäristökeskuksen raportissa (Annala ym. 2022; Mykrä ym. 2023) todetaan DTW-kosteusindeksin (4 ha) raja-arvon 0,5 m olevan sopiva kosteudesta riippuvaisen lajiston monimuotoisuuden ylläpitämiseksi ja raportissa todetaan, että kosteusindeksiä voitaisiin käyttää pohjana lakien ja metsäsertifiointijärjestelmien velvoittavien suojavyöhykkeiden suunnitteluun ja luonnonhoitotoimenpiteiden kohdentamiseen. Annalan ym. (2022) raportissa on tutkittu kosteusarvojen vaihtelun vaikutusta monimuotoisuuteen metsäpuurojen lähimaastossa, mutta tulos lienee yleistettävissä muihin kosteusvaihteluihin, etenkin vesistöjen läheisyydessä. Virtausverkkoon tai maastokarttojen kosteikko- ja soistumadataan yhdistettynä kosteusindeksin käyttö on perusteltua paitsi monimuotoisuuskohteiden löytämiseksi, myös kosteampien kohtien ajourapainauksen ehkäisemiseksi.

Kosteusindeksiin pohjautuvat suojavyöhykkeet olivat usein Annalan ym. (2022) raportissa laajempia kuin tasaiset, 5–15 m vyöhykkeet. Kustannusten hillitsemiseksi suojavyöhykkeen rajauksen täytyy kuitenkin pysyä kohtuullisena, mutta toisaalta suojavyöhykkeen riittävä leveys tulee varmistaa esimerkiksi laskennallisesti, jotta voidaan varmistaa laki- ja sertifiointivaatimusten toteutuminen. Toisaalta Tiwarin ym. (2016) tarkastelussa havaittiin kosteusindeksipohjaisen suojavyöhykkeen kattavan vähemmän

tuottavaa metsämaata kuin tasalevyiset suojavyöhykkeet, mikä tukee vaihtelevan levyisten suojavyöhykkeiden hyödyntämistä myös taloudellisesta näkökulmasta.

Kosteusindeksin käyttöä tukee myös Kuglerován ym. (2014) tutkimuskatsaus, jonka perusteella artikkelissa päädytään suosittelemaan DTW- ja virtausverkkojen yhdistelmää vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeiden hakkuu- ja ajourasuunnittelussa. Puiden poiston lisäksi arvioitiin maan rikkoutumisen vaikutusta, ja päädyttiin herkkien alueiden maanpinnan säästämisen kannalle niin biodiversiteetin kuin rehevöitymisen näkökulmasta. Tähän liittyy tietysti myös herkkimpien alueiden välttäminen maanmuokkaustoimenpiteiden yhteydessä. Kuglerová ym. (2014) painottivat etenkin pohjavesien purkautumisalueiden säästämisen merkitystä monimuotoisuudelle ja ravinteiden huuhtoutumisen estämisessä.

Kosteusindeksin lisäksi Annala ym. (2022) suosittelevat käyttämään Metsäkeskuksen tuottamaa virtausverkkoa (Metsäkeskus 2021) suojavyöhykkeiden rajauksessa sekä säästöpuuryhmien ja tiheikköjen sijoittamisessa. Virtausverkkoa voitaisiin käyttää apuna myös pienten norojen tunnistamiseen käsittelyalueella, jotta niillä voitaisiin välttää tarpeetonta liikkumista metsäkoneilla. Samassa raportissa Annala ym. (2022) esittävät Luonnonvarakeskuksen (2021) koko Suomen alueelle laskeman RUSLE-mallin olevan käyttökelpoinen suojavyöhykkeiden suunnittelussa. RUSLE kuvaa paljaan maan eroosio potentiaalia ensimmäisenä vuonna maanmuokkauksesta. Annala ym. (2022) ehdottavat vesistöjen varsilla sijaitsevien eroosioherkkien alueiden jättämistä koskemattomiksi suojavyöhykkeiksi sekä uomien ylitysten suunnittelua muihin kuin eroosioherkkiin kohtiin.

2.1.2 Kallioelinympäristöt

Kallioelinympäristöt ovat kohteita, joissa kallioluontotyyppi tai -tyypit muodostavat yleensä näkyvien kalliojaljastumien tai puuston rakenteen ilmentämän kokonaisuuden. Kivilajin ravinteisuus tai happamuus jakaa kalliotyyppejä, minkä lisäksi kalliot voidaan jakaa laakeisiin kallioihin ja jyrkänteisiin kaltevuutensa perusteella.

Kallioluontotyypeistä kalkki- ja serpentiinikalliot on arvioitu uhanalaisiksi (Kontula ym. 2018a). Ranta-kalliot ja varjojyrkänteet on arvioitu silmälläpidettäviksi, ja näiden suojaamiseksi tulisi huomioida kallioelinympäristöjen suojavyöhykkeet varjostavan puuston poiston muuttaessa elinympäristön kosteusolosuhteita kuivemmaksi (Kontula ym. 2018a).

Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartassa (Metsäteollisuus & Sahateollisuus ry 2023) ei ole erikseen mainittu kallioelinympäristöjä, mutta ne sisältyvät arvokkaiden elinympäristöjen turvaamisen tavoitteisiin. Käsittlemättömiä tai suojattuja kallioelinympäristöjä voidaan huomioida myös lahossa säästöpuun sijoittelussa, esimerkiksi säästämällä kallioilla kasvavia mäntyjä tai sijoittamalla säästöpuuryhmät tukemaan jyrkänteiden alusmetsien varjostusta.

Metsänhoidon suosituksissa eri kallioelinympäristöjä suositellaan käsittelemään seuraavasti:

Jyrkänteiden läheisyydessä suojavyöhykkeiden suositellaan olevan pohjoissuuntaisilla jyrkänteillä 30–50 metriä ja eteläsuuntaisilla jyrkänteillä 60–100 metriä. Osa jyrkänteistä ja niiden alusmetsistä voi lisäksi olla metsälain 10 §:n tarkoittamia erityisen tärkeitä elinympäristöjä, jolloin niiden ominaispiirteiden muuttaminen on kiellettyä. Jyrkänteen lisäksi sen alusmetsä tulisi huomioida hakkuuta suunniteltaessa, ja päätehakkuissa jyrkänteiden alusmetsä suositellaan rajaamaan pois leimikosta.

Vähätuottoiset ja metsäiset kalliot, kivikot ja louhikot sekä rotkot ja kurut suositellaan rajaamaan hakkuun ulkopuolelle paitsi luonnonhoito, myös taloudellinen näkökulma - korjuuolojen haastavuus ja odotettu hakkuutuotto - huomioiden. Alueille voidaan myös sijoittaa leimikon säästö- ja lahoppuustoa.

Kalkki- ja serpentiinikallioiden suositukset ja rajaukset ovat kohdekohtaisia. Luonnonsuojelulailla suojellut serpentiini- ja kalkkikalliot tulee luonnollisesti jättää käsittelyn ulkopuolelle. Tämän lisäksi kalkkikallioilla ei tulisi tehdä avohakkuuta eikä istuttaa tiheää taimikkoa, etenkin kuusen taimikkoa. Joillain kalkkikallioalueilla harvennus- ja poimintahakkuut ovat perusteltuja kohteen lajistoa uhkaavan puuston poistamiseksi, mutta tämän tulisi perustua asiantuntija-arvioon.

Metsäsertifiointijärjestelmistä **PEFC** edellyttää metsälain 10 §:n mukaisten kohteiden hoito- ja käyttötoimenpiteiden tekemistä elinympäristön ominaispiirteet huomioiden, säilyttäen ja vahvistaen. **FSC-standardissa** on lakirajoitusta tiukempi linjaus jyrkänneiden ja rotkojen osalta; kohdetta tarkastellaan luonnontilaisuuden eikä säädetyn 10 metrin vähimmäiskorkeuden kautta. Lisäksi FSC:ssä on tiettyjä kohteita, jotka tulisi rajata ulos metsänkäsittelystä.

Kallioelinympäristöjen kohdetietoja on saatavilla Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta. Serpen-tiinikallioista ja -kivikoista löytyy Suomen ympäristökeskuksen (Syke 2023) kokoama aineisto, minkä lisäksi osa metsälain karukko-kohteista voi löytyä 10 §:n kohteina omasta aineistostaan. Metsäkeskuk-sessa on myös tuotettu erillinen jyrkänneviivamalli (Metsäkeskus 2023), jossa jyrkänneiden paikka- ja korkeustiedot ovat tarkempia kuin maastotietokannassa. Arvokkaita kallioympäristöjä voidaan löytää myös korkeusmallien ja avautumissuunnan perusteella.

2.1.3 Lehdot

Lehtoja on Suomen metsämaan pinta-alasta 1–2 % ja niitä esiintyy Lounais-Suomessa sekä emäksis-ten kivialueiden keskittymissä niin kutsutuissa lehtokeskuksissa eri puolella Suomea. Ravinteikkaat sa-vimaat, suurten vesistöjen varret, kallioseinämiä juuret sekä syvät purolaaksot ovat lehdoille otollisia paikkoja. Lehtojen määrää on vähentänyt niiden raivaus pelloiksi. Nykyään 77 % lehtoluontotyypeistä on luokiteltu uhanalaisiksi, minkä lisäksi metsien uhanalaisista lajeista 45 % elää lähtökohtaisesti leh-doissa (Kontula ym. 2018a). Suuri osa (n. 90 %) lehdoista on talousmetsäkäytössä, mutta rehevät leh-tolaikut ovat metsälain 10 §:n mukaisesti suojeltuja kohteita. Lisäksi luonnonsuojelulain 64 §:n mukaiset jalopuumetsiköt, pähkinäpensaitot ja tervaleppämetsät ovat suojeltavia kohteita.

Lehdot on jaettu kolmeen alatyyppeihin, joille on metsänhoidon suosituksissa annettu yleiset käsittelyoh-jeet. **Kuivissa lehdoissa** pyritään puuston avoimuuteen lämmön takaamiseksi. Puusto pidetään har-vana ja suositaan lehtipuita ja mäntyä. **Tuoreissa lehdoissa** pyritään turvaamaan lehtipuiden, etenkin jalojen lehtipuiden, kasvuolosuhteita. Lisäksi tavoitellaan puu- ja pensaskerroksen kerroksellisuutta. **Kosteat lehdot** pyritään pitämään varjoisina ja hakkuut tehdään varoen poiminta- ja pienaukkohak-kuina vesitalouden ylläpitämiseksi.

PEFC-sertifioiduissa lehtipuuvaltaisissa lehdoissa toimenpiteiden tulee säilyttää alueen lehtipuuval-taisuus. Metsälain 10 §:stä poiketen PEFC-sertifioinnissa lehtipuuvaltaisen lehdon määritelmä on laa-jempi, kattaen kaikki taimikkovaihetta vanhemmat alueet, jossa lehtipuun osuus puun tilavuudesta ylitt-ää 50 %. **FSC-sertifioinnissa** kaikki metsälain 10 §:n ja luonnonsuojelulain 64 §:n mukaiset lehdot on jätettävä metsänkäsittelyn ulkopuolelle. Lisäksi mm. kookkaita tai lahovikaisia vanhoja jaloja lehtipuita sisältävät metsät tulee rajata käsittelyn ulkopuolelle.

Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartassa (Metsäteollisuus ry & Sahateollisuus ry 2023) mainitaan arvokkaiden elinympäristöjen suojaamisen lisäksi lehtoihin liittyvä toimintaohjelma, jonka tar-koituksena on erilaisten lehtojen (talousmetsä- ja suojelulehdot) tunnistaminen ja hoito. Yksittäisinä toimenpiteinä mainitaan puulajiston monipuolisuuden lisääminen kuusta poistamalla sekä lahopuun määrän lisääminen. Lisäksi kehitystarpeena mainitaan kansallisen lehto-ohjelman laadinta lehtojen si-jainnin ja eri lehtokeskusalueiden ja lehtotyyppien hoitotoimien tueksi.

Lehdoista ei ole tällä hetkellä saatavilla kattavaa paikkatietoaineistoa. Tapion ja Luonnonvarakeskuk-sen yhteishankkeessa (Tapio 2024) on kuitenkin kehitetty lehtokartoituksen käytäntöjä, ja valtakunnal-lista kartoitusta on tarkoitus toteuttaa vuodesta 2025 eteenpäin.

2.1.4 Suoelinympäristöt

Suoelinympäristöihin kuuluvat puustoiset ja puuttomat suot sekä niiden reunametsät. Arvokkaiksi suo-luontokohteiksi luetaan vesitaloudeltaan luonnontilaiset tai luonnontilaisen kaltaiset korvet, rämeet, ne-vat, letot ja luhdat. Pienialaisia puustoisia suokasvupaikkatyyppejä esiintyy kangasmetsien soistumisissa ja avosoiden reunamilla.

Suoluontotyypeistä noin puolet on arvioitu uhanalaisiksi ja viidennes silmälläpidettäväksi (Kontula ym. 2018a). Vesitaloutta muuttavat toimenpiteet, enimmäkseen ojitukset, ovat suurimpana syynä soiden

uhanalaistumiseen. Olennaista suoelinympäristön säilyttämiseen on luonnontilaisen tai luonnontilaisen kaltaisen vesitalouden ylläpito. Tätä voidaan ylläpitää hakkuissa säilyttämällä haihduttavaa lehtipuu-sekoitusta. Monimuotoisuuden kannalta merkittävät kankaiden ja soiden reuna-alueet tulisi huomioida hakkuiden suunnittelussa ja jättää suoalueen reunalle luontainen vaihteluvyöhyke.

Metsälain 10 §:n mukaisia elinympäristöjä ovat mm. luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset ympäröivästä metsäluonnosta erottuvat lehto- ja ruohokorvet, letot ja muut vähäpuustoiset jouto- ja kitumaan suot sekä luhdat. Näiden lisäksi pienvesien ja vesistöjen yhteydessä esiteltujen luontokohteiden ympärillä voi esiintyä lain suojaamia suoluontotyyppisiä. Näillä kohteilla voidaan toteuttaa kevyitä poimintahakkuita, kunhan alueen puusto ja vesitalous säilyvät luonnontilaisena tai luonnontilaisen kaltaisena. Metsälain lisäksi luonnonsuojelulain 64 §:n mukaisista suojelluista luontotyypeistä esimerkiksi sisämaan tulvametsät tai tervaleppämetsät voivat sisältää suoluontotyyppisiä.

PEFC-sertifioinnissa suositellaan luonnonsuojelullisesti arvokkaiden suoelinympäristöjen säilyttämistä metsätalouden toimenpiteissä. Näiden elinympäristöjen tulee olla lähtökohtaisesti luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia, selkeästi maastossa havaittavia ja tunnistettavia. Tällaisia elinympäristöjä ovat ojittamattomat korvet ja lettorämeet, ruohoiset sararämeet sekä luonnontilaiset metsäluhdet. Suuri osa PEFC:n tarkoittamista kohteista on myös metsälain 10 §:n mukaisia kohteita. Lisäksi puustoltaan luonnontilaisen kaltaiset, eri-ikäisrakenteiset tai vähintään 20 m³/ha lahoppuuta sisältävät ojittamattomat korvet kuuluvat standardin tarkoittamiin suoelinympäristöihin. Jos kohde on alle puolen hehtaarin kokoinen, tulee lahoppuustoa olla vähintään 10 m³.

Kyseiset alueet tulee jättää joko kokonaan hakkaamatta tai käsitellä kevyin poimintahakkuin. Tärkeintä on säästää kohteen luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltaisen puusto ja vesitalous. Lahoppuuston lisäksi tärkeimpiä piirteitä ovat vanha puusto, pohjaveden pinnan korkea taso, turpeen runsasravinteisuus sekä rimp- ja mätäspintojen, luontaisen tulvimisen ja pintaveden luonnollinen vaihtelu. Vesitalouden luonnontilaisuutta ylläpidetään jättämällä alueet ojittamatta. Lisäksi puuntuotannollisesti vähätuottoiset ojitetut suot, joissa runkopuun vuotuinen kasvu on alle 1 m³/ha, jätetään ennallistumaan.

FSC-sertifiointi edellyttää PEFC:n tavoin tunnistamaan tietyt elinympäristöt ja jättämään ne käsittelyn ulkopuolelle. Vesitaloudeltaan luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset, pinta-alaltaan vähintään 0,3 hehtaarin korvet, rämeet, nevat, letot ja metsäluhdet tulee jättää pysyvästi metsätalouden ulkopuolelle. Näiden kohteiden ympärille tulee jättää suojavyöhyke, jonka leveys on metsäluhdilla ja metsämaan korvilla 10 metriä ja muilla soilla 5 metriä. Lisäksi suojavyöhykkeen läheisyydessä ainespuuta pienempi puusto säästetään vähintään 5 metrin levyisellä vyöhykkeellä. Suojavyöhykkeeseen voidaan laskea mukaan soistunut vaihteluvyöhyke, joka tulee kuitenkin jättää kokonaisuudessaan uudistushakkuiden, ojituksen ja maanmuokkauksen ulkopuolelle, vaikka se olisi leveämpi kuin kohteella vaadittava suojavyöhyke.

FSC edellyttää lisäksi vesitaloudeltaan luonnontilaisten ja luonnontilaisen kaltaisten pienialaisten alle 0,3 ha kokoisten soiden, soiden osien ja kausikosteikoiden jättämistä hakkuiden ja muun metsänkäsittelyn ulkopuolelle. Alueiden tulee erottua joko puustoltaan ja pintakasvillisuudeltaan tai vain pintakasvillisuudeltaan selkeästi ympäristöstä.

Suoelinympäristöistä saadaan tiedot Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta tai GTK:n suotyyppien ja turvekankaiden aineistosta (GTK 2023). Olennaista on erottaa ojittamattomat suot vaihteluvyöhykkeiden huomioimista varten.

2.1.5 Paahdeympäristöt

Metsäiset paahdeympäristöt ovat yleensä länsi-lounais-linjaan aukeavia valoisia rinteitä, harjuja tai dyynnejä, joiden maalaji on karkeaa, yleensä hiekkaa tai soraa, ja puusto on harvaa tai aukkoista. Kangashumuskerros on usein ohutta tai aukkoista, mikä entisestään heikentää alueen vedenpidätyskykyä. Paahdeympäristöissä elää kuivien, lämpimien ja vähäravinteisten olosuhteiden lajeja. Paahdeympäristöjen ja harjumetsien uhanalaiset lajit kattavat n. 12 % kaikista uhanalaisista metsälajeista (Kontula 2018a). Syitä paahdeympäristöjen vähenemiseen ovat mm. metsäpalojen vähentyminen, alueiden metsittäminen ja metsien rehevöityminen, mistä johtuva puuston ja kasvillisuuden umpeenkasvu on heikentänyt paahdeympäristölajien elinoloja.

Paahdeympäristöjen hoitotoimenpiteistä oleellisin on alueen varjostuksen vähentäminen ja/tai aukkoisuuden ylläpito. Luonnonhoidon tavoitteena on saada paahdeympäristön puusto harvaksi ja mäntyvaltaiseksi. Paahdeympäristöihin voi kohdistaa voimakkaitakin hakkuita, jos niillä saadaan varjostus poistettua. Etenkin rinteiden alaosien hakkuut voivat avata merkittävästi paahteista ympäristöä. Paahdeympäristöissä tulisi suosia mäntyä, ja lehtipuut voi yksittäisiä järeitä yksilöitä lukuun ottamatta poistaa. Taimikonhoito ja harvennukset tulisi hoitaa ajallaan ja riittävän voimakkaina. Myös heinittymistä on tarkkailtava hakkuun jälkeen. Hakkuutähteet ja maanmuokkauksessa kuorittu kunta tulisi poistaa tai kerätä kasoihin ja polttaa. Maanpinnan rikkomista suositellaan lajistolle suosiollisen kasvualustan varmistamiseksi. Uudistamisen toimenpiteinä tulisi suosia kulotusta ja männyn siemenpuuhakkuuta.

Paahdeympäristöt eivät ole metsälain 10 §:n alaisia kohteita, mutta luonnonsuojelulain 64 § sisältää harjumetsien vähäpuustoiset kaakko-länsi-suuntaiset valorinteet, joiden sijainti ja kaltevuus (väh. 5 %) mahdollistavat paahdeympäristön kehittymisen.

PEFC-sertifioinnissa säilytettäviin luonnonsuojelullisesti arvokkaisiin elinympäristöihin lasketaan puuttomat ja vähäpuustoiset paahderinteet, jotka sijaitsevat harjujen länsi-lounas-rinteillä. Tärkein ominaispiirre on paahdelajisto, jota ylläpidetään jättämällä kohde metsittämättä sekä luonnonhoidollisilla kulotuksilla ja poltoilla.

FSC-sertifioinnissa paahdeympäristöt voidaan huomioida osana metsien monimuotoisuutta parantavia erityiskohteita, jos suojellun metsämaan pinta-ala on alle 10 %. Sertifiointistandardi edellyttää myös harjujen paahderinteiden merkintää metsäsuunnitelmaan. Lisäksi yli 10 000 hehtaaria omistavilta organisaatioilta edellytetään metsäpaloista riippuvan lajiston ylläpitämiseksi kulotusten ja polttojen harjoittamista, ja näihin alueisiin voidaan lukea uudistusalojen ja säästöpuuryhmien lisäksi paahderinteiden kulotukset.

Arvokkaiden elinympäristöjen turvaamisen lisäksi puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartassa (Metsäteollisuus ry & Sahateollisuus ry 2023) mainitaan erikseen paahde-elinympäristöjen hoito- ja suojelutavoitteita. Ensinnäkin tarkoituksena on aloittaa paahdeympäristöjen tunnistamista ja hoitoa edistävä ohjelma. Lisäksi tiekartassa ehdotetaan erillisen kansallisen paahde-elinympäristöohjelman perustamista näiden sijainnin kartoituksen ja hoitotoimenpiteiden kehityksen tueksi.

Paahdeympäristöistä ei löydy kattavaa aineistoa, mutta niitä voitaisiin tulkita rinteiden avautumissuunnan ja jyrkkyyden perusteella. Tällaista tulkintaa ei kuitenkaan ole aikaisemmin tehty eikä sitä ole tässä hankkeessa toteutettu.

2.1.6 Monimuotoisuudelle merkittävät kangasmetsät

Monimuotoisuudelle merkittävien kangasmetsien tärkeimmät piirteet ovat eri rakenteisen puuston ja lahoppuuston määrä ja laatu, puulajisekoitus ja järeät puut. Metsien uhanalaisista lajeista hieman alle puolet elää kangasmetsissä, mikä tekee talousmetsienkin luonnonhoidosta tärkeää uhanalaisuuskehityksen hillitsemiseksi. Yleisesti monimuotoisuudelle merkittävillä kangasmetsillä tarkoitetaan kuitenkin talouskäytön ulkopuolella olevia metsiä, joissa on talousmetsiä enemmän eri asteista lahoppuustoa ja vanhoja puita. Lisäksi puuston rakenne on yleisesti erilaista talousmetsiin verrattuna niin puulajisuhteiden kuin luontaisen uudistumisen tuoman kerroksellisuuden takia.

Luontokohteina merkittävimpiä ovat vanhat metsät, joissa lahoppuuta on yli 10 m³ hehtaarilla. Lisäksi metsän ravinteisuudesta riippuen merkittävyttä voidaan tarkastella puulajien sekä puuston iän tai järeiden kautta. Yksittäisiä tärkeitä piirteitä eri asteisen lahoppuuston lisäksi ovatkin esimerkiksi järeät vanhat lehtipuut, kilpikaarnaiset männyt ja kelojuut. Myös uudet ja vanhat paloalueet ovat merkittäviä monimuotoisuuden kannalta. Tärkeimpiä luonnonhoidon toimenpiteitä talousmetsissä ovat säästöpuiden jättäminen, kookkaiden ja vanhojen puiden suosiminen ja luonnonhoidollisten kulotusten suorittaminen. Lisäksi eri-ikäistä ja -kokoista lahoppuuta tulisi jättää runsaasti. Jos talouskäytössä oleva metsä rajautuu suojelualueeseen tai -kohteeseen, tulisi talousmetsän luonnonhoidon toimenpiteillä taata lahoppuuston ja elävien vanhojen puiden jatkumoa suojelualueen rinnalla.

Monimuotoisuudelle merkittävät kangasmetsät eivät esiinny metsälain 10 §:n mukaisissa erityisen tärkeissä elinympäristöissä eikä luonnonsuojelulain 64 §:n suojelluissa luontotyypeissä.

PEFC-sertifioinnissa vanhat metsät sisältyvät luonnonsuojellullisesti arvokkaisiin elinympäristöihin, joita tulisi säilyttää metsänhoidon yhteydessä. Sertifiointistandardissa vanhalla metsällä tarkoitetaan Etelä-Suomessa yli 160-vuotiaasta ja Pohjois-Suomessa yli 200-vuotiaasta puustoa sisältävää metsää, jota ei ole käsitelty hakkuin viimeiseen 60 vuoteen. Lisäksi tätä aikaisemmat hakkuut ei ole saaneet muuttaa metsän luontaisia rakennepiirteitä eikä hakkuukantoja ole enempää kuin 20 kappaletta hehtaarilla. Puuston tulee myös sisältää tilavuudeltaan Etelä Suomessa 15 % ja Pohjois-Suomessa 20 % vanhoja lehtipuita, lahoppuita, keloja ja maapuita. Tällaisiin metsiköihin ei kohdisteta metsätalouden toimenpiteitä.

FSC-sertifioinnissa metsänkäsittelyn ulkopuolelle tulee jättää vanhat metsäpaloalueet, jotka ovat kehittyneet ilman käsittelyä vähintään 20 vuotta palon jälkeen ja sisältävät palokantoja tai palon vaurioitamia pystypuita. Lisäksi säästettäviin kohteisiin lasketaan runsaslahopuustoiset (Etelä-Suomessa 7 m³/ha ja Pohjois-Suomessa 10 m³/ha) kuivahkon kankaan tai sitä karumman kasvupaikkatyyppin metsät, jotka ovat kehitysluokaltaan vähintään varttuneita metsiä ja joiden puuston rakenne on luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen. Luonnontilaisuutta tai sen kaltaisuutta ei vaadita, jos lahoppuita on Etelä-Suomessa vähintään 20 m³/ha tai jos kohde on sekapuustoinen Pohjois-Suomessa.

Koska kattavaa lahoppuutietoa ei ole saatavilla eikä puuston kerroksellisuutta pystytä nykyisillä laserkeilausaineistoilla tarpeeksi hyvin tuottamaan, ei monimuotoisuudelle merkittäviä kangasmetsiä voida tarkastella kovin luotettavasti paikkatietoaineistojen avulla.

2.1.7 Puustoiset perinneympäristöt

Puustoihin perinneympäristöihin kuuluu entisistä karjan laidunnuksen ympäristöistä hakamaat ja metsälaitumet. Näiden lisäksi lehdesniityt, eli niitetyt heinämaat kuuluvat perinneympäristöihin. Myös rakenteeltaan monimuotoisten, lehtipuiden, pensaiden ja niitty laikkujen täplittämän pellon ja metsän vaihettumisvyöhyke lasketaan osaksi arvokkaita elinympäristöjä.

Arvokkaiden puustoisten perinneympäristöjen tunnusmerkkejä ovat järeät vanhat lehtipuut, laikuittainen niittykasvillisuus, elinvoimaiset uhanalaisten lajien esiintymät ja perinneympäristöjen muodostama kokonaisuus. Puustoltaan tai muulta kasvillisuudeltaan yksipuolisia laidunnettuja metsiä ei lasketa monimuotoisuudelle tärkeiksi luontokohteiksi. Perinneympäristön arvot koostuvat luonnon monimuotoisuudesta, kulttuurihistoriasta ja metsän monipuolisesta käytöstä. Luonnon monimuotoisuuden osalta tähän kuuluvat esimerkiksi vanhat elävät puut ja lahoppuit sekä valoisien paikkojen eliöt ja niittykukkien pölyttäjät. Puustoiset perinneympäristöt ovat uhanalaistuneet peltojen raivauksen ja metsityksen sekä laidunnuksen tai niiton päätyttyä umpeenkasvun myötä. Lehdesniityt, hakamaat ja metsälaitumet ovat uhanalaisimpia perinneympäristöjen luontotyyppiryhmiä.

Puustoisten perinneympäristöjen puuston käsittelyä ei suositella, jotta niiden tärkeät ominaispiirteet säilyisivät. Kohteilla tulisi säästää vanhat elävät puut, lahoppuit ja suosia rakenteeltaan vaihtelevaa metsää, jossa on useita puulajeja. Puuston käsittely tulisi hoitaa kevyillä paimintahakkuilla. Hakkuutähteet kuljetetaan pois tai hävitetään polttamalla. Pellon ja metsän vaihettumisvyöhykkeillä tulisi ylläpitää pellon valoisuutta poistamalla varjostava puusto. Lisäksi riistatiheikköjä ja matalakasvuisia pensaita ja puita tulisi säästää vaihettumisvyöhykkeille. Yksittäisiä järeitä ja kuolleita puita säästetään hakkuissa.

Luonnonsuojelulain 64 § sisältää lehdesniityt, joten näiden käsittely suojelluilla alueilla on kiellettyä. Puustoiset perinneympäristöt eivät kuulu metsälain 10 §:n mukaisiin erityisen tärkeisiin elinympäristöihin.

Metsäsertifiointistandardeista **PEFC-standardi** edellyttää perinnebiotooppien säilyttämistä, eikä näitä alueita metsitetä eikä niille perusteta puuviljelmiä. **FSC:ssä** tarkoitettuihin metsätalouden ulkopuolelle jätettäviin erityiskohteisiin monipuolisuuden säästämiseksi voidaan sisällyttää metsäniityt, hakamaat ja muut metsäiset perinneympäristöt.

Niityistä ja pelloista saadaan tietoa Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta, ja näiden ympärille voidaan luoda vaihettumisvyöhyke, johon sijoitetaan säästöpuita tai suojatiheiköitä osana talousmetsän luonnonhoitoa.

2.2 Luonnonhoidon keinot

Metsänhoidon suosituksissa on esitelty luonnonhoidon ja monimuotoisuuden turvaamisen keinoja, joita voidaan tapauskohtaisesti soveltaa talousmetsien hoidossa. Tähän katsaukseen on otettu mukaan vain hankkeen kannalta oleelliset luonnonhoidon toimenpiteet, joten esimerkiksi kulutusta toimenpiteenä ei tässä työssä käsitellä.

2.2.1 Säästöpuiden jättäminen

Säästöpuut ovat hakkuissa metsään jätettäviä puita, joilla pyritään parantamaan kohteen monimuotoisuutta. Säästöpuun tai -puuryhmän on tarkoitus pysyä metsässä luontaisen sukessiokierton ajan, eli lopulta sen on tarkoitus kuolla ja lahota metsään, luoden kiertokulkunsa aikana erilaisia pienelinympäristöjä esimerkiksi lahoppuuta tarvitseville lajeille. Jätettävien säästöpuiden määrään ei ole yksiselitteistä vastausta. Sertifiointistandardeissa vaaditaan tiettyjä määriä, mutta ekologisesti kestävästä määrästä on eri mielipiteitä. Eräänä suosituksena säästöpuille on pidetty 5–10 % puuston tilavuudesta (Gustafsson 2012).

Säästöpuiden tulisi metsänhoidon suositusten mukaan olla riittävän kookkaita ja edustaa mahdollisimman laajasti eri kotoperäisiä puulajeja monimuotoisuuden parantamiseksi ja ylläpitämiseksi. Yksittäisiä säästöpuita suositellaan jätettäväksi, jos ne ovat monimuotoisuudelle merkittävimpiä puulajeja (esim. haapa, raita, lepät ja jalot lehtipuut). Muuten säästöpuut suositellaan jätettäväksi ryhmiin kustannustehokkuuden (puunkorjuun ja maanmuokkauksen helpottaminen) ja säästöpuiden selviytymisen (esim. tuulen ja kuivuuden sieto) vuoksi. Säästöpuuryhmä on myös helpompi ja selkeämpi merkitä tulevia toimenpiteitä varten. Useamman hehtaarin säästöpuut voidaan keskittää suuremmiksi kokonaisuuksiksi lajiston turvaamisen ja edellä mainittujen korjuu- ja uudistamishyötyjen lisäämiseksi.

Säästöpuita ei tulisi jättää tasaisesti koko kuviolle, vaan keskittää ekologisesti vaikuttavimpiin paikkoihin. Näin saavutetaan sekä taloudellisia että ekologisia hyötyjä. Lisäksi laajemmilla alueilla, jos mahdollista, säästöpuusto tulisi keskittää alueille, jossa monimuotoisuusarvot ovat muuta ympäröivää metsää suurempia (Punntila 2005). Säästöpuita tulisi metsänhoidon suositusten mukaan kohdentaa esimerkiksi luonto- ja lahoppukohteiden sekä uhanalaisten lajien esiintymien yhteyteen. Lisäksi korjuussa ja uudistamisessa hankalat tai kustannustehottomat alueet, kuten kalliot tai jyrkät rinteet ovat hyviä säästöpuiden sijoituskohteita. Ideaalitalanteessa siis monimuotoisuusarvot ja hankalat korjuuolosuhteet kohtaavat, jolloin paikan valinta on selkeä kaikista näkökulmista. Säästöpuiden jättämiselle ei kuitenkaan ole yksiselitteistä ohjeistusta, vaan niiden sijoittelua tulisi aina tarkastella kohdekohtaisesti.

Kohdekohtaisesti tapahtuva säästöpuiden jättäminen ja sijoittelu vaatii alueen ja tilanteen laajempaa tarkastelua. Säästöpuiden tulisi olla pysyviä eikä niitä tulisi korjata, vaikka ne kaatuisivat tai kuolisivat pystyyn. Lisäksi metsässä sijaitsevan tai sen vierellä kulkevan sähkölinjan tai tien läheisyyteen ei tulisi sijoittaa säästöpuita kaatumisriskin vuoksi. Säästöpuiden merkintä ja pysyvyyden varmistaminen myös tulevaisuudessa metsänkäsittelytoimenpiteissä tulisi varmistaa, jotta ne saisivat kasvaa järeiksi ja/tai lahota eri lahoasteilla ja näin palvelisivat monimuotoisuustavoitteita, jonka vuoksi ne metsään jätetään. Lisäksi tulevaisuudessa hakkuissa ja metsänhoitotoimissa tulisi huolehtia, ettei säästöpuuryhmiä käsitellä esimerkiksi ennakkoraivauksen yhteydessä. Säästöpuuryhmien sijainnin tallentaminen paikkatietona metsävaratietoon tai -suunnitelmaan on suositeltavaa, jotta ryhmä voidaan tunnistaa ja säästää tulevaisuudessa hakkuissa. Kasvatushakkuissa ryhmät voidaan merkitä maastoon tekopötkkelöillä tai harventamalla säästöpuuryhmän ulkopuolelta tavallista voimakkaammin.

PEFC:ssä sekä säästöpuita että kuolleita puita tulee kumpaakin olla keskimäärin 10 kappaletta hehtaarilla. Jos alueella on tuore metsätuho, voidaan siinä vahingoittuneet puut laskea mukaan niin, että elävien ja kuolleiden puiden kokonaismäärän tulee olla 20 kappaletta hehtaarilla. Muutoin säästöpuiden tulee olla eläviä, kotoperäisiä puulajeja ja ne voidaan keskittää leimikkotasolla.

Petolintujen pesäpuut, järeät katajat, puumaiset raidat, tuomet ja pihlajat, jalot lehtipuut, kookkaat haavat, tervalepät, kolo- ja palokoropuut, metson hakomispuut sekä aiemman puusukupolven järeät tai muodoltaan poikkeukselliset yksilöt jätetään säästöpuiksi. Jos alueella ei ole edellä mainittuja, jätetään säästöpuiksi rinnankorkeuslähimitaltaan yli 15 cm paksuja, monimuotoisuuden kannalta hyödyllisiä ja vanhoiksi puiksi todennäköisesti kehittyviä puita. Säästöpuuryhmät tulee jättää ryhmiin ja arvokkaiden elinympäristöjen välittömään läheisyyteen. PEFC:ssä vesistöjen tai soiden (ei muiden luontokohteiden) suojakaistoille jätetyt puut voidaan laskea säästöpuiksi, jos ne täyttävät annetun läpimittavaatimuksen. Säästöpuuryhmien maanpinta ja aluskasvillisuus jätetään muokkaamatta ja raivaamatta. Säästöpuita ei jätetä niin, että ne vaarantaisivat ihmisten terveyttä, tärkeää infrastruktuuria tai muinaisjäänkösiä.

FSC-sertifioinnissa säästöpuita voidaan keskittää halkaisijaltaan kilometrin levyisen ympyrän sisällä sijaitsevista leimikoista. Säästöpuiden läpimittavaatimukset vaihtelevat Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä (merkataan tässä E cm/P cm). Uudistushakkuissa tulee jättää 10 kappaletta vähintään 20 cm/15 cm säästöpuuta hehtaarille. Jos säästöpuista vähintään 5 kpl/ha ei ylitä rinnankorkeudeltaan 30 cm/25 cm, tulee lisäksi jättää 10 kpl/ha vähintään rinnankorkeudelta 10 cm säästöpuuta. Aiemmissa hakkuissa jätetyt elävät säästöpuut jätetään alueelle, ja niiden elossa ollessa ne lasketaan myös myöhempien hakkuiden säästöpuustoon. Enintään 5 kpl/ha säästöpuiksi voidaan laskea tekopötkkelöt, joiden latvusosa jätetään maastoon, mikäli ne eivät ole monimuotoisuudelle arvokkaita puita. Säästöpuuston tulee sisältää alueen pääpuulajia. Varttuneen metsän tai sitä vanhemman kehitysluokan hakkuissa säästetään vähintään 10 kpl/ha rinnankorkeudeltaan vähintään 20 cm/15 cm puita suosien aiempien hakkuiden säästöpuita.

FSC edellyttää, että monimuotoisuuden kannalta arvokkaat elävät puut säästetään kaikissa metsänkäsittelyn vaiheissa. Aina säästettäväksi arvokkaiksi puiksi lasketaan (1) rauhoitetut puulajit, (2) yksittäiset tai pienissä ryhmissä olevat vähintään 60 cm paksut männyt, kuuset, ja koivut tai vähintään 40 cm paksut muut kotoperäiset puulajit, (3) puumaiset ja pylväsmäiset katajat, (4) haavat, joiden paksuus on vähintään 40 cm (havupuuvaltaisissa kasvatusmetsissä säästetään kaikki tai vähintään 20 kpl/ha jos haapoja on runsaasti), (5) kolopuut, (6) petolintujen pesäpuut ja (7) palokoroiset männyt. Pohjois-Suomessa alueilla, joilla palokoroisia puita on runsaasti, säästetään puita vähintään 10 kpl/ha. Lisäksi uudistushakkuissa ja varttuneissa metsissä tai kehitysluokiltaan sitä vanhemmissa metsissä säästetään (1) tammets, joiden paksuus on hemiboreaalaisella vyöhykkeellä vähintään 20 cm ja muualla Suomessa vähintään 10 cm sekä (2) jalot lehtipuut, raidat ja muut puumaiset pajut, tuomet, pihlajat sekä tervalepät, joiden paksuus rinnankorkeudella on vähintään 10 cm. Taimikoiden ja nuorten metsien hakkuissa ja hoidossa edellä mainituista lehtipuista säästetään kaikki tai vähintään 20 kpl/ha, jos näitä puita on runsaasti. Tällöin suositaan järeimpiä ja eri puulajien puita.

Säästöpuiden sijoittelun suunnitteluun voidaan käyttää samoja paikkatietoaineistoja, mitä aiemmin luontokohteiden osalta esiteltiin. Esimerkiksi pienvesien ja vesistöjen suojavyöhykkeistä puhuttaessa esitelty kosteusindeksi on nykyään laajalti tunnistettu ja hyväksytty apuaineisto säästöpuuryhmien sijoitteluun, ja muun muassa Vanha-Majamaa & Jalonen (2001) suosittelivat elävien säästöpuiden jättämistä kosteimpiin maastonkohtiin jo vuosituhannen alussa.

Säästöpuutyökalu (Kesälä ym. 2024; 2025) on tarkoitettu leimikon säästöpuiden enakkosuunnitteluun. Säästöpuutyökalu tunnistaa männyt, kuuset ja lehtipuut sekä huomioi puiden pituuksia. Puuston järeys- ja lajitiedon lisäksi säästöpuutyökalulla voidaan painottaa säästöpuuryhmän sijoittelua kosteusindeksin tai fosforin pidentymisen perusteella.

2.2.2 Lahopuun turvaaminen ja tekopötkkelöt

Lahopuuta on kuollut runkopuu tai puun osa. Lahopuiden eliöstö muuttuu lahoasteen edetessä, ja ne luokitellaan lahoasteen mukaan neljään luokkaan, jossa 1 on kovaa puuta ja 4 on pitkälle lahonnutta pehmeää puuta. Lahopuujatkumon ylläpitämiseksi metsikössä tulisi olla jatkuvasti kaikkia lahoasteita, jotka pikkuhiljaa siirtyvät seuraavaan laholuokkaan. Lahoasteen lisäksi puun järeys ja puulaji vaikuttaa sen sopivuuteen eri lajien elinympäristöksi. Järeät lahoppuut lahoavat hitaammin, joten ne ovat vakaampia ympäristöjä lahoppuujatkumon ylläpitämisessä.

Talousmetsien lahoppuun määrä ja laatu riippuu metsän käsittelyhistoriasta, kiertoajasta ja alueen metsähuhoista. Lahoppuuta on yleensä enemmän uudistuskypsissä talousmetsissä, kun sitä nuoremmassa

kehitysluokissa. Tosin talousmetsien lahoppuustosta suuri osa koostuu kannoista ja pieniläpimittaisista hakkuutähdelatvuksista ja raivatuista rungoista, minkä vuoksi järeän runkolahoppuun jättämistä eri lahoppuutyypin varmistamiseksi korostetaan metsänhoidon suosituksissakin. Lahoppuun määrä vähenee usein tahattomasti uudistusvaiheessa joko puunkorjuun ja maanmuokkauksen tai energiapuun korjuun ja kotitarvekeräyksen myötä.

Olenaisinta ja kustannustehokkainta lahoppuujatkumon ja -määrän varmistamiseksi on olemassa olevan lahoppuun huomiointi. Keskeisimpinä keinoina tähän ovat olemassa olevan lahoppuun säästäminen tai ajourareitiltä turvaan siirtäminen. Lahoppuuta siirrettäessä tulee ottaa huomioon sen lahoaste, sillä pitkälle lahonnut puu myös luonnollisesti vaurioituu tai hajoaa kokonaan, jos sitä yritetään siirtää hakkuukoneen tai kuormatraktorin nosturilla tai kaivinkoneen kauhalla. Tuoreen ja/tai kestävä lahoppuun siirtämistä säästöpuuryhmän tai suojavyöhykkeen sisään suositellaan sekä lahoppuun säilymisen turvaamiseksi että tulevien metsänhoitotoimenpiteiden helpottamiseksi. Lahoppuuta voidaan lisätä myös jättämällä säästöpuita, jotka hiljalleen kuolevat ja lahoavat. Lisäksi luontokohteiden hakkuiden välttämällä voidaan luoda lahoppuurikas ympäristö luontokohteen muiden luontoarvojen säästymisen ohella. Jos alueella ei ole luontaista lahoppuuta, voidaan sitä luoda nopeasti tekopötkelöillä.

Tekopötkelöt ovat lahoppuiksi jätettäviä 2–5 metrin korkeudelta katkaistuja elävien puiden kantoja. Tekopötkelöitä ei tulisi tehdä heikentyneistä tai kuolleista puista, vaan ne tulisi jättää kehittymään lahoppuiksi. Metsänhoidon suositusten mukaan myös katkaistut latvukset jätetään lahoppuiksi. Etenkin nuorien, vähälahoppuustoisten kasvatusmetsien lahoppumäärää voidaan lisätä tekopötkelöillä. Vaikka luonnonlahoppuulla lajimäärä on tekopötkelöä korkeampaa ja lajikoostumuksissa on eroa, sopii tekopötkelö useiden lajien tarpeisiin (Björklund ym. 2023). Tekopötkelössä, kuten muussakin lahoppuussa, elävään lajistoon vaikuttaa puulaji, läpimitta, ikä sekä ympäristön olosuhteet. Ympäristön olosuhteet vaikuttavat lajimäärään läpimittaa enemmän (Björklund ym. 2023). Tekopötkelöitä tehdessä suositetaan kuusta ja koivua, muita harvempilukuisia lehtipuita suositellaan jätettävän säästöpuiksi. Mäntyvaltaisissa metsissä suositetaan mäntyjä ja koivuja. Tekopötkelöiden tulisi olla mahdollisimman korkeita ja paksuja suuremman lajistohyödyn saavuttamiseksi (Björklund ym. 2023).

Tekopötkelöitä voidaan hyödyntää myös maastokohteiden, kuten muinaisjäänteiden, ulkoilureittien tai säästöpuuryhmien merkitsemiseen. Säästöpuu, joka on vaarassa kaatua tien tai muun infrastruktuurin päälle, voidaan pötkelöidä tai kaataa maahan lahoppuiksi monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Lisäksi hankalien kaatopaikkojen läheisyyteen voidaan tehdä tekopötkelöitä kaatotyön helpottamiseksi.

Tuore vaurioitunut tai kuollut havupuu voi lisätä riskiä hyönteis- tai lahottajasienituhoille. Näiden osalta tuleekin noudattaa metsätuholain velvoitteita tuoreen lahoppuun poistamisesta. Mahdollisuuksien mukaan suositellaan kuitenkin metsätuholain kynnysarvon alittavan osuuden sekä tuoreidenkin lehtipuiden ja vanhempien kuolleiden puiden jättämistä metsään. Jos havupuun kaarna on irronnut tai halkeillut ja irtoamassa, voidaan se jättää metsään, sillä se ei enää ole kaarnakuoriaisille sopivaa ruokailu- ja lisääntymispuu.

Lahoppuun havaitseminen ennakkoon kaukokartoitusaineistoista on haastavaa tai jopa mahdotonta. Käyttökelpoisin aineisto lahoppuun havaitsemiseen tuotetaan laserkeilauksella, mutta Metsäkeskuksen tuottaman latvusmallin pistetiheys ($0,5 \text{ p/m}^2$) on aivan liian harvaa lahoppuiden tarkkaan havainnointiin, eikä nykyisen keilauskierroksen kymmenen kertaa tiheämpi pulssikaan (5 p/m^2) ole tarpeeksi tiheää lahoppuuston tehokkaaseen tunnistamiseen. Eri tutkimuksissa lahoppuun tehokkaan havainnoinnin pistetiheytenä on käytetty $10\text{--}69 \text{ p/m}^2$, ja alle kymmenen pisteen neliötiheydellä tulokset ovat olleet heikkoja (Toivonen ym. 2023). Lahoppuun havaitsemiseen vaikuttaa oleellisesti pystypuuston latvuksen peittävyys sekä lahoppuun ominaisuudet, kuten läpimitta, pituus ja lahoaste. Pidemmälle lahonneet, samaloituneet puut on vaikeampia erottaa kuin tuoreemmat kaatuneet puut (Toivonen ym. 2023).

PEFC-sertifioinnissa kuolleiden puiden vähimmäismäärä on 10 kappaletta hehtaarilla. Kuolleen puun rinnankorkeusläpimitan vähimmäisvaatimus on 20 cm, ja ne voivat olla keloja tai muita kuolleita pystypuita, pötkelöitä tai maapuita. Taloudellista tarkoitusta varten pystyyn kuivattuja keloja tai havupuita, jotka tulee metsätuholain nojalla korjata, ei lasketa lahoppuustoksi. Jos alueella on paljon tuoretta metsätuhossa vaurioitunutta puuta, voidaan vahingoittuneet, elävät ja kuolleet säästettävät puut laskea yhteen, jolloin näitä tulee yhteensä olla 20 kappaletta hehtaarilla. Jos kuollutta puuta ei ole leimikkotasolla riittävästi, tulee hehtaaria kohden tehdä kahdesta viiteen tekopötkelöä, lehtipuita suosien.

PEFC:ssä tekopötkkelöitä voidaan käyttää kuolleen puun korvaamiseen, jos sertifikaatin vaatimuksen mukaista määrää kuollutta puuta ei ole jo olemassa. Tällöin tehdään vähintään 2–5 tekopötkkelöä hehtaaria kohden suosien lehtipuita, joiden rinnankorkeuslähimittarajana on 15 cm uudistushakkuilla.

FSC-sertifiointi edellyttää kaikkien yli 10 cm paksuisten kuolleiden puiden säästämistä alueella, ellei metsätuholaki velvoita niiden poistamista. Jos alueelle syntyy tuoretta lahoppua yli 20 m³ hehtaarilla, ylittävän osuuden voi poistaa, vaikka metsätuholaki ei velvoittaisi puiden poistoa. Poikkeuksena tästä; jos tuoretta lahoppua on syntynyt lehtipuuvaltaisessa nuoressa kasvatusmetsikössä, voidaan poistaa 10 m³/ha ylittävä osa.

FSC:ssä tekopötkkelöitä voidaan hyödyntää säästöpuiden jättämisen yhteydessä siten, että enintään viidestä säästöpuusta hehtaarilla voidaan tehdä tekopötkkelö, jos pötkkelöivät puut eivät ole standardissa määritellyjä monimuotoisuuden kannalta arvokkaita puita. Katkaistu latvus jätetään maastoon, jos tekopötkkelö halutaan huomioida säästöpuiden lukumäärässä.

2.2.3 Suojatiheikköjen jättäminen

Suojatiheiköt (kutsutaan myös riistatiheiköiksi) ovat metsänkäsittelyssä säästettäviä ja raivaamattomia alikasvosryhmiä, joiden on tarkoitus tarjota riistalle suojaa ja ravintoa sekä lisätä monimuotoisuutta. Suojatiheikköihin jätetään eri kokoisia ja eri puulajin puita, joilla lisätään metsän rakenteellista vaihtelua. Esimerkiksi alikasvoskuusten tarjoama peitteisyys on tärkeää metsäkanalintujen, metsäjäniksen ja maassa pesivien lintujen suojaksi. Toisaalta raivaukselta säästetyt lehtipuut tarjoavat lajeille ruokaa ja lisäävät monimuotoisuutta. Toisin kuin säästöpuuryhmät, suojatiheiköt eivät välttämättä ole pysyviä, vaan niiden sijaintia voidaan vaihtaa metsänkäsittelytoimenpiteiden yhteydessä. Toisaalta suojatiheikköjä voidaan sijoittaa säästöpuiden yhteyteen, jolloin niiden siirtäminen ei ole mielekasta. Teoriassa säästöpuuryhmään sijoitetussa suojatiheikkössä voisi kehittyä myös säästö- ja lahoppuita, mutta suojatiheikköjen lahoppu olisi pääosin pientä.

Suojatiheikköjä säästetään taimikonhoidon yhteydessä sekä harvennus- ja uudistushakkuiden ennakokorvausta tehtäessä. Metsänhoidon suosituksissa suojatiheikköjen tavoitetiheydeksi mainitaan 3–5 kappaletta hehtaarilla. Kustannustehokkuuden takia tiheiköt kannattaa sijoittaa heikompikasvuisille tai puunkorjuun kannalta haastaville paikoille, kuten säästöpuustokin. Suojatiheikköjä suositellaankin jättämään esimerkiksi kosteampiin painanteisiin tai soiden ja ojien reunoille. Myös reunavyöhykkeet, lehtipuuryhmät, kallioiden ja kivikoiden laidat sekä taimikkokuvioiden reuna-alueet ovat luontaisia tiheikköjen säästöpaikkoja. Tiheikköillä on myös mahdollista luoda ekologisia käytäviä eri elinympäristöjen välille. Tiheikköjen väliset etäisyydet vaikuttavat niiden toimivuuteen, minkä vuoksi pienempien, mutta alueellisesti kattavampien tiheikköverkostojen luominen yhden suuren tiheikön sijaan on suositeltavaa. Metsänomistajan kannalta huomionarvoista on, että metsätalouden kannustinjärjestelmän (metka) tukia voidaan maksaa taimikonhoidosta, jos suojatiheiköt kattavat alle 10 % kokonaisalasta. Enintään viiden aarin kokoisia suojatiheikköjä ei myöskään lasketa uudistamisvelvoitetta haittaaviksi puiksi tai pensaiksi.

Metsäsertifiointijärjestelmissä suojatiheikköjä on kuvattu lyhyesti. **PEFC:ssä** tiheikköjä jätetään lajien monipuolisuuden ja riistan elinolosuhteiden turvaamiseksi, kunhan ne eivät haittaa kasvatettavan puuston kasvua. Tiheikköjen minimikoon mainitaan olevan 10 m² ja niiden tulisi sisältää useita puulajeja. Raivaamattomat säästöpuuryhmät muodostavat myös suojatiheikköjä. **FSC:ssä** mainitaan vain, että taimikonhoidossa ja harvennushakkuissa tulisi säästää riistalle tärkeitä tiheiköitä ja lehtipuita.

Suojatiheikköjen sijoittelussa voidaan käyttää samoja aineistoja kuin säästöpuidenkin sijoittelussa, joskaan kasvatettavien puiden tiedot eivät ole tässä niin merkityksellisiä, ellei tarkoituksena ole jättää suojatiheikköjä tietynlaisen puuston alle. Tieto puuston kerroksellisuudesta olisi tärkeää suojatiheikköjen mielekkään sijoittelun kannalta, mutta tätä tietoa ei saada tuotettua kattavasti nykyisillä menetelmillä.

2.2.4 Lehtipuusekoituksen ylläpito

Lehtipuusekoituksen ylläpitäminen havupuuvaltaisissa metsissä on suositeltua puuston elinvoimaisuuden, maaperän viljavuuden parantamisen ja luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta. Lehtipuiden

karike vähentää maaperän happamoitumista, parantaa ravinnekiertoa ja tuotoskykyä ja lisää maaperän lajiston monimuotoisuutta. Metsänhoidon suositusten mukainen lehtipuusekoitus havupuumetsiköissä on vähintään kymmenen prosenttia puuston tilavuudesta.

Kasvatettava lehtipuusto ei välttämättä vaadi erillisiä toimenpiteitä metsää uudistettaessa, sillä niitä syntyy uudistetulle alueelle luonnostaan. Kustannustehokkainta puulajiston monipuolistamisen kannalta on säästää luontaisesti uudistuneita lehtipuita, kuten koivua, pihlajaa, haapaa, leppää ja raitoja. Taloudellisia menetyksiä voidaan lieventää suosimalla rauduskoivua. Usean puulajin kasvattaminen voitoin olla myös taloudellisesti paras vaihtoehto, jos uudistettu puulaji ei menestykään jossain kohdissa. Lisäksi lehti- ja sekapuustoisuudella voidaan vähentää metsikön tuhoriskiä esimerkiksi kirjanpainajaa vastaan ja edistää metsikön sopeutumista ilmastomuutokseen. Lisäksi lehtipuiden urvut ovat tärkeää talviravintoa esimerkiksi pyylle ja teerelle.

Metsää uudistettaessa lehtipuuta suositellaan etenkin rehevämille kasvupaikoille. Taimikoissa voidaan hyödyntää luontaista lehtipuustoa. Tätä voidaan tehostaa alentamalla pääpuulajin viljelytiheyttä tai jättämällä osia alueesta viljelemättä antaen tilaa luontaiselle lehtipuustolle. Taimikonhoidossa vesa-syntyinen lehtipuusto ja etukasvuiset siemensyntyiset yksilöt poistetaan. Harvapuustoihin kohtiin suositellaan jätettäväksi vähäarvoisempia lehtipuita koivujen sekaan. Yhtään puulajia ei tulisi kokonaan poistaa monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Kasvatushakkuissa lehtipuuston osuus suositellaan säilyttämään vähintään kymmenessä prosentissa. Turhaa ennakkoraivausta vältetään ja säästetään mahdollisuuksien mukaan eri puulajeja alikasvoksena. Yksittäiset vähempiarvoiset lehtipuut, jotka ovat pääpuulajin tai -lajien kanssa samassa latvusluokassa voidaan jättää säästöpuiksi tai niiden ympärille voidaan jättää säästöpuuryhmä ja/tai suoja-aiheikko.

PEFC:ssä veloitetaan säilyttämään sekapuustoisuutta lajien monipuolisuuden ja riistan elinolosuhteiden turvaamiseksi, kunhan säästettävät lajit ovat alueella luontaisia eivätkä haittaa kasvatettavan puuston kasvua. Sekapuustoisuudella tarkoitetaan sitä, että metsässä on kasvatettavan pääpuulajin lisäksi muita puulajeja lehtipuita suosien. **FSC:ssä** veloitetaan varmistamaan, ettei havupuuvaltaisen metsän lehtipuuosuus harvennuksen jälkeen ole alle 10 % kasvatettavan puuston runkoluvusta. Jos lähtötilanteessa lehtipuuosuus on alle 10 %, lehtipuut säästetään, jos ne eivät haittaa havupuiden kasvua. Taimikonhoidossa lehtipuustoon tulee jättää monimuotoisuudelle arvokkaita lehtipuita.

Olemassa olevaa lehtipuustoa voidaan tulkita kaukokartoitusaineistoista. Metsäkeskuksen hila-aineistossa lehtipuut on koottu yhteen ryhmään, joten esimerkiksi yksittäisiä jaloja lehtipuita ei voida aineistosta erottaa. Myös yksinpuintulkinnassa eri lehtipuulajien erottaminen toisistaan on tämän hetken aineistoista haastavaa, joten tietona lehtipuun määrä metsävarahilassa on maan kattavista aineistoista parasta mitä saatavilla on.

2.3 Lajien huomiointi metsänkäsittelyssä

Lajien huomiointi ja monimuotoisuuden turvaaminen perustuu lajiesiintymien turvaamiseen, lajeille tärkeiden elinympäristöjen tunnistamiseen ja hoitoon sekä lajeille tärkeiden rakennepiirteiden huomiointiin. Elinympäristöjä ja rakennepiirteitä on käsitelty jo aiemmin tässä luvussa.

Lajiesiintymän turvaaminen metsänhoidon yhteydessä voi olla ratkaisevan tärkeää lajin paikallisesiintymän selviytymisen kannalta. Luonnonhoidon toimenpiteitä voidaan kohdistaa lajiesiintymän alueelle, ja näin suojata lajin elinympäristöä ympäröiviltä hakkuilta. Esimerkiksi pölyttäjiä voidaan huomioida suosimalla niiden ravinnonsaannin kannalta arvokkaita puulajeja, kuten raitoja ja muita pajuja säästöpuuryhmissä ja suoja-aiheikoissa. Toteutus on kuitenkin paljon riippuvaista lajin ominaisuuksista ja vaatimuksista. Esimerkiksi lajin liikkuvuus vaikuttaa paljon sen huomioimisen mahdollisuuksiin metsänhoitotöiden tai harvennusten yhteydessä.

Metsätaloustoimijoille uhanalaisten lajien huomiointiin kehitetty toimintamalli on päivitetty viimeksi Lajiturva-hankkeessa (Tapio 2021). Se kattaa 2 600 lajin listan, joita tulisi huomioida metsätaloudessa. Lisäksi osalle lajeista on saatavilla tiedot esimerkiksi tunnistamiseen, elinympäristövaatimuksiin ja käsittelysuositukseen (Syke 2024). Hoitosuositukset ovat kuitenkin yleisluontoisia ja niitä tulisi aina soveltaa tapauskohtaisesti. Lakisääteisesti turvattavan lajin tapauksessa metsänkäsittelyä suunnittelevan hen-

kilön tulee olla yhteydessä ELY-keskukseen, jonka kanssa kohteella selvitetään esiintymän rajausta, hoitotarve ja sopivat metsänkäsittelytoimenpiteet. ELY-keskukset valvovat paikallisesti luonnonsuojelulain toteutumista.

PEFC-sertifiointi velvoittaa turvaamaan tunnettujen uhanalaisten lajien elinpaikat metsänkäsittelyssä. Lailla tai luontodirektiivillä suojellun lajin elinpaikan (lisääntymis- ja levähdyspaikat mukaan lukien) vahingoittaminen on luonnollisesti kiellettyä.

FSC-sertifiointi edellyttää selvittämään alueellisesti ja valtakunnallisesti uhanalaisten ja harvinaisten metsälajien esiintymispaikat hakkuualueilta. Nämä tiedot tulee pyytää Suomen ympäristökeskuksesta tai vastaavalta viranomaiselta. Esiintymätiedot pyydetään sertifioidulta alueelta sekä sen läheisyydestä, noin 500 metrin vyöhykkeeltä. Velvoite koskee vähintään kymmenen metrin tarkkuudella ilmoitettuja, vuoden 1995 jälkeisiä havaintoja. Tietojen tulee olla merkittynä metsäsuunnitelmaan tai muuhun dokumenttiin. Lisäksi FSC velvoittaa tunnistamaan toteutettavien metsänkäsittelytoimenpiteiden vaikutuksen näihin uhanalaisiin lajeihin sekä turvaamaan niiden elinolosuhteiden säilymistä toimenpiteiden yhteydessä.

Nykyiset käytännöt lajitiedon saamiseksi ovat melko työläitä ja aikaa vieviä. Jokaisen metsätaloustoimijan tulee hankkia samat tiedot tekemällä aineistopyyntö Lajitietokeskukselle, joka hallinnoi eri toimijoiden tuottamia lajitietoja. Metsätaloustaloutta varten tuotetut OTSO-rajaukset (Lajitietokeskus 2024) kattavat toimijoiden huomiota vaativat lajihavainnot. Ongelmana on, että valtavat pistedatamäärät aiheuttavat ongelmia suurina aineistoina ja turhina päällekkäisyyksinä. Tämä on tosin huomioitu OTSO-rajauksen viimeisimmässä versiossa, jossa todetaan: ”Metsänkäytössä kätevintä olisi tietotuote, jossa havaintojen sijaan käsiteltäisiin olemassa olevia esiintymispaikkoja.”

Lisäksi lajien havainnoinnin ja tunnistamisen hankaluus maastossa vaikeuttaa uhanalaisten lajien huomiointia. Kasvilajien tai muiden lumen alle jäävien lajien tunnistaminen ja huomiointi ilman tarkkaa sijaintitietoa on talviolosuhteissa mahdotonta. Tämän lisäksi uhanalaisen lajin oikea lajitunnistus vaatii yleensä asiantuntemusta, jota metsä- tai korjuusuunnittelua ja toteutusta tekevillä ei välttämättä ole (eikä sitä voida heiltä vaatiakaan).

3 TYÖPAJAT

Hankkeessa järjestettiin kaksi työpajaa keväällä 2024. Työpajoihin osallistui metsäympäristön ja luonnonhoidon asiantuntijoita ja tutkijoita eri metsäalan organisaatioista, kattaen metsäalan yrityssectin, tutkimuslaitokset sekä edunvalvontajärjestöt. Ensimmäisessä työpajassa käsiteltiin metsien monimuotoisuutta ja luonnonhoidon käytänteitä ja toisessa työpajassa keskityttiin luonnonhoidon toimenpiteiden kohdentamiseen. Vaikka työpajoissa oli omat painotuksensa, keskusteluja käytiin luonnollisesti myös ristiin, joten työpajojen pääkohdat on tiivistetty yhteen.

Keskusteluissa keskeisimpänä nähtiin vesiensuojelu sekä luonnonhoidon toimenpiteiden priorisointi luontokohteilla tai esimerkiksi uhanlaisten lajien esiintymisissä tai niiden välittömässä läheisyydessä. Ylipäätään suunnitelmallisuutta korostettiin olennaisena tapana parantaa luonnonhoidon tehokkuutta monimuotoisuuden ylläpidossa. Lisäksi infrastruktuurin, kuten rakennusten, sähkölinjojen tai tiestön läheisyyden välttäminen tulisi huomioida toimenpiteitä kohdennettaessa.

Eri lajien ja elinympäristöjen huomioinnista nostettiin esiin muutamia haasteita. Ensinnäkin esiintymistietoa tulisi tarkastella laajemmalla alueella kuin käsittelykuviolla, jotta alueella harvinaisempia lajeja ja elinympäristöjä voitaisiin suosia spatiaalisen kattavuuden varmistamiseksi ja liiallisen eriytymisen välttämiseksi. Toisaalta lajien huomiointi pelkkien havaintopisteiden tai edes alueiden perusteella ei ole aina mielekästä. Lajihavainnot eivät ole systemaattisia, joten alueella voi sijaita muitakin lajin yksilöitä kuin havainto osoittaa. Lisäksi liikkuvien lajien huomiointi käsittelyalueen tasolla on hyvin hankalaa ja joskus jopa epämielikästä. Eri lajien ja elinympäristöjen huomioinnissa yhtenä hankaloittavana tekijänä on lajien erilaiset vaatimukset esimerkiksi varjostuksen suhteen, mikä vaikeuttaa lajien ja elinympäristöjen huomioimista automaattisella indeksoinnilla.

Suunnitelmallisuudesta keskusteltaessa esiin nousi myös tiedon kulun ja tallentamisen ongelmallisuus. Tähän liittyen myös luontotiedon omistajuuteen ja lajitiedon saatavuuteen liittyvät kysymykset tunnistettiin osana luonnonhoidon haasteita. Lisäksi käsiteltiin metsänomistajien ja puunkorjuun toteuttajien roolia ja heidän informointiaan. Moni-indeksin tai sen kaltaisen karttatason tuottaminen nähtiin yhtenä keinona lisätä luonnonhoidon toimenpiteiden hyväksyttävyyttä ja lisätä tietoutta metsien rakenteesta. Lisäksi siitä koettiin olevan hyötyä puunkorjuun toteuttajalle, jonka harteilla eri toimenpiteiden toteutus lopulta on. Vaikka nämä eivät suoranaisesti liity Moni-Indeksi-hankkeen toteutukseen, on niillä erittäin suuri merkitys luonnonhoidon jatkuvuudessa, mihin suunnitelmallisessa puunkorjuussakin tähdätään.

Hankkeen päätöstyöpajassa huhtikuussa 2025 hankkeen tulokset esiteltiin asiantuntijaryhmän jäsenille ja heitä pyydettiin arvioimaan Moni-indeksin hyödyntämismahdollisuuksia. Ajourasuunnittelun kannalta Moni-indeksi yhdistettynä korjuun ja puuntuotannon kannattavuusarvioon koettiin hyödylliseksi ja nykyaineistoja mielekkäästi hyödyntäväksi. Konsensus oli, että Moni-indeksi vaikuttaa käyttökelpoiselta välineeltä, mutta siihen ei tule sokeasti luottaa luonnonhoitoa suunniteltaessa. Korjuuntoteutus on viime kädessä metsänkoneen kuljettajan vastuulla, eikä Moni-indeksi voi korvata ihmisen tekemiä havaintoja aineiston tarkkuuden ja puutteiden (esim. lahoppuutiedot) takia. Maastossa tapahtuvaa suunnittelua ja alueiden rajausta voitaisiin kuitenkin mahdollisesti kohdentaa Moni-indeksin korostamille alueille ja näin kustannushyötyjä voitaisiin saada muutenkin kuin automatisoidun ajourasuunnittelun osalta. Täytyy kuitenkin muistaa, että vaikka indeksissä nähtiin potentiaalia muuhunkin luonnonhoidon suunnitteluun, ei tässä hankkeessa kehitettyä indeksiä tuoteistettu erilliseksi työkaluksi, joten nähdyn potentiaalin lunastaminen jää tulevaisuuden tutkimus- ja kehitystyön varaan.

4 TIETOTARVEKARTOITUS

Tietotarvekartoituksessa kartoitettiin talousmetsien luonnonhoitoon liittyviä tietoaineistoja sekä mahdollisia puutteita ja kehityskohteita. Tietotarvekartoitus tehtiin yhdessä KESTOTÄSMÄ-hankkeen kanssa, jossa käytiin läpi laajemmin metsän- ja luonnonhoitoon, suunnitteluun ja puunkorjuun tietoaineistoja ja tarpeita.

Olenneisimmat tietotarpeet liittyvät jo olemassa oleviin rakennepiirteisiin, kuten lahopuun määrään, yksittäisiin suurin puihin tai puuryhmiin sekä uhanalaisten tai muuten suojeltujen lajien tai elinympäristöjen esiintymiin. Merkittävimmät puutteet todettiin lahopuutiedon, puuston kerroksellisuuden ja luonnontilaisuuden sekä laji- ja elinympäristöesiintymien osalta. Lisäksi se, ettei toimenpiteiden tietoja tallenneta ja jaeta muiden käyttöön, on olennainen puute nykykäytännössä.

Kartoituksessa käytiin läpi myös saatavilla olevat tietoaineistot ja niiden käytettävyys tunnistettujen tietotarpeiden täyttämiseksi. Käyttökelpoisia tietoaineistoja oli tunnistettu yli 130 kappaletta tätä raporttia kirjoittaessa. Näitä aineistoja toimittavat tai voisivat toimittaa yli 20 eri toimijaa. Merkittävimpiä tietoaineistojen toimittajia olivat Suomen metsäkeskus, Suomen ympäristökeskus ja Maanmittauslaitos. Käyttökelpoisia tietoaineistoja etsittäessä kiinnitettiin Moni-indeksin osalta huomiota etenkin aineiston kattavuuteen ja päivitystiheyteen. Tietyllä alueella tai vain kertaalleen toteutetut inventoinnit eivät esimerkiksi olleet tämän hankkeen kannalta kiinnostavia aineistoja, vaikka niistä voi olla hyötyä paikallisesti, ainakin hetkellisesti. — Lisäksi Moni-indeksissä käytettävien aineistojen haluttiin olevan julkisia, jotta mahdollinen indeksoinnin tai siitä rakennettujen sovellusten jatkokehitys ei jäisi kiinni aineiston saatavuudesta tai omistajuudesta. Aineistoilla tuli olla myös suhteellisen tarkka resoluutio, jotta niistä olisi hyötyä operatiivisen puunkorjuun suunnittelussa.

KESTOTÄSMÄ- ja Moni-Indeksi-hankkeiden tietotarvekartoitus ja aineistokuvaukset kuvataan syksyllä 2025 julkaistavassa Metsätehon raportissa tai tuloskalvosarjassa.

5 PRIORISOINTIKYSELY

Kirjallisuuskatsauksen, työpajojen ja tietotarvekartoituksen perusteella muodostettiin muuttujia, joiden arvotus ja priorisointijärjestys monimuotoisuuden kannalta selvitettiin syys-lokakuussa 2024 asiantuntijoille lähetetyllä sähköisellä kyselylomakkeella (Microsoft Forms). Kysely lähetettiin työpajoihin kutsuttujen organisaatioiden edustajille. Vastaukset (n = 22) olivat anonyymeja, joten niiden jakautumista eri organisaatioiden välille ei voitu tarkastella. Oletuksena kuitenkin on, että työpajoihin osallistuneet organisaatiot (n = 12) ovat edustettuina vastauksissa.

5.1 Kyselyn rakenne

Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvottamaan muuttujien tärkeyttä monimuotoisuusindeksiin asteikolla 1–5 (1 = ei tärkeä... 5 = erittäin tärkeä) tai "en osaa sanoa". Lisäksi jokaisen kohdan jälkeen oli avoin kommenttikenttä vastausten täydentämistä ja lisähuomioita varten. Arviointi tehtiin metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin sekä talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteittäin. Metsäkasvillisuusvyöhykekartta oli selkeyden vuoksi jokaisen kysymyksen ohessa (kuva 2). Talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteet oli kyselyssä jaettu neljään kohtaan seuraavasti:

1. Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelu
2. Suojatiheikköjen sijoittelu
3. Lahopuun ja tekopökkelöiden sijoittelu
4. Suojavyöhykkeiden sijoittelu ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelu

Vastaajia ohjeistettiin antamaan sama vastaus kaikkiin kohtiin, jos he kokivat, ettei kysyttävän muuttujan arvotus eroa metsäkasvillisuusvyöhykkeiden tai talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden välillä. Kyselyn lopussa muuttujat arvotettiin monimuotoisuuden ja vesiensuojelun kannalta samalla asteikolla kuin muuttujat aiemmin muuttujakohtaisen priorisoinnin selvittämiseksi ja vastausten loogisuuden varmistamiseksi.

Puuston koko

2

Arvioi **puuston koon** tärkeyttä monimuotoisuusindeksiin.

Muuttujana puuston koko tarkoittaa hilaruudulla olevan, käsittelyalueen keskiarvoa suuremman puuston saavan suuremman monimuotoisuusarvon. Lähtöaineistona käytetään Suomen Metsäkeskuksen hila-aineistoa.

ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja puuston koko on eteläboreaalisen vyöhykkeellä?

ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja puuston koko on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?



	Ei tärkeä	Vähän tärkeä	Melko tärkeä	Tärkeä	Erittäin tärkeä	En osaa sanoa
Hemiboreaalisen vyöhykkeellä	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eteläboreaalisen vyöhykkeellä	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Keski-boreaalisen vyöhykkeellä	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Pohjoisboreaalisen vyöhykkeellä	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Suojatiheikköjen sijoittelussa	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lahopuiden ja tekopököiden sijoittelussa	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Kuva 2. Kuvakaappaus priorisointikyselystä (Microsoft Forms). Metsäkasvillisuusvyöhykkeitä kuvaava kartta oli esillä jokaisessa kysymyksessä.

Kyselyn muuttujat olivat hankkeen taustaselvitysvaiheessa koottuja metsän käsittelykuvion sisäistä vaihtelua kuvaavia muuttujia. Kyselyssä olleet selitykset muuttujille on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Priorisointikyselyn muuttujat selityksineen.

Muuttuja	Selitys
Puuston koko	Muuttujana puuston koko tarkoittaa hilaruudulla olevan, käsittelyalueen keskiarvoa suuremman puuston saavan suuremman monimuotoisuusarvon. Lähtöaineistona käytetään Suomen Metsäkeskuksen hila-aineistoa. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja puuston koko on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja puuston koko on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Havupuiden puulajivaihtelu	Muuttujana havupuiden puulajivaihtelussa tarkastellaan indeksin hilaruudun ja koko käsittelyalueen välistä eroa. Käsittelyalueen keskiarvoa suurempi mänty-kuusi-sekapuustoisuus saa suuremman monimuotoisuusarvon. Lisäksi hilaruudun havupuusuuksia tarkastellaan käsittelyalueen keskiarvoon nähden. Suurimman monimuotoisuusarvon saa siis sellainen hilaruutu, jossa mänty-kuusi-sekapuustoisuus on 50–50 suhteessa, ja sen havupuusuuksien keskiarvoa suurempaa, esimerkiksi lehtipuuvallaisessa metsässä. Lähtöaineistona käytetään Suomen Metsäkeskuksen hila-aineistoa. Lehtipuusuuksien vaikutusta kysytään erikseen. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja havupuiden puulajivaihtelu on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja havupuiden puulajivaihtelu on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Lehtipuun osuus	Muuttujana lehtipuusuuksien keskiarvoa suuremman lehtipuusuuksien saavan suuremman monimuotoisuusarvon. Lähtöaineistona käytetään Suomen Metsäkeskuksen hila-aineistoa. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja lehtipuusuuksien osuus on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja lehtipuusuuksien osuus on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Eroosioherkkyys	Muuttujana eroosioherkkyys tarkoittaa RUSLE-mallin kuvaamaa maaperän kiintoaineksen eroosiota ensimmäisenä vuonna maanmuokkauksesta. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja eroosioherkkyys on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja eroosioherkkyys on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Maaperän kosteus	Muuttujana maaperän kosteus tarkoittaa DTW-kosteusindeksin (4 ha kynnysarvolla) kuvaamaa veden syvyyttä. Monimuotoisuusindeksissä kosteusindeksi antaa sitä suuremman monimuotoisuusarvon mitä lähempänä vesi on maan pinta. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja maaperän kosteus on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja maaperän kosteus on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Vesistöt	Muuttujana vesistöt tarkoittaa järvien, merien, jokien, purojen, norojen ja lähteiden läheisyyttä. Vesistöille luodaan viisiportainen vyöhyke etäisyyksille 0–20 m, jossa hilaruudun monimuotoisuusarvo laskee vesistöstä pois päin siirryttäessä. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja vesistöt on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja vesistöt on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Vaihtumisyöhykkeet	Muuttujana vaihtumisyöhykkeet tarkoittaa suon, pellon tai niityn ja metsän sekä avohakkuun ja pystyvuon raja-alueita. Vaihtumisyöhykkeille luodaan viisiportainen vyöhyke etäisyyksille 0–20 m, jossa hilaruudun monimuotoisuusarvo laskee rajalta pois päin siirryttäessä. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja vaihtumisyöhykkeet on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja vaihtumisyöhykkeet on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Karukkoalueet	Muuttujana karukkoalueet tarkoittaa hietikoita, kalliota, kiviä, kivikoita ja louhikoita. Karukkoalueet saavat itsessään monimuotoisuusarvon, minkä lisäksi niille luodaan kolmiportainen vyöhyke etäisyyksille 0–4 m, jossa hilaruudun monimuotoisuusarvo laskee karukosta pois päin siirryttäessä. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja karukkoalueet on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja karukkoalueet on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Suojelukohteet	Muuttujana suojelukohteet tarkoittaa maastotietokannan suojelukohteiden (luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma-alueet, erämaa-alueet jne.) sekä Metsäkeskuksen erityisen arvokkaiden elinympäristöjen aineiston kohteiden (metsälain 10 §:n kohteita, METSO-kohteita ja ympäristötukikohteita) läheisyyttä. Suojelukohteille luodaan viisiportainen portainen vyöhyke etäisyyksille 0–20 m, jossa hilaruudun monimuotoisuusarvo laskee suojelukohteen rajasta pois päin siirryttäessä. Mahdolliset päällekkäisyydet (esim. 10 §:n kohde suojelualueella) poistetaan ylikorostamisen välttämiseksi. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja suojelukohteet on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja suojelukohteet on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>
Luonnonhoidon kohteet	Muuttujana luonnonhoidon kohteet tarkoittaa KEMERA- ja METKA-tukien ympäristötuki- ja luonnonhoidon kohteiden läheisyyttä. Luonnonhoidon kohteille luodaan viisiportainen portainen vyöhyke etäisyyksille 0–20 m, jossa hilaruudun monimuotoisuusarvo laskee luonnonhoidon kohteen rajasta pois päin siirryttäessä. Mahdolliset päällekkäisyydet suojelukohteiden (edellinen muuttuja) kanssa poistetaan ylikorostamisen välttämiseksi. Näissä tapauksissa suojelukohteita priorisoidaan. <i>ESIM1. Kuinka tärkeä muuttuja luonnonhoidon kohteet on eteläborealisella vyöhykkeellä?</i> <i>ESIM2. Kuinka tärkeä muuttuja luonnonhoidon kohteet on säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelun kannalta?</i>

5.2 Tulokset

Tulokset esitetään muuttujakohtaisesti vastaajien arvojen keskiarvon, mediaanin ja keskihajonnan kautta. Muuttujakohtaisten metsäkasvillisuusvyöhykkeiden arvojen keskiarvon ja kyselyssä viimeisenä olleen muuttujien arvotuksen välistä suhdetta verrattiin loogisuuden tarkastamiseksi ja tulosten validoinniksi. Lisäksi erikseen tarkasteltiin muuttujien arvotusta eri metsäkasvillisuusvyöhykkeillä sekä talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden osana. Muuttujien selitykset on esitelty taulukossa 2.

Kyselyn tuloksia käytettiin monimuotoisuusindeksoinnin priorisointiin. Kyselyn otanta jäi kuitenkin melko alhaiseksi ($n = 22$), joten otoskoko katsottiin liian pieneksi mielekkääseen tilastolliseen tarkasteluun. Lisäksi kysely tehtiin anonyymina, joten esimerkiksi tietyn organisaation ylikorostumisesta tuloksissa ei voida olla varmoja. Tästä syystä tuloksia tulee tarkastella suuntaa antavina, eikä kyselyn jakelulistan kattavana ja tilastollisesti validoituna tuloksena.

Seuraavaksi esitellään kyselyn tulokset muuttujakohtaisesti, muuttujien välillä, metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin ja talousmetsien luonnonhoidon suunnittelussa. Jokaisessa kohdassa on avattu hieman keskeisimpiä lukuja ja kommentteja sekä liitetty arvotukset ja vastausten jakautuminen taulukoin ja kuvin. Selkeyden takia jokainen muuttuja on esitetty omalla sivullaan.

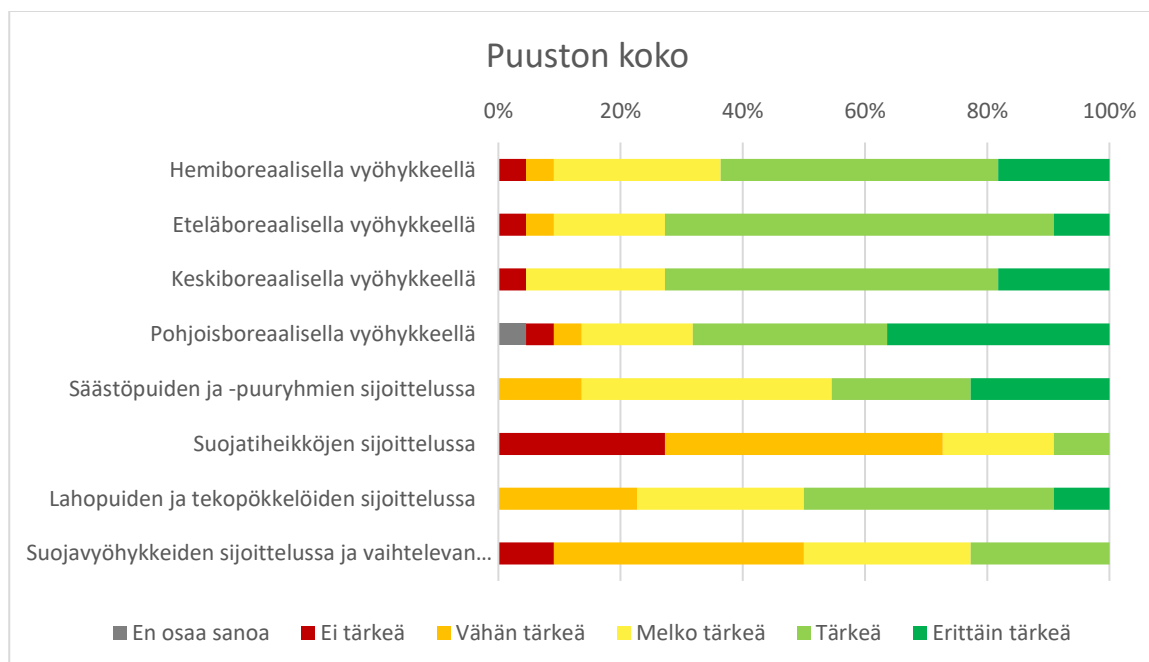
5.2.1 Puuston koko

Puuston koon arvotus kasvoi hieman siirryttäessä metsäkasvillisuusvyöhykkeillä etelästä pohjoiseen. Lisäksi toimenpiteissä säästöpuiden ja -puuryhmien sekä lahopuiden ja tekopötkkelöiden sijoittelussa puuston koko koettiin tärkeämmäksi kuin suojavyöhykkeiden ja -tiheikköjen sijoittelussa.

Kommenttikentässä huomioitiin, että esimerkiksi suon ja kivennäismaan vaihtumisvyöhykkeillä sekä kosteissa maastonkohdissa kasvu saattaa olla hitaampaa (eli puusto pienempää), vaikka ne ovat muuten monimuotoisuuden kannalta tärkeitä. Lisäksi tekopötkkelöiden tekemistä suuremmista puista tulisi välttää, mikä voi olla vaikuttanut vastaukseen lahopuiden ja tekopötkkelöiden sijoittelusta. Puuston koon käyttöä kritisoi hieman muistuttamalla, että puun ikä on oleellisempi muuttuja. Tämä näkyi ehkä pohjoisboreaalisen vyöhykkeen arvotuksessa (taulukko 3), kun puusto järeytyy hitaammin, jolloin koko on parempi indikaattori pohjoisessa kuin etelässä.

Taulukko 3: Puuston koon arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,68	4,00	0,97
Eteläboreaalaisella vyöhykkeellä	3,68	4,00	0,87
Keskiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,82	4,00	0,89
Pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä	3,95	4,00	1,09
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	3,55	3,00	0,99
Suojatiheikköjen sijoittelussa	2,09	2,00	0,90
Lahopuiden ja tekopötkkelöiden sijoittelussa	3,36	3,50	0,93
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	2,64	2,50	0,93



Kuva 3. Vastausten jakautuminen muuttujalla puuston koko.

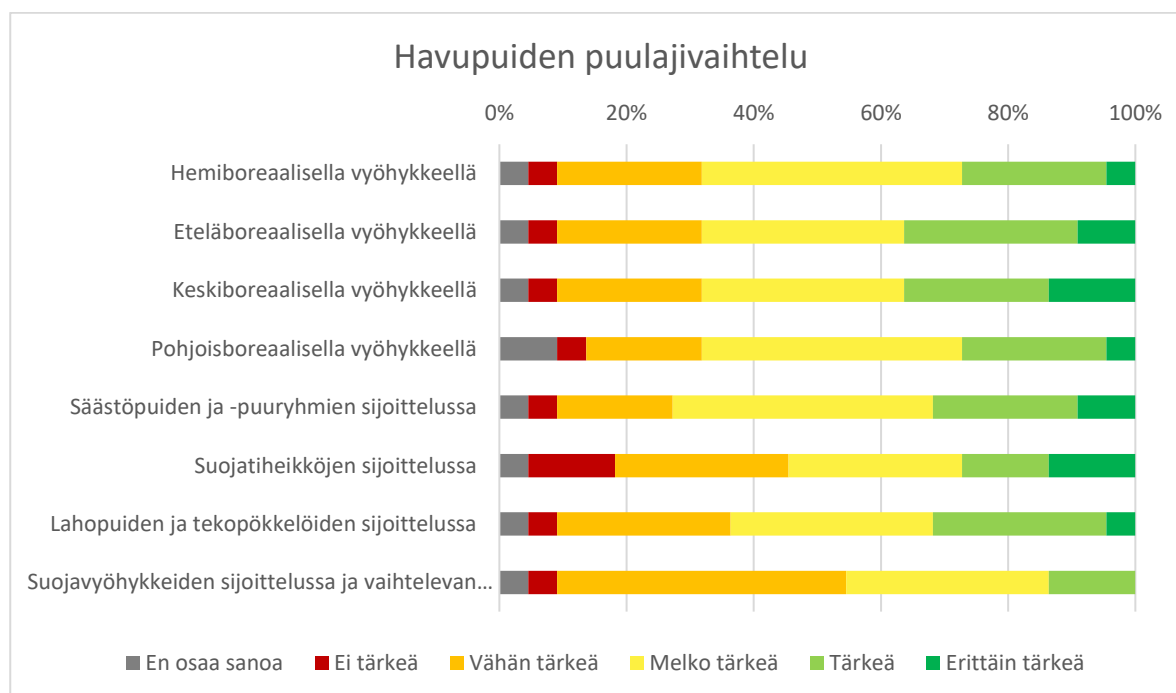
5.2.2 Havupuiden puulajivaihtelu

Havupuiden puulajivaihtelun arvotuksessa ei ollut eroja metsäkasvillisuusvyöhykkeiden välillä. Muuttujaa pidettiin harvoin erittäin tärkeänä, joskin harvoin myös ei tärkeänä.

Kommenteissa muutamaa vastaajaa huolestutti kasvupaikalle sopimattoman puulajin suosiminen, jos havupuiden puulajivaihtelu saisi korkean arvon. Vaikka huoli on sinänsä perusteltu kasvamaan jätettävän metsän osalta, ei esimerkiksi suojavöhykkeelle jätetty havupuusekoitus heikennä muun puuston kasvupotentiaalia. Tämä saattoi kuitenkin vaikuttaa vastauksiin. Lahopuun osalta tuotiin esiin erot männyn ja kuusen lahopusukcession kestossa: Mänty pysyy pidempään pystyssä, joten maalahopuuta syntyisi nopeammin kuusista. Tämäkin pitää paikkaansa, mutta on muistettava, että eri puulajeilla on myös oma lahopuulajistonsa, joten toisen puulajin systemaattinen suosiminen maalahopuun synnyttämiseksi ei ole mielekäästä.

Taulukko 4. Havupuiden puulajivaihtelun arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,00	3,00	0,93
Eteläboreaalaisella vyöhykkeellä	3,14	3,00	1,04
Keskiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,19	3,00	1,10
Pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä	3,05	3,00	0,92
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	3,14	3,00	0,99
Suojatiheikköjen sijoittelussa	2,86	3,00	1,25
Lahopuiden ja tekopötkkelöiden sijoittelussa	3,00	3,00	0,98
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	2,57	2,00	0,79



Kuva 4. Vastausten jakautuminen muuttujalla havupuiden puulajivaihtelu.

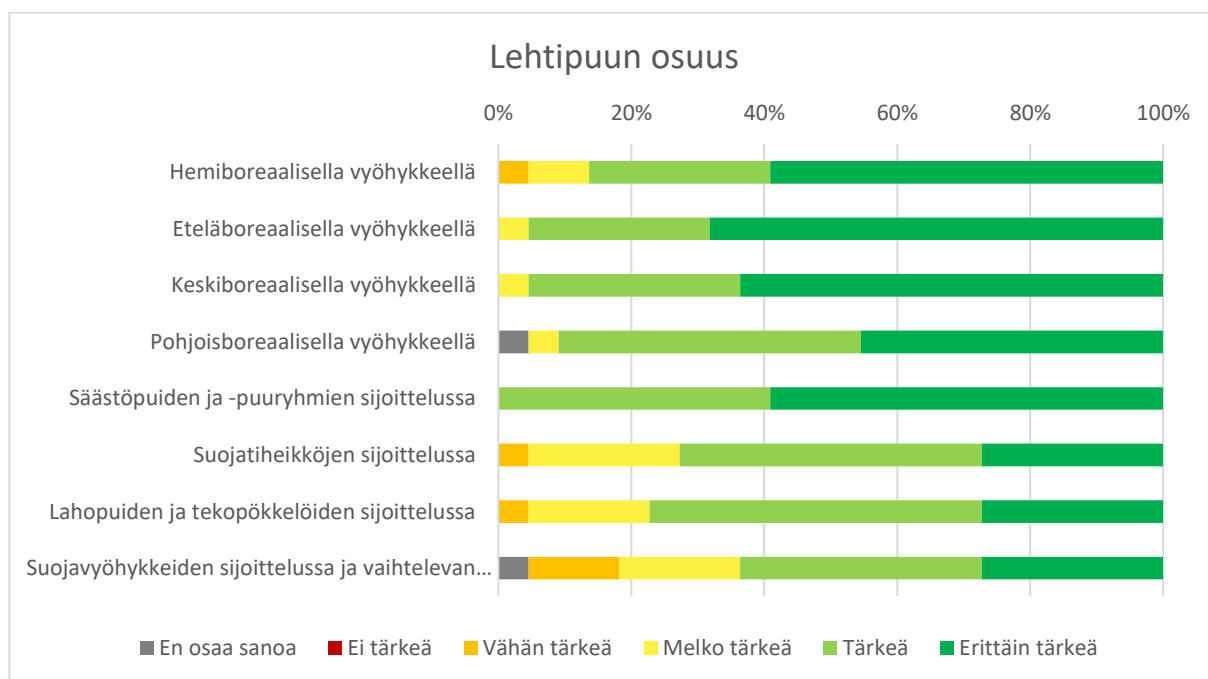
5.2.3 Lehtipuun osuus

Lehtipuun osuus arvoitettiin kaikista muuttujista korkeimmalle. Se koettiin tärkeäksi tai erittäin tärkeäksi lähes kaikissa tapauksissa, eikä ollenkaan ei tärkeäksi. Erot eri metsäkasvillisuusvyöhykkeiden välillä olivat vähäisiä. Toimenpiteissä säästöpuiden ja -puuryhmien arvotus oli korkeinta, ja kaikki vastaajat kokivat muuttujan vähintään tärkeäksi.

Kommenteissa toivottiin mahdollisuutta erottaa koivu muista lehtipuista, mutta nykyisellä Suomen Met-säkeskuksen hila-aineistoon perustuvalla tarkastelulla tämä ei ole mahdollista.

Taulukko 5. Lehtipuuosuuden arvot.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	4,41	5,00	0,83
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	4,64	5,00	0,57
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	4,59	5,00	0,58
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	4,43	4,00	0,58
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	4,59	5,00	0,49
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,95	4,00	0,82
Lahopuiden ja tekopökölöiden sijoittelussa	4,00	4,00	0,80
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	3,81	4,00	1,01



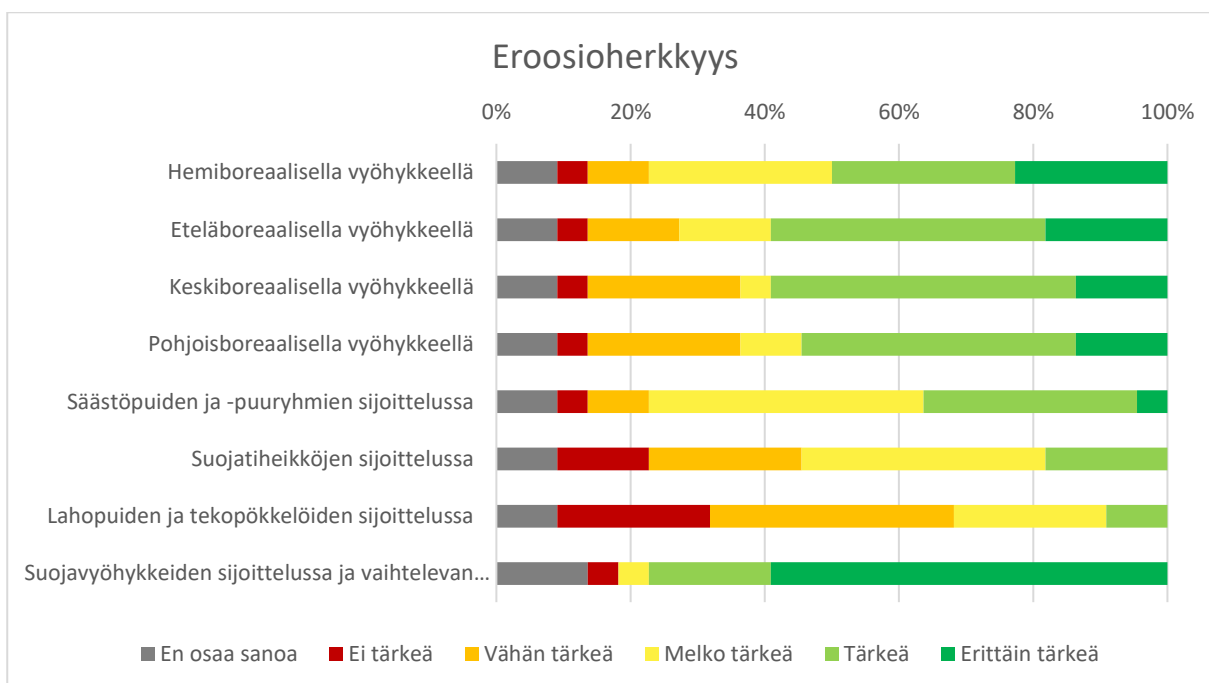
Kuva 5. Vastausten jakautuminen muuttujalla lehtipuun osuus.

5.2.4 Eroosioherkkyys

Eroosioherkkyuden merkitys korostui odotetusti suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden muodostamisessa. Kommenteissa vastauksia laajennettiin ja muuttujaa pidettiin tärkeänä maanmuokkausta, ojituksia ja puunkorjuun yleistä suunnittelua silmällä pitäen, etenkin vesistöjen ja pienvesien läheisyydessä.

Taulukko 6. Eroosioherkkyyden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	3,60	4,00	1,11
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	3,60	4,00	1,11
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	3,45	4,00	1,16
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	3,40	4,00	1,16
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	3,25	3,00	0,89
Suojatiheikköjen sijoittelussa	2,65	3,00	0,96
Lahopuiden ja tekopötkkelöiden sijoittelussa	2,20	2,00	0,93
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	4,47	5,00	0,99



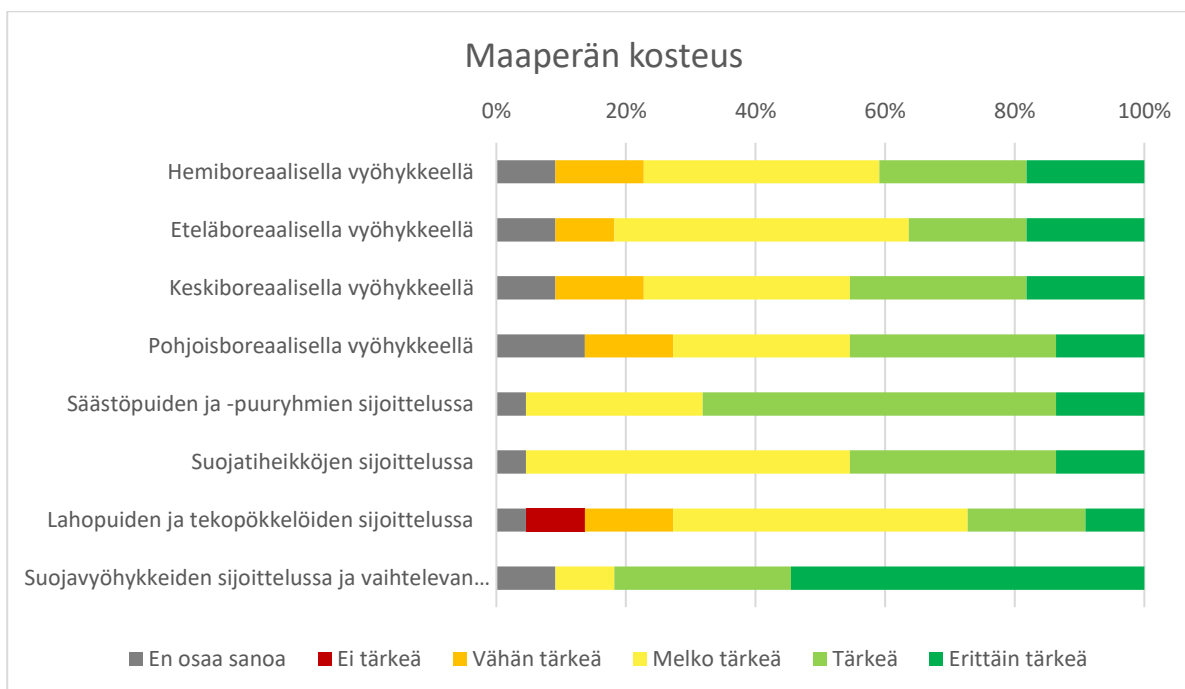
Kuva 6. Vastausten jakautuminen muuttujalla eroosioherkkyys.

5.2.5 Maaperän kosteus

Maaperän kosteutta pidettiin tärkeänä etenkin suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden muodostamisessa. Kuten eroosioherkkyys-muuttujassa, tässäkään tulos ei ollut yllättävä, sillä kosteusindeksin käyttöä suojavyöhykkeiden suunnittelussa suositellaan yleisesti. Myös säästöpuuryhmien sijoittelussa maaperän kosteutta pidettiin tärkeänä muuttujana, todennäköisesti osittain samoista syistä kuin suojavyöhykkeillä.

Taulukko 7. Maaperän kosteuden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	3,50	3,00	0,97
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	3,50	3,00	0,92
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	3,55	3,50	0,97
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	3,53	4,00	0,94
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	3,86	4,00	0,64
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,62	3,00	0,72
Lahopuiden ja tekopökelöiden sijoittelussa	3,05	3,00	1,05
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	4,50	5,00	0,67



Kuva 7. Vastausten jakautuminen muuttujalla maaperän kosteus.

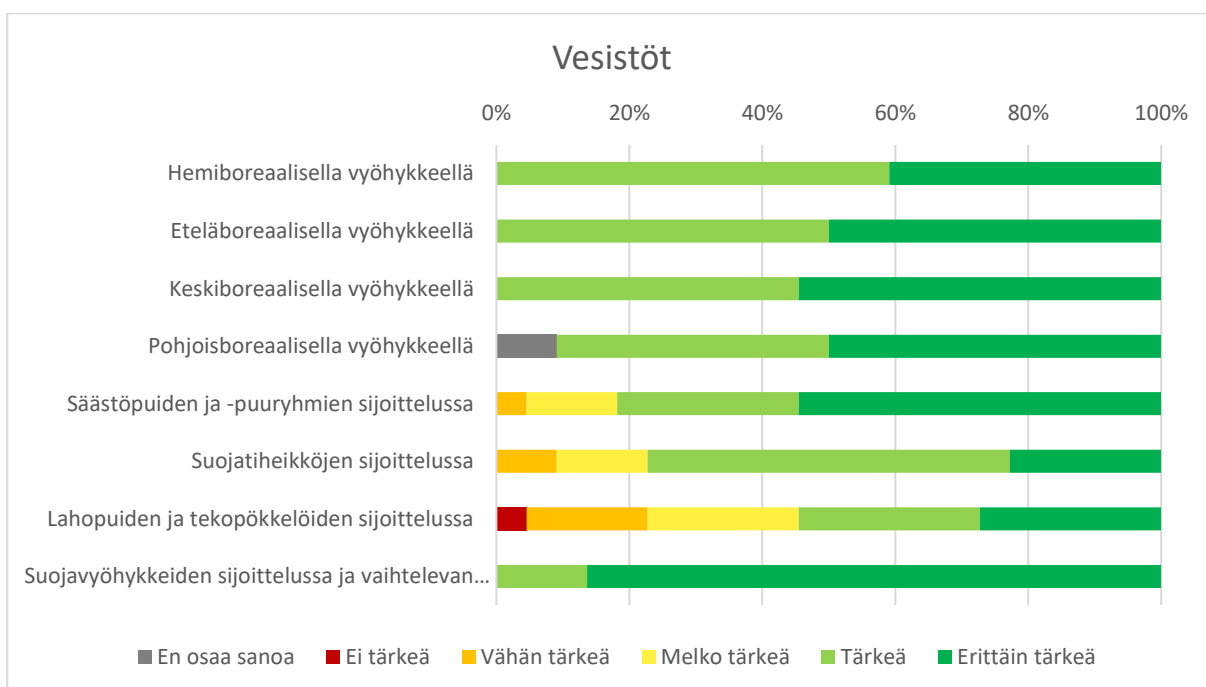
5.2.6 Vesistöt

Vesistöjen läheisyys arvotettiin lehtipuuosuuden jälkeen kyselyn toiseksi tärkeimmäksi muuttujaksi. Suojavyöhykkeiden suunnittelussa muuttuja koettiin suurilta osin erittäin tärkeäksi, mikä oli odotettavissakin.

Kommenteissa toivottiin vesistön tai pienveden luonnontilaisuuden astetta osaksi indeksiä, minkä lisäksi muutama kritisoi 20 metrin vyöhykkeen olevan liian kapea lajistovaikutusten kannalta.

Taulukko 8. Vesistöjen arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	4,41	4,00	0,49
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	4,50	4,50	0,50
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	4,55	5,00	0,50
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	4,55	5,00	0,50
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	4,32	5,00	0,87
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,91	4,00	0,85
Lahopuiden ja tekopökelöiden sijoittelussa	3,55	4,00	1,20
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	4,86	5,00	0,34



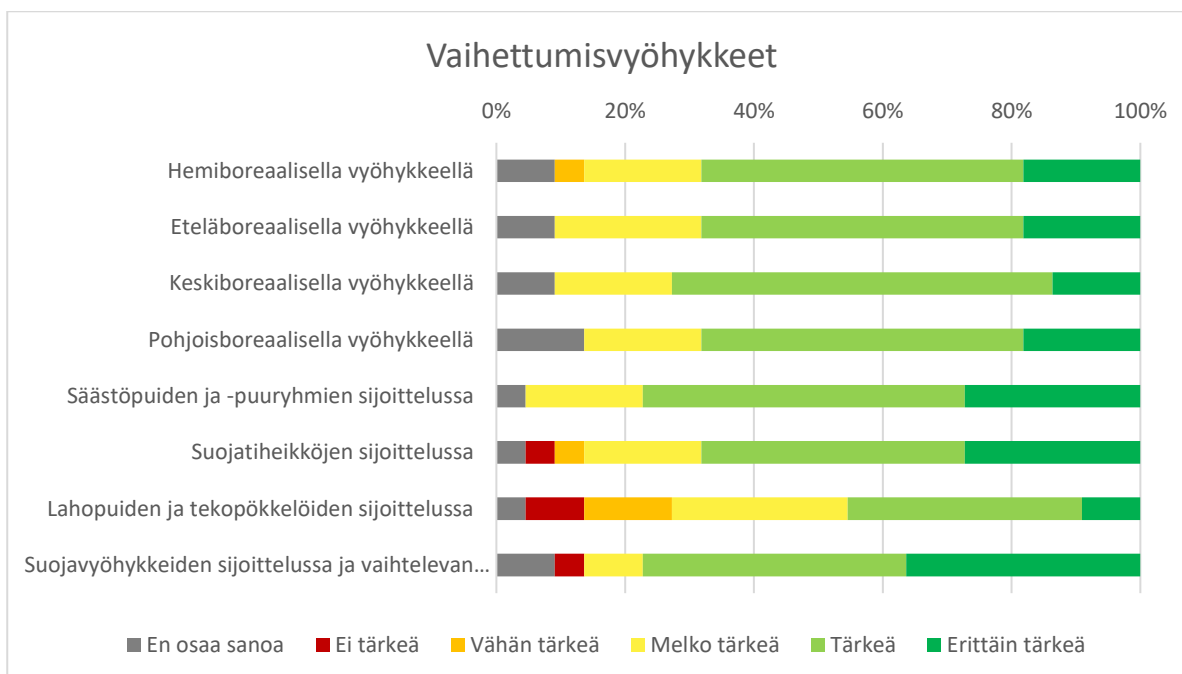
Kuva 8. Vastausten jakautuminen muuttujalla vesistöt.

5.2.7 Vaihettumisvyöhykkeet

Vaihettumisvyöhykkeiden arvotuksessa korostui säästöpuiden ja -puuryhmien sekä suojavyöhykkeiden suunnittelu. Olennaisena huomiona eräs vastaaja totesi avohakkuun ja pystypuuston rajan olevan huomattavasti tiukempi kuin esimerkiksi suon ja talousmetsän vaihettumisvyöhykkeen, eikä näissä ole ilmiöinä samanlaista rakennevaihtelua. Tämän lisäksi hakkuutiedon seurannan todettiin olevan työlästä ja vaativan jatkuvaa tiedon päivitystä, joten avohakkuun ja pystypuuston raja-alueiden tarkastelusta luovuttiin kyselyn jälkeen. Muuten vaihettumisvyöhykkeet pysyivät muuttujana taulukossa 2 esitetyn kaltaisena. Tulkintamuutoksen ei oleteta olennaisesti vaikuttavan vaihettumisvyöhyke-muuttujan vastauksiin, sillä vaihettumisvyöhykkeistä puhutaan yleisimmin muuttujan muiden määritelmien mukaisesti.

Taulukko 9. Vaihettumisvyöhykkeiden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	3,90	4,00	0,77
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	3,95	4,00	0,67
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	3,95	4,00	0,59
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	4,00	4,00	0,65
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	4,10	4,00	0,68
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,86	4,00	1,04
Lahopuiden ja tekopökölöiden sijoittelussa	3,24	3,00	1,11
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	4,15	4,00	0,96



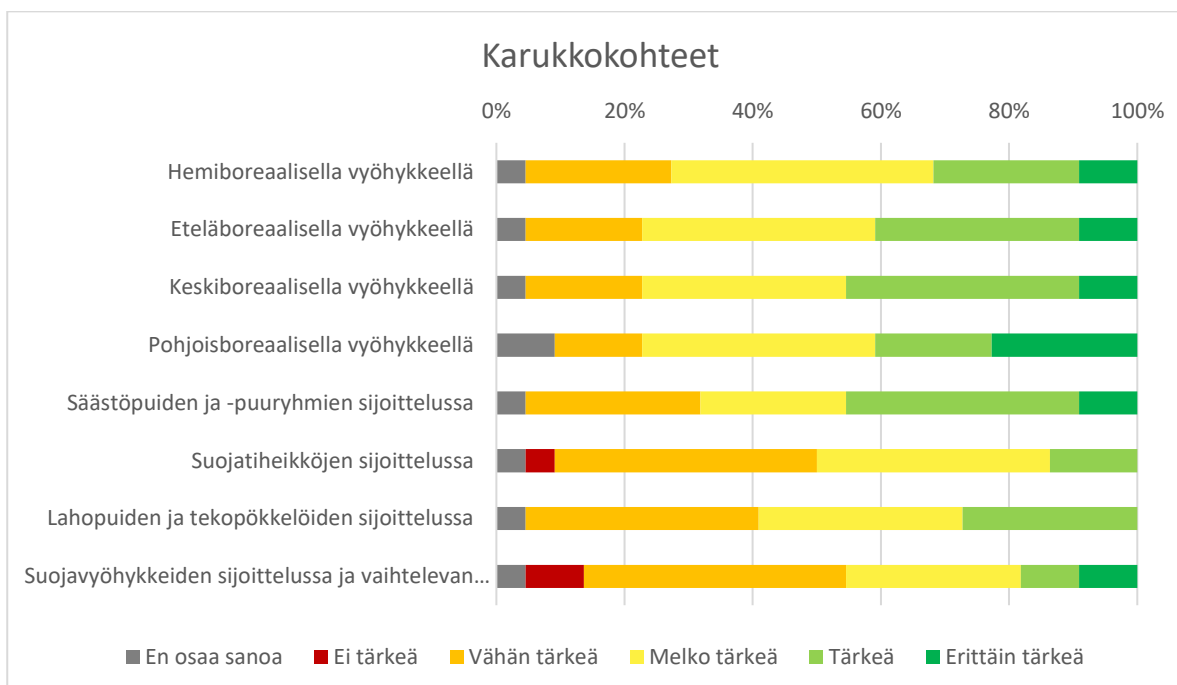
Kuva 9. Vastausten jakautuminen muuttujalla vaihettumisvyöhykkeet.

5.2.8 Karukkohteet

Karukkohteiden arvotus kohosi metsäkasvillisuusvyöhykkeillä etelästä pohjoiseen siirryttäessä. Syitä alueelliseen vaihteluun ei mainittu kommentoissa. Muuten karukkohteissa mainittiin niiden oman lajiston ja maisema-arvojen tärkeys. Lisäksi karukkohteisiin liittyvät alueet, kuten avokalliojyrkänteiden alusmetsät, mainittiin tärkeinä kohteina.

Taulukko 10. Karukkokohteiden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,19	3,00	0,91
Eteläboreaalaisella vyöhykkeellä	3,33	3,00	0,89
Keskiboreaalaisella vyöhykkeellä	3,38	3,00	0,90
Pohjoisboreaalaisella vyöhykkeellä	3,55	3,00	1,02
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	3,29	3,00	0,98
Suojatiheikköjen sijoittelussa	2,62	3,00	0,79
Lahopuiden ja tekopökölöiden sijoittelussa	2,90	3,00	0,81
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	2,67	2,00	1,08



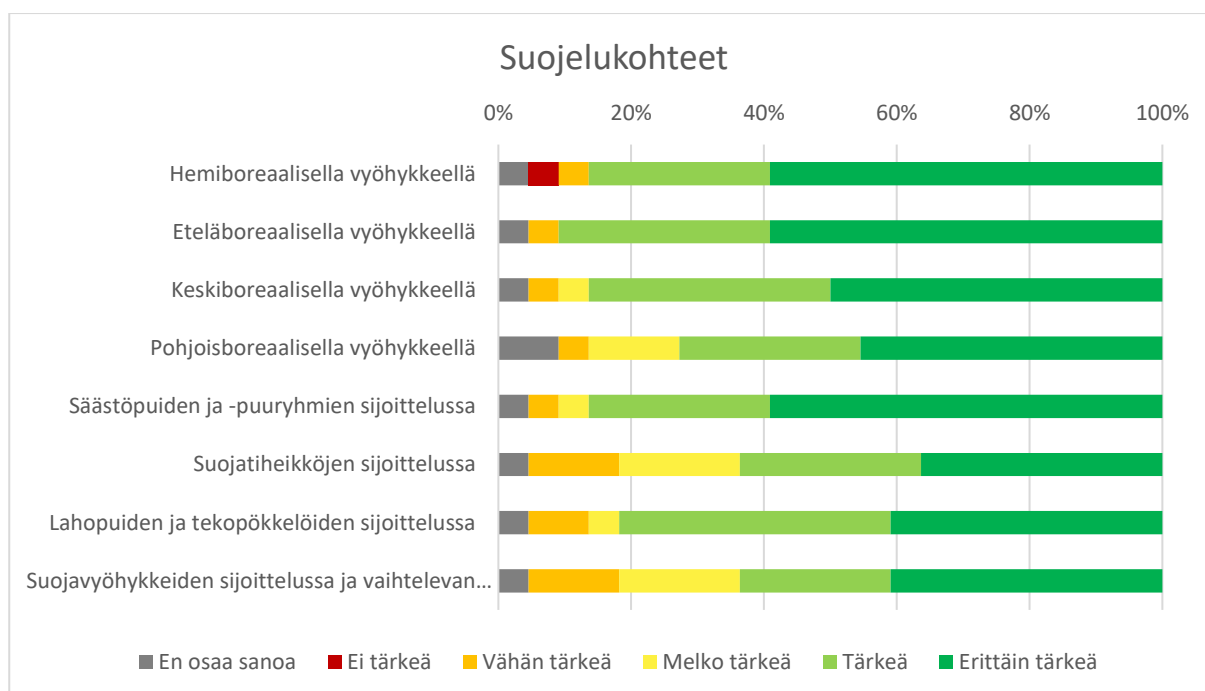
Kuva 10. Vastausten jakautuminen muuttujalla karukkokohteet.

5.2.9 Suojelukohteet

Suojelukohteet arvoitettiin kolmanneksi tärkeimmäksi muuttujaksi. Niitä pidettiin tärkeinä tai erittäin tärkeinä lähes kaikissa ryhmissä. Kuten vesistöissä, myös suojelukohteiden kommenttikentässä muutama vastaaja kritisoi 20 metrin vyöhykkeen olevan liian kapea.

Taulukko 11. Suojelukohteiden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	4,38	5,00	1,05
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	4,52	5,00	0,73
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	4,38	5,00	0,79
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	4,25	4,50	0,89
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	4,48	5,00	0,79
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,90	4,00	1,06
Lahopuiden ja tekopökelöiden sijoittelussa	4,19	4,00	0,91
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	3,95	4,00	1,09



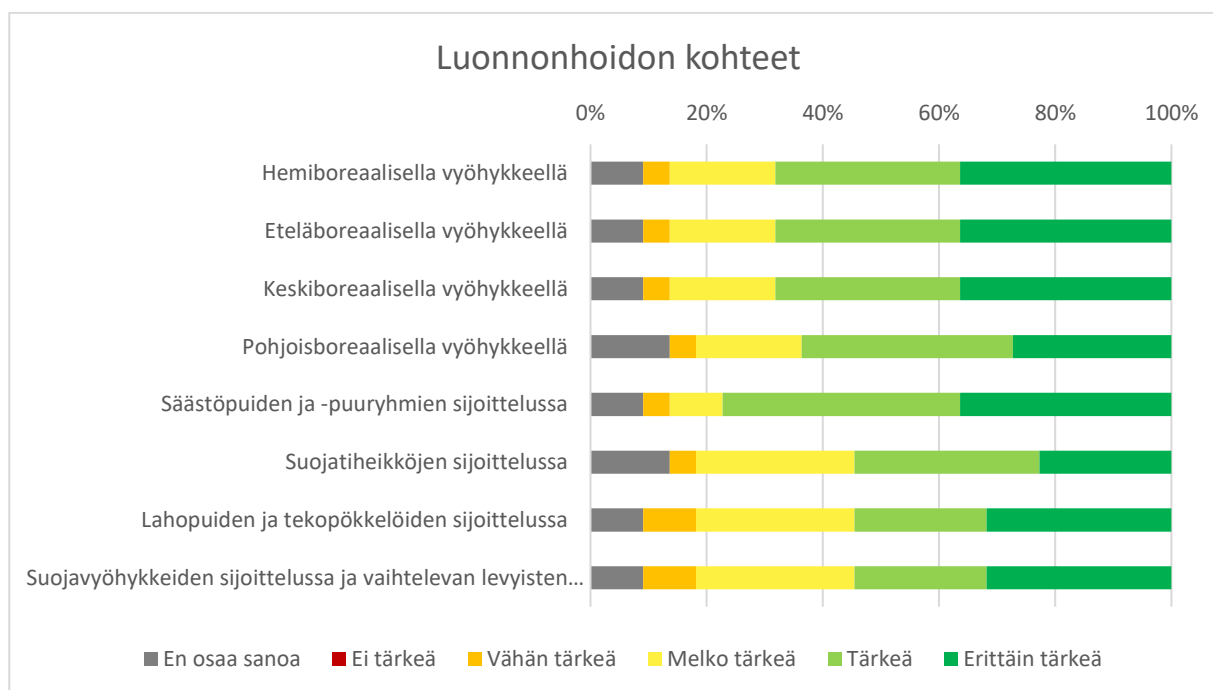
Kuva 11. Vastausten jakautuminen muuttujalla suojelukohteet.

5.2.10 Luonnonhoidon kohteet

Luonnonhoidon kohteet arvoettiin kauttaaltaan tärkeiksi, joskin hieman vähemmän kuin viralliset suojelukohteet. Kommenttikentässä muutama vastaaja toi esiin epävarmuuden muuttujan arvottamisesta liittyen luonnonhoitokohteen tyyppiin, eli kaikkia luonnonhoidon kohteita ei oltaisi ilmeisesti arvoitettu samalla tavalla.

Taulukko 12. Luonnonhoidon kohteiden arvotus.

	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta
Hemiboreaalisella vyöhykkeellä	4,10	4,00	0,89
Eteläboreaalisella vyöhykkeellä	4,10	4,00	0,89
Keskiboreaalisella vyöhykkeellä	4,10	4,00	0,89
Pohjoisboreaalisella vyöhykkeellä	4,00	4,00	0,86
Säästöpuiden ja -puuryhmien sijoittelussa	4,20	4,00	0,81
Suojatiheikköjen sijoittelussa	3,84	4,00	0,87
Lahopuiden ja tekopökölöiden sijoittelussa	3,85	4,00	1,01
Suojavyöhykkeiden sijoittelussa ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelussa	3,85	4,00	1,01



Kuva 12. Vastausten jakautuminen muuttujalla luonnonhoidon kohteet.

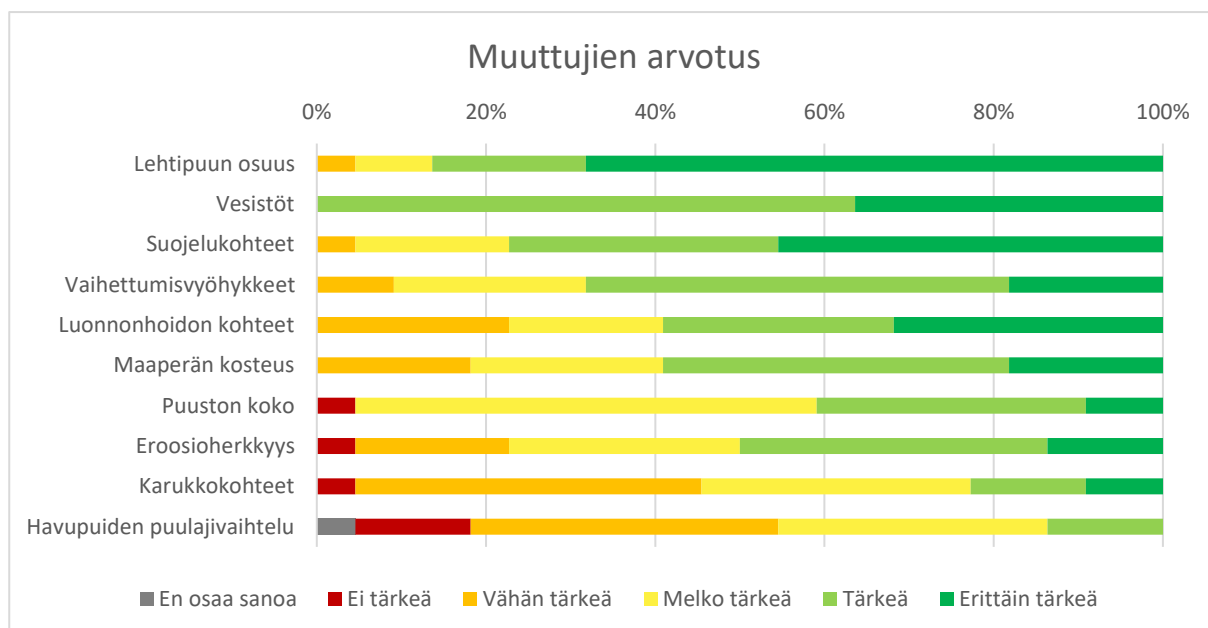
5.2.11 Muuttujien välinen arvotus

Muuttujien arvotus -kohdassa vastaajia pyydettiin arvottamaan jokainen kysytty muuttuja kyselyn viisiportaisella asteikolla seuraavalla ohjeistuksella: "Arvota indeksin muuttujat monimuotoisuuden ja vesiensuojelun kannalta." Arvotus seurasi pitkälti muuttujista annettuja metsäkasvillisuusvyöhykkeittäisiä vastauksia (taulukko 13).

Kommenteissa todettiin lahopuun määrän ja laadun puutteen olevan merkittävä ongelma monimuotoisuusindeksissä. Puute oli tiedostettu ja mainittu ohjeistuksessa, mutta kommentti korostanee lahopuutiedon tärkeyttä. Lisäksi vastaajat korostivat lähtöaineiston tarkkuuden ja ajantasaisuuden tärkeyttä indeksin käytössä.

Taulukko 13. Muuttujien arvotukset. "Arvotus" on kysymyksen vastausten keskiarvo. "Muuttujan KA" on metsäkasvillisuusvyöhykkeittäisten arvotusten keskiarvo.

	Arvotus	Sijoitus	Muuttujan KA	Sijoitus
Lehtipuun osuus	4,50	1	4,52	1
Vesistöt	4,36	2	4,50	2
Suojelukohteet	4,18	3	4,38	3
Vaihtumisyöhykkeet	3,77	4	3,95	5
Luonnonhoidon kohteet	3,68	5	4,08	4
Maaperän kosteus	3,59	6	3,52	7
Puuston koko	3,41	7	3,78	6
Eroosioherkkyys	3,36	8	3,51	8
Karukkokohteet	2,82	9	3,36	9
Havupuiden puulajivaihtelu	2,48	10	3,10	10



Kuva 13. Vastausten jakautuminen muuttujien arvotuksessa. Vastaukset järjestetty keskiarvoltaan suurimmasta pienimpään.

5.2.12 Arvotus metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin

Arvotusten vaihtelu metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin oli melko vähäistä (taulukko 14), ja eri metsäkasvillisuusvyöhykkeiden erot ovat pienen otoskoonkin takia lähinnä suuntaa antavia. Puuston koon painotusta pohjoisessa oli selitetty muuttujan arvotuksessa puun kasvun hitaudella, mutta muuten eroja ei selitetty kommentoissa, ja näin vähäisten erojen analysointia ei koettu mielekkääksi. Tästä syystä päätettiin tuottaa indeksin samoilla perusteilla koko valtakuntaan.

Taulukko 14. Arvotusten keskiarvot metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin. Keskiarvo tarkoittaa kyseisen muuttujan metsäkasvillisuusvyöhykkeiden keskiarvoa. Erotus-kohdissa metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin keskiarvo on vähennetty metsäkasvillisuusvyöhykkeiden keskiarvosta. Tummempi punainen väri kuvaa suurempaa erotusta.

	Arvotus vyöhykkeittäin				Keski-arvo	Erotus keskiarvoon			
	Hemi-boreaali-nen	Etelä-boreaali-nen	Keski-boreaali-nen	Pohjois-boreaali-nen		Hemi-boreaali-nen	Etelä-boreaali-nen	Keski-boreaali-nen	Pohjois-boreaali-nen
Vesistöt	4,41	4,50	4,55	4,55	4,50	-0,09	0,00	0,04	0,05
Suojelukohteet	4,38	4,52	4,38	4,25	4,38	0,00	0,14	0,00	-0,13
Lehtipuun osuus	4,41	4,64	4,59	4,43	4,52	-0,11	0,12	0,07	-0,09
Luonnonhoidon kohteet	4,10	4,10	4,10	4,00	4,08	0,03	0,03	0,03	-0,07
Vaihtetumisyöhykkeet	3,90	3,95	3,95	4,00	3,95	-0,05	0,00	0,00	0,05
Maaperän kosteus	3,50	3,50	3,55	3,53	3,52	-0,02	-0,02	0,03	0,01
Eroosioherkkyys	3,60	3,60	3,45	3,40	3,51	0,09	0,09	-0,06	-0,11
Puuston koko	3,68	3,68	3,82	3,95	3,78	-0,10	-0,10	0,03	0,17
Havupuiden puulajivaihtelu	3,00	3,14	3,19	3,05	3,10	-0,10	0,05	0,09	-0,05
Karukkohteet	3,19	3,33	3,38	3,55	3,36	-0,17	-0,03	0,02	0,19

5.2.13 Arvotus talousmetsien luonnonhoidon suunnittelussa

Muuttujien arvotusta talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden suunnittelussa tarkasteltiin muuttujakohtaisten keskiarvojen kautta. Muutenkin korkeimmin arvotetut muuttujat (vesistöt, suojelukohteet, lehtipuun osuus) olivat myös vahvasti edustettuna luonnonhoidon suunnittelussa. Suojavyöhykkeiden sijoittelun ja vaihtelevan levyisten vyöhykkeiden suunnittelun osalta korkeat arvotukset saivat kuitenkin myös maaperän kosteus ja eroosioherkkyys. Näistä maaperän kosteus sijoittuu usein lähelle vesistöjä ja pienvesien suojavyöhykkeen välittömään läheisyyteen. Eroosioherkyyden korostuminen taas liittyy kiintoaineskuorman vähentämiseen samoilla alueilla.

Taulukko 15. Arvotusten keskiarvot talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden sijoittelun ja suunnittelun osalta. Vihreä värillä korostetut arvot ovat kyseisen toimenpiteen kolme suurinta arvotusta saanutta muuttujaa.

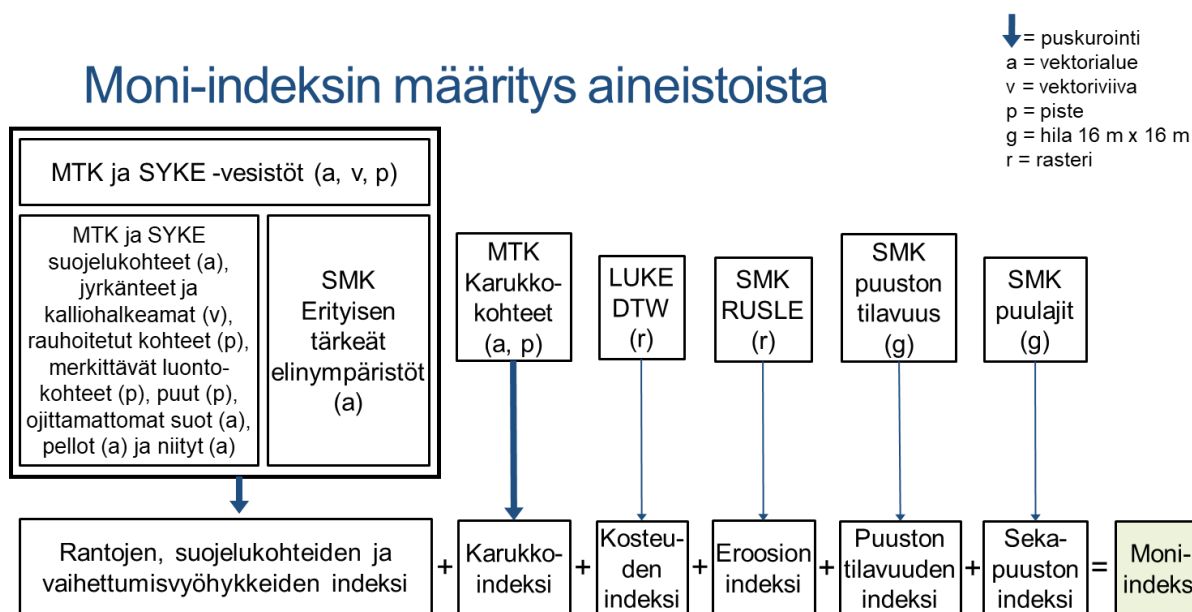
	Säästöpuut ja -puuryhmät	Suojatiheiköt	Lahopuut ja tekopökelöt	Suojavyöhykkeet	Keskiarvo
Vesistöt	4,32	3,91	3,55	4,86	4,16
Suojelukohteet	4,48	3,90	4,19	3,95	4,13
Lehtipuun osuus	4,59	3,95	4,00	3,81	4,09
Luonnonhoidon kohteet	4,20	3,84	3,85	3,85	3,94
Vaihtetumisyöhykkeet	4,10	3,86	3,24	4,15	3,84
Maaperän kosteus	3,86	3,62	3,05	4,50	3,76
Eroosioherkkyys	3,25	2,65	2,20	4,47	3,14
Puuston koko	3,55	2,09	3,36	2,64	2,91
Havupuiden puulajivaihtelu	3,14	2,86	3,00	2,57	2,89
Karukkohteet	3,29	2,62	2,90	2,67	2,87

6 INDEKSOINNIN MUODOSTAMINEN

Indeksin resoluutioksi valittiin 4 m x 4 m hilaruutu. Ne sovitettiin Metsäkeskuksen hilamuotoisen metsävaratiedon hilaruutuihin. Muuttujakohtaiset arvovälit määritettiin toteutettujen työpajojen ja kyselyn vastausten, sekä Metsätehon sisäisen arvioinnin perusteella. Muuttujien mahdolliset arvot olivat välillä 0–1000 (taulukko 16) ja ne summattiin lopuksi Moni-indeksin monimuotoisuusarvoksi. Indeksien muodostaminen kuvataan kuvassa 14.

Taulukko 16. Moni-indeksin muuttujille annetut mahdolliset arvot. Arvojen selitykset ovat kunkin muuttujan alaluvussa.

Muuttuja	Indeksiarvot
Rantojen, suojelukohteiden ja vaihtumisvyöhykkeiden indeksi	300–1000
Karukkoindeksi	300; 500
Kosteuden indeksi	0–1000
Eroosion indeksi	0–1000
Puuston tilavuuden indeksi	0–800
Lehtipuun osuuden indeksi	0–1000
Havupuiden puulajivaihtelun indeksi	0–700



Kuva 14. Moni-indeksin muodostamiskaavio. Kaavion lyhenteet aineiston toimittajista: MTK (Maanmittauslaitoksen maastotietokanta), SMK (Suomen metsäkeskus), LUKE (Luonnonvarakeskus) ja SYKE (Suomen ympäristökeskus).

Sisäisessä testauksessa suurimmat arvot olivat yhteensä noin 3 500, mikä tarkoitti yleensä jonkin vyöhykealueen, kosteuden tai eroosion ja joidenkin puustotunnusten indeksiarvojen esiintymistä samalla paikalla. Tätä useampien muuttujien esiintyminen samassa hilaruudussa on hyvin epätodennäköistä, sillä osa muuttujista esiintyy vain harvoin yhdessä.

Seuraavaksi esitellään jokaisen Moni-indeksiin valikoituneen muuttujan indeksointi omissa kappaleissaan.

6.1 Kuvion ulkopuoliset alueet

Moni-indeksillä tarkastellaan käsittelyalueen sisäistä vaihtelua. Indeksien laskennassa kuitenkin huomioidaan myös 30 metrin vyöhyke käsittelyalueen ympäriltä. Tällä varmistetaan, että lähialueella olevat, monimuotoisuuden kannalta oleelliset, alueet otetaan huomioon indeksien laskennassa. Jos alue rajataan esimerkiksi vesistön rantaan, jäisi huomioitava vesistö muutoin kokonaan alueen ulkopuolelle.

6.2 Infrastruktuurin huomiointi

Rakennusten, rauta- ja maanteiden sekä maanpinnan yläpuolella sijaitsevien sähkölinjojen ympärille luodaan 30 metrin vyöhyke, jolle monimuotoisuusindeksiä ei lasketa. Tällä pyritään välttämään esimerkiksi säästöpuuryhmien sijoittaminen liian lähelle kohdetta, jonka päälle kaatuessaan säästöpuu voisi aiheuttaa riskin turvallisuudelle tai vahingoittaa omaisuutta. Samalla ennalta ehkäistään syitä poistaa jätettyjä säästöpuita esimerkiksi turvallisuuteen vedoten, jolloin säästöpuuryhmä sijoitetaan todennäköisesti paikkaan, jossa puut voivat kasvaa, kaatua ja lahota ilman riskiä.

6.3 Rantojen, suojelukohteiden ja vaihtetumisvyöhykkeiden indeksi

Alueet, joissa talousmetsän ja muun kohteen välinen vyöhyke on tärkeää monimuotoisuuden tai vesiensuojelun kannalta, huomioidaan Moni-indeksissä 20 metriä leveällä vyöhykkeellä. Näitä alueita ovat vesistöt, suojelu- ja luonnonhoidon kohteet, vaihtetumisvyöhykkeet sekä jyrkänteet. Moni-indeksin vyöhyke on jaettu viiteen osaan siten, että korkein monimuotoisuusarvo on kohteen vieressä, ja arvo pienenee vyöhykkeittäin kohteelta poispäin siirryttäessä (taulukko 17). Huomioitavat alueet on yhdistetty yhdeksi aineistokokonaisuudeksi päällekkäisten vyöhykkeiden välttämiseksi. Priorsointikyselyssä huomattiin, että kaikki mainitut alueet arvotetaan korkealle, joista vesistöt kaikkein korkeimmalle, joten korkeimman arvotuksen saaneet vesistöt huomioitiin lisäksi muilla muuttujilla (kosteusindeksi, eroosion indeksi, puustotunnukset).

Taulukko 17. Vyöhykkeille annetut monimuotoisuusarvot.

Etäisyys kohteesta	0–4 m	4–8 m	8–12 m	12–16 m	16–20 m
Monimuotoisuusarvo	1000	900	800	600	300

Vesistötiedot koottiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta (virtavesialueet, järvet/vakavedet) ja Syken Ranta10-aineistosta (joet, uomat, jokialueet, meret, virtavesien lohikalakannat). Lisäksi maastotietokannasta lisättiin tiedot lähteistä ja vesikuopista. Ranta10-aineisto mahdollistaa osin luontaisten vesiuomien ja ihmisen kaivamien ojien erottamisen toisistaan. Monimuotoisuusvyöhykettä ei siis pyritä muodostamaan ihmisen kaivamille ojille.

Suojelukohteet kerättiin maastotietokannan ja Syken aineistoista. Suojelukohteisiin kuuluvat: luonnon-suojelualueet, luonnonpuistot, kansallispuistot, retkeilyalueet, suojametsät, luonnonmuistomerkit, erämaa-alueet, yksityisten suojelualueet sekä Natura2000-alueet. Samaan aineistopakettiin liitettiin myös Metsäkeskuksen tiedot metsälain 10 §:n kohteista, METSO-kohteista sekä ympäristötukikohteista sekä Museoviraston tiedot muinaisjäännostojen sijainneista.

Vesistöjen ja suojelukohteiden lisäksi maastotietokannasta kerättiin tiedot pelloista, niityistä ja ojittamattomista soista, ja ne lisättiin samaan tasoon vyöhykkeiden muodostamista varten.

Jyrkänteiden alusmetsien ja kalliohalkeamien huomioimiseksi nämä lisättiin vyöhykealueiden kokonaisuuteen. Jyrkänteille luotiin vyöhyke vain niiden avautumissuuntaan.

6.4 Karukkoindeksi

Karukkokohteisiin kuuluvat maastotietokannan kalliot, louhikot, kivet, kivikot, lohkareet ja hietikot. Karukkokohteiden arvotus on 500, ja sitä ympäröiville hilaruuduille (0–4 metriä kohteesta) arvo on 300.

6.5 Kosteuden indeksi

Maaperän kosteuden määrittämiseen käytetään Luonnonvarakeskuksen DTW-pohjavedensyvyysarvoa 4 ha valuma-alueilla. Aineistosta poimitaan Moni-indeksin 4 m x 4 m hilaruudun keskelle osuva arvo. Kosteuden indeksiä ei määritetä alueille, jotka on merkitty soistumaksi, suoksi tai vesialueeksi. Indeksien arvo lasketaan seuraavalla kaavalla:

*Kosteuden indeksi = (1 – DTW-pohjavedensyvyysarvo (metriä)) * 1000*

Näin kosteuden indeksi saa sitä suuremman arvon, mitä lähempänä maan pintaa vesi on, ja maksimi-arvo on 1000. Kuten Annalan ym. (2022) raportissa todetaan, veden pinnan ollessa alle 0,5 m päässä maan pinnasta monimuotoisuus kasvaa. Vesistöjen lähellä veden pinta on tyypillisesti lähellä maan pintaa, joten tällöin rantojen kosteimmat alueet korostuvat muista vyöhykealueista monimuotoisuusindeksoinnissa. Kosteuden indeksia ei määritetä, jos DTW-pohjavedensyvyysarvo on yli 1 metrin.

6.6 Eroosion indeksi

Luonnonvarakeskuksen tuottaman RUSLE-aineiston arvo kuvaa eroosion suuruutta ensimmäisenä vuonna maanmuokkauksen jälkeen. RUSLE-arvo otetaan sellaisenaan Moni-indeksiin hilaruudun keskipisteen arvona. Jos RUSLE-arvo on yli 1000, asetetaan arvoksi 1000. RUSLE-arvot määritetään vain 50 metrin vyöhykkeellä vesistöistä. Näin tehtiin, jotta arvot korostuvat vesistöjen läheisyydessä ja ne voidaan huomioida vesistöjen suojavyöhykkeiden suunnittelussa.

6.7 Puustotunnukset

Puustotunnusten tarkasteluun käytetään Metsäkeskuksen hila-aineistoa. Puustohilan 16 m x 16 m hilaruudun sisään tulevat Moni-indeksin 4 m x 4 m hilaruudut saavat kaikki samat puustotunnukset kyseisen puustohilan tiedoista. Monimuotoisuusarvot lasketaan vertaamalla yksittäisen puustohilan tietoja käsittelyalueen keskiarvoon. Mitä suurempi yksittäisen hilan tarkasteltavan muuttujan (puuston tilavuus, lehtipuun osuus, havupuiden puulajivaihtelu) osuus on käsittelyalueen keskiarvoon verrattuna, sitä suurempi on annettu monimuotoisuusarvo. Jotta puustotunnukset korostuisivat vyöhykealueiden välittömässä läheisyydessä, kerrotaan puustotunnusten monimuotoisuusarvo muualla kuin vyöhykealueilla kertoimella 0,8. Puustotunnukset lasketaan vain käsittelyalueille, joissa puuston kehitysluokka on vähintään nuorta kasvatusmetsää, johtuen pääasiassa siitä pienempien puustojen tunnusten epävarmuuksista.

Moni-indeksin pääasiallinen tavoite on alueen sisäisen vaihtelun tunnistaminen. Puulajien osuuksia laskettaessa tarkastellaan sekä koko käsittelyalueen että yksittäisen hilan puulajisuhteita:

1. Yksittäistä hilaa tarkasteltaessa varmistetaan, että hilan sisäinen arvo on käsittelyalueen sisällä merkittävä.

ESIMERKKI: Tasaisessa varttuneessa metsikössä kaikilla hiloilla on melko suuri puuston tilavuus. Tällöin yksittäisellä puustohilalla täytyy olla merkittävästi keskimääräistä tilavuutta suurempi puuston tilavuus, jotta se saa muita hiloja korkeamman monimuotoisuusarvon.

2. Yksittäistä hilaa tarkasteltaessa varmistetaan, että hilan sisällä tarkasteltavan puulajin osuus on merkittävä.

ESIMERKKI: Jos havupuuvaltaisella kohteella on hila, jolla on huomattavan suuri osuus lehtipuuta suhteessa havupuuhun, saa tällainen hila sitä suuremman monimuotoisuusarvon, mitä suurempi lehtipuun osuus hilalla on.

6.7.1 Puuston tilavuuden indeksi

Puuston tilavuuden indeksin maksimi-arvo on 800. Puuston tilavuuden indeksi määritetään laskemalla ensin rajatun käsittelyalueen puustohilojen tilavuuden keskiarvo V_{avg} , ja vertaamalla tähän yksittäisten hilaruutujen tietoja. Jos hilan tilavuus V_{hila} on suurempi kuin kuvion puustohilojen tilavuuden keskiarvo, lasketaan:

$$\text{Puuston tilavuuden indeksi} = (V_{hila} / V_{avg} - 1) * 800$$

6.7.2 Lehtipuun osuuden indeksi

Lehtipuun osuuden maksimiarvo on 1000. Lehtipuun osuuden monimuotoisuusarvoa laskettaessa edetään seuraavasti:

1. Tarkastellaan hilaruudun lehtipuun tilavuutta $V_{hila, lehti}$ suhteessa kuvion lehtipuun tilavuuden mediaaniin $V_{hila, lehtimediaani}$.
 - a. Jos $V_{hila, lehti} > V_{hila, lehtimediaani}$, lasketaan lehtipuun tilavuuden suhdeluku $V_{hila, lehtisuhde}$ jakamalla $V_{hila, lehti}$ kuvion keskimääräisellä lehtipuun tilavuudella.
 - b. Jos $V_{hila, lehti} < V_{hila, lehtimediaani}$, annetaan hilaruudun lehtipuun monimuotoisuusarvoksi 0 ilman jatkotarkasteluja.
2. Lasketaan lehtipuun monimuotoisuusarvo kertomalla $V_{hila, lehtisuhde}$ painokertoimella.
 - a. Painokertoimen määrittäminen: Lasketaan hilaruudun lehtipuun tilavuuden osuus $V_{hila, lehtiosuus} = V_{hila, lehti} / V_{hila}$ ja pyöristetään osuus lähimpään 0,05:een. Tämän jälkeen haetaan pyöristettyä osuutta vastaava painokerroin (taulukko 18).
3. Jos näin saatu hilaruudun lehtipuun monimuotoisuusarvo on suurempi kuin kuvion hilojen keskimääräinen lehtipuun monimuotoisuusarvo, vähennetään jälkimmäinen ensimmäisestä ja asetetaan saatu tulos hilaruudun lehtipuun monimuotoisuusarvoksi.

Taulukko 18. Lehtipuun osuuden ja havupuiden puulajivaihtelun monimuotoisuuden laskennassa käytettävä puulajitiedon kerrointaulukko. Puulajien osuudet (sarake ”Pyöristetty HILA arvo”) on pyöristetty lähimpään 0,05:een.

Pyöristetty HILA arvo	LEHTI Kerroin	HAVU Kerroin
0	0	0
0,05	10	0
0,1	25	0
0,15	50	0
0,2	75	10
0,25	100	25
0,3	150	50
0,35	200	75
0,4	300	100
0,45	400	150
0,5	500	200
0,55	550	250
0,6	600	300
0,65	650	350
0,7	700	400
0,75	750	450
0,8	800	500
0,85	900	550
0,9	900	600
0,95	1000	650
1	1000	700

6.7.3 Havupuiden puulajivaihtelun indeksi

Havupuiden puulajivaihtelun maksimi-arvo on 700. Laskenta tehdään muuten samalla tavalla kuin lehtipuun osuuden laskenta, mutta seuraavin muutoksin:

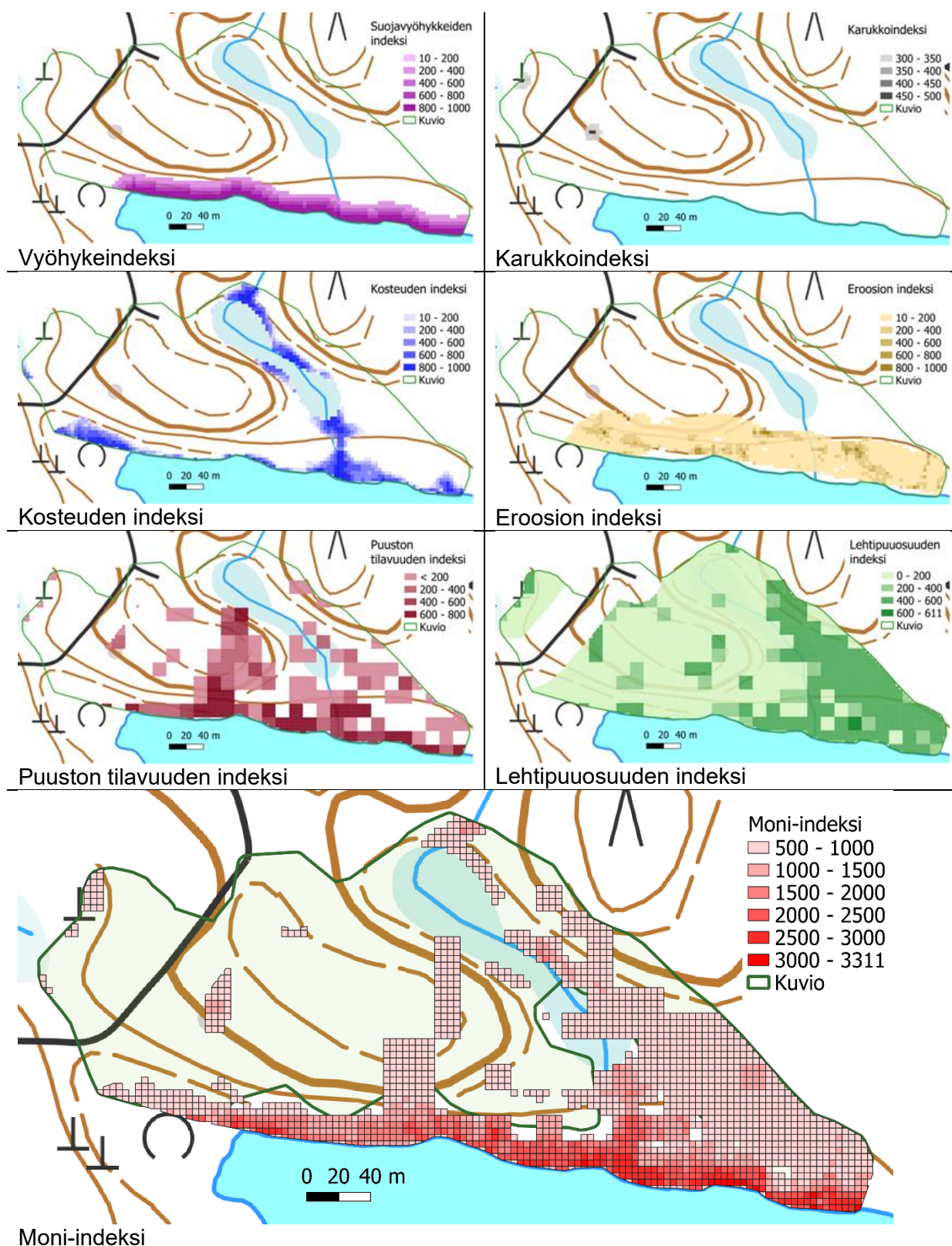
- Havupuun osuus hilalla $V_{hila, havu}$ lasketaan summaamalla hilan männyn ja kuusen tilavuudet ja jakamalla V_{hila} :lla.
- Kun määritetään painokerrointa havupuun monimuotoisuusarvon laskentaan, tarkastellaan männyn ja kuusen tilavuuden suhdetta toisiinsa nähden. Osuus lasketaan $V_{hila, havuosuus} = V_{hila, mänty} / V_{hila, kuusi}$ tai $V_{hila, havuosuus} = V_{hila, kuusi} / V_{hila, mänty}$, kuitenkin aina siten että $V_{hila, havuosuus} < 1$. Painokerroin luetaan 0,05:n tarkkuudelle pyöristetylle osuudelle taulukon 18 sarakkeesta ”HAVU kerroin”.

6.8 Monimuotoisuusindeksin muodostaminen muuttujien arvoista

Edellä esitetyistä, eri muuttujille määritetyistä indekseistä muodostetaan Moni-indeksi koko käsittely-alueelle. Lopullinen monimuotoisuusindeksi kuvaa näin alueen sisäistä vaihtelua ja korostaa monimuotoisuuden kannalta tärkeimpiä alueita, joita voidaan huomioida luonnonhoidon ja puunkorjuun suunnittelussa ja toteutuksessa.

Moni-indeksi yhdistää eri muuttujien indeksien arvot. Joskus voi kuitenkin olla perusteltua tarkastella erikseen yksittäisen muuttujan indeksiarvoja luonnonhoitoa suunniteltaessa. Esimerkiksi, jos kohteella halutaan säilyttää lehtipuustoa tai välttää vesistön kiintoaineskuormaa, voi olla perusteltua ottaa suunnittelussa huomioon näiden yksittäisten muuttujien arvot kokonaisuuden sijaan. Eräälle esimerkkikuviolle (kuva 15) tuotetuista Moni-indeksikartoista voidaan huomata, kuinka eri muuttujat korostavat kuvion eri alueita, vaikka lopullinen Moni-indeksi keskittyykin vesistön rantavyöhykkeelle. Esimerkkikuvion

halki kulkeva oja on alueen pohjoispuolen ojitetulta suolta kulkeva laskuoja, minkä vuoksi sen rannalle ei ole muodostunut omaa vyöhykeindeksiään.



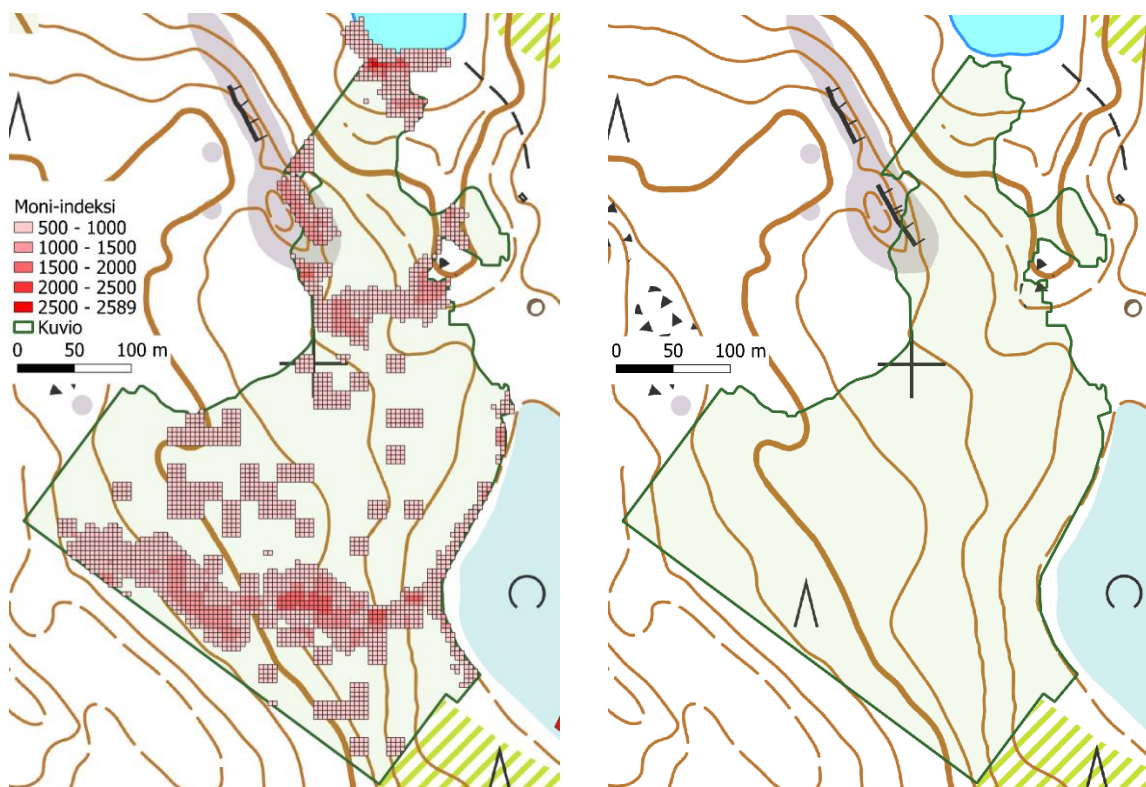
Kuva 15. Eri muuttujien indeksoinnit erällä esimerkkialueella ja niistä muodostettu Moni-indeksi. Esimerkki 1: Vesistön läheisyydessä korostuvat sen läheisyyden lisäksi kosteusindeksin, eroosioindeksin ja puustotunnusten indeksien korkeat arvot.

6.9 Esimerkkikohteita

Esimerkkikuvissa on toteutuneita käsittelyalueita, joihin on tuotettu Moni-indeksin karttatase. Tummempi punainen tarkoittaa korkeampaa monimuotoisuusarvoa.

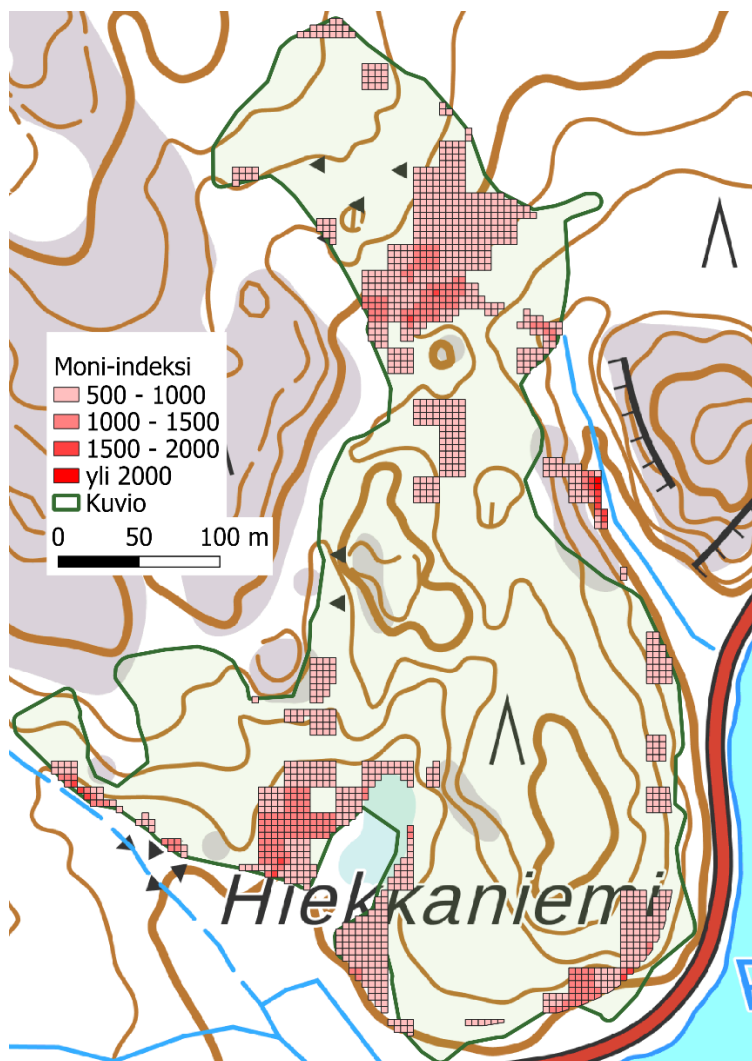
Esimerkissä 1 (kuva 15) monimuotoisuusarvot korostuvat alueen eteläosassa vesistön läheisyydessä. Vesistöön rajautuvan vyöhykealueen lisäksi alueella korostuvat kosteusindeksin, eroosioindeksin sekä puustotunnusten indeksien korkeat arvot. Esimerkki kuvastaa Moni-indeksin potentiaalia vesistön vaihtelevan levyisen suojavyöhykkeen suunnittelussa.

Esimerkin 2 (kuva 16) korjuukohteella Moni-indeksi korostaa useita erityyppisiä alueita. Järven rannassa on vesistön suojavyöhyke. Kuvion keskellä on sekä jyrkänne kallioalueella että kivikkoa, jotka molemmat näkyvät monimuotoisuusindeksioinnissa. Kuvion eteläosassa havaitaan myös pohjaveden-syvyysaineistosta ilmenevä kosteampi alue. Yksittäiset 4x4-monimuotoisuusindeksin hilaryypäät kuvion keskiosassa kuvaavat keskimääräistä suurempaa lehtipuun tilavuutta. Moni-indeksin avulla tälle kuviolle voidaan suunnitella mm. vaihtelevan levyinen vesistön suojavyöhyke sekä säästöpuuryhmiä ja/tai suojatiheiköitä lehtipuuvaltaisiin ja kosteampiin kohtiin ja karukkoalueiden läheisyyteen.



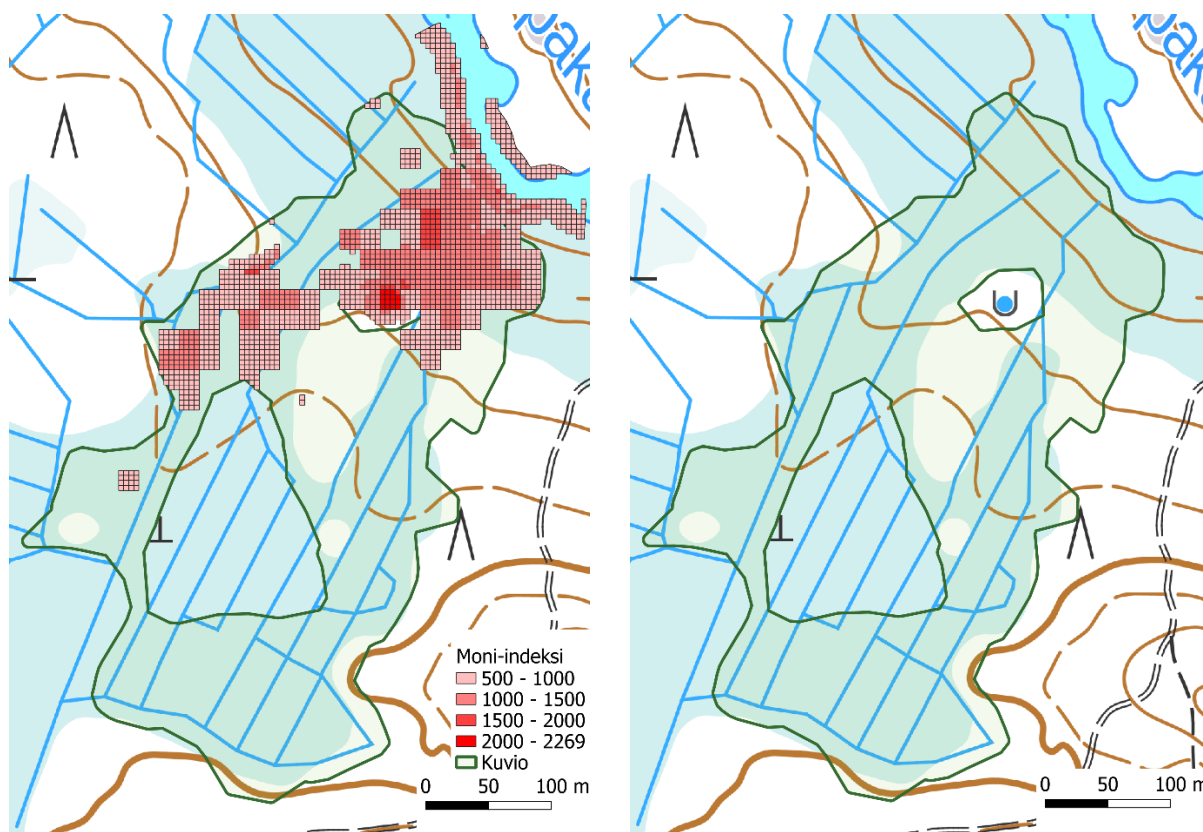
Kuva 16. Esimerkki 2: Korjuukohteella on karukkoalueita, rantaa ja kosteita alueita sekä ryhmittäin esiintyvää lehtipuustoa.

Esimerkin 3 (kuva 17) kohteella korkeusvaihtelu vaikuttaa puunkorjuuseen ja varastopaikkojen sijoitteluun. Eteläosassa sijaitseva tie ei ole sovelias varastopaikoille, joten puutavaran kuljetus täytyy järjestää muita reittejä. Itäpuolen jyrkänne alusmetsä ja koillispuolen soistuma on rajattu käsittelyalueen ulkopuolelle, mikä helpottaa työtä hieman. Moni-indeksissä korostuvat alueen pohjoisosan lehtipuuvaltainen rinne ja soistuman länsipuolinen suurempien puiden keskittymä. Näille alueille säästöpuuryhmien jättäminen olisi mielekkäintä, minkä lisäksi lehtipuuvaltaisella rinteellä voitaisiin ylläpitää lehtipuun osuutta.



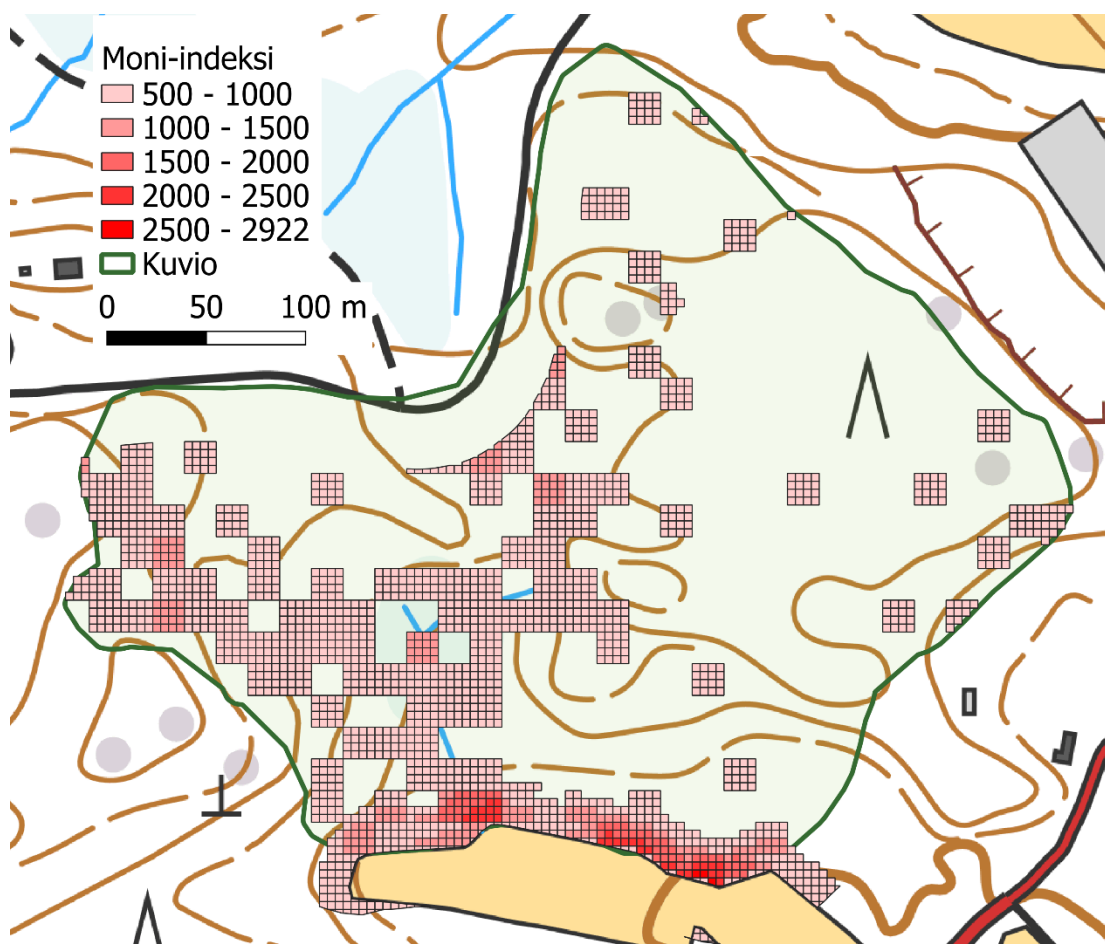
Kuva 3. Esimerkki 3: Alueen pohjoisosan rinteellä korostuu lehtipuuvaltainen puusto, lounaisosassa suurempaa puustoa sisältävä keskittymä.

Esimerkissä 4 (kuva 18) alueen pohjoisosan lehtipuusto korostuu puustotiedoista. Lisäksi alueella on lähde ja se rajautuu koillisessa jokeen. Lähteen ja joen väliin jäävällä alueella monimuotoisuusarvot ovat korkeammat, ja kohteessa voisi olla järkevää yhdistää lähteen ja joen välinen alue säästöpuuryhmällä tai käsitellä ojien välinen alue poikkeavalla tavalla monimuotoisuus huomioiden. Tässä esimerkissä lähteen ja sen välittömän läheisyyden tarkastelu maastossa voi auttaa käsittelyn suunnittelussa. Huomioitavaa on lähteen ja sen lähiympäristön varjostuksen ylläpito ja mahdollisten karttaan merkitsemättömien pienvesien, kuten norojen huomiointi hakkuissa.



Kuva 18. Esimerkki 4: Lähteen ja joen vyöhykkeet sekä niiden välinen alue lehtipuustoineen näkyvät korkeimpien monimuotoisuusarvojen alueina.

Esimerkissä 5 (kuva 19) monimuotoisuusarvot ovat korkeimmillaan käsittelyalueen eteläosissa pellon reunan läheisyydessä. Vaihtumisvyöhykkeen lisäksi alueella korostui kosteusindeksin ja osin lehtipuuston osuus. Käsittelyalue rajautuu pohjoisosissa tiehen, ja infrastruktuuria suojaava 30 metrin vyöhyke on rajattu pois. Rajaus erottuu parhaiten pohjoiseen kääntyvän mutkan kohdalla.



Kuva 19. Esimerkki 5: Monimuotoisuusarvot korostuvat pellon vaihettumisvyöhykkeellä alueen eteläosassa. Tien ympärillä näkyy infrastruktuurin suojaksi jätetty 30 metrin vyöhyke, jolle indeksiä ei tuoteta.

7 YHTEENVETO JA KEHITTÄMISTARPEET

Moni-Indeksi-hankkeessa tuotettiin monimuotoisuusindeksi täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon suunnittelun ja toteutuksen tueksi talousmetsien puunkorjuussa, esimerkiksi automaattiseen ajourasuunnitteluun. Indeksioinnissa hyödynnettiin metsäalalla yleisesti käytettyjä paikkatietoaineistoja monimuotoisuuden määrittämiseen. Indeksien alustavissa työpöytä tarkasteluissa sen on havaittu tuottavan loogisia tuloksia luonnonhoidon suunnitteluun, ja indeksien käytön ajourasuunnittelussa monimuotoisuuden huomioimiseksi arvioidaan olevan mahdollista. Indeksioinnin käyttökelpoisuus tullaan pilotoimaan EU-rahoitteisessa OptiForValue-hankkeessa. Moni-indeksi voi jo nyky muodossaan auttaa puunkorjuun ennakkosuunnitteluun liittyvän maastotyön kohdentamisessa. Maastohavaintoja ja muita aineistoja on silti tarpeen hyödyntää jatkossakin täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon yhteydessä.

Saatavilla olevat aineistot onnistuttiin yhdistämään osaksi indeksointia, ja käytettyjen aineistojen maan laajuinen kattavuus tekee Moni-indeksistä käyttökelpoisen aputyökalun monenlaisten kohteiden korjuun suunnitteluun. Metsänhoidon suosituksissa ja metsä- ja korjuuyritysten ohjeistuksissa huomioitavat asiat (esimerkiksi suojelukohteet, vesistöt ja lehtipuuston osuus) saatiin integroitua osaksi indeksointia, ja testauksessa nämä muuttujat korostuivat oletetulla tavalla. Nykymuodossaan Moni-indeksi on ajourasuunnittelun lisäksi hyödyllinen säästöpuiden ja -puuryhmien sekä vaihtelevan levyisten suojavyöhykkeiden suunnittelussa. Tämä on loogista, sillä ajourasuunnittelussa vältettävät kohteet ovat samalla luontaisia kohteita luonnonhoidon toimenpiteille.

Merkittävimmät tunnetut puutteet Moni-indeksissä johtuvat saatavilla olevien aineistojen puutteista ja tietojen saatavuudesta. Esimerkiksi lahoppuusta ja puuston kerroksellisuudesta ei ole saatavissa kattavaa aineistoa. Puute johtuu maanlaajuisen laserkeilausaineiston harvasta pulssitiheydestä, joten tähän puutteeseen ei nykyaineistoilla saada vastauksia. Puuston yksinpuintulkinnalla voitaisiin tunnistaa monimuotoisuuden kannalta arvokkaita puuyksilöitä. Vähänkään suuremmat puustokeskittymät havaitaan todennäköisesti jo nykyisestä hila-aineistosta. Hila-aineisto on saatavilla koko valtakunnan laajuisena aineistona, mikä puoltaa aineiston käyttöä Moni-indeksissä.

Aineiston saatavuuteen liittyvä haaste koskee myös lajitietoa. Lukuisten toimijoiden hallinnoimat tiedot ovat tällä hetkellä hankalasti integroitavissa käyttökelpoiseen muotoon havaintojen määrän ja päällekkäisyyksien vuoksi. Aineistojen suodatus ja päällekkäisten pistehavaintojen yhtenäistäminen elinympäristötiedoksi helpottaisi aineistojen käsittelyä ja niiden hyödyntämistä muutenkin kuin Moni-indeksissä. Lajitiedon hyödyntämistä vaikeuttaa myös osaltaan lajiriippuvaiset tekijät, merkittävimpänä liikkuvuus. Siinä missä paikallaan olevat tai hitaasti leviävät lajit, kuten kasvit ja käävät on suhteellisen helppo huomioida erilaisilla suojavyöhykkeillä, on liikkuvien lajien (nisäkkäät, linnut, lentävät hyönteiset) huomiointi staattisella indeksillä huomattavasti vaikeampaa tai jopa mahdotonta. Esimerkiksi havainnot linnuista on vaikea ottaa huomioon mielekkäästi, mutta pesähavainnolle voitaisiin tehdä rajauksia paikallaan olevien lajien tavoin.

Merkittävä lisähyöty luonnonhoidossa saavutettaisiin tulevissa metsänkäsittelytoimenpiteissä, jos nyt toteutettuja luonnonhoidon toimenpidetiedot tallennettaisiin paikkatietona. Esimerkiksi tieto jätettyjen säästöpuiden ja -puuryhmien ja suojatiheikköjen sijainnista olisi olennaista tietoa tulevia hakkuita (ja samalla luonnonhoitoa) suunniteltaessa. Lisähyötyä saataisiin, jos etenkin säästöpuiden tiedot olisivat tallennettuna esimerkiksi puolajikohtaisesti, jolloin tulevaisuudessa voitaisiin tarkastella sekä säästöpuissa tapahtuneita muutoksia että kohdistaa seuraavan hakkuun säästöpuusto samalle alueelle tai sen välittömään läheisyyteen, jonne on jo syntynyt lahoppuuta tai tulee syntymään lahoppuuta.

Moni-indeksiä voitaisiin hyödyntää myös vaihtelevan levyisten suojakaistojen suunnittelussa. Esimerkiksi PEFC-sertifioinnissa vesistöille määritelty suojavyöhyke on keskimäärin 10 metriä, mutta vähintään viisi metriä leveä. Moni-indeksi tuottaa vesistöjen ympärille tasaisen 20 metrin vyöhykkeen, jossa monimuotoisuusarvo laskee vesistöä pois päin siirryttäessä. Tämän lisäksi vesistön läheisyydessä monimuotoisuuteen vaikuttavat Moni-indeksissä yleensä kosteus- ja eroosiaindeksit sekä puustotunukset. Monimuotoisuuden ja vesiensuojelun kannalta mielekkäimmät suojavyöhykkeet voitaisiin luoda laskennallisesti Moni-indeksien tuottamasta hilaverkosta. Suojavyöhykkeen kokoa voitaisiin tarkastella tietyllä metrimäärällä sertifiointistandardin vaatimusten tai metsänomistajan toiveiden mukaisesti. Suojavyöhykkeelle voitaisiin laskea suurin hyväksytty pinta-ala, joka sitten muodostettaisiin kartalle korkeimpia Moni-indeksien arvoja suosien. Esimerkiksi PEFC-sertifioidulla kohteella laskettaisiin ensin,

kuinka suuren alan tasainen 10 metrin suojavyöhyke kattaisi. Tämä pinta-ala annettaisiin maksimiksi työkalulle, joka liittäisi mukaan niin paljon Moni-indeksin monimuotoisuusarvoja kuin tällä pinta-alalla olisi mahdollista. Näin suojavyöhyke luotaisiin monimuotoisuuden kannalta vaikuttavimmin, eikä metsänomistajalle aiheutuneet kustannusvaikutukset kasvaisi, koska säästetty alue olisi samankokoinen. Itse asiassa Moni-indeksin suosiossa lehtipuustoa ja kosteimpia kohtia on mahdollista, että metsänomistajalle aiheutuvat kustannusvaikutukset pienenisivät, kun alueelle jätettäisiin enemmän vähempiarvoista ja hitaammin kasvavaa puustoa.

Nykymuodossaan Moni-indeksi huomioi suojelualueiden reunat muodostamalla niille monimuotoisuusvyöhykkeet. Jos toimenpide sijaitsee kohteen sisällä, ei Moni-indeksi huomioi tilannetta. Jos kuitenkin toimitaan erityistä varovaisuutta vaativalla alueella, kuten luonnonsuojelualueella, voisi Moni-indeksi muodostaa tästä huomion (esim. ”Toimit Natura-alueella”). Ominaisuus voisi olla hyödyllinen etenkin, jos Moni-indeksiin saadaan tulevaisuudessa lisättyä lajiesiintymien tietoja, jolloin varottavan lajin tieto voitaisiin automaattisesti tuoda korjuuohjeeseen. Tämä ei poistaisi lajin vaatimaa huomiota, mutta huomio olisi melko yksinkertainen lisävarmistus sille, että tieto varottavasta lajista kulkeutuu korjuun toteuttajalle.

Priorisointikyselyssä nostettiin esiin tarve huomioida vesistön tai pienveden luonnontilaisuus. Syken (2025a) tuottama aineisto virtavesien luonnontilan muuttuneisuudesta voisi toimia tätä tarkoitusta varten. Aineiston käyttökelpoisuutta tutkittiin hankkeen aikana, mutta sitä ei lopulta lisätty indeksointiin. Vaikka virtavesien luonnontilaisuuden huomiointi onkin tärkeää alueella toimiessa, ei aineiston katsottu tuottavan olennaista lisähyötyä indeksoinnissa. Vesistöille luodaan muutenkin monimuotoisuusvyöhykkeet, minkä lisäksi kosteus- ja eroosioindeksi sekä puustotunnukset korostuvat vesistöjen läheisyydessä, jolloin ne saavat jo valmiiksi korkeimpia monimuotoisuusarvoja. Luonnontilaisuuden lisääminen lukuna indeksiin ei siis toisi merkittävää lisähyötyä vesistön huomiointiin. Sen sijaan yllä kuvattu huomiomerkitä luonnontilaisen tai sen kaltaisen vesistön läheisyydestä korjuukartalle voisi olla hyvä lisävarmistus kyseisen alueen huomioinnin varmistamiseksi. Toinen samankaltainen aineisto on Syken aineisto metsätaloudelle herkistä vesistöistä (Syke 2025b).

Toinen kyselyssäkin esiin noussut haaste liittyy monimuotoisuuden yleistämiseen, kun kohteiden painotus on aina sama. Karukkoalueiden osalta mainittiin niiden oman lajiston tärkeys, mutta tällä hetkellä karukkoalueet saavat pienempiä monimuotoisuusarvoja. Ongelmallista on siis se, että laajemmalla maisemallisella tarkastelulla paikallinen karukkokohde voi olla harvinaisuus, mutta indeksointi ei ota tätä mitenkään huomioon. Myös tämä korostaa lajitiedon saatavuuden merkitystä, sillä jos esimerkiksi tiedossa olisi uhanalaisen karukkolajin esiintymä, voitaisiin myös sen vaatimaa elinympäristöä korostaa Moni-indeksissä. Maisematason elinympäristötarkastelulla voitaisiin myös selvittää, onko alueella harvinaisia elinympäristöjä, joita tulisi suosia indeksoinnissa elinympäristöjen vaihtelun turvaamiseksi. Toisaalta maisematason suunnittelu ei ole enää varsinaisesti kuviotason suunnittelun, vaan laajemman metsä- ja luonnonhoidon suunnittelun kysymys ja tätä varten tulisi kehittää oma työkalunsa.

Kuten näistäkin kehitystarpeista huomataan, tarve luonnonhoidon kehittämiseen on laaja-alaista. Vaikka Moni-indeksi tarjoaa nykymuodossaan käyttökelpoisen indeksin luonnonhoidon kohdentamiseen ja ajourasuunnitteluun, voitaisiin tutkimuksella, tiedon jakamisella ja käytäntöjen yhtenäistämällä päästä monimuotoisuuden kannalta vielä nykyistäkin parempiin lopputuloksiin. Tiedon jakamisen osalta on kuitenkin tärkeää muistaa, että niin metsäteollisuuden yrityksillä, metsänomistajilla kuin luontotietoa keräävillä toimijoillakin on syynsä tiedon jaon rajoittamiseen. Vaikka hyötyä saataisiinkin ja vaikka tietoja olisi perusteltua jakaa, on olennaista ottaa huomioon eri tahojen näkemykset ja tarpeet luontotiedon tulevia kehitysaskeleita suunniteltaessa.

LÄHTEET

- Annala M, Hilli A, Hotanen J-P, Hokajärvi R, Jokikokko P, Karttunen K, Kesälä M, Kuoppala M, Lehtoranta V, Leinonen A, Marttila H, Meriö L-J, Karhunen H, Piirainen S, Porvari P, Salmivaara A, Vaso A, Mykrä H (2022) Paikkatietoon ja luontoarvoihin perustuva metsäpurojen suojavyyhykkeiden suunnittelu. GIS-SUS -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2022. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/675ce876-9a14-4af3-9dc0-09bcbc71a84a/content>
- Björklund H, Purhonen J, Paukkunen J, Pitkänen S, Stigell E, Sutinen S (2023) Tekopötkkelöiden tekeminen talousmetsissä: Opas metsänomistajille ja metsäammattilaisille. Luonnontieteellinen keskusmuuseo LUOMUS, Helsingin yliopisto. https://metsonpolku.fi/documents/115183005/127649121/Tekopoly-ohje-verkkoversio_final.pdf
- FSC Suomi (2023) Suomen metsänhoidon FSC-standardi. FSC-STD-02-2023 FI.
- Gao T, Nielsen A B, Hedblom M (2015) Reviewing the strength of evidence of biodiversity indicators for forest ecosystems in Europe. Ecological Indicators 57 420-434. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X15002502?via%3Dihub>
- GTK (2023) Suotyytit ja turvekankaat 1.0/2023 – metatieto. https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/suotyytit_ja_turvekankaat.html
- Gustafsson L, Baker S C, Bauhus J, Beese W J, Brodie A, Kouki J, Lindenmayer D B, Löhmus A, Pastur G M, Messier C, Neyland M, Palik B, Svedrup-Thygeson A, Volney W J A, Wayne A, Franklin J F (2012) Retention forestry to maintain multifunctional forests: A world perspective. BioScience, 62: 633–645. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.7.6>
- Haavisto V, Riekkä K, Melkas T, Malinen J (2023) Luonto- ja luonnonhoitokohteiden automatisoitu tunnistaminen hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla. Metsätehon tulosalvosarja 9/2023. <https://www.metsateho.fi/monimuotoisuuskohteiden-sailymisen-todentaminen-hakkuulaitteen-sijaintitiedon-avulla-tk/>
- Heinonen P, Valonen M, Norkio A (2023) PEFC vaikuttavuus selvitys 2000-2023. Tapio Palvelut Oy. Pellervon taloustutkimus PTT. Tapion raportteja 64. <https://cdn.pefc.org/pefc.fi/media/2024-08/72b91957-d14b-4cef-baf7-ad60768d3c3e/d921cb4a-4ecc-5b40-8dff-b1bfaff8754b.pdf>
- Kesälä M, Riekkä K, Malinen J (2024) Säästöpuutyökalu ReTreeT – ekologiset ja taloudelliset arvot säästöpuiden suunnittelussa. Metsätehon tulosalvosarja 8/2024. <https://www.metsateho.fi/monimuotoisuuskohteiden-sailymisen-todentaminen-hakkuulaitteen-sijaintitiedon-avulla-tk/>
- Kesälä M, Laurén A, Riekkä K, Malinen J, Palviainen M (2025) Delineating retention tree groups based on open spatial data and ecosystem service values. Käsikirjoitus.
- Kontula T, Raunio A (toim.) (2018a) Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. 388 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161233/Suomen%20luontotyyppien%20uhanalaisuus%202018%20OSA1.pdf>
- Kontula T, Raunio A (toim.) (2018b) Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. 925 s.
- Kuglerová L, Ågren A, Jansson R, Laudon H (2014) Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. Forest Ecology and Management 334 (2014) 74-84.
- Lajitietokeskus (2024) OTSO-rajaukset. Havaintoaineistojen tilaaminen lajitietokeskukselta metsätaloukskäyttöön. <https://cms.laji.fi/wp-content/uploads/2024/12/OTSO2024.pdf>

Luonnonvarakeskus (2021) Maa-alueiden eroosioherkkyys, 2021. <https://opendata.luke.fi/dataset/urn-nbn-fi-att-f658fb82-ef83-48c3-a48b-181fdb87cda0>

Lähde E, Laiho O, Norokorpi Y, Saksa T (1999) Stand structure as the basis of diversity index. Forest Ecology and Management 115: 213-220.

Maanmittauslaitos (2025) Maanmittauslaitoksen maastotietokanta – tuotekuvaus. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/aineistot-ja-rajapinnat/tuotekuvaukset/maastotietokanta>

Metsäkeskus (2021) Tietotuotekuvaus: Virtausverkko 2 m – 10 m. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvaus-2m-10m-virtausverkko.pdf>

Metsäkeskus (2023) Tietotuotekuvaus: Jyrkanneviiva. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvaus-jyrkanneviivat.pdf>

Metsäteollisuus ry, Sahateollisuus ry (2023) Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartta. https://assets-global.website-files.com/5f44f62ce4d302179b465b3a/65423dc7c7654ce49227a74e_Puuta%20jalostavan%20teollisuuden%20monimuotoisuustiekartta%202023.pdf

Mykrä H, Annala M, Hilli A, Hotanen J-P, Hokajärvi R, Jokikokko P, Karttunen K, Kesälä M, Kuoppala M, Leinonen A, Marttila H, Meriö L-J, Piirainen S, Porvari P, Salmivaara A, Vaso A (2023) GIS-based planning of buffer zones for protection of boreal streams and their riparian forests. Forest Ecology and Management 528, 120639.

PEFC Suomi (2022) Metsien kestävä hoidon ja käytön vaatimukset. PEFC FI 1002:2022. PEFC Suomi – Suomen Metsäsertifiointi ry.

Punntila P (2005) Liite 3. Täydennyksiä metsäelinympäristöjä käsittelevään kappaleeseen 3.2. Julkaisussa Hildén M, Auvinen A-P, Primmer E (toim.) (2005) Suomen biodiversiteettiohjelman arviointi. Suomen ympäristö 770: 222–227. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/5170cb57-e4d2-4d2a-ae75-04f70d8a8e7c/content>

Riekkä K ja Malinen J (2022) Suojavyöhykkeiden leveyden laskennallinen määrittäminen hakkuukonetiedosta. Metsätehon tulosalvosarja 9/2022. <https://www.metsateho.fi/suojavyohykkeiden-leveyden-laskennallinen-maarittaminen-hakkuukonetiedosta/>

Riekkä K, Strandström M, Malinen J, Sorsa J-A (2023) Luontokohteiden säilymisen automaattinen todentaminen hakkuukonetiedosta. Metsätehon tulosalvosarja 3/2023. <https://www.metsateho.fi/luontokohteiden-sailyamisen-automaattinen-todentaminen-hakkuukonetiedosta/>

Saarinen N, Vastaranta M, Näsi R, Rosnell T, Hakala T, Honkavaara E, Wulder M A, Luoma V, Tomaselli A M G, Imai N N, Ribeiro E A W, Guimarães R B, Holopainen M, Hyypä J (2018) Assessing Biodiversity in Boreal Forests with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. Remote Sensing 2018, 10, 338; <http://dx.doi.org/10.3390/rs10020338>.

Salmivaara A (2020) Suomen DTW-kosteusindeksikartat, 2m, 2020. https://geoportal.ymparisto.fi/meta/julkinen/dokumentit/DTW_description.pdf

Syke (2021) Ranta10 - rantaviiva 1:10 000. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/ranta10-rantaviiva-1-10-000>

Syke (2023) Serpentiinikalliot ja -kivikot. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/serpentiinikalliot-ja-kivikot>

Syke (2024) Lajien huomioiminen metsätaloudessa. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/lajien-monimuotoisuus/lajien-huomioiminen-metsataloudessa>

Syke (2025a) Arviot pienten virtavesien luonnontilan muuttuneisuudesta (PUROHELMi-hanke). <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/arviot-pienten-virtavesien-luonnontilan-muuttuneisuudesta-purohelmi-hanke> .

Syke (2025b). Metsätaloudelle herkat vesistöt. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7B2CD46052-0EB5-4E66-B9C8-5431D7AC8DE2%7D>

Tapio (2021) Lajiturva-hanke, 2021, Uhanalaisten lajien turvaaminen metsätaloudessa. Tapion julkaisu.

Tapio (2024). Lehtokartoituksen käytäntöjen kehittäminen -hankkeen verkkosivut. <https://tapio.fi/projektit/lehtokartoituksen-kaytantojen-kehittaminen/>

Tapio (2025) Metsänhoidon suositukset.

Tiwari T, Lundström J, Kuglerová L, Laudon H, Öhman K, Ågren A M (2016) Cost of riparian buffer zones: A comparison of hydrologically adapted site-specific riparian buffers with traditional fixed widths, *Water Resour. Res.*, 52, 1056–1069, doi:10.1002/2015WR018014.

Toivonen J, Kangas A, Maltamo M, Kukkonen M, Packalen P (2023) Assessing biodiversity using forest structure indicators based on airborne laser scanning data. *Forest Ecology and Management* 546 (2023) 121376.

Vanha-Majamaa I, Jalonen J (2001) Green Tree Retention in Fennoscandian Forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 79-90, 2001: