



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2022

Vesilintuseurannan tulokset 2022

Markus Piha, Andreas Lindén, Aleksi Lehikoinen ja Tuomas Rajala

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2022

Vesilintuseurannan tulokset 2022

Markus Piha, Andreas Lindén, Aleksi Lehikoinen ja Tuomas Rajala

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2022

Viittausohje:

Piha, M., Lindén, A., Lehikoinen, A. & Rajala, T. 2022. Vesilintuseurannan tulokset 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 19 s.

Markus Piha ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-8482-6162>



ISBN 978-952-380-483-8 (Painettu)

ISBN 978-952-380-484-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-484-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Markus Piha, Andreas Lindén, Alekski Lehikoinen ja Tuomas Rajala

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisu vuosi: 2022

Kannen kuva: Markus Ahponen

Painopaikka ja julkaisumyynänti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu.com/fi/>

Tiivistelmä

Markus Piha¹, Andreas Lindén¹, Aleksi Lehikoinen² ja Tuomas Rajala¹

¹Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 90570 Helsinki

²Luonnontieteellinen keskusmuseo LUOMUS, Pohjoinen Rautatiekatu 13, 00014 Helsingin yliopisto

Vesilintulaskentojen päätavoitteena on seurata pesimäkantojen muutoksia ja selvittää sorsien vuotuinen lisääntymistulos erityyppisillä vesillä ja eri puolilla Suomea. Tietoja tarvitaan mm. vesilintujen elinympäristöjen hoidon suunnitteluun ja metsästyksen mitoittamiseen sekä vesiluonnon monimuotoisuuden seurantaan. Vesilintuseurantaa koordinoivat Luonnonvarakeskus ja Luonnontieteellinen keskusmuseo, ja laskennoista vastaavat vapaaehtoisesti metsästäjät ja lintuharrastajat.

Seurannan tulosten mukaan valtaosa seurannan 16 lajista on taantunut pitkällä aikavälillä. Runsaan riistasorsamme sinisorsa on kuitenkin pitkällä aikavälillä runsastunut, mutta kannan kasvu on pysähtynyt tällä vuosituhanella. Vuonna 2022 vesilintujen parimäärät olivat hieman vuotta 2021 matalammalla tasolla.

Sinisorsa, haapana ja telkkä onnistuivat vuonna 2022 pesinnössään edeltävän kymmenen vuoden aikajakson keskiarvoa paremmin, kun taas tavilla tulos oli keskimääräinen. Tavin ja telkän parikohtainen poikastuotto on pienentynyt pitkällä aikavälillä, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana poikastuotossa ei ole tilastollisesti merkitseviä muutoksia, joskin viitteitä haapanan parikohtaisen poikastuoton kasvussa havaittiin.

Vesilintukannat ovat pitkällä aikavälillä taantuneet sekä rehevillä että karuilla vesillä, mutta rehevien vesistöjen linnut ovat taantuneet karujen vesien linnustoa jyrkemmin. Viimeisen kymmenen vuoden aikana voimakas taantuma on jatkunut rehevillä vesistöillä.

Asiasanat: vesilintu, vesilintulaskennat, linnustonseuranta, riistaekologia, rehevöityminen, populaatiobiologia

Sisällys

1. Vesilintujen kannankehitys ja poikastuotto	6
1.1. Vesilintujen parimäärien kehitykset eri alueilla ja aikajänteillä	6
1.1.1. Tärkeimmät riistasorsat	6
1.1.2. Muut vesilintulajit	7
1.2. Vesilintujen poikastuotto	13
2. Vesilintujen kannankehitys karuissa ja rehevissä vesistöissä	15
3. Aineiston ja menetelmien kuvailu	17
3.1. Aineisto	17
3.1.1. Alueellinen jako	18
3.2. Tilastolliset menetelmät	18
3.2.1. Parilaskennan indeksit	18
3.2.2. Poikastuoton indeksit (poikasten kokonaismäärä ja parikohtainen poikastuotto) ...	19
3.2.3. Vesistöindikaattori	19
Viitteet.....	19

1. Vesilintujen kannankehitys ja poikastuotto

Vesilintulaskentojen päätavoitteena on seurata pesimäkantojen muutoksia ja selvittää sorsien vuotuinen lisääntymistulos erityyppisillä vesillä ja eri puolilla Suomea. Tietoja tarvitaan vesilintujen elinympäristöjen hoidon suunnitteluun ja metsästyksen mitoittamiseen sekä vesiluonnon monimuotoisuuden seurantaan. Laskentatietoja käytetään myös tutkimushankkeissa, joissa selvitetään miten kosteikkojen hoito ja rakennetut kosteikot auttavat vesilintuja.

Tässä raportissa esitellään Luonnonvarakeskuksen ja Luonnontieteellisen keskusmuseon yhteistyössä järjestämän vesilintuseurannan tuloksia. Raportti on jaettu kolmeen osaan, joista ensimmäisessä pureudutaan eri vesilintulajien pesivien parien määrän valtakunnallisiin ja alueellisiin muutoksiin eri aikaväleillä. Niin ikään ensimmäisessä osassa tarkastellaan vesilintujen poikasten kokonaismäärää sekä parikohtaista poikastuottoa. Toisessa osassa esitellään vesilintuindikaattori, joka kuvaa vesilintujen monilajista kannankehitystä karuissa ja rehevissä vesistöissä. Kolmannessa osassa kuvaillaan aineistoa ja käytettyjä tilastollisia menetelmiä.

1.1. Vesilintujen parimäärien kehitykset eri alueilla ja aikajänteillä

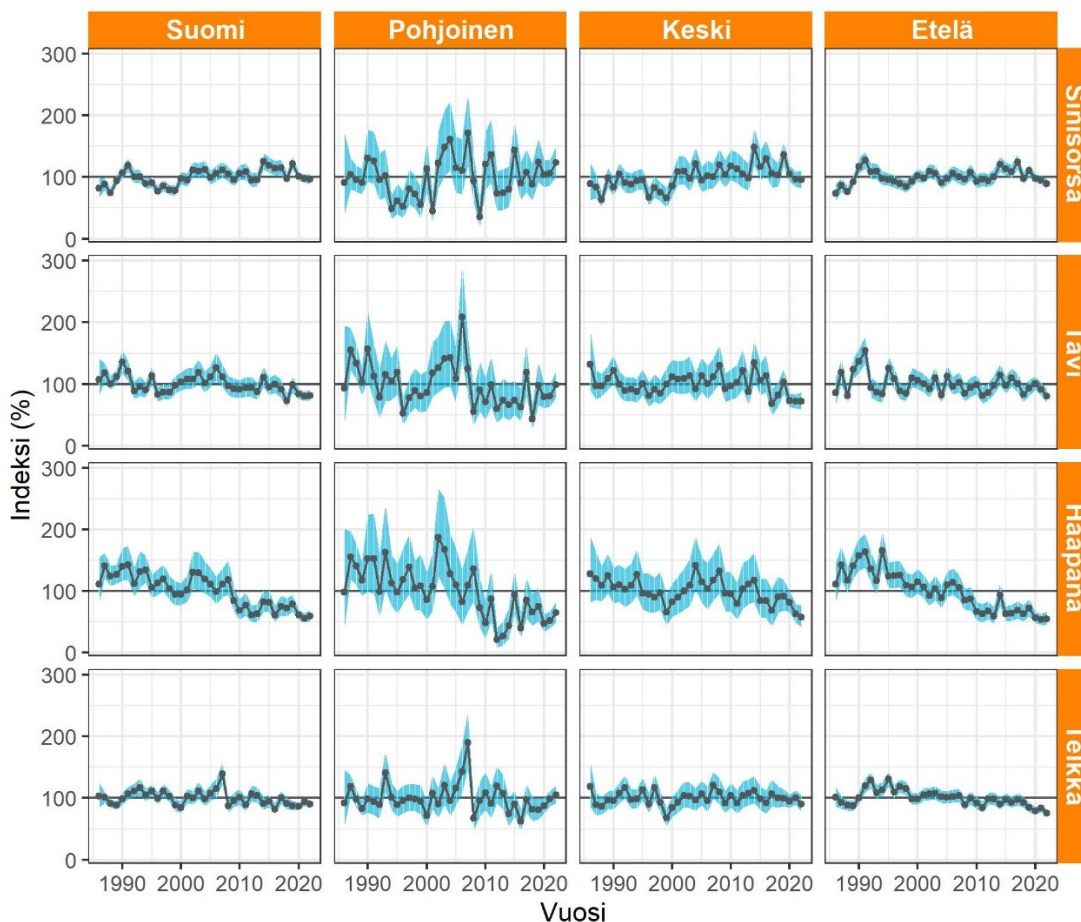
1.1.1. Tärkeimmät riistasorsat

Sinisorsan valtakunnallinen pesimäkanta kasvoi 37 seurantavuoden aikana liki neljänneksellä (Kuva 1, Taulukko 1). Kanta on kasvanut voimakkaimmin Suomen keskiosissa. Sinisorsan valtakunnallinen runsastuminen ajoittui pääosin edelliselle vuosituhannele, sillä viimeisen 20 vuoden aikana kanta on ollut vaihdellut ilman merkitsevää suuntausta. Kuitenkin sinisorsa runsastui pohjoisessa viimeisen 10 vuoden aikana, kun taas etelä- ja keskiosissa hieman väheni. Tämän vuoden parimäärä on viime vuoden tapaan pitkäaikaisen keskiarvon tuntumassa.

Tavin Suomen pesimäkanta on pitkällä aikavälillä vähentynyt viidenneksen, ja kannankehitys on ollut melko samankaltaista maan eri osissa (Kuva 1, Taulukko 1). Viimeisimmän 10 vuoden aikana kanta on taantunut maan keski- ja eteläosissa, mutta vaikuttaa runsastuneen pohjoisessa, jossa tulkinta on kuitenkin epävarmaa suurten vuosivaihteluiden sekä laajojen luottamusvälien vuoksi. Vuoden 2022 valtakunnallinen parimäärä on n. 19 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella ja samalla tasolla kuin viime vuonna.

Haapanan parimäärä pieneni 37 vuoden aikana 56 % ja on ollut 14 vuotta pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella (Kuva 1, Taulukko 1). Kannan hupeneminen on ollut voimakkaampaa etelässä ja pohjoisessa kuin keskiosissa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana valtakunnallinen haapanakanta on vaihdellut ilman selvää suuntausta. Kuitenkin parimäärä on tänä aikana pienentynyt 42 % keskiosissa, kun taas pohjoisessa se vaikuttaa kasvaneen. Vuonna 2022 valtakunnallinen parimäärä on viime vuoden tasolla ja 40 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella.

Telkän valtakunnallinen parimäärä on pienentynyt 37 seurantavuoden aikana 11 %, mutta kymmenen vuoden aikavälillä ei ole tunnistettavaa muutosta pesivän kannan koossa (Kuva 1, Taulukko 1). Alueelliset tarkastelut kuitenkin osoittavat, että parimäärät ovat pienentyneet maan eteläosissa myös lyhyellä aikavälillä ja kuluvan vuoden parimäärä on seurantahistorian pienin. Pohjoisessa taas kanta vaikuttaa kasvaneen, mutta voimakkaiden vuosivaihteluiden vuoksi kasvu ei ole tulkittavissa tilastollisesti merkitseväksi. Vuoden 2022 valtakunnallinen parimäärä on 11 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella ja pieneni hieman edellisestä vuodesta.



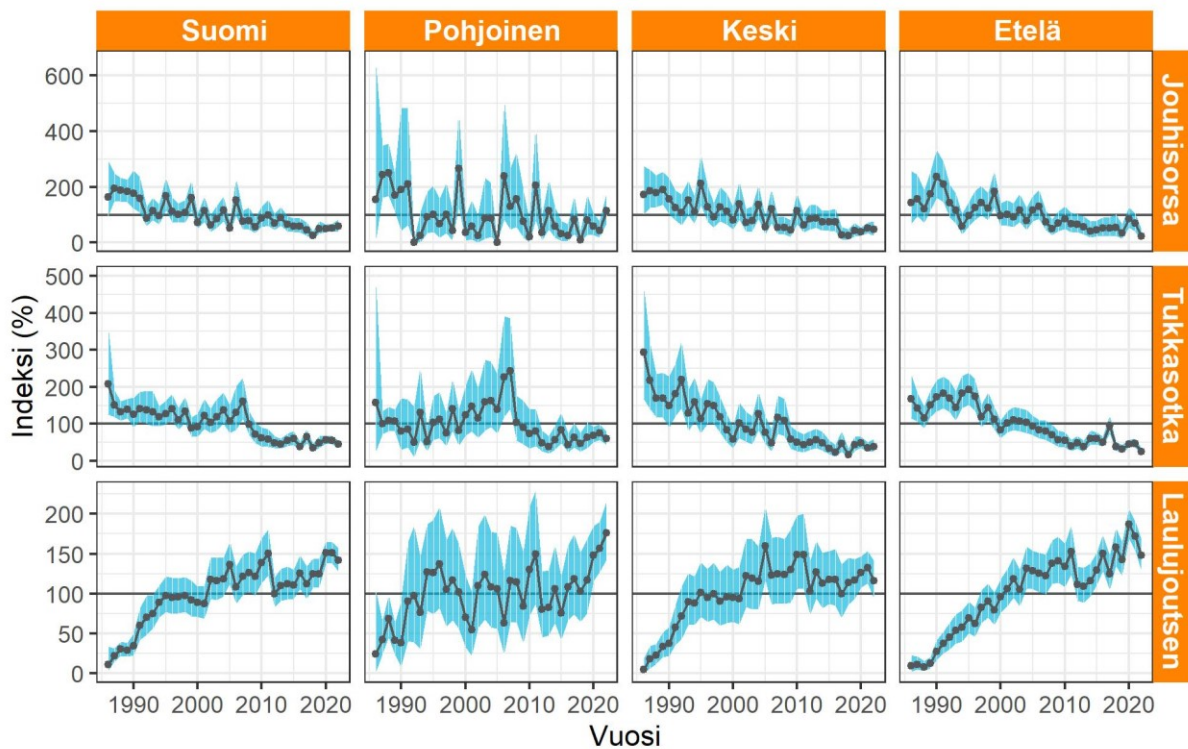
Kuva 1. Sinisorsan, tavin, haapanan ja telkän valtakunnalliset ja alueelliset kannanmuutokset 1986–2022. Kunkin aikasarjan keskiarvo on 100, johon vuosittaiset arvot ovat verrannollisia. Mustat pisteet ja viivat kuvaavat parimäärän vuosittaista kokoa ja siniset alueet 95 % luottamusväliä.

1.1.2. Muut vesilintulajit

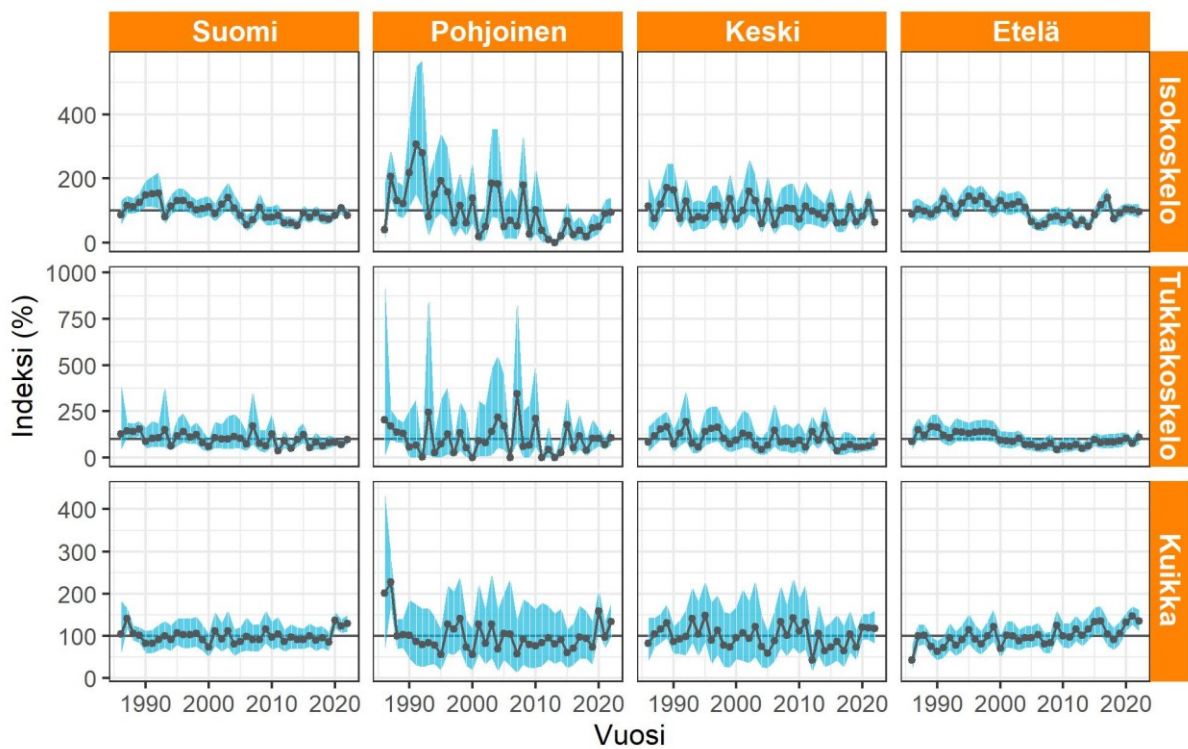
Jouhisorsan valtakunnallinen pesimäkanta on pienentynyt 74 % viimeisen 37 vuoden aikana ja kannan pieneneminen on ollut samankaltaista maan eri osissa (kuva 2, Taulukko 1). Viimeisen kymmenen vuoden aikana valtakunnallinen parimäärä on vaihdellut ilman tilastollisesti merkitsevää suuntausta. Tänä aikana pesivä kanta vaikuttaa kääntyneen kasvuun pohjoisessa, kun taas maan keskiosissa se näyttää pienentyneen. Vuonna 2022 valtakunnallinen parimäärä on 14 % suurempi kuin 2021, mutta kuitenkin 40 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella.

Tukkasotkan parimäärä on pitkällä aikavälillä vähentynyt koko maassa n. 75 %, ja taantuma on ollut jyrkempää Suomen etelä- ja keskiosissa kuin pohjoisessa (Kuva 2, Taulukko 1). Viimeisen kymmenen vuoden aikana valtakunnallinen kanta on vaihdellut ilman tilastollisesti merkitsevää suuntausta, mutta tänä aikana kanta näyttää jatkaneen pienenemistä etelässä ja runsastuneen pohjoisessa. Vuonna 2022 pesivien parien määrä oli viidenneksen edellisvuotta pienempi ja 55 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella.

Laulujoutsenen valtakunnallinen kanta on kasvanut 37 vuoden aikana kolme- ja puolikeräiseksi (Kuva 2, Taulukko 1). Kasvu on jatkunut viimeisen kymmenen aikana. Kanta on kasvanut kaikilla kolmella Suomen osa-alueella, mutta selvä jyrkkä kasvu on jatkunut pidempään etelään mentäessä.



Kuva 2. Joushisorsan, tukkasotkan ja laulujuoutsenen valtakunnalliset ja alueelliset kannanmuutokset 1986–2022.

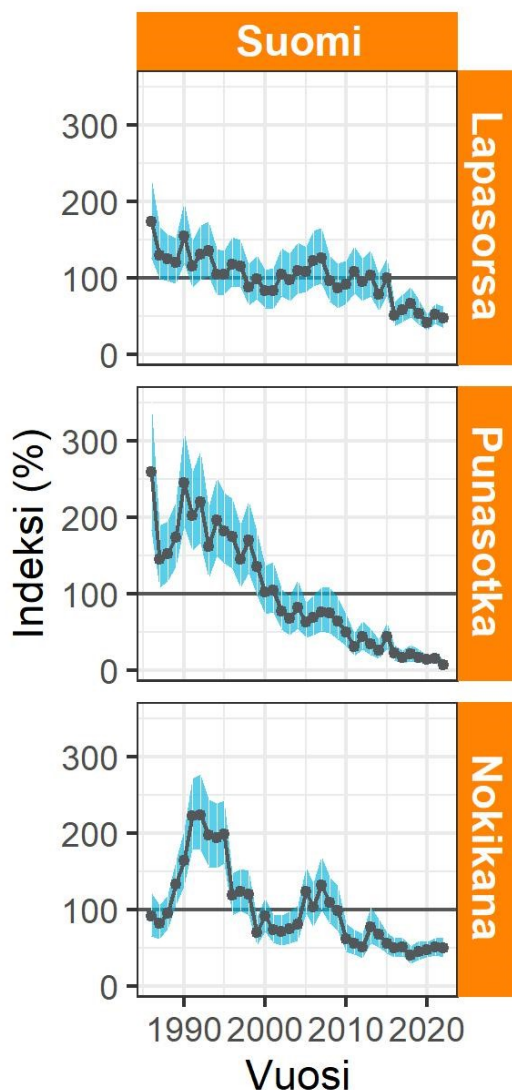


Kuva 3. Karujen vesien kalansyöjien eli isokoskelon, tukkakoskelon ja kuikan kansalliset ja alueelliset kannanmuutokset 1986–2022.

Isokoskelon parimäärä on pitkällä aikavälillä pienentynyt 43 %, mutta kääntynyt kasvuun viimeisen kymmenen vuoden aikana (Kuva 3, Taulukko 1). Maan pohjoisosien suuret vuosiväliset vaihtelut ja niiden suuri hajonta tekevät kuitenkin kokonaiskannan kehityksen tulkinnasta epävarmaa. Suuremman aineiston alueilla keski- ja eteläosissa kanta ei ole tilastollisesti merkittävästi pienentynyt eikä kasvanut pitkällä tai lyhyellä aikavälillä. Vuoden 2022 parimäärä oli 15 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella ja pieneni 20 % vuodesta 2021.

Tukkakoskelon pesivä kanta on 37 vuoden aikana pienentynyt 43 %, mutta vaikuttaa kääntyneen kasvuun viimeisen kymmenen vuoden aikana (Kuva 3, Taulukko 1). Pohjoisen alueen suuret vuosiväliset hajonnat vaikeuttavat valtakunnallisen indeksin tulkintaa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana kanta on kasvanut maan eteläosissa. Vuoden 2022 valtakunnallinen parimäärä oli lähellä pitkäaikaista keskiarvoa.

Kuikan pesivien parien määrä on pysynyt 37 seurantavuoden aikana valtakunnallisesti vakaana, mutta runsastunut viimeisen kymmenen vuoden aikana (Kuva 3, Taulukko 1). Etelässä kuikka on runsastunut myös pitkää aikaväliä tarkasteltaessa. Vuonna 2022 parimäärä oli n. 30 % pitkäaikaisen keskiarvon yläpuolella.

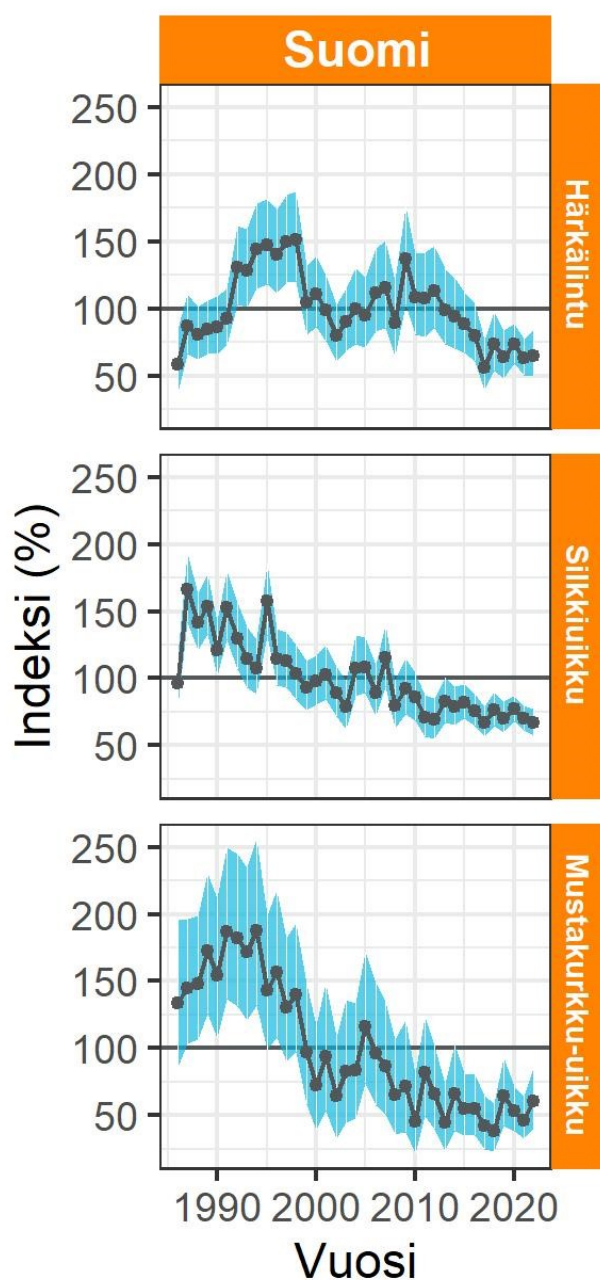


Kuva 4. Lapasorsan, punasotkan ja nokikanan koko Suomen kannanmuutokset 1986–2022. Nämä kolme ovat rehevien vesien tyyppilajeja.

Lapasorsan valtakunnallinen parimäärä on pienentynyt 60 % 37 seurantavuoden aikana ja taantuminen on jatkunut voimakkaana myös viimeisen kymmenen vuoden aikana (Kuva 4, Taulukko 1). Vuonna 2022 lapasorsan parimäärä oli 52 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella.

Punasotkan pesivien parien määrä on romahtanut 95 % 37 vuoden aikana (Kuva 4, Taulukko 1). Taantuma on ollut jatkuvaa myös viimeisen kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2022 parimäärä väheni edellisvuodesta peräti 52 %, mikä on hankala nähdä kuvaajasta, kun indeksi on jo niin lähellä nollaa.

Nokikana on taantunut voimakkaasti pitkällä ja lyhyellä aikavälillä, mutta viime vuosina pesivä kanta näyttää olleen vakaa (Kuva 4, Taulukko 1). Parimäärä oli vuonna 2022 edellisvuoden tasolla, 50 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella.



Kuva 5. Uikkujen eli härkälinnun, silkkiuikun ja mustakurkku-uikun koko Suomen kannanmuutokset 1986–2022.

Härkälintu runsastui voimakkaasti vuosituuhannen vaihteeseen asti, mutta on sen jälkeen taantunut jyrkästi (Kuva 5, Taulukko 1). Viimeisen 10 vuoden aikana kanta väheni 33 %.

Silkkuiikon pesivien parien määrä väheni 53 % viimeisen 37 vuoden aikana, ja kanta on taantunut edelleen 15 % viimeisen 10 vuoden aikana (Kuva 5, Taulukko 1)

Mustakurkku-uikon parimäärä on pienentynyt pitkällä aikavälillä 76 %, mutta viimeisen 10 vuoden ajan kanta on ollut vakaa (Kuva 5, Taulukko 1).

Taulukko 1. Vesilintulajien valtakunnalliset muutokset (%) eri ajanjaksoina. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on lihavoitu, ja niistä merkitsevät positiiviset muutokset kuvataan sinisellä ja negatiiviset muutokset oranssilla värillä.

Laji		Muutos-% 37 vuotta	Muutos-% kolme sukupolvea	Muutos-% 10 vuotta
	Sinisorsa	+24	-1	-13
	Tavi	-20	-26	-19
	Haapana	-56	-47	-19
	Jouhisorsa	-74	-54	-32
	Lapasorsa	-60	-61	-53
	Tukkasotka	-75	-70	-2
	Punasotka	-95	-89	-71
	Telkkä	-11	-12	-8
↑	Isokoskelo	-43	-18	+46
	Tukkakoskelo	-43	-29	+15
	Laulujoutsen	+347	+246	+39
	Kuikka	+4	+12	+41
	Silkkiuikka	-53	-30	-16
	Härkälintu	-29	-38	-35
	Mustakurkku-uikku	-76	-46	+2
	Nokikana	-71	-57	-33

1.2. Vesilintujen poikastuotto

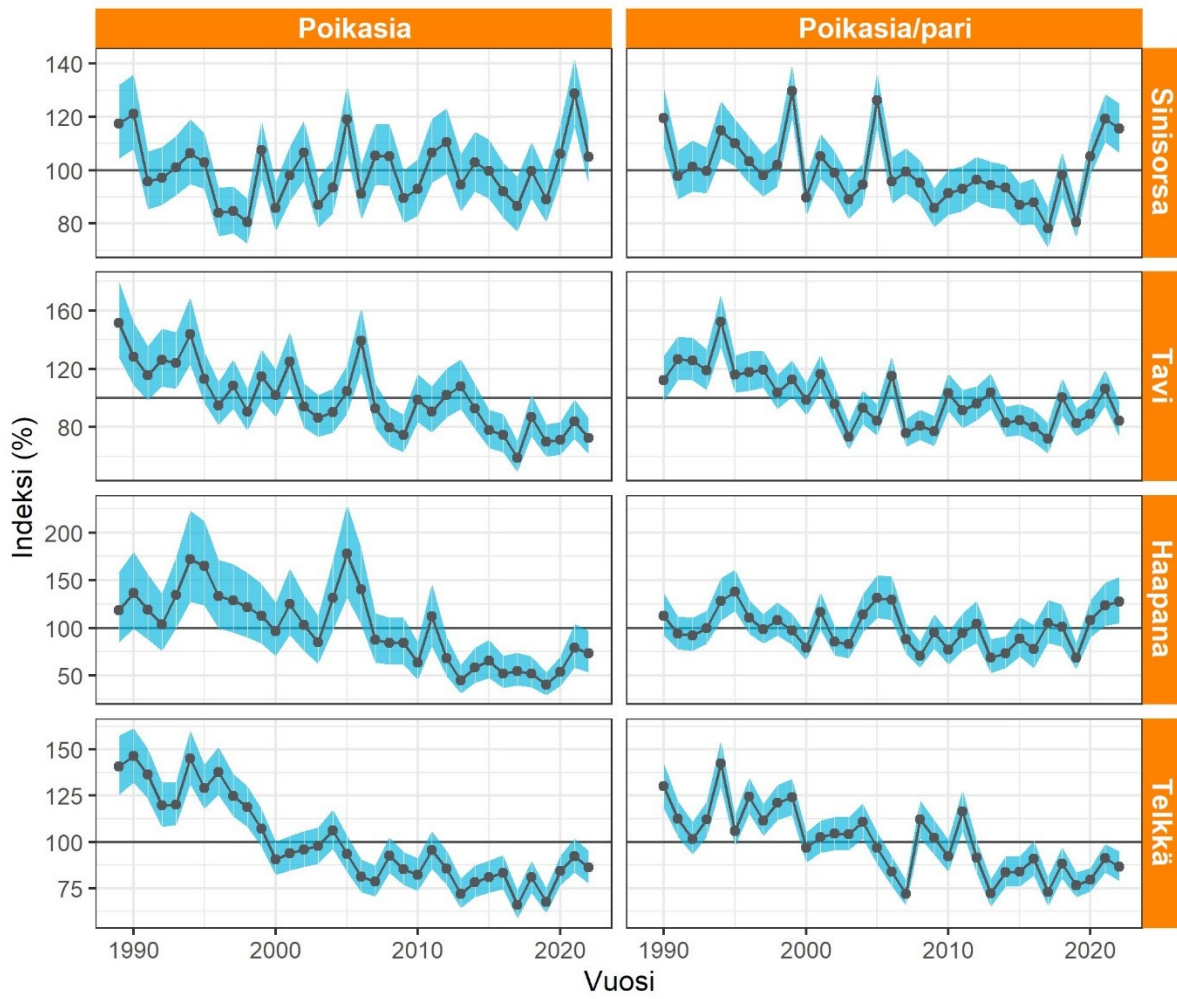
Vesilintujen poikasten kokonaismäärää mallinnettiin vuosilta 1989–2022 ja parikohtaista poikastuottoa vuosilta 1990–2022 neljän tärkeimmän ja runsaimman riistasorsan – sinisorsan, tavin, haapanan ja telkän – osalta. Poikasten kokonaismäärä kuvastaa hyvin sitä, miten paljon kestävästi metsästettäviä lintuja on kunakin vuonna, kun taas parikohtainen poikasmäärä mittaa paremmin pesinnän onnistumista.

Sinisorsan parikohtainen poikastuotto sekä poikasten kokonaismäärä ovat sekä pitkällä aikavälillä että viimeisen kymmenen vuoden aikana pysyneet vakaina ilman merkitseviä suuntauksia. Vuonna 2022 poikasten määrä oli 5 % pitkäaikaisen keskiarvon yläpuolella ja myös parikohtainen poikastuotto oli viime vuoden poikastuoton tuntumassa 16 % pitkäaikaisen keskiarvon yläpuolella (Kuva 6).

Tavin poikasten kokonaismäärä on pitkällä aikavälillä pienentynyt, ja pienenemisestä on viitteitä myös viimeisen kymmenen vuoden aikana. Parikohtainen poikastuotto on niin ikään pienentynyt pitkällä aikavälillä, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana se ei ole oleellisesti muuttunut. Vuonna 2022 poikasten kokonaismäärä oli 39 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella ja 11 % pienempi kuin 2021. Parikohtainen poikastuotto oli edellistä vuotta 22 % pienempi ja 16 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella (Kuva 6).

Haapanan parikohtainen poikastuotto on pitkällä aikavälillä pysynyt vakaana, mutta poikasten kokonaismäärä on pienentynyt parimäärän voimakkaan pienenemisen myötä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana on viitteitä parikohtaisen poikastuoton kasvamisesta. Vuonna 2022 poikasten määrä oli 27 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella, mutta parikohtainen poikastuotto oli 27 % pitkäaikaisen keskiarvon yläpuolella (Kuva 6). Edelliseen vuoteen verrattuna poikasten kokonaismäärä oli 7 % pienempi ja parikohtainen poikastuotto 4 % suurempi.

Telkän parikohtainen poikastuotto sekä poikasten kokonaismäärä ovat pitkällä aikavälillä pienentyneet, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana molemmat ovat olleet vakaita ilman tilastollisesti merkitseviä suuntauksia. Vuonna 2022 poikasten kokonaismäärä oli 14 % ja parikohtainen poikastuotto 13 % pitkäaikaisen keskiarvon alapuolella. (Kuva 6). Edelliseen vuoteen verrattuna poikasten kokonaismäärä oli 6 % ja parikohtainen poikastuotto 5 % suurempi.



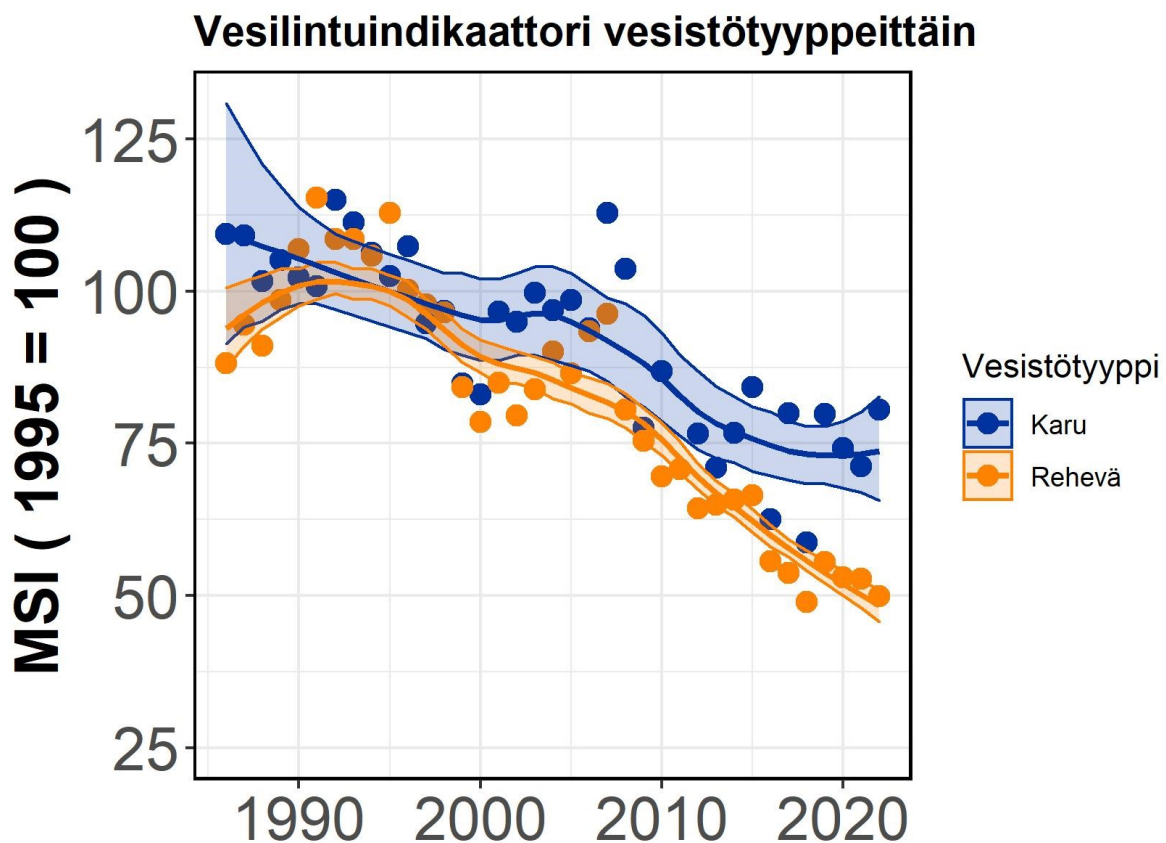
Kuva 6. Neljän tärkeimmän riistasorsan poikasten kokonaismäärä (1989–2022) sekä parikoh-
tainen poikastuotto (1990–2022).

2. Vesilintujen kannankehitys karuissa ja rehevissä vesistöissä

Vesien ylirehevöitymisen on arvioitu olevan yksi keskeisimmistä tekijöistä vesilintujen taantumataustalla (Lehikoinen ym. 2016). Suomen vesilintujen parilaskenta-aineiston avulla laskettiin monilajiset kannankehitystä kuvaavat indikaattorit näille vesistötyypeille noudattaen Lehikoinen ym. (2016) aiemmin kehittämää periaatetta.

Rehevien vesien indikaattoriin sisällytettiin viidestä sekä rehevillä että karuilla vesillä pesivistä lajeista (sinisorsa, tavi, haapana, telkkä ja tukkasotka) niiden laskentakohteiden muodostamat laji- ja vuosikohtaiset indeksit, joiden vesistö oli määritetty reheväksi, sekä niiden lajien indeksit, jotka pesivät lähes yksinomaan rehevissä vesissä: lapasorsa, jouhisorsa, laulujoutsen, punasotka, silkkiuikku, härkälintu, mustakurkku-uikku ja nokikana.

Karujen vesien indikaattoriin sisällytettiin viidestä sekä rehevillä että karuilla vesillä pesivistä lajeista (sinisorsa, tavi, haapana, telkkä ja tukkasotka) niiden laskentakohteiden muodostamat laji- ja vuosikohtaiset indeksit, joiden vesistö oli määritetty karuksi, sekä niiden lajien indeksit, jotka pesivät lähes yksinomaan karuissa vesissä: isokoskelo, tukkakoskelo ja kuikka.



Kuva 7. Vesilintujen kannankehitykset karuissa ja rehevissä vesistöissä. Molempia vesistötyyppejä kuvaavien indikaattoreiden (MSI = multispecies indicator I. monilajinen indikaattori) arvot on skaalattu siten, että niiden trendikäyrien arvona on 100 vuonna 1995.

Vesistötyyppi-indikaattorin tulosten perusteella rehevien vesien vesilintukannat kasvoivat 1990-luvun puoliväliin, mutta vastaavaa kasvua ei havaittu karujen vesien linnuilla, joilla kuitenkin aineisto on ko. ajankohdalta liian pieni tilastollisen eron testaamiseksi. Kyseistä ajankohdtaa edelsi hyvin kylmät Euroopan talvet, joista vesilinnut toipuivat ja kannat kasvoivat. Vesilintukannat ovat pienentyneet pitkällä aikavälillä molemmissa vesistötyypeissä. Rehevillä vesillä taantuma on ollut voimakkaampaa (2,1 % vuodessa) kuin karuilla vesillä (1,3 % vuodessa). Viimeisen kymmenen vuoden aikana karujen vesien lintukannat ovat olleet vakaita, kun taas rehevillä vesillä taantuma on jatkunut voimakkaana (3,1 % vuodessa).

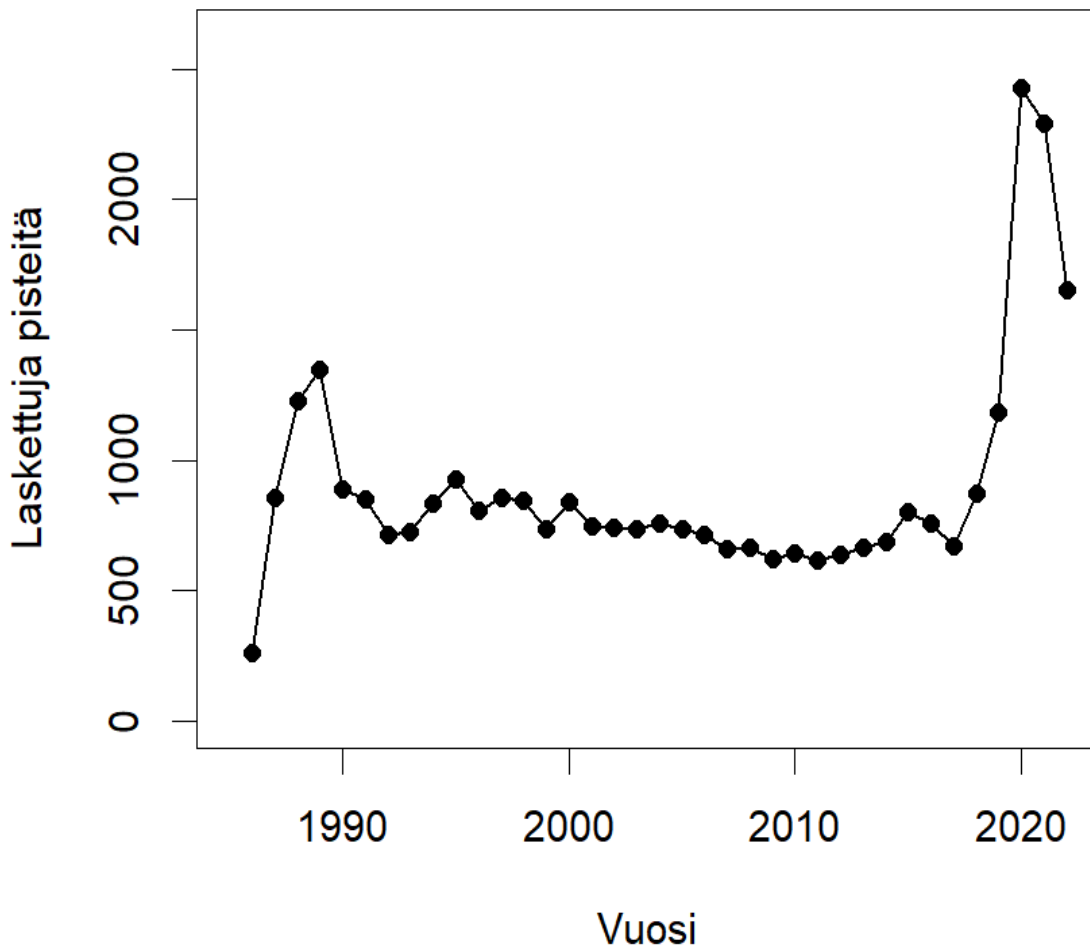
3. Aineiston ja menetelmien kuvailu

3.1. Aineisto

Vesilintuaineisto koostuu pääosin vapaaehtoisten metsästäjien ja lintuharrastajien suorittamien pari- ja poikuelaskentojen tiedoista. Kohteet sijaitsevat enimmäkseen sisämaan vesistöissä, mutta mukana on myös merenlahtia. Saariston vesilintujen seuranta tehdään erillisenä seurantaohjelmalla.

Toukokuussa lasketaan vesilintuparit kahteen kertaan. Ensimmäinen parilaskenta tehdään noin viikko jäiden lähdön jälkeen ja toinen 2–3 viikkoa myöhemmin. Heinäkuussa lasketaan poikueet samoilla laskentapisteillä.

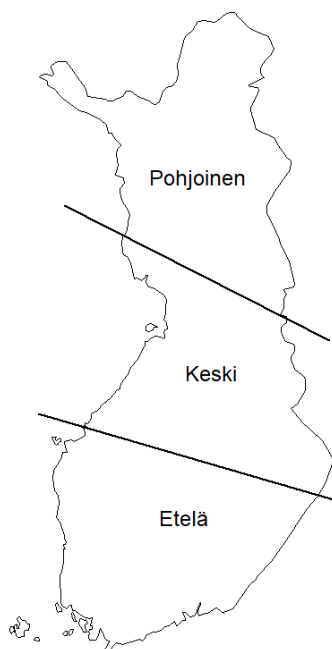
Parilaskentojen määrä on ollut viime vuosina aiempaa suurempi, mutta 2022 pisteiden määrä (1651) jäi edellisvuosia pienemmäksi (Kuva 8). Poikuelaskentoja tehtiin vuonna 2022 yhteensä 852 pisteellä.



Kuva 8. Laskettujen parilaskentapisteiden määrä 1986–2022.

3.1.1. Alueellinen jako

Vesilintuaineiston analyysija varten Suomi jaettiin kolmeen osaan (Kuva 9). Vuonna 2022 parilaskentoja tehtiin etelässä 876 pisteellä, keskiosassa 375 ja pohjoisessa 399 pisteellä.



Kuva 9. Suomen aluejako vesilintuseurannan analyysissä ja tulosten esittelyssä.

3.2. Tilastolliset menetelmät

3.2.1. Parilaskennan indeksit

Parilaskennan aineistosta laskettiin vuosittaiset indeksit lajeittain ja alueittain. Analyysit tehtiin lajeittain bayesiläisellä yleistetyllä lineaarisella sekamallilla (GLMM), jossa on logaritminen linkifunktio ja Poisson-jakauma havaintojen virhejakamana. Tähän käytettiin R-ohjelmointiympäristön pakettia *MCMCglmm* (Hadfield 2010). Jokaiselle alueen ja vuoden kombinaatiolle arvioitiin tarkasteltavan lajin keskimääräinen tiheys. Laskentapisteen vaikutus oli huomioitu satunnaisvaikutuksena ja ylidispersaatio oli myös huomioitu havaintokohtaisena satunnaisvaikutuksena. Aluekohtaiset indeksit muodostettiin aluekohtaisista tiheyksistä siten, että indeksien keskiarvoksi tuli 100. Analyysissä ei ollut mukana niitä kohteita, joissa tarkasteltavaa lajia ei ole koskaan esiintynyt.

Lajikohtaiset valtakunnalliset indeksit johdettiin alueellisista tiheyksistä painotettuna keskiarvona. Alueellisina painoina ovat aluekohtaiset osuudet laskentakohteista, joissa lajia on esiintynyt seurantahistorian aikana (eli yksi miinus analyysistä poistettujen nollakohteiden osuus).

Alueellisten indeksien laskeminen ja siten valtakunnallisen kannanmuutoksen alueellinen painottaminen vaatii riittävästi aineistoa eri osa-alueilta, ja tarkasteltavaa lajia täytyy myös esiintyä tarpeeksi runsaana kaikilla alueilla, jotta kuvatus mallin sovitus onnistuisi hyvin. Tämän vuoksi seuraavilla kuudella raportin lajilla mallit rakennettiin oletuksella, että vuosien väliset

runsausvaihtelut olivat samat kaikilla alueilla: lapasorsa, punasotka, nokikana, silkkiuikku, härkälintu, ja mustakurkku-uikku. Tämä on sama oletus, joka on aiemmin sovellettu vesilintuseurannassa kaikille lajeille, kun on laskettu valtakunnalliset runsausindeksit.

3.2.2. Poikastuoton indeksit (poikasten kokonaismäärä ja parikohtainen poikastuotto)

Poikuelaskennan indeksit laskettiin koko maan aineistosta lajeittain. Poikashavaintomäärät mallinnettiin laskentapisteittäin Poisson-mallilla vuosi- ja pistekohtaisin keskiarvoparametrein (vuodet luokkamuuttujina, laskentapisteet satunnaisefekteinä). Poikasten kokonaismäärän mallissa huomioitiin lisäksi aika vuotuisen kauden alusta (ei tilastollisesti merkitsevä). Estimointien parametrien avulla laskettiin koko maalle keskimääräinen vuosikohtainen tasoarvio, joka sitten skaalattiin aikavälin keskimääräisellä tasoarviolla. Epävarmuus laskelmissa otettiin huomioon laskemalla indeksit bayesiläisittäin posteriori-jakaumia käyttäen. Posteriorijakaumat estimoitiin R-ohjelmiston *INLA*-kirjaston avulla (Rue ym. 2009).

Indeksisarjojen trenditestiä tehtiin jälkikäteen lineaarisen regression avulla käyttäen moni-imputointia apuna, jotta epävarmuudet otettaisiin huomioon. Indeksien epävarmuusvälejä käytettiin simuloimaan normaalijakautuneita indeksisarjoja vuosikeskiarvojen ympärille. Simulointia toistettiin 100 kertaa. Jokaiseen pseudohavaintosarjaan sovitettiin lineaarinen regressiomalli, ja nämä analyysit yhdistettiin (pooling) moni-imputointikaavojen avulla käyttäen R-kirjastoa *mice* (van Buuren & Groothuis-Oudshoorn 2011).

3.2.3. Vesistöindikaattori

Indeksit laskettiin yllä mainittujen laji- ja vesistötyyppikohtaisten kannanmuutosindeksien geometrisinä keskiarvoina. Neljälle runsaimmalle riistasorsalle sekä tukkasotkalle, valtakunnalliset indeksit laskettiin yllä kuvatulla tavalla myös erikseen karuille ja reheville kohteille, indikaattoritarkastelua varten. Vaihteluvälien laskeminen toteutettiin Monte Carlo-menetelmään perustuvalla *MSI*-työkalulla (Soldaat ym. 2017).

Viitteet

- van Buuren, S. & Groothuis-Oudshoorn, K. 2011. Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software* 45: 1–67.
- Hadfield, J.D. 2010. MCMC Methods for Multi-Response Generalized Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package. *Journal of Statistical Software* 33:1–22.
- Lehikoinen, A., Rintala, J., Lammi, E. & Pöysä, H. 2016. Habitat-specific population trajectories in boreal waterbirds: alarming trends and bioindicators for wetlands. *Animal Conservation* 19: 88–95.
- Rue, H., Martino, S. & Chopin, N. 2009. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models using integrated nested Laplace approximations (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 71: 319–392.
- Soldaat, L.L., Pannekoek, J., Verweij, R.J.T., van Turnhout, C.A.M., & van Strien, A.J. 2017. A Monte Carlo method to account for sampling error in multi-species indicators. *Ecological Indicators*, 81: 340–347.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000