

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Kotiaho, Janne Sakari; Kuusela, Saija; Nieminen, Eini; Moilanen, Atte

Title: Elinympäristöjen tilan edistämisen priorisoinnin periaatteet ja menetelmä

Year: 2015

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat, 2015.

Rights: CC BY-SA 4.0

Rights url: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Please cite the original version:

Kotiaho, J. S., Kuusela, S., Nieminen, E., & Moilanen, A. (2015). Elinympäristöjen tilan edistämisen priorisoinnin periaatteet ja menetelmä. *Metsätieteen aikakauskirja*, 2015(4), 256-266. <https://doi.org/10.14214/ma.6588>

Janne S. Kotiaho, Saija Kuusela, Eini Nieminen ja Atte Moilanen

Elinympäristöjen tilan edistämisen priorisoinnin periaatteet ja menetelmä



Metsien kestävä käyttö biotalouden aikana

Lähtökohtana kansainväliset sopimukset

Kansainväliset sopimukset ovat lähtökohtana elinympäristöjen tilan edistämistyölle. Suomi on elinympäristöjen tilan edistämisen edelläkävijä, ja erilaisiin elinympäristöihin suuntautunutta ennallistamisen ja luonnonhoidon työtä on tehty paljon jo ennen kyseisiä sopimuksia ja strategioita. Kansainväliset raamit työlle luovat biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus sekä EU:n monimuotoisuusstrategia. Suomen tavoitteet on määritelty Valtioneuvoston vuonna 2012 julkaisemassa kansallisessa strategiassa ja siihen liittyvässä seuraavana vuonna julkaistussa toimintaohjelmassa ”Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi”.

Tämä kirjoitus juontuu kutsuesitelmään jonka pidin Metsätieteen päivillä marraskuussa 2015. Kirjoitus pohjautuu Elinympäristöjen tilan edistämisen työryhmän (ELITE-työryhmä) työhön ja mietintöön.

Biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus (CBD) ja strategisen suunnitelman 2011–2020 tavoitteet

Biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen (SopS 78/1994, Convention on Biological Diversity) päätavoitteita ovat biologisen monimuotoisuuden suojeleminen ja kestävä käyttö. Tarkoituksena on pysäyttää vuoteen 2020 mennessä biologisen monimuotoisuuden häviäminen maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja kansallisesti. Biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen 10. osapuoli-

kokouksen vuonna 2010 hyväksymä strateginen suunnitelma ja niin sanotut Aichi-tavoitteet (SCBD 2010) muodostavat maailmanlaajuisen rungon, jota sopimukseen sitoutuneet osapuolet toimeenpanevat.

Suunnitelma sisältää 20 tavoitetta, joista elinympäristöjen tilan edistämisen kannalta oleellisin on tavoite 15. Se koskee heikentyneitä ekosysteemejä, joista vähintään 15 prosenttia tulisi ennallistaa vuoteen 2020 mennessä:

Target 15: ”By 2020, ecosystem resilience and the contribution of biodiversity to carbon stocks has been enhanced, through conservation and restoration, including restoration of at least 15 per cent of degraded ecosystems, thereby contributing to climate change mitigation and adaptation and to combating desertification”.

Tavoitteen 15 perusteluissa todetaan muun muassa metsien ja soiden suojeleminen, ennallistaminen sekä kestävä hoidon ja käytön muodostavan hyvän perustan hiilidioksidin sitomiselle. Metsäkato, soiden ojitus ja muut maankäytön muutokset johtavat yhä kasvaviin hiilidioksidin- ja muihin kasvihuonekaasupäästöihin. Kansainvälinen tavoite liittyy siis monimuotoisuuden turvaamisen lisäksi ilmastonmuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen. Hyvin toteutettuna, kannustavalla politiikalla vahvistettuna, elinympäristön tilaa edistävät toimet voivat yhtä aikaa luoda mahdollisuuksia paikallisille elinkeinoille, turvata monimuotoisuutta ja hillitä ilmastonmuutosta.

Luonnonpääoma elämämme turvaajana: luonnon monimuotoisuutta koskeva EU:n strategia vuoteen 2020

Euroopan komissio antoi 3.5.2011 tiedonannon Luonnonpääoma elämämme turvaajana: luonnon monimuotoisuutta koskeva EU:n strategia vuoteen 2020. Eurooppa-neuvosto antoi sitä koskevat päätelmät kesäkuussa 2011 ja joulukuussa 2011. Tiedonannossa asetetaan vuodelle 2020 päätavoite, jonka mukaan ”vuoteen 2020 mennessä pysäytetään Euroopan unionin luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen ja ekosysteemipalvelujen heikentyminen ja ennallistetaan ne mahdollisimman pitkälle sekä tehostetaan Euroopan unionin toimia, joilla torjutaan koko maailman luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä”. Lisäksi tiedonannon vision mukaan ”vuoteen 2050 mennessä Euroopan unionin luonnon monimuotoisuutta ja sen tuottamia ekosysteemipalveluja eli sen luonnonpääomaa suojellaan, arvostetaan ja asianmukaisesti ennallistetaan luonnon monimuotoisuuden luontaisen arvon vuoksi ja ihmisten hyvinvointiin ja taloudelliseen vaurauteen oleellisesti vaikuttavina tekijöinä ja niin, että vältetään luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen aiheuttamat katastrofaaliset muutokset”.

EU:n monimuotoisuusstrategian tavoitteessa 2 todetaan ekosysteemien ja niiden tuottamien palveluiden heikentyneen elinympäristöjen pirstoutumisen seurauksena. Tavoite keskittyy ylläpitämään ja parantamaan ekosysteemipalveluita, ja keinoina mainitaan heikentyneiden elinympäristöjen ennallistaminen osana vihreän infrastruktuurin sisällyttämistä maankäytön suunnitteluun. Tavoitteen katsotaan voivan i) parantaa elinympäristöjen välisiä toiminnallisia kytköksiä ja ii) auttaa ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa. Tavoite 2 sisältää päätavoitteen, jonka mukaan 15 prosenttia heikentyneistä ekosysteemeistä on ennallistettava vuoteen 2020 mennessä. Vaikka tavoitteen 2 kohdalla asiaa ei suoraan mainita, muualla strategiassa annetaan ymmärtää, että tavoitteita tulisi peilata vuoden 2010 tasoon. Euroopan komission vuonna 2011 julkaisemassa EU:n monimuotoisuusstrategiassa tavoite 2 on esitetty seuraavasti:

Tavoite 2: ”Ekosysteemejä ja niiden tarjoamia palveluja ylläpidetään ja niitä parannetaan luomalla

vihreää infrastruktuuria ja ennallistamalla ainakin 15 prosenttia huonontuneista ekosysteemeistä vuoteen 2020 mennessä.”

Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020, Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi

Valtioneuvosto hyväksyi 20.12.2012 periaatepäätöksen Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta ja vuosiksi 2012–2020. Sen päämäärät ja tavoitteet vastaavat yleissopimuksen asiakokonaisuuksia. Tavoitteena on Suomen luonnon monimuotoisuuden turvaaminen, luonnonvarojen ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä käyttö sekä kehitys, joka turvaa paitsi luonnon monimuotoisuuden säilymisen myös tulevien sukupolvien elinmahdollisuudet ja luonnonvaroihin perustuvat elinkeinot. Valtioneuvoston periaatepäätös sisältää 5 päämäärää ja 20 tavoitetta. Samalla valtioneuvosto totesi, että ”kehittämislinjaukset vastaavat Suomen olosuhteet huomioon ottaen biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen 10. osapuolikokouksessa hyväksytyjä tavoitteita ja EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteita sekä muodostavat joustavan kehikon vastaamaan Suomen kansallisia tarpeita ja painopisteitä”. Elinympäristöjen tilan edistämisen kannalta keskeisin on päämäärän 4 mainittu tavoite 15:

Päämäärä 4, tavoite 15: ”Ekosysteemien sieto- ja palautumiskykyä ja monimuotoisen luonnon merkitystä hiilivarastona on parannettu suojelutoimin ja ennallistamalla. Suomi osallistuu heikentyneiden ekosysteemien ennallistamisen maailmanlaajuisen, vähintään 15 prosentin pinta-alaosuuden tavoitteen saavuttamiseen edistäen samalla ilmastonmuutoksen torjuntaa ja ilmastonmuutokseen sopeutumista. Bioenergian käytön lisäämisen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen sekä metsien ravinne- ja hiilitaseeseen selvitetty ja ohjeistus monimuotoisuuden turvaamiseksi on laadittu. Kaupunkiluonnon monimuotoisuutta lisätään sekä suojelutoimin että monimuotoisuutta lisäävillä rakenteilla ja hoitotoimilla.”

Elinympäristöjen tilan edistämisen käsitteistöä

Elinympäristöjen tilan edistämiseen liittyy käsitteitä, joilla voi olla useita erivivahteisia merkityksiä. Perimmäinen tavoite on elinympäristöjen tilan edistäminen niin, että toimenpiteet lisäävät kohdealueiden luonnon monimuotoisuutta, turvaavat ekosysteemipalveluiden ylisukupolvisen saatavuuden ja auttavat ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.

Ennallistaminen ja elinympäristöjen tilan edistäminen (ELITE)

Eri tahot ovat määrittäneet ennallistamisen seuraavilla tavoilla:

- SER vuonna 2004: ”*The process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged, or destroyed.*”
- UNEP/CBD/SBSTTA/15/4 vuonna 2011: ”*The process of actively managing the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed.*”
- EC Biodiversity Strategy Impact Assessment (SEC(2011) 540 final): ”*The return of an ecosystem to its original community structure, natural complement of species, and natural functions.*”

Jo tästä nähdään, että käsitteellä ”ennallistaminen” on erilaisia tulkintoja. Kaksi ensimmäistä ovat hyvin samanlaisia ja korostavat palautumisen avustamista, kolmas määrittää ennallistamisen olevan itse ekosysteemin palautuminen luonnontilaan. Suomenkielessä tätä eroa kuvaa hyvin sanapari ennallistaminen – ennallistuminen. Kolmas määritelmä on epäonnistunut kahdesta syystä: i) ennallistuminen pohjimmiltaan on ekosysteemin omaehtoiseen luontaiseen kehitykseen eli sukkessioon perustuvaa palautumista, jota ihminen voi ennallistamalla pyrkiä avustamaan ja ii) määritelmän vaade luonnontilaan palautumisesta ei ole järkevä, koska ekosysteemin ja elinympäristöjen tilaa voidaan hyvin edistää ilman, että tarvitsee tavoitella luonnontilaan pääsemistä.

Tässä kirjoituksessa ei sanaa ennallistaminen pääsääntöisesti käytetä, mutta ennallistamisella kuitenkin ymmärretään seuraavaa: *Ennallistamista ovat ne*

toimenpiteet, joilla edistetään heikentyneen ekosysteemin palautumista kohti tilaa ennen heikennystä. Työssä käytetään tämän sijaan yleiskäsitettä ”elinympäristöjen tilan edistäminen” (ELITE). Elinympäristöjen tilan edistäminen kattaa lähtökohtaisesti laajemmin erilaisia menetelmiä, joilla tavoitellaan heikentyneen ekosysteemin palautumista kohti tilaa ennen heikennystä eli pääsääntöisesti luonnontilaa. Luonnontilan käyttäminen ennallistamisen määritelmässä sekä vertailutilana heikennyksen määrää arvioitaessa saattaa johtaa ajatukseen, että luonnontila olisi myös tavoitetila. Tämä käsitteisiin näennäisesti sisäänrakennettu ajatus on virheellinen. Luonnontilaa käytetään määrittämään nykyhetkellä vallitseva heikennyksen määrä, mutta luonnontila ei ole tavoitetila paitsi suojelualueilla (tästä lisää seuraavassa).

Käsitteenä elinympäristöjen tilan edistäminen ei nojaa mihinkään tietyn tyyppiseen toimenpiteeseen, vaan kattaa kaikki toimenpiteet, joilla elinympäristöjen tilaa edistetään. Nämä toimenpiteet voivat käsittää suojelua, luonnonhoitoa tai perinteisellä tavalla ymmärrettyä ennallistamista, taikka toimenpiteet voivat olla mahdollistavia, kuten lainsäädännön muutoksia.

Heikentynyt elinympäristö ja tila ennen heikennystä

Vaurioiden laajuuden selvittäminen on minkä tahansa kunnostuksen lähtökohta. Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiassa mainitaan heikentyneiden ekosysteemien ennallistaminen, ja ennallistamiselle määritellään määrällinen 15 prosentin minimitaloite. Elinympäristön tilan edistymisen todentamiseksi on määriteltävä, mitä ymmärretään heikentyneellä elinympäristöllä ja mikä elinympäristön tila on ollut ennen heikennystä.

Elinympäristön heikentyminen on käsite, jolla viitataan siihen, että nykyisin vallitseva elinympäristön tila on heikompi kuin kyseisen elinympäristön tila ennen nykyhetkeä. Loogisesti täytyy olla niin, että koska olemme havainneet, että elinympäristöt ovat heikentyneet, meillä täytyy myös olla käsitys elinympäristön tilasta joka on vallinnut ennen heikentymistä. Näin on, koska emme voi havaita heikentymistä nykytilassa jos emme tiedä mihin

nykytilaa pitää verrata. Tästä pääsemme keskustelua herättävään kysymykseen: mikä on tila johon nykytilaa pitää verrata? Silloin kun viitekehys on luonnon monimuotoisuuden suojelu ja kestävä käyttö, vertailutila, johon nykytilaa tulee verrata, on tila ennen heikennystä.

Filosofisemmassa tieteellisessä kirjallisuudessa on riittämiin ongelmointia luonnontilasta, ja siitä voidaanko luonnontilaa edes ajatella olevan olemassa ilman ihmistä. Näkökulma ja ratkaisu riippuvat siitä, missä määrin ihminen mielletään osaksi luontoa. Käsitteellisiä tai tosiasiallisia luonnontilan määrittämisen ongelmia ei kuitenkaan tule pitää tekosyynä toimettomuudelle elinympäristöjen tilan edistämiseksi. On yksinkertainen tosiasia, että tarvitsemme vertailutilan jota vasten elinympäristöjen heikentymisen määrä, jota pyrimme vähentämään, voidaan arvioida. Ongelman ratkaisu riippuu siitä missä määrin ihminen mielletään osaksi luontoa. Kysymys ei ole reaali maailman käytäntöön liittyvä, vaan enemmänkin filosofinen. Näin siksi, että tosiasiasia ihminen on osa luontoa. Tiukasti tosiasiana tulkittuna tämä tarkoittaa sitä, että kaikki ihmisen tekeminen on täysin luonnollista, ja ympäristö jota ihminen on muokannut, on täysin luonnontilainen. Tämä tulkinta johtaa väistämättä siihen, että elinympäristöt ovat nykytilassa luonnontilaisia eivätkä ne ole ensinkään heikentyneitä. Reaali maailman tosiasia, josta kansainväliset ja kansalliset strategiat kertovat, on kuitenkin se, että elinympäristöjä ei niiden nykytilassa pidetä luonnontilaisina vaan eriasteisesti heikentyneinä. Tiukasti tulkiten, tämä tarkoittaa sitä, että ihmistä ei tässä viitekehyksessä pidetä osana luontoa.

Tässä käsittelyssä vertailutilaksi on omaksuttu luonnontila, joka parhaan asiantuntemuksen mukaan vallitsisi ilman ihmisen elinympäristöjä muuttavia toimia. Heikentymisen määritelmä seuraa luonnontilan määritelmästä niin, että heikennyksen määrä on nykytilan ja tilan ennen heikennystä välinen erotus (tästä myöhemmin tarkemmin).

Tässä kirjoituksessa kuvattavalla työllä on kehitetty menetelmiä, joilla kyetään edistämään heikennettyjen elinympäristöjen tilaa reaali maailmassa ja arvioimaan määrällisesti, kuinka paljon suunnitellut toimenpiteet tilaa edistäisivät. Reaali maailman vaatimukset huomioiden on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin kolmeen tärkeään asiaan:

- i) Valittu vertailutila vaikuttaa aina suoraan arvioituun heikennyksen määrään. Vertaamalla nykytilaa tilaan ennen heikentämistä, arvioitu heikennyksen määrä on yhtä aikaa suurin mahdollinen ja ilman subjektiivista valintaa siitä, kuinka paljon ihmisvaikutusta vertailutilassa sallitaan. Jos vertailutilaksi otetaan jonkin elinympäristön tilan, jossa ihmisvaikutusta jo on, olisi arvio heikennyksen määrästä pienempi, mutta vaikeammin perusteltavissa.
- ii) Perinnebiotoopeilla ei ole olemassa ilman ihmisvaikutusta olevaa luonnontilaa koska ne ovat ihmisen toiminnan muovaamia ja ylläpitämiä elinympäristöjä. Ilman jatkuvia toimia nämä elinympäristöt eivät säily vaan muuttuvat luontaisen sukkession myötä hiljalleen kohti kullekin kohteelle ominaista luonnontilaa. Perinnebiotoopeja kuitenkin arvostetaan laajasti sellaisena kuin ne ovat, ja sen vuoksi näillä vertailutilan asettaminen tilaan ennen heikennystä saattaa olla luonnontilasta poikkeava tila.
- iii) Tila ennen heikennystä, eli luonnontila, ei ole tavoite-tila. Tämä on asia joka on erittäin tärkeää huomioida ja ymmärtää. Tavoite on edistää elinympäristöjen tilaa jokin määrä, ei palauttaa niitä luonnontilaan. Poikkeuksen muodostavat suojelualueet, joilla tavoite voidaan ja tulee asettaa palautumiseksi luonnontilaan.

Ekosysteemi ja elinympäristö

Ekosysteemi on yksi ekologian peruskäsitteistä. Silmä tarkoitetaan ympäristöolosuhteiltaan suhteellisen yhtenäistä aluetta sekä alueella keskenään vuorovaikutuksessa elävien kasvien, eläinten, sienten ja mikro-organismien yhteisöä. Ekosysteemi on taso, jolla biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus ensisijaisesti käsittelee maailmanlaajuisia monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden turvaamista. Elinympäristö puolestaan on ympäristö, jossa eliölaji luontaisesti elää ja lisääntyy. Jokainen ekosysteemi on elinympäristö suurelle joukolle eliölajeja ja lajin elinympäristö voi sisältää osia yhdestä tai useammasta ekosysteemistä.

Toimenpidepaletti

Missä tahansa elinympäristössä on käytettävissä useita erilaisia elinympäristön tilan edistämisen

menetelmiä, sisältäen perinteisen ennallistamisen ja luonnonhoidon toimenpiteet sekä eritasoisen suojelun keinot. ELITE-menetelmässä laadittavalla toimenpidepaletilla tarkoitetaan asiantuntijaryhmän määrittämää joukkoa toimenpiteitä, joita kussakin elinympäristössä kannattaisi tehdä. Toimenpidepaletti on elinympäristökohtainen: esimerkiksi suolla tehtävät toimenpiteet ovat melko erilaisia kuin metsissä tehtävät toimenpiteet. Toimenpidepaletin valinnassa tehdään priorisointia tiettyihin kriteereihin perustuen, ja kullekin paletin toimenpiteelle määritetään osuus elinympäristön heikentyneestä pinta-alasta, jolla sitä pitäisi toteuttaa 15 % heikennyksen vähentämistavoitteen saavuttamiseksi.

Priorisointi ja kustannusvaikuttavuus

Elinympäristökohtaisen toimenpidepaletin kokonaisuus sisältää priorisointia toimenpiteiden välillä. Tällä tarkoitetaan sitä, että toimenpiteet eivät ole keskenään samanarvoisia monimuotoisuuden, ekosysteemipalveluiden tai kustannusten suhteen, ja että nämä erot tulee huomioida toimenpidepalettia kasatessa. Keskeinen arviointiperuste toimenpiteiden priorisoinnille on toimenpiteiden ekologisen vaikuttavuuden ja ekosysteemipalveluvaikutusten lisäksi kustannusvaikuttavuus. Lisäksi tulee huomioida, kuinka laajalla pinta-alalla kyseistä toimenpidettä realistisesti voidaan toteuttaa. Esimerkiksi metsien kulotuksella voidaan saavuttaa merkittäviä monimuotoisuushyötyjä, mutta käytännön rajoitusten tähden kulotuksia voidaan tehdä vain melko pienellä pinta-alalla. Lisäksi priorisoinnissa tulee huomioida, että eri toimenpiteet saattavat auttaa monimuotoisuuden eri komponentteja ja ovat näin toisiaan täydentäviä. Esimerkiksi metsissä lahopuun säästäminen tai lisäys auttaa osin eri lajistoja kuin kulutus.

Kustannusvaikuttavuudella tarkoitetaan toimenpiteitä vertailtaessa elinympäristön tilan edistymisen suhteellista määrää yksikkökustannusta kohden. Yleisesti ottaen on suotavaa suosia kustannusvaikuttavia menetelmiä, koska tällöin samalla rahallisella satsauksella saadaan parempi tulos kuin vähemmän vaikuttavien menetelmien käyttäen.

Toimenpiteiden lisäksi priorisointia tehdään elinympäristöjen välillä. Elinympäristöjen välises-

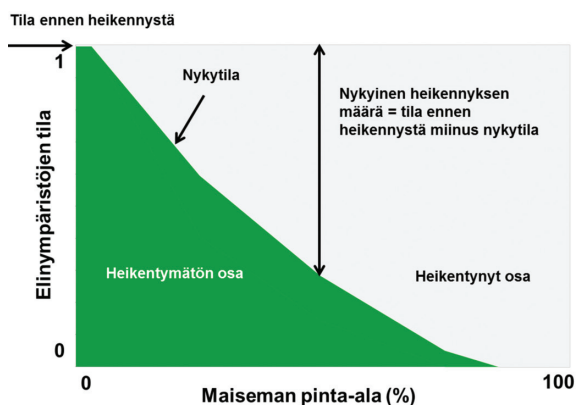
sä priorisoinnissa hyödynnetään tietoa siitä, missä elinympäristöissä voidaan saavuttaa suurimpia tilan edistyksiä kohtuullisilla kustannuksilla. Satsaamalla näihin elinympäristöihin suhteessa enemmän voidaan 15 prosentin ennallistamistavoite saavuttaa kustannustehokkaasti.

Ei nettohävikkiä

Mikäli yhdessä paikassa elinympäristöjen tilaa heikentävä toiminta kompensoidaan toisessa paikassa tilaa edistävillä toimilla niin, ettei elinympäristöjen kokonaistila toiminnan seurauksena heikenny, on kyse toiminnasta, joka ei aiheuta elinympäristöjen nettohävikkiä. Elinympäristöjen tilan edistymisen arvioinnin lisäksi tässä kuvattava menetelmä soveltuu minkä tahansa elinympäristöjen tilaa heikentävän hankkeen nettohävikin arviointiin. Myöhemmin yksilöitävässä askeleessa 7 voidaan toimenpiteiden edistävän vaikutuksen sijaan arvioida hankkeen heikentävä vaikutus. Tällöin saadaan laskettua, kuinka suuren elinympäristöjen tilan heikennyksen hanke aiheuttaa. Jotta nettohävikkiä ei synny, on kompensatiotarve yhtä suuri heikennyksen määrän kanssa. Kompensatiotarpeen voidaan siis ajatella vastaavan elinympäristöjen tilan edistämisen tavoitetta. Soveltamalla menetelmää kompensatiotarpeen saavuttamiseksi, voidaan toimenpidepaletteja käyttäen laskea hankkeen aiheuttama elinympäristöjen heikennyksen kompensatiokustannus. Toisin sanoen menetelmällä voidaan arvioida elinympäristöjen heikentämiselle konkreettinen hintalappu.

Elinympäristöjen tilan edistämisen käsitteellinen perusta

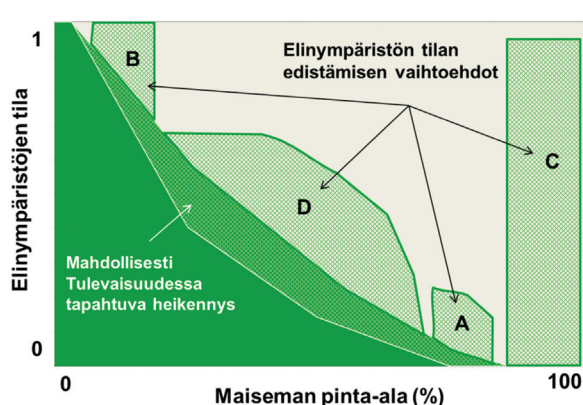
Maailmanlaajuisen määrällisen tavoitteen mukaan elinympäristöjen tilan heikennystä tulee vähentää vähintään 15 prosenttia. Heikennyksen määrän selvittäminen, josta 15 % tulee laskea on siis välttämätön työn lähtökohta. Kun on kyse elinympäristöistä, lasketaan heikennyksen määrä tilan ennen heikennystä ja nykytilan erotuksena (kuva 1). Ekologisesta näkökulmasta katsoen elinympäristöjen heikentymisellä on vähintään kaksi eri ulottuvuutta: heikentymisen alueen pinta-ala sekä heikennyksen määrä



Kuva 1. Käsitteellinen kuvaaja elinympäristöjen tilasta ennen heikennystä, nykytilasta sekä heikennyksen määrästä. Vihreä alue kuvaa elinympäristön heikentymätöntä osaa ja harmaa alue heikentynyttä osaa. Pystyakselilla on elinympäristöjen tila, joka vaihtelee luonnontilan eli täysin heikentymättömän (1) ja täysin heikentyneen (0) välillä.

kussakin kohteessa (kuva 1). Tieto heikentyneen alueen pinta-alasta ei yksinään tarjoa riittävää arviota elinympäristön tilassa tapahtuneesta heikennyksestä, sillä vain hiukan heikentyneet elinympäristöt eroavat merkittävästi lähes kokonaan tuhoutuneista elinympäristöistä. Kuvassa 2 esitetään tähän logiikkaan nojautuen elinympäristöjen tilan edistämisen vaihtoehdot ja niiden mahdollisuudet saavuttaa asetettu tavoite.

Elinympäristöjen tilan edistämässä ei siis ole kyse pelkästään pinta-alasta. Tämän vuoksi valtioneuvoston vuoden 2012 periaatepäätöksen muotoilu, jonka mukaan ”Suomi osallistuu heikentyneiden ekosysteemien ennallistamisen maailmanlaajuisen, vähintään 15 prosentin *pinta-alaosuuden* tavoitteen saavuttamiseen ...”, on epäonnistunut. Elinympäristöjen tilan edistämistyössä omaksuttiinkin heikennyksen vähentämisen lähtökohdaksi pinta-alan ja heikennyksen määrän yhdistelmä. Helpottaakseen 15 % ennallistamistavoitteen saavuttamista, Euroopan komissio teetti konsulteilla vuonna 2013 kynnysarvoihin perustuvan nelitasomallin. Tämä Lammerantin ym. julkaisema nelitasomalli perustuu luokitteluun ja elinympäristöjen tilan heikentymisen ja edistymisen kynnysarvoihin. Heikentyneet muuttajat ovat tosiasiaa kuitenkin pääsääntöisesti luonteeltaan jatkuvia ja kynnysarvojen päättämiseen



Kuva 2. Elinympäristöjen tilan edistämisen vaihtoehdot, kun tavoite on vähentää elinympäristöjen tilan heikkenemistä 15 prosenttia. Tässä kuvaajassa 15 % tavoitteen saavuttaminen vaatii heikennetyt osan (harmaa alue) kokonaispinta-alan pienentämistä 15 %. Vaaka-akselilla on maiseman pinta-ala järjestettynä heikennyksen mukaiseen järjestykseen kuten kuvassa 1, ja pystyakselilla elinympäristöjen tila. Vaihtoehtojen A–D peittämät alat muodostuvat pinta-alan ja elinympäristön tilan paranemisen yhdistelmänä. Ne havainnollistavat koko maisemapinta-alassa tapahtuvaa, kunkin vaihtoehdon aikaansaamaa elinympäristön tilan paranemista. Vaihtoehdot A ja B kattavat 15 prosenttia vaaka-akselin osoittamasta pinta-alasta, mutta epäonnistuvat vähentämään elinympäristöjen tilan heikentymistä (harmaa alue) 15 prosenttia. Vaihtoehdossa A huomattavasti heikentyneen elinympäristön tilan vähäinen edistäminen ei vähennä elinympäristöjen kokonaistilan heikentymistä 15 prosenttia. Vaihtoehdon B aikaansaama edistys saa elinympäristön palaamaan tilaan ennen heikennystä, mutta ei tästä huolimatta vähennä elinympäristöjen kokonaistilan heikentymistä 15 prosenttia. Vaihtoehdossa C toteutuu 15 prosentin suuruinen elinympäristöjen kokonaistilan heikkenemisen väheneminen, mutta kokonaan tuhoutuneiden elinympäristöjen palauttaminen tilaan ennen heikennystä vaatii investointeja ja ponnistuksia, jotka ovat paitsi sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäättömiä, myös ekologisesti mahdottomia toteuttaa. Vaihtoehto D jääkin ainoaksi realistiseksi mahdollisuudeksi saavuttaa 15 prosentin nettovähenneminen elinympäristöjen tilan heikkenemisessä: tehdään osittainen, mutta merkittävä heikennyksen vähennys huomattavasti 15 prosenttia suuremmalla pinta-alalla.

tasolta toiselle siirryttäessä liittyy paljon subjektiivisuutta. Tässä esitelty lähestymistapa on ekologisesti pätevämpi perustuen jatkuviin muuttujiin.



Kuva 3. ELITE-menetelmällä toteutettavan priorisoinnin vaiheet.

Toimenpiteiden hyödyt ja kustannukset käyttäytyvät ajassa eri tavalla. Tosiasiassa elinympäristöjen tila edistyy edistävistä toimenpiteistä huolimatta omaa tahtiaan hitaasti luontaisen sukkession kautta. Ekosysteemien kehityssuuntaa voidaan toimenpiteillä muuttaa, mutta kehitys kestää kohteesta ja toimenpiteestä riippuen usein pitkänkin ajan. Tässä työssä lähtökohdaksi otetaan kuitenkin se, että hyötyjen ajatellaan realisoituvan täysimääräisesti heti kun toimenpide on suoritettu, eikä arvioida, millä aikataululla hyödyt toimenpiteen jälkeen todellisuudessa realisoituvat. Elinympäristöjen tilan edistymisen aikataulun arvioiminen vaatisi erittäin paljon työtä.

Hyödyistä poiketen toimenpiteiden kustannukset realisoituvat toimenpidettä suoritettaessa. Osa elinympäristöjen tilaa edistävistä toimenpiteistä on kertaluontoisia tai harvoin suoritettavia, mutta osa toimenpiteistä tulee suorittaa vuosittain. Tästä syystä kustannusten arvioimiseksi oli valittava jokin tarkasteltava ajanjakso. Kansainvälisissä sopimuksissa asetettu tavoitevuosi 2020 on epärealistinen ja realistisempaa on valita tarkastelujakso vuoteen 2050 asti. Vuosi 2050 on perusteltu, sillä vuoden 2020 lisäksi Valtioneuvoston periaatepäätöksenä vuonna 2012 julkaisemissa luonnon monimuotoisuutta koskevilla strategioissa esitetään vuotta 2050 koskeva

tavoite: ”*Luonnon monimuotoisuuden suotuisa tila ja ekosysteemipalvelut on varmistettu vuoteen 2050 mennessä*”.

Aikajänteen epärealistisuuden lisäksi itse 15 prosentin tavoite elinympäristöjen tilan edistämisessä on varsin kunnianhimoinen. Esitetystä tavoitteesta huolimatta ELITE-menetelmä ei lähtökohtaisesti vaadi tavoitteen asettelua, vaan menetelmällä saadaan arvioitua se elinympäristöjen tilan edistymisen määrä, joka realistisilla resursseilla voidaan saavuttaa.

Elinympäristöjen nykytilan arviointi, toimenpidepalettien muodostaminen ja elinympäristöjen välinen priorisointi

ELITE-menetelmä on kaksivaiheinen: ensimmäinen vaihe käsittää elinympäristökohtaisen toimenpiteiden priorisointityön ja toinen vaihe elinympäristöjen välisen priorisoinnin. Kuvassa 3 on kuvattu ELITE-menetelmän keskeiset vaiheet alusta loppuun.

Yksityiskohtaisemmin vaiheet elinympäristökohtaisen toimenpidepaletin muodostamiseen asti muodostuvat alla kuvatusta yhdeksästä askeleesta (kuva 4). Elinympäristöjen välinen priorisointi on kymmenes askel.



Kuva 4. ELITE-menetelmän kymmenen askelta.

Askel 1.

1. Jaa pääelinympäristö tarkoituksenmukaisiin tarkempiin elinympäristöihin. Elinympäristöjen jaottelu on usein Lamarckin mukaan keinotekoisista, mutta käytännössä välttämätöntä, jotta voidaan arvioida elinympäristöjen heikentyneitä rakenteita ja toimintoja sekä niiden tilaa edistäviä toimenpiteitä. Tästä eteenpäin luetellut tehtävät on suoritettava erikseen jokaiselle tarkemmalle elinympäristölle.
2. Määritä elinympäristön kokonaispinta-ala. Kokonaispinta-alaan luetaan mukaan sekä heikentyneet että luonnontilaiset osat elinympäristöä.
3. Määritä elinympäristön heikentymätön pinta-ala eli ala, joka on luonnontilassa.

Askel 2.

1. Määritä oleelliset elinympäristön piirteet eli rakenteet tai toiminnot, jotka ovat heikentyneet monimuotoisuuden näkökulmasta (heikentyneet tekijät).

Jos menetelmää halutaan soveltaa myös ekosysteemipalveluiden heikentymisen arvioimiseen, tässä kohdassa tulee määrittää keskeisimmät elinympäristöjen piirteet, jotka ovat heikentyneet ekosysteemipalveluiden kannalta.

Askel 3.

1. Määritä jokaiselle heikentyneelle elinympäristön piirteelle sen nykytila. Nykytila, jota vasten tavoiteltavan prosentin mukaista elinympäristöjen tilan edistämistä tulee peilata, on Komission ohjeen mukaisesti vuoden 2010 elinympäristön tila. Vuoden 2010 käyttäminen vertailukohtana nykytilalle ei ole täysin ongelmattonta, koska se vaatii arvioimaan, kuinka paljon elinympäristöjen tila on toisaalta edistynyt ja toisaalta edelleen heikentynyt vuoden 2010 jälkeen.

EU:n monimuotoisuusstrategiassa viitataan siis siihen, että strategian tavoitteita tulisi peilata vuoden 2010 tasoon. On melko ilmeistä, että ihmiskunnan

toiminta heikentää elinympäristöjen tilaa nopeammin kuin mitä mittavatkkaan elinympäristöjen tilan edistämisen toimet kykenevät sitä edistämään. Siitä huolimatta, että elinympäristöjen tilan edistämiseksi tehtävät toimet hidastavat elinympäristöjen tilan heikkenemistä, ne eivät ole riittäviä ylläpitämään elinympäristöjen kokonaistilaa edes vuoden 2010 tasolla. Jos tavoite vähentää elinympäristöjen tilan heikentymistä 15 prosenttia vuoden 2010 tasosta otetaan kirjaimellisesti ja huomioidaan se, että elinympäristöjen tila on siitä edelleen heikentynyt, tulisi toimenpiteitä tehdä jo huomattavasti enemmän kuin se määrä, joka olisi vähentänyt elinympäristöjen tilan heikentymistä 15 prosenttia vuoden 2010 tasosta.

- Määritä jokaiselle heikentyneelle elinympäristön piirteelle sen tila ennen heikennystä eli luonnontila. Tila ennen heikennystä tulee arvioida ekologisin perustein parhaaseen ekologiseen asiantuntemukseen perustuen, eikä yhteiskunnallisten arvojen tule vaikuttaa arvioon. On erittäin tärkeää ymmärtää, että tila ennen heikennystä ei ole tavoitetila, vaan ainoastaan vertailutila, jonka avulla selvitetään nykyisen heikennyksen määrä sekä arvioidaan, onko asetettu prosentuaalinen tavoite elinympäristöjen tilan edistämiseksi saavutettu.

Askel 4.

Määrittele osuus, jonka verran elinympäristön tila heikkenee monimuotoisuuden kannalta, jos tarkasteltava piirre olisi menetetty kokonaan. Useimmissa tapauksissa elinympäristön tila ei heikkene nollaan, vaikka jokin piirre olisi tyystin menetetty. Tämä täytyy arvioida, koska elinympäristöjen nykytila määritellään useiden vaihtelevasti heikentyneiden piirteiden yhdistelmänä.

Askel 5.

Laske askeleissa 2–4 kerättyjen tietojen avulla, mikä on elinympäristön tila nykyhetkellä. Koska askeleessa 2 tarkastellaan elinympäristön tilan kannalta oleellisimpia heikentyneitä piirteitä, saadaan tämän askeleen laskutoimituksella arvioitua elinympäristön kokonaistila sekä kokonaisheikentymä nykytilassa. Lähtökohtaisesti elinympäristön tilaa pidetään laskelmassa heikentymättömänä, ja näin ollen elinympäristön tilan arvioinnissa tarvitsee huomioida vain heikentyneet piirteet. Kun huomioidaan eri piirteiden vaikutukset elinympäristön tilaan kertautuvina, saadaan elinympäristön kokonaistila laskettua seuraavan kaavan avulla:

$$R^E = \prod_{n=1}^{N^E} \left(1 - L_n^E \left(1 - n_{curr} / n_{ref} \right) \right) \quad (1)$$

Kaavassa E on tarkasteltava elinympäristö, R^E on osuus joka elinympäristön tilaa on nykytilassa jäljellä, N^E on elinympäristön tarkasteltavien piirteiden määrä, L_n^E on osuus elinympäristön tilasta joka on menetetty jos piirre n on kokonaan menetetty, ja n_{curr} sekä n_{ref} ovat piirteen n nykytila sekä tila ennen heikennystä. Laskemalla $1 - R^E$ saadaan selville elinympäristön heikennyksen määrä. Kun elinympäristön heikennys on lähellä nollaa, elinympäristön nykytila on lähellä ykköstä. Mikä tärkeintä, monet elinympäristöjen piirteet voidaan mitata jatkuvina muuttujina ja usein piirteet ovat vain osittain heikentyneitä. Mikäli elinympäristön tila muuttuu epälineaarisesti jonkin yksittäisen piirteen muutoksen myötä, voidaan yllä oleva yhtälö laajentaa funktioksi $f(n_{curr} / n_{ref})$, jonka avulla voidaan mallintaa esimerkiksi kynnysarvoa sigmoidifunktion kautta.

Askel 6.

- Luetteloi tärkeimmät elinympäristön tilan edistämisen toimenpiteet, joilla elinympäristössä heikentyneiden piirteiden tilaa voidaan edistää.
- Arvioi jokaisen toimenpiteen yksikkökustannus (€/ha).

Askel 7.

- Arvioi, kuinka paljon kukin toimenpide edistää kutakin elinympäristön heikentyneitä piirrettä. Hyödyntämällä askeleessa 5 esitettyä kaavaa niin, että kunkin piirteen n nykytilaan n_{curr} lisätään toimenpiteen tuottama edistykseen määrä, saadaan tilan ennen toimenpidettä ja tilan toimenpiteen jälkeen erotuksena laskettua kullekin toimenpiteelle sen kokonaisvaikutus elinympäristön tilaan.
- Arvioi, kuinka paljon kukin toimenpide vaikuttaa kuhunkin elinympäristön ekosysteemipalveluun. Vaikka se olisi ollut mahdollista, tässä työssä vaikutusta ekosysteemipalveluihin ei määritetty samalla tarkkuudella kuin vaikutusta monimuotoisuuteen. Ekosysteemipalvelut arvioitiin vaihtelevasti 3–9-portaisella luokka-asteikolla.

Askel 8.

Jaa jokaisesta edistämistoimesta saatava hyöty (askel 7) toimenpiteen yksikkökustannuksilla (askel 6). Näin saadaan määritettyä jokaisen edistämistoimen kustannusvaikuttavuus.

Askel 9.

Muodosta jokaiselle elinympäristölle toimenpidepaletti perustuen monimuotoisuusvaikutuksen kustannusvaikutavuuteen (askel 8), ekologiseen hyötyyn (askel 7) sekä toimenpiteiden ekosysteemipalveluvaikutuksiin. Suurin painoarvo toimenpidepalettia muodostettaessa annetaan kustannusvaikutavuudelle. Tämän jälkeen huomioidaan ekologinen hyöty sekä ekosysteemipalvelut. Ekosysteemipalveluissa eniten painoa ovat saaneet järjestyksessä hiilivarasto, vesivaikutukset (vesitase ja kuormitus) sekä muut ekosysteemipalvelut. Tämän lisäksi toimenpidepalettia muodostettaessa on kiinnitetty huomiota toimenpiteiden täydentävyyteen niin, että kaikkea allokaatiota ei ole asetettu yhdelle toimenpiteelle, vaan jaettu useampaan toisiaan täydentävään toimenpiteeseen. Itse toimenpidepaletin allokaatioluku on osuus elinympäristön heikentyneestä pinta-alasta, jolla kutakin toimenpidettä tulee toteuttaa asetetun tavoitteen saavuttamiseksi. Toimenpidepaletin muodostaminen perustuu empiiriseen tietoon, jota asiantuntijatyönä painotetaan lopullisen paletin muodostamiseksi.

Askel 10.

Elinympäristöjen välinen priorisointi seuraa toimenpidepalettien muodostumista. Elinympäristöjen välinen priorisointi vaatii elinympäristöjen välisen tärkeysjärjestyksen määrittelyä, jossa on huomioitava monia tekijöitä. Tekijät, joita elinympäristöjen suhteellisen ennallistamistarpeen määrittelyssä käytetään ovat seuraavat:

- i) elinympäristökohtaisen toimenpidepaletin kustannusvaikuttavuus (hyödyt ja kustannukset) monimuotoisuuden turvaamisen kannalta.
- ii) hiilensidonta, vesistövaikutukset ja muut ekosysteemipalvelut.
- iii) elinympäristön tilan heikennyksen määrä.
- iv) elinympäristön pienialaisuus ja kokonaispinta-ala.
 - v) elinympäristöstä riippuvaisten lajien ja elinympäristöön kuuluvien luontotyyppien uhanalaisuus ja direktiivistatus.

Näitä hyödyntäen voidaan prioriteetti B_i kullekin elinympäristölle i laskea kaavalla:

$$B_i = \frac{(k_1 SP_i + k_2 SPD_i + k_3 H_i + k_4 HD_i) \times f(A_i) \times \Delta_{Ai} \Delta_{hi} \cdot f'(U_i)}{c_i} \quad (2)$$

Kaavassa SP_i ja H_i ovat uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien ja luontotyyppien määrät, ja SPD_i ja HD_i vastaavasti huonon ja riittämättömän suojelutason omaavien direktiivilajien ja -luontotyyppien määrät elinympäristössä i . $k_1 - k_4$ ovat lajeille ja elinympäristöille määritetyt painoarvot (ks. alla). A_i on elinympäristön i kokonaispinta-ala ja f on funktio, joka antaa absoluuttisesti enemmän, mutta suhteessa vähemmän painoarvoa suuralaisille elinympäristöille [$f(A_i) = A_i^{0,75}$]. Δ_{Ai} on yhden pinta-alayksikön osuus kokonaispinta-alasta elinympäristössä i ja Δ_{hi} on valitun toimenpidepaletin mukaisesti pinta-alalla painotettu keskimääräinen parannus elinympäristön i tilassa. U_i on elinympäristön i nykytila ja f' on funktio, joka antaa enemmän painoa heikentyneemmille elinympäristöille, joissa sukupuuttovelka on suurempi [$f'(U_i) = 0,25 U_i^{-0,75}$]. Viimeisenä on toimenpidepaletin mukaisesti pinta-alalla painotettu keskimääräinen kustannus c_i . Koska jaettavana on hyötyjä ja jakajana kustannus, ja vertailtavana useita elinympäristöjä, on prioriteetti B_i kustannusvaikuttavuusindeksi.

Lasketakaavaan sisältyvät laji- ja luontotyyppiaineistot perustuvat uhanalaisten ja silmälläpidettävien Punaisen kirjan lajien vuodelta 2010 ja vuonna 2008 julkaistun Luontotyyppien uhanalaisarvion luontotyyppien lukumääriin sekä luonto- ja lintudirektiivin lajien ja luontotyyppien lukumääriin, jotka on julkaistu vuonna 2013. Lintudirektiiviraportoinnin yhteydessä lajien suojelutasoa ei ole arvioitu maakohtaisesti. Tämän vuoksi lintudirektiivin lajeista aineistoon koostettiin asiantuntijatyönä alustava luokittelu elinympäristöittäin sekä arvio suojelutasosta.

Laji- ja luontotyyppiaineistoille annettiin erilaiset painokertoimet. Lähtökohtaisesti parhaiten Suomen olosuhteita kuvaavana pidettiin kansallista Punaisen kirjan aineistoa sekä luontotyyppien uhanalaisuusarviota, joten niitä painotettiin enemmän kuin luontodirektiivin lajeja ja luontotyyppijä. Molemmissa aineistoissa luontotyypeille annettiin lajeja enemmän painoarvoa. Lisäksi eri aineistojen sisällä uhanalaisuutta painotettiin erilaisin kertoimin.

Kun kaikki ELITE-menetelmän askeleet on käyty läpi, pystytään päätöksentekoon tarjoamaan tieto elinympäristöjen tilan edistämisen toimenpiteiden

kustannusvaikuttavuudesta kussakin elinympäristössä sekä elinympäristöjen keskinäinen ennallistamisen tärkeysjärjestys. ELITE-menetelmän tuottama määrällinen priorisointi saattaa luoda ”eksaktiuden illuusion”, ja on hyvä pitää mielessä, että menetelmä pitää sisällään useita oletuksia ja asiantuntija-arvioita, ja että käytetyissä aineistoissa voi olla epävarmuuksia tai virheitä. Tästä huolimatta menetelmä tarjoaa päätöksentekijöiden käyttöön tietoa, joka on läpinäkyvää, tarkastettavissa ja toistettavissa.

Kirjallisuutta

- Bennett, E.M., Peterson, G.D. & Gordon, L.J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* 12: 1–11.
- Euroopan komissio (2011). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Luonnonpääoma elämämme turvaajana: luonnon monimuotoisuutta koskeva EU:n strategia vuoteen 2020. KOM(2011)244 lopullinen.
- Higgs, E., Falk, D.A., Guerrini, A., Hall, M., Harris, J., Hobbs, R.J., Jackson, S.T., Rhemtulla, J.M. & Throop, W. (2014). The changing role of history in restoration ecology. *Frontiers in Ecology and Environment* 12: 499–506.
- Jackson, S.T. & Hobbs R.J. (2009). Ecological restoration in the light of ecological history. *Science* 325: 567–569.
- Kotiaho, J.S., Haapalehto, T., Halme, P., Kareksela, S., Oldén A., Päivinen, J. & Moilanen, A. (2015). Target for ecosystem repair is impractical. *Nature* 519. 33 s.
- Kotiaho, J.S., Kuusela, S., Nieminen, N. & Päivinen, J. (toim.) (2015). Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. *Suomen Ympäristö* 8/2015.
- Kotiaho, J.S. & Moilanen, A. (2015). Conceptual and operational perspectives on ecosystem restoration options in the European Union and elsewhere. *Journal of Applied Ecology* 52: 816–819.
- Lammerant J., Peters, R., Snethlage, M., Delbaere, B., Dickie, I. & Whiteley, G. (2013). Implementation of 2020 EU Biodiversity Strategy: Priorities for the restoration of ecosystems and their services in the EU. Report to the European Commission. ARCADIS (in cooperation with ECNC and Eftec).
- SCBD (2010). Secretariat of the Convention on Biological Diversity: COP 10 Decision X/2. Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the Aichi biodiversity targets. ”Living in harmony with nature”.
- SER (2004). Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group: The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Valtioneuvosto (2012). Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden ja kestävän käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020, Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. <http://www.ym.fi/download/noname/{42B4A7BC-EA00-4724-8599-703B5E6076BE}/24101>
- Ympäristöministeriö (2013). Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön toimintaohjelma 2013–2020. <http://www.ym.fi/download/noname/{A1006DC3-DDD2-4710-AFD4-C0F29D96C110}/31786>

Kirjoitus pohjautuu ELITE-työryhmän mietintöön ”Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa” (Kotiaho ym. 2015)

■ Janne S. Kotiaho & Eini Nieminen: Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteen laitos; Saija Kuusela: Suomen ympäristökeskus, Helsinki; Atte Moilanen: Helsingin yliopisto, Biotieteiden laitos
Sähköposti: janne.kotiaho@jyu.fi