

# **Kittilän kaivoksen purkuputkilinjan ekologisten vaikutusten seuranta Loukisen alajuoksulla 2019–2021**

*Heikki Mykrä<sup>1</sup>, Kaarina Weckström<sup>2</sup> & Jan Weckström<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Suomen ympäristökeskus, PL 413, 90014 Oulu*

*<sup>2</sup>Helsingin yliopisto, Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma,  
Viikinkaari 1, PL 65, 00014 Helsingin yliopisto*



Putaanperännivat Loukisessa

## Tausta

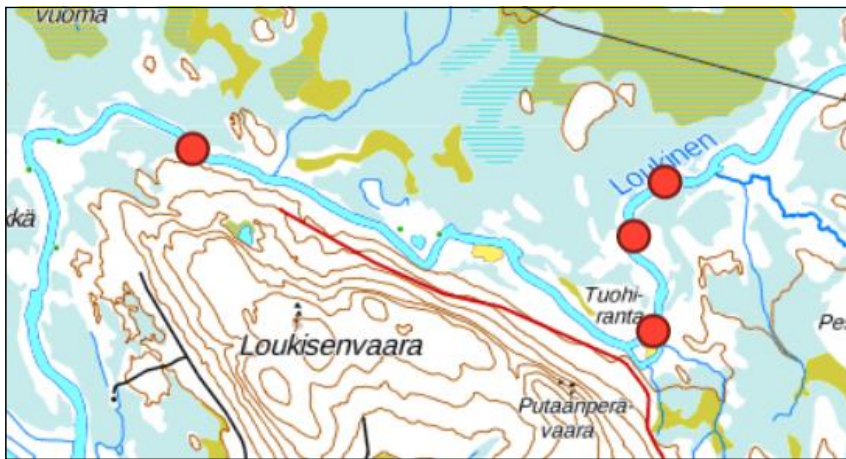
Agnito Eagle Oy sai ympäristöluvan kaivoksen laajentamiseen liittyen käsiteltyjen prosessi- ja kuivatusvesien johtamiseen putkilinjalla Loukisen alajuoksulla noin 12 km ylävirtaan Ounasjoesta sijaitsevaan purkupisteeseen. Yhtiö sai lisäksi luvan sekoittumisvyöhykkeelle, jossa nikkelin, antimonin ja sulfaatin pitoisuudet voivat olla kuormitusrajoja korkeampia. Vyöhyke on noin 1,5 kilometrin mittainen ja päättyy Putaanperän nivoihin (Kuva 1).

Ympäristölupahakemuksessa kaivoksen päästöillä ei arvioida olevan vaikutusta Loukisen vesimuodostuman ekologiseen tilaan. Loukisen ekologinen tila on arvioitu luokkaan hyvä, joten luokittelutekijöissä on selvästi havaittavia muutoksia suhteessa luonnontilaisiin jokiin. Yhtiö arvioi joen ekologisen tilan pysyvän muuttumattomana putken käyttöönoton jälkeenkin. Loukisen alajuoksulta purkuputken vaikutusalueelta ei ole otettu biologisia näytteitä, joten alajuoksu ekologisesta tilasta ei ole arvioita. Kittilän kunnan rakennus- ja ympäristölautakunta teetti Loukisen alaosan tilasta selvityksen. Suomen ympäristökeskus suunnitteli ja toteutti selvityksen näytteenoton vuosina 2019–2021.

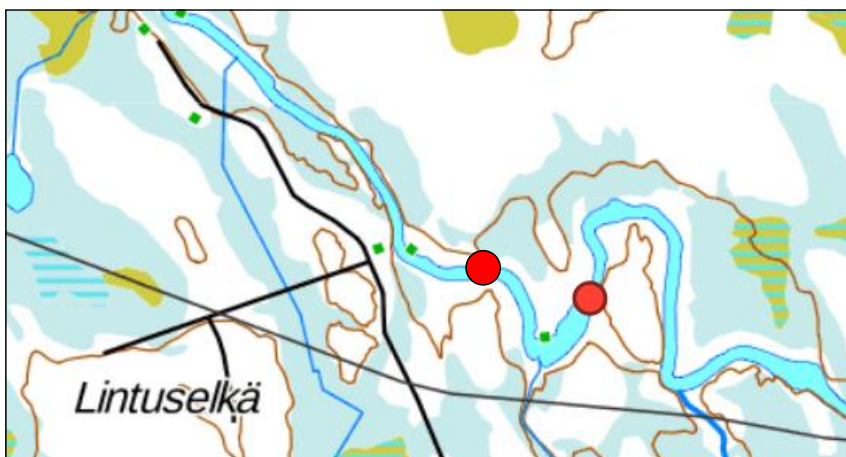
Seuranta toteutettiin niin sanottuna BACI-asetelmana (Before After Control Impact), jossa seurataan vaikutusaluetta ja vertailualuetta ennen ja jälkeen vesistöön vaikuttavan toiminnan aloittamista. Asetelmassa verrataan vaikutusalueella mahdollisesti tapahtuvaa muutosta ennen ja jälkeen toiminnan aloittamisen vertailualueilla mahdollisesti tapahtuviin muutoksiin (Underwood 1994). Kaivosten seurantaohjelmista pääsääntöisesti puuttuvat seuranta-asetat vertailualueilta, joihin toiminnan ei oleteta vaikuttavan. Seurannoissa pyritään sen sijaan todentamaan vaikutuksen laajuus alapuolisessa vesistössä sijoittamalla seurantapisteen kasvavin etäisyyksin päästölähteestä. Vaikutusten laajuuden selvittäminen on tärkeää, mutta asetelma on altis luonnollisista tekijöistä, kuten esimerkiksi poikkeuksellisen kuivista jaksoista johtuvalle vaihtelulle. Näitä vaikutuksia ei voida erottaa toiminnan aiheuttamista vaikutuksista ilman seuranta-asetatpaikoilla. Seuranta-asetat ei myöskään useimmiten edellytetä toimintaa edeltävältä ajalta. Tämän vuoksi seurannan tulosten vertailua voidaan tehdä lähinnä valtakunnallisen ekologisen luokittelun muuttujien vertailuarvoihin. Ekologinen luokittelu on sinänsä toimiva tapa arvioida vaikutuksia, mutta toimintaa edeltävän ajan tietojen puuttuessa tuloksista ei voida erottaa toiminnan aiheuttamia muutoksia.

## Seurantapistteet

Loukisesta valittiin neljä pistettä suunnitellun purkupisteen alajuoksulta (Kuva 1) ja kaksi pistettä purkupisteen yläjuoksulta (Kuva 2). Kaikki näytteenottopaikat ovat koskimaisilla alueilla lukuun ottamatta Loukisen alinta paikkaa, joka on luonteeltaan heikosti nivamainen. Loukisen alajuoksulta ei näytteenottoajankohdan virtaamatilanteessa (2019) löytynyt matalia virtapaikkoja.



**Kuva 1.** Purkupisteen alajuoksu näytteenottopaikat Loukisessa.



**Kuva 2.** Purkupisteen yläjuoksun näytteenottopaikat Loukisessa.

Vertailupisteiksi valittiin kolme paikkaa Kapsajoesta. Kapsajoki laskee Loukiseen noin kaksi kilometriä purkupisteen yläjuoksulla (Kuva 3).



**Kuva 3.** Kapsajoen näytteenottopaikat.

### Näytteenotto ja maastomittaukset

Jokaiselta pisteeltä otettiin piilevä- ja pohjaeläinnäytteet syyskuun puolivälin aikoihin vuosina 2019–2021. Piilevänäytteet harjattiin hammasharjalla pieneen vesimäärän viiden uomasta satunnaisesti nostetun noin nyrkinkokoisen kiven yläpinnalta. Näyte säilöttiin pieneen valoa läpäisemättömään näytepulloon. Pohjaeläinnäytteet otettiin potkuhaavilla (silmäkoko 0.5 mm). Jokaisesta pisteestä otettiin ympäristöhallinnon standardin mukaisesti neljä erillistä (30 sekunnin pöyhintäaika metrin matkalla) osanäytettä, jotka säilöttiin alkoholiin kierrekannellisiin näytepurkkeihin. Jokaiselta näytepisteeltä mitattiin lisäksi optisella Benthos Torch -laitteella viherlevien, piilevien ja sinilevien määrät. Laite suuntaa valoa näytepinnalle, mittaa näytteen heijastaman valon aallonpituuden ja laskee leväbiomassan määrän. Mittaukset tehtiin 20 uomasta poimitun kiven yläpinnalta.

Näytepisteiltä otettiin lisäksi sedimentinäytteet ja mitattiin uoman syvyys ja virranopeus 15 ruudusta. Lisäksi määritettiin näytealan partikkelikoko ja vesisammalten peittävyys samoista ruuduista. Sedimentinäytteet otettiin neljästä satunnaisesti valitusta pisteestä, johon sedimentin kertyminen on todennäköistä (koskikivien takaisia hitaan virtauksen alueita). Näytteet otettiin molemmista päistä avoimen muoviputken (halkaisija 40 mm) avulla. Putki painettiin sedimenttiin ja tämän jälkeen putken pää suljettiin kumitulpalla, jolloin syntyvä alipaine mahdollistaa sedimentin pysymisen putkessa. Tämä varmistettiin

lisäksi sulkemalla putken alapää kädellä noston aikana. Osanäytteet yhdistettiin kokoomanäytteiksi ja säilöttiin pakastusta varten minigrip-pusseihin. Näytteistä analysoitiin MS2 -määrityspaketti (Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, Se, Sn, Tl, U, V ja Zn). Näytepisteiltä mitattiin lisäksi veden pH ja sähköjohtavuus kannettavalla YSI-mittarilla. Näytealueilta (Loukisen ylä- ja alaosa, Kapsajoki) otettiin vesinäytteet, joista analysoitiin MS2-määrityspaketti. Loukisen alajuoksu osoittautui näytteenoton kannalta haasteelliseksi, minkä vuoksi näytepisteet jouduttiin sijoittamaan alueen yläjuoksuun siten, että kaksi pistettä on purkuputken sekoittumisvyöhykkeellä. Alajuoksulta otettiin vuonna 2019 neljä näytettä, mutta alin Vanhasen nivan kohdalta otettu näyte jätettiin seuraavina vuosina ottamatta, koska alue oli hyvin suvantomainen ja poikkesi siten merkittävästi muista alueista.

Piilevänäytteistä poistettiin orgaaninen aines vetyperoksidimenetelmällä (Battarbee ym. 2001) ja kustakin näytteestä valmistettiin kolme kappaletta kestopreparaatteja. Preparaatit säilytetään Suomen Ympäristökeskuksen piileväarkistossa. Lajimääritykset tehtiin Zeiss Axio Imager.2 tutkimusmikroskoopilla käyttäen Plan-585 Apochromat 100×/1.4 öljyimmersio-objektiveja, faasikontrastia ja 1000×kokonaissuurennotta. Määritysaineisto on saatavissa tekijöiltä digitaalisessa muodossa taulukkoina sekä Omnidia-ohjelmiston siirtotiedostona. Pohjaeläinnäytteet poimittiin Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa ja näytteet lähetettiin määritettäväksi Kittilän kunnan tilaamalle konsultille. Määritetty pohjaeläinaineisto on tallennettu Suomen ympäristökeskuksen Hertta tietokantaan.

## **Aineiston analyysit**

Analyysejä varten aineistosta laskettiin piilevien ja pohjaeläinten monimuotoisuutta kuvaava lajirunsaus. Pohjaeläinnäytteistä laskettiin myös pohjaeläinten yksilömäärät. Piilevänäytteissä yksilömäärä ei vaihtelee, koska näytepreparaateista laskettiin vakioitu (noin 500 kpl) määrä piileväsoluja. Lajimäärien ja pohjaeläintiheyksien lisäksi aineistoista laskettiin valtakunnallisen ekologisen luokittelun indeksit ja näiden ekologiset laatusuhteet. Piilevillä luokittelu perustuu tyypille ominaisiin taksoneihin (TT40) ja suhteelliseen mallin kaltaisuuteen (PMA). Pohjaeläimillä käytetään näiden lisäksi päivänkorento- koskikorento- ja vesiperhosheimojen (EPT) lukumäärää (Aroviita ym. 2019).

Muuttujien vaihtelua analysoitiin lineaarisella sekamallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat näytteenoton vuosi (2019, 2020 ja 2021) ja näytealue (Loukinen alajuoksu., Loukinen yläjuoksu ja Kapsajoki). Satunnaismuuttujana malleissa oli näytepiste. Pohjaeläimillä

lajimäärän ja tiheyksien rinnakkaisnäytteet pidettiin analyysissä erillisinä. Myös leväbiomassojen mittaukset pidettiin rinnakkaisina, mutta piilevillä näytteet olivat kokoomanäytteitä. Ekologisen luokittelun indeksien laskennassa myös pohjaeläinten näytteet yhdistettiin kokoomanäytteiksi luokittelun vaatimusten mukaisesti.

Piilevien ja pohjaeläinten yhteisökoostumuksen vaihtelua analysoitiin lisäksi NMDS (Non-metric multidimensional scaling) ordinaatioilla. Näytepisteet esitetään kaksiulotteisessa ordinaatiokuvaajassa. Ne sijoittuvat lajistokoostumuksen suhteen niin että kohteet, joiden lajityhteisöt ovat samakaltaisia ovat lähempänä toisiaan verrattuna kohteisiin, joiden yhteisöissä on suurempia eroavaisuuksia. NMDS toteutettiin käyttämällä Bray-Curtis etäisyysmittaa.

## **Tulokset**

### *Vedenlaatu*

Vesinäytteet otettiin yhdestä pisteestä jokaiselta näytealueelta, mutta informaatiokatkoksen vuoksi metallimääritykset jäivät näytteistä tekemättä vuonna 2020. Metallien ja alkuaineiden pitoisuudet olivat verrattain alhaisia, eikä niissä näy merkittäviä muutoksia (Taulukko 1). Typpi- ja sulfaattipitoisuudet olivat sen sijaan huomattavasti korkeampia Loukisen näytteissä verrattuna Kapsajokeen. Pitoisuudet olivat Loukisen yläjuoksulla selvästi korkeampia vuosina 2019 ja 2020 kuin vuonna 2021, mutta alajuoksulla muutoksia näkyi lähinnä ammonium-typen pitoisuuksissa, jotka olivat selvästi korkeampia vuonna 2021 verrattuna aiempiin vuosiin (Taulukko 1).

### *Sedimentin kemiallinen koostumus*

Sedimentinäytteet otettiin jokaiselta näytepisteeltä. Monien metallien ja alkuaineiden pitoisuudet olivat sedimentissä hyvin alhaisia. Joidenkin metallien, kuten sinkin ja nikkelin, pitoisuudet olivat Loukisen yläjuoksun pisteillä jonkin verran korkeampia kuin muilla pisteillä vuosina 2019 ja 2020 lukuun ottamatta alajuoksun suvantomaista LOU A4 paikkaa (Taulukko 2).

**Taulukko 1.** Metallien, alkuaineiden, ravinteiden ja sulfaatin pitoisuudet näytealueilla. Määrittäysrajan alittavia tai hyvin alhaisia pitoisuuksia ei esitetä.

Määrittäys	Yksikkö	Kapsajoki			Loukinen YP			Loukinen AP		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Alumiini	µg/l	15		9,3	12		10	16		12
Antimoni	µg/l	1,9		0,1	0,09		0,04	0,8		0,81
Arseeni	µg/l	2		2,2	2,7		1,6	1,6		2,3
Barium	µg/l	3,5		3,8	2,9		3	4,1		5
Boori	µg/l	3,7		1,4	1,3		2,4	2,3		3,1
Kalium	mg/l	0,76		0,44	0,27		0,45	0,55		1,3
Kalsium	mg/l	20,1		15,8	15,1		15,9	15		18,5
Koboltti	µg/l	0,05		0,03	0,04		0,04	0,04		0,06
Kromi	µg/l	0,15		0,13	0,13		0,13	0,18		0,22
Kupari	µg/l	0,16		0,08	0,08		0,12	0,11		0,12
Litium	µg/l	1		0,61	0,54		0,63	0,79		2,4
Lyijy	µg/l	0,039		0,009	0,021		0,016	0,015		0,012
Magnesium	mg/l	3,76		2,19	2,14		2,42	2,74		2,87
Mangaani	µg/l	30		12	20		17	25		18
Molybdeeni	µg/l	0,54		0,25	0,22		0,36	0,42		0,49
Natrium	mg/l	3,49		1,8	1,66		1,92	2,52		3,51
Nikkeli	µg/l	0,77		0,1	0,1		0,17	0,24		0,68
Rauta	µg/l	410		270	430		300	370		270
Rikki	µg/l	8000		1600	1400		1900	4200		7400
Kokonaistyppeä	µg/l	180	240	150	360	280	110	360	200	320
Nitriitti-nitraatti tyypinä	µg/l	<5	<5	<5	210	110	<5	79	35	71
Ammonium tyypinä	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	99
Kokonaisfosfori	µg/l	6	10	7	9	13	9	6	11	8
Sulfaatti	mg/l	3,9	4,6	4,2	22	25	5,1	12	113	20

**Taulukko 2.** Sedimentin metallipitoisuudet (mg/kg) näytepisteillä 2019. Määrittäysrajan alittavia tai hyvin alhaisia pitoisuuksia ei esitetä.

Suure	Kap 1	Kap 2	Kap 3	Lou Y2	Lou Y3	Lou A1	Lou A2	Lou A3	Lou A4
Arseeni	19	15	23	27	12	12	14	20	10
Kadmium	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,03	0,04	0,03	0,06
Koboltti	5,2	6,5	6,2	11	7,5	4,6	4,4	5,6	9,8
Kromi	16	21	14	35	30	24	15	18	88
Kupari	4	5,1	4	8,5	8,3	3,9	3,3	4,7	10
Lyijy	1,4	1,4	1,3	1,8	2,9	2,6	1,2	1,4	1,8
Nikkeli	8,2	9,8	7,2	18	14	8,1	7,2	9,7	37
Sinkki	24	27	25	51	32	21	21	25	35
Vanadiini	22	30	19	49	36	26	19	22	34

**Taulukko 3.** Sedimentin metallipitoisuudet (mg/kg) näytepisteillä 2020. Määrittäysrajan alittavia tai hyvin alhaisia pitoisuuksia ei esitetä.

Suure	Kap 1	Kap 2	Kap 3	Lou Y2	Lou Y3	Lou A1	Lou A2	Lou A3
Antimoni	<0.2	<0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3
Arseeni	6.9	5.2	35	10	4.8	14	7.3	12
Kadmium	0.03	0.05	0.05	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03
Koboltti	4.3	3.0	7.6	5.5	8.5	3.4	3.6	3.7
Kromi	14	12	15	25	31	7.7	17	16
Kupari	3.7	2.7	4.6	3.7	15	2.3	3.3	3.9
Lyijy	1.4	1.2	1.9	1.7	2.7	0.95	1.4	1.5
Nikkeli	6.6	5.6	7.5	9.1	15	4.6	6.7	6.5
Rikki	70	68	110	91	200	<40	76	110
Sinkki	19	15	23	28	22	17	17	19
Vanadiini	17	16	21	26	42	11	20	20

**Taulukko 4.** Sedimentin metallipitoisuudet (mg/kg) näytepisteillä 2021. Määrittäysrajan alittavia tai hyvin alhaisia pitoisuuksia ei esitetä.

Suure	Kap 1	Kap 2	Kap 3	Lou Y2	Lou Y3	Lou A1	Lou A2	Lou A3
Antimoni	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2
Arseeni	15	14	12	15	8,5	17	8,7	5,2
Kadmium	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,07
Koboltti	5	4,1	3,9	3,5	5,3	4	4,7	6,5
Kromi	17	11	10	9,4	14	8,9	15	17
Kupari	4,9	3,5	2,7	2,8	4	2,6	3,1	11
Lyijy	1,3	1,3	1,1	0,99	1,3	0,97	0,97	1,9
Nikkeli	8,5	6,2	5,2	6,1	7,7	6,3	7,5	10
Sinkki	24	22	18	20	23	20	24	22
Vanadiini	16	16	13	11	15	13	17	21



## Näytepisteiden kenttämittaukset

Sähkönjohtavuus oli Loukisen näytepisteillä selvästi korkeampi kuin Kapsajoessa (Taulukko 5). Loukisessa sähkönjohtavuus oli vuosina 2019 ja 2020 korkeampi purkupisteen yläjuoksun alueella, mutta vuonna 2021 pitoisuudet yläjuoksulla laskivat ja olivat korkeampia alajuoksun alueen näytepisteillä (Taulukko 5). Veden pH:ssa ei systemaattisia eroja havaittu (Taulukko 5).

**Taulukko 5.** Veden pH ja sähkönjohtavuus näytepisteillä.

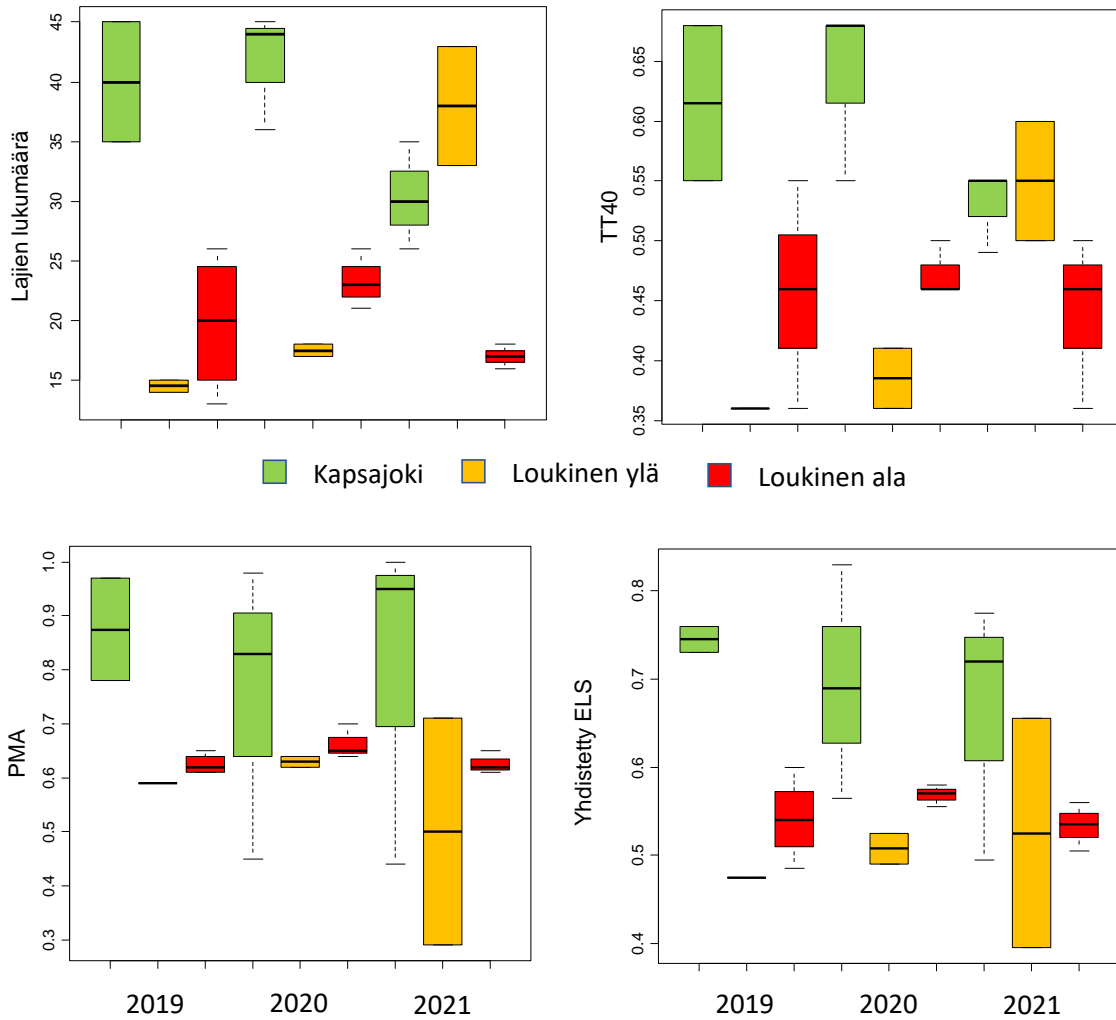
Näytepiste	pH	Johtokyky µs/cm
KAP 1_19	7,00	61
KAP 1_20	7,36	64
KAP 1_21	7,61	67
KAP 2_19	7,09	60
KAP 2_20	7,32	64
KAP 2_21	7,69	66
KAP 3_19	6,70	86
KAP 3_20	7,42	33
KAP 3_21	6,26	117
LOU Y2_19	7,22	135
LOU Y2_20	7,14	162
LOU Y2_21	7,59	109
LOU Y3_19	6,71	132
LOU Y3_20	6,28	158
LOU Y3_21	7,42	108
LOU A1_19	6,99	99
LOU A1_20	6,70	114
LOU A1_21	7,63	127
LOU A2_19	7,31	99
LOU A2_20	7,20	107
LOU A2_21	7,69	137
LOU A3_19	7,34	97
LOU A3_20	7,36	111
LOU A3_21	7,76	143
LOU A4_19	7,28	98

## Piilevät

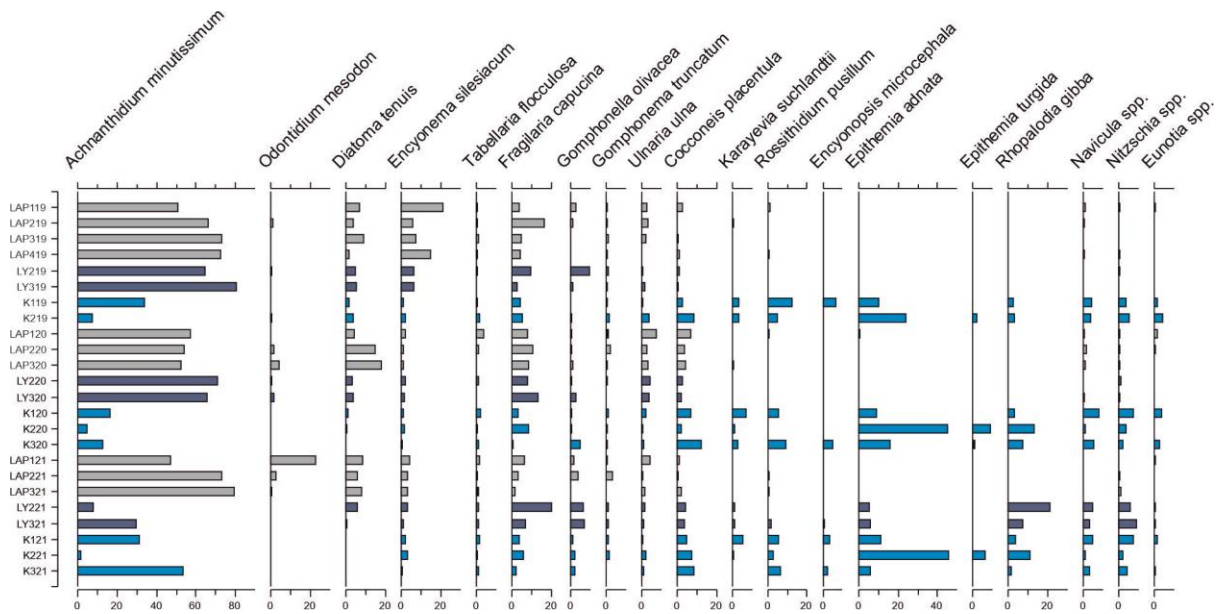
Piilevien lajilukumäärä oli Kapsajoessa korkeampi kuin Loukisen alueilla vuosina 2019 ja 2020, mutta vuonna 2021 lajimäärä oli korkein Loukisen yläjuoksun pisteillä (Kuva 4). Lajimäärä Loukisen pisteillä oli vuosina 2019 ja 2020 suunnilleen samalla tasolla tai jopa korkeampi alajuoksun näytepisteillä kuin yläjuoksun pisteillä ja pysyi suhteellisen muuttumattomana alajuoksun pisteillä myös vuonna 2021 (Kuva 4). Jokityypille ominaisten taksonien ekologiset laatusuhteet olivat pääsääntöisesti alhaisia ja indikoivat Loukisen pisteillä tyydyttävää tai sitä heikompaa tilaa (Kuva 4). Loukisen yläjuoksun näytepisteillä tyypille ominaisten taksonien laatusuhteet olivat alhaisimmillaan 2019 ja korkeimmillaan 2021 ja pysyivät suhteellisen muuttumattomina alajuoksun näytepisteillä (Kuva 4). Tyypille ominaisten taksonien laatusuhteet poikkesivat erinomaisesta tilasta myös Kapsajoessa, mikä viittaa siihen, että valtakunnalliset vertailuolot aliluokittelevat Lapin jokien piileviä. PMA indeksiin perustuvat ekologiset laatusuhteet vaihtelivat huomattavasti vähemmän. Tämän indeksin perusteella Loukisen näytepisteiden ekologinen tila oli pääosin hyvä ja Kapsajoen näytepisteiden erinomainen (Kuva 4). Indeksien yhdistetty ekologinen laatusuhde luokitti Loukisen näytepisteet pääosin tyydyttävään ja Kapsajoen näytepisteet hyvään ekologiseen tilaan (Kuva 4).

Useimmat Kapsajoessa melko runsaina tai runsaina esiintyvät lajit (kuvassa 5 heleänsinisellä) puuttuivat Loukisesta kokonaan tai niiden suhteelliset osuudet koko piileväyhteisöstä olivat paljon alhaisempia. Tällaisia ovat *Rhopalodia gibba*- ja *Epithemia*-lajit sekä *Navicula*, *Nitzschia* ja *Achnanthes* sensu lato (mm. *Rossithidium pusillum* ja *Karayevia suchlandtii*) – sukujen edustajat. Vastaavasti Loukisen (kuvassa 5 harmaalla tai tummansinisellä) runsaimpien lajien suhteelliset osuudet koko piileväyhteisöstä olivat alhaisia Kapsajoessa. Havaitut erot ovat merkittäviä. Muutamia lajeja (*Fragilaria capucina*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema/Gomphonella* – lajit ja *Tabellaria flocculosa*) esiintyi varsin tasaisesti molemmissa kohteissa. Loukisen dominoivien lajien runsaussuhteet olivat melko samanlaiset vuosina 2019 ja 2020, mutta vuonna 2021 havaitaan merkittävä muutos: Kapsajoessa runsaampina esiintyviä lajeja, joita ei aiempina vuosina esiintynyt Loukisessa lainkaan tai vähäisissä määrin, havaitaan huomattavissakin määrin (esim. *Rhopalodia gibba*, *Epithemia adnata*, *Navicula*- ja *Nitzschia*-lajit) (Kuva 5). Tämä on selvästi myös havaittavissa NDMS-ordinaatiossa, jossa kaikki Loukisen alajuoksun näytepisteet sekä yläjuoksun pisteet vuosina 2019 ja 2020 sijoittuvat hyvin lähelle toisiaan ja kauas Kapsajoen

näytepisteistä. Sen sijaan vuoden 2021 yläjuoksun näytteet sijoittuvat selvästi lähemmäs Kapsajoen näytepisteitä (Kuva 6).

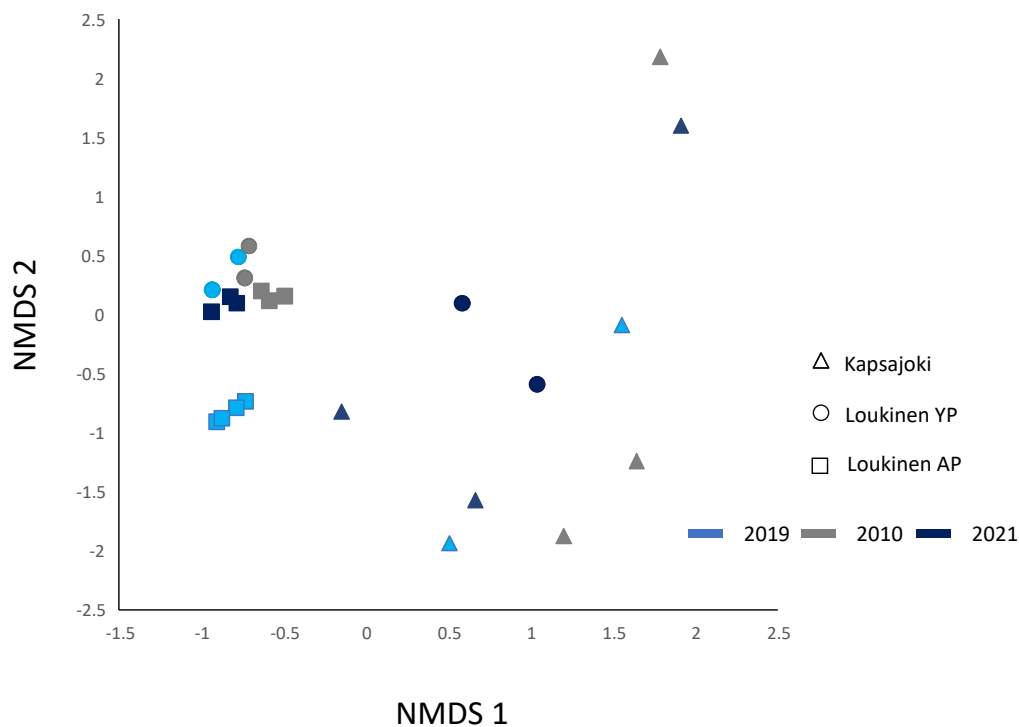


**Kuva 4.** Piilevien lajimäärän ja ekologisen luokittelun indeksien ekologisten laatusuhteiden vaihtelu. Indeksien ekologiset laatusuhteet on skaalattu siten, että erinomaisen ja hyvän tilan raja on 0,8 ja luokat tasavälisiä 0,2 yksikön välein.



**Kuva 5.** Piilevälajien suhteelliset osuudet.

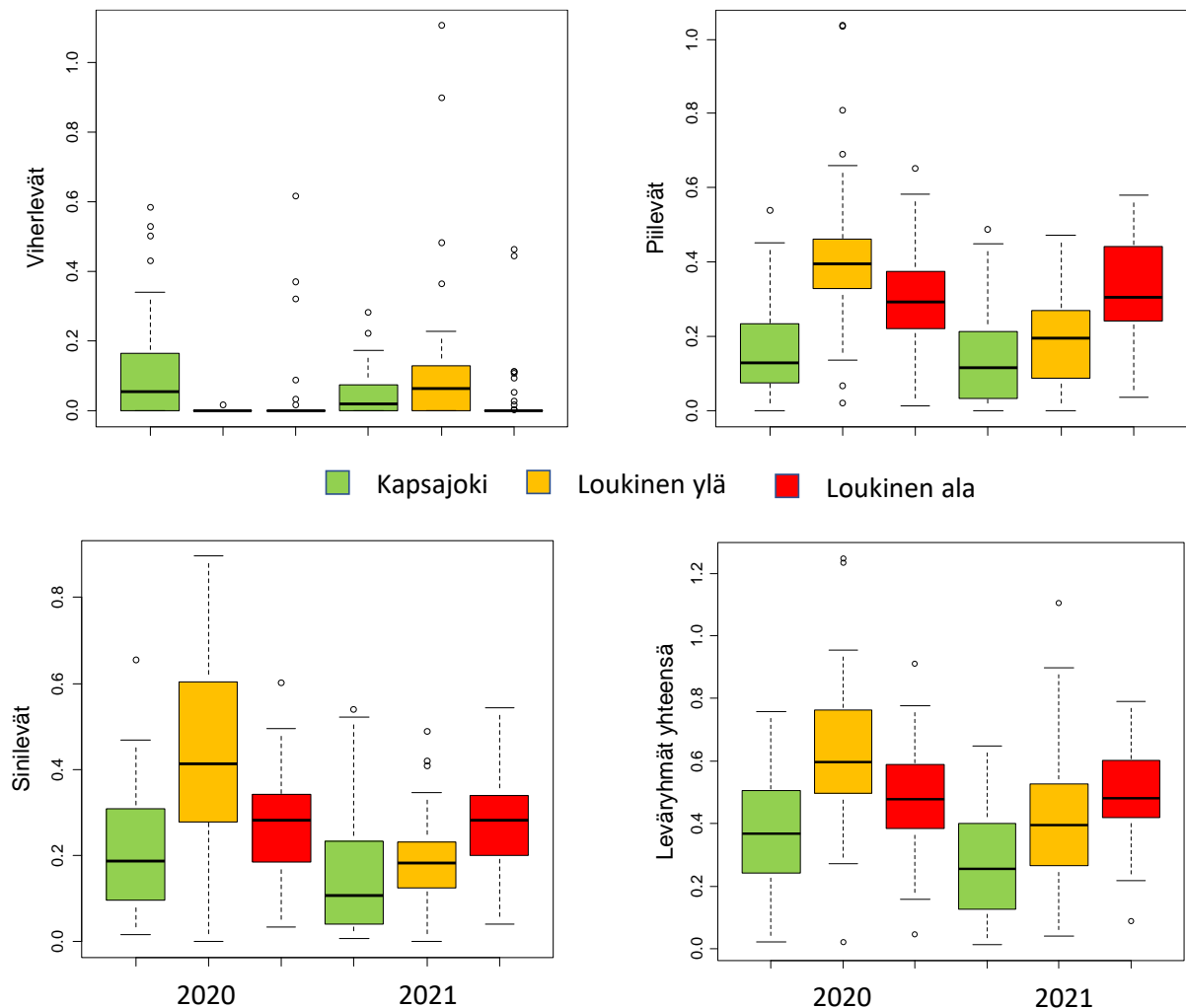
Lajiston muutos on selvästi myös havaittavissa NDMS-ordinaatiossa, jossa kaikki Loukisen alajuoksun näytenpisteet sekä yläjuoksun pisteet vuosina 2019 ja 2020 sijoittuvat hyvin lähelle toisiaan ja kauas Kapsajoen näytenpisteistä, sen sijaan vuoden 2021 yläjuoksun näytteet sijoittuvat selvästi lähemmäs Kapsajoen näytenpisteitä (Kuva 6).



**Kuva 6.** Piilevien NMDS ordinaatio.

## Levien biomassat

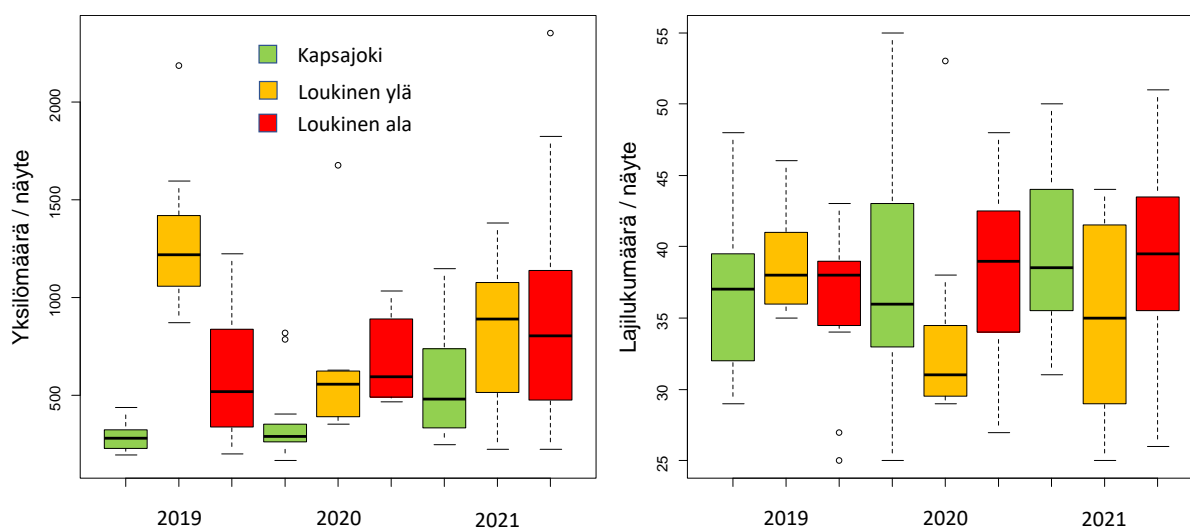
Viherlevien biomassat olivat korkeita yksittäisissä näytteissä, mutta keskimäärin biomassat vaihtelivat vain vähän, joskin biomassoissa oli selkeä nousu Loukisen yläjuoksun näytepisteillä vuonna 2021 (Kuva 7). Piilevien biomassat olivat jonkin verran korkeampia verrattuna viherleviin, mutta selkein muutos piilevien biomassoissa oli lasku Loukisen yläjuoksun näytepisteillä vuonna 2021 (Kuva 7). Sinilevien biomassat olivat suunnilleen samalla tasolla kuin piilevien biomassat, mutta sinilevissä muutos oli samankaltainen kuin piilevillä, eli biomassa aleni Loukisessa yläjuoksulla vuonna 2021 (Kuva 7).



**Kuva 7.** Optisesti mitatut levien biomassat (logaritmimuunnos).

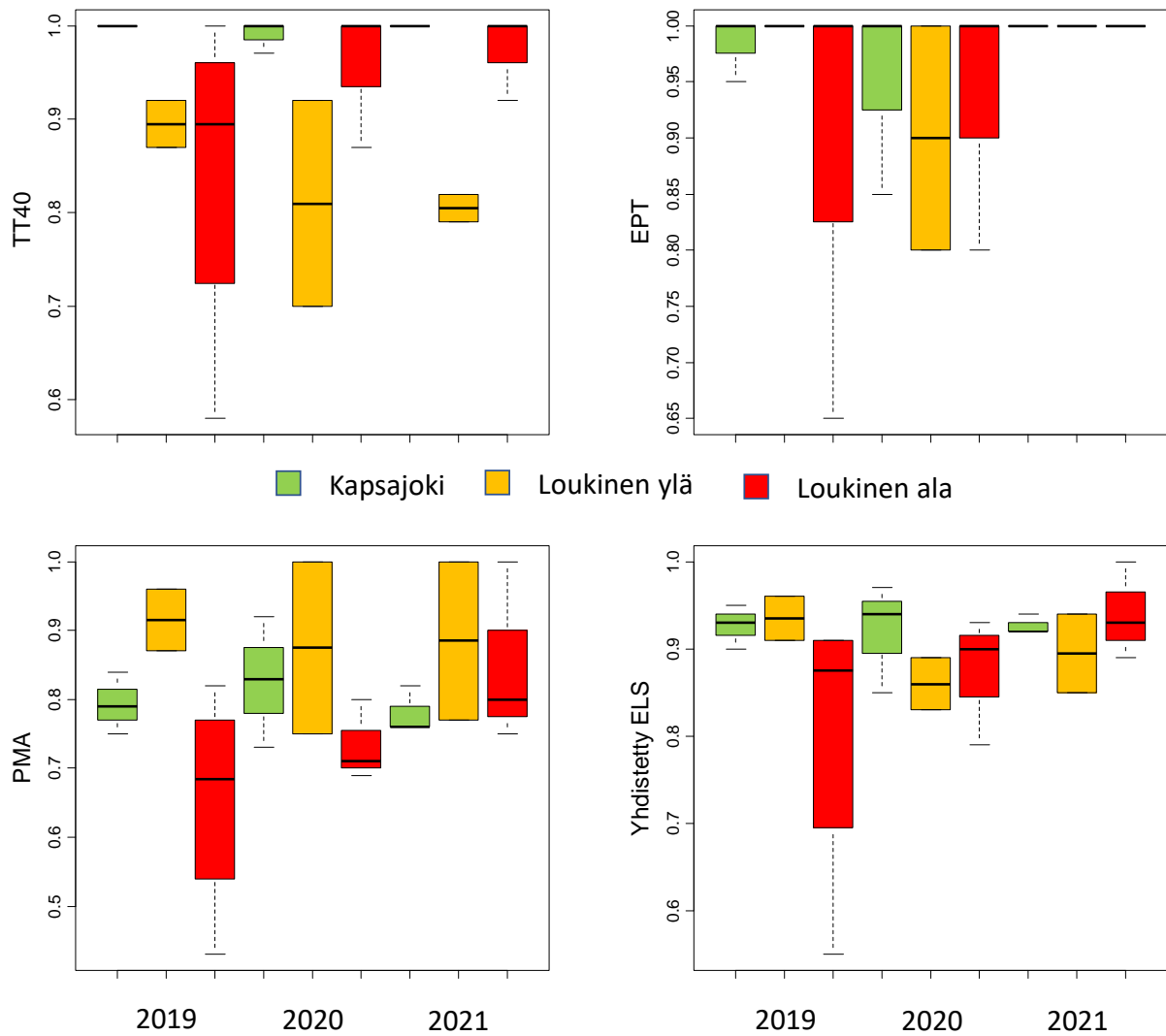
## Pohjaeläimet

Pohjaeläinten tiheydet olivat Loukisessa keskimäärin korkeampia kuin Kapsajoessa. Tiheydet olivat suhteellisen vakaita Loukisen alajuoksun näytepisteillä (Kuva 8). Loukisen yläjuoksun pisteiden pohjaeläintiheydet olivat poikkeuksellisen korkeita vuonna 2019, mutta pysyivät suunnilleen samalla tasolla alajuoksun pisteiden kanssa vuosina 2020 ja 2021. Kapsajoessa tiheydet jonkin verran nousivat vuonna 2021 (Kuva 8). Lajimäärät olivat Kapsajoen ja Loukisen alajuoksun pisteillä samalla tasolla, joskin muutamista Loukisen suvantomaisen näytealueen rinnakkaisnäytteestä (vuosi 2019) tavattiin selvästi vähemmän lajeja kuin muilta pisteiltä (Kuva 8). Loukisen yläjuoksun lajimäärä oli alhainen vuonna 2020, mutta nousi jonkin verran vuonna 2021.



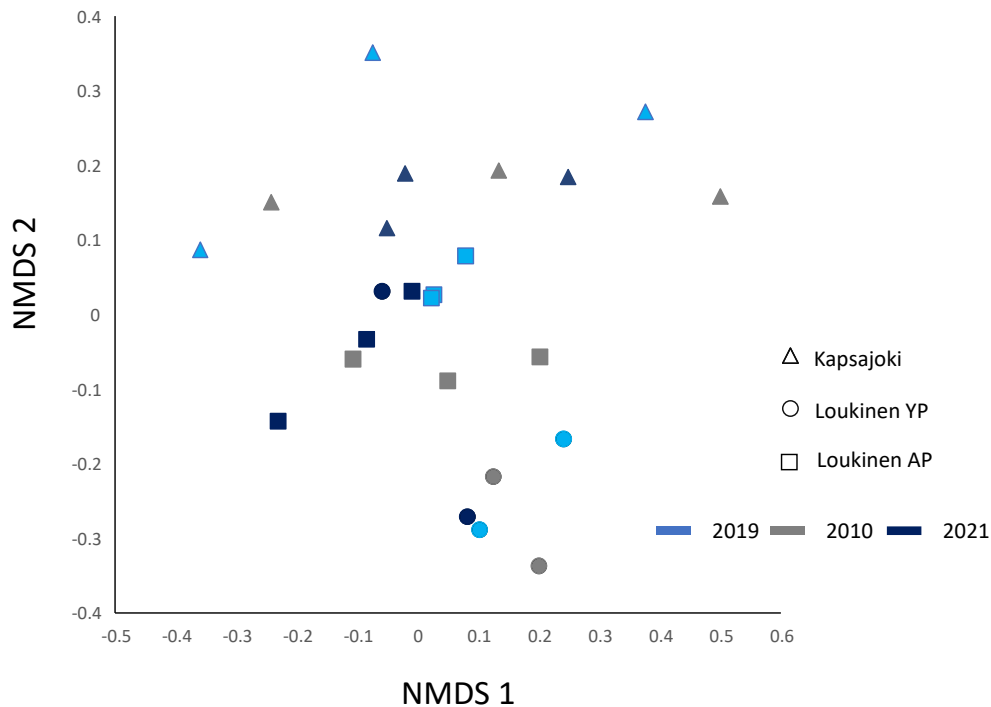
Kuva 8. Pohjaeläintiheyksien ja lajilukumäärän vaihtelu. Loukisen alaosan suvantomaisen alueen näyte on mukana vuoden 2019 arvoissa.

Pohjaeläinten ekologisen luokittelun indeksit luokittivat Kapsajoen ja Loukisen näytepisteet pääosin erinomaiseen tilaan (Kuva 9). Loukisen alajuoksun suvantomainen näytepaikka alensi alueen ekologista tilaa vuonna 2019, mutta muutoin alueen ekologinen tila oli pääosin erinomainen. PMA indeksi luokitti alajuoksun näytepisteitä myös hyvää heikompaan tilaan, mutta vastaava ilmiö oli havaittavissa myös Kapsajoen näytepisteillä. Piileviin verrattavia muutoksia Loukisen yläjuoksulla ei havaittu (Kuva 9).



**Kuva 9.** Pohjaeläinten ekologisen luokittelun indeksien ekologiset laatusuhteet. Loukisen alajuoksun suvantoalueen näyte on mukana vuoden 2019 muuttujien arvoissa.

Pohjaeläinten NMDS ordinaatiossa näytealueet (Kapsajoki, Loukisen ylä- ja alajuoksu) erottuivat omiksi ryhmikseen (Kuva 10). Loukisen alajuoksun näytteet sijoittuivat lähemmäs Kapsajoen näytteitä kuin yläjuoksun näytteet, mutta vuonna 2021 yläjuoksun toisen näyten pisteen lajisto oli samankaltaista alajuoksun lajistoon verrattuna (Kuva 10).



**Kuva 10.** Pohjaeläinten NMDS ordinaatio.

### Tulosten tarkastelu

Luotettava ympäristövaikutusten seuranta edellyttää näytteenottoa ennen ja jälkeen toiminnan aloittamista sekä seuranta kohteissa, joihin toiminta ei vaikuta. Loukisen seuranta toteutettiin tällä periaatteella. Lisäksi seurantaan otettiin myös Loukisen pisteitä, joihin kaivosvedet ovat vaikuttaneet ennen putken käyttöönottoa. Tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että putken kautta johdetut puhdistetut kaivosvedet eivät ole merkittävästi vaikuttaneet Loukisen alajuoksun eliöstöön, mutta kuormituksen aleneminen putken yläpuolisella alueella on vaikuttanut positiivisesti päällykslevästöön. Näytepisteiden kenttämittausten sähköjohtavuus oli Loukisessa selvästi korkeampaa kuin Kapsajoessa, minkä lisäksi sähköjohtavuus nousi alajuoksulla ja laski sen yläjuoksulla vuonna 2021. Vesi- ja etenkin sedimenttinäytteiden tulokset olivat vaihtelevampia, joskin veden ravinnepitoisuuksissa oli saamansuuntaisia muutoksia kuin sähköjohtavuudessa.

Sekä Loukisen että Kapsajoen piilevänäytteitä dominoivat kosmopoliitit, yleisinä järvi- ja virtavesissä esiintyvät piilevät, jotka ovat pääosin neutraalia veden pH-tasoa suosivia (Krammer & Lange-Bertalot 1999–2004). Kapsajoessa runsailla *Rhopalodia gibba*- ja



*Epithemia*-lajeilla on tyyppeä sitovia syanobakteereja endosymbiontteina, mikä antaa niille kilpailuedun vesistöissä, joissa on alhainen typpipitoisuus (DeYoe ym. 1992; Stancheva ym. 2013). Loukisen piilevähäyhteisöjä dominoivien lajien *Encyonema silesiacum*, *Achnanthydium minutissimum*, *Odontidium mesodon* ja *Diatoma tenuis* on aiemmissa tutkimuksissa havaittu runsastuneen kaivosjätevesien vaikutuksen alaisissa vesistöissä (esim. Bahls, 2016; Cattaneo ym. 2004; Tuovinen ym. 2012, Leppänen ym. 2017). Nämä lajit sietävät luontaisia populaatioita paremmin jätevesien korkeita metallipitoisuuksia (jolloin lajien kuoret ovat kuitenkin usein epämuodostuneita) ja sulfaattipitoisuuksia (suolaisuutta). Loukisen alajuoksun näytteissä ei siis havaittu suuria eroja ennen ja jälkeen purkupuutken rakentamisen. Sen sijaan purkupuutken yläjuoksun näytepisteissä havaittiin selvä muutos piilevälajistossa vuonna 2021, jolloin kaivosjätevesiä ilmentävien lajien osuus kokonaislajistosta väheni selvästi ja Kapsajoessa runsaina esiintyvät lajit lisääntyivät, erityisesti ne, jotka hyötyvät laskeneesta veden typpipitoisuudesta. Muutokset olivat havaittavissa myös optisesti mitatuissa pii- ja sinilevien biomassoissa, jotka olivat Loukisen yläjuoksulla selvästi alhaisempia vuonna 2021 kuin aiempina vuosina.

Pohjaeläinten yksilömäärät olivat suhteellisen korkeita kaikilla näytepisteillä, eikä niissä havaittu systemaattisia muutoksia. Purkupuutken vaikutuksiin viittaavia muutoksia ei havaittu myöskään pohjaeläinten lajilukumäärässä. Loukisen yläjuoksun pisteillä lajimäärässä oli jonkin verran vaihtelua, mutta alhaisin lajimäärä havaittiin vuonna 2020 ja korkein 2019. Kapsajoesta ja Loukisen alaosan näytteistä havaittiin silmälläpidettäväksi luokiteltu puolansukeltajasurvinen (*Baetis Liebenauae*). Lisäksi havaittiin kirjojokikorento (*Ophiogomphus cecilia*), joka on luontodirektiivin liitteen IV(a) tiukkaa suojelua edellyttävä laji.

Piilevien ekologisen luokittelun indeksit luokittivat Kapsajoen hyvään ja Loukisen tyydyttävään ekologiseen tilaan. Lajiston palautuminen näkyi ekologisen luokittelun tuloksissa vain heikosti. Pohjaeläimillä ekologinen tila oli pääosin erinomainen, mutta lajiston koostumusta mittaava PMA indeksi luokitti näytepisteitä erinomaista heikompaan tilaan. Tämä viittaa siihen, että geologian perusteella määritellyistä jokityypeistä puuttuu valtakunnallisille tyypeille ominaisia lajeja sekä siihen, että lajien runsaussuhteet ovat erilaisia jokityyppien välillä. Ekologisen luokittelun vertailuolot perustuvat ensisijaisesti maantieteelliseen sijaintiin, vesistön kokoon ja veden humuspitoisuuteen. Valuma-alueen geologiset muodostumat voivat kuitenkin voimakkaasti vaikuttaa vesistöihin ilman kaivostoimintaakin ja viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että Lapin alueen mineraaliesiintymien vaikutus voidaan selvästi

nähdä myös jokien piilevien ja pohjaeläinten lajiston koostumuksessa (Mykrä ym. 2021). Vastaavia havaintoja valuma-alueen geologian vaikutuksesta on raportoitu myös muualta ja tutkijoiden keskuudessa on voimistunut käsitys siitä, että geologiset olosuhteet tulisi erikseen huomioida alueilla, joissa nämä poikkeavat tavanomaisista (Schmidt ym. 2014).

### **Suosituksia seurannan jatkoon**

Loukisen purkuputken vaikutusten seuranta on toteutettu asetelmalla, jossa voidaan erottaa putken vaikutus ennen sen käyttöönottoa vallinneeseen tilaan. Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, ettei putken alajuoksun alueilla ole tapahtunut merkittäviä muutoksia Loukisen piilevä- tai pohjaeläinlajistossa. Putken yläjuoksun alueen seurannan perusteella näyttäisi toisaalta siltä, että eliöstö alkaa palautumaan kuormituksen loputtua. Seuranta kannattaa jatkaa sen nykyisessä muodossa myös tulevaisuudessa. Kaivoksella on myös oma seuranta, josta kannattaa hyödyntää tuloksia Loukisen alajuoksun Sikanivan ja yläjuoksun Kairosennivan pisteiltä tai näytteenoton puuttuessa lisätä näytteenotot näille pisteille.

Lapinkaiku-hankkeessa on tuotettu vertailuolot Lapin mineraalivaikutteisten alueiden jokien ekologisen luokittelun muuttujille (Mykrä ym. 2019). Hankkeessa kehitetyt vertailuolot kuvaavat paremmin lapin mineraalivaikutteisten vesistöjen biologisia yhteisöjä, joten Loukisen muutosten arviointia kannattaa jatkossa tehdä myös näiden vertailuolojen perusteella.

Sedimenttinäytteiden ajatuksena oli saada tietoa kertänäytteenottoa pidemmältä ajanjaksolta, mutta näytteenotto hiekkaisilta koskipohjilta ei välttämättä ollut paras ratkaisu ja näytteenottoa olisi todennäköisesti kannattanut tehdä hitaammin virtaavien alueiden pohjilta. Sedimenttinäytteiden sijaan jatkossa voisi kuitenkin olla järkevämpää käyttää passiivikeräimiä (Ahkola & Siimes 2022). Passiivikeräimet keräävät tarkasteltavaa yhdistettä tietyn pituisen ajan jakson, joka voi olla päivistä viikkoihin tai jopa kuukausiin keräintyyppistä ja altistusolosuhteista riippuen.

### **Kirjallisuus**

Ahkola, H. & Siimes, K. 2022. Passiivikeräimien käyttö vesien haitta-aineseurannassa.

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46.

- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. 2019: Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella – Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 37 | 2019. 182 s.
- Bahls, L. 2016. *Encyonema silesiacum*. In *Diatoms of North America*. Retrieved December 19, 2022, from [https://diatoms.org/species/encyonema\\_silesiacum](https://diatoms.org/species/encyonema_silesiacum).
- Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J., Cameron N.G., Bennion H., Carvalho L. & Juggins S. (2001) Diatoms. In: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments* (Ed. by J. P. Smol, H. J. B. Birks, W. M. Last), pp. 155–202. Springer, Netherlands.
- Cattaneo A., Couillard Y., Wunsam S. & Courcelle M. 2004. Diatom taxonomic and morphological changes as indicators of metal pollution and recovery in Lac Dufault (Quebec, Canada). *Journal of Paleolimnology* 32: 149–162.
- DeYoe, H.R., Lowe, R.L. & Marks, J.C. 1992. Effects of nitrogen and phosphorus on the endosymbiont load of *Rhopalodia gibba* and *Epithemia turgida* (Bacillariophyceae) *Journal of Phycology* 28: 773-777. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1992.00773.x>
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1999) Bacillariophyceae 1 Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 pp.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1999. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 610 pp.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 2000. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 598 pp.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 2004. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Achnanthes s.l., Navicula s.str., Gomphonema. In: Ettl H., Gärtner G.,

- Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 468 pp.
- Leppänen, J.J., Weckström, J. & Korhola, A. 2017. Multiple mining impacts induce widespread changes in ecosystem dynamics in a boreal lake. *Scientific Reports* 7: 10581, DOI:10.1038/s41598-017-11421-8 1.
- Mykrä, H., Kuoppala, M., Turunen, J., Vilmi, A. & Karjalainen, S.M. 2019. Valuma-alueen geologian vaikutus vesistöjen ekologisen tilan arviointiin: Suosituksia kaivosten ympäristövaikutusten seurantaan. Raportissa: Hatakka, T., Nykänen, V., Pietilä, R. & Karjalainen, S.M. (toim.). Lapin kaivoskeskittymän kumulatiivisten ympäristövaikutusten arviointi ja hallinta. Lapin Kaiku -projektin loppuraportti. GTK:n työraportti 66/2019. S. 138–161.
- Mykrä, H., Kuoppala, M., Nykänen, V., Tolonen, K., Turunen, J., Vilmi, A. & Karjalainen, S.M. 2021. Assessing mining impacts: The influence of background geochemical conditions on diatom and macroinvertebrate communities in subarctic streams. *Journal of Environmental Management* 278: 111532.
- Schmidt, T. S., W. H. Clements, R. B. Wanty, P. L. Verplanck, S. E. Church, C. A. San Juan, D. L. Fey, B. W. Rockwell, E. H. DeWitt, and T. L. Klein. 2012. Geologic processes influence the effects of mining on aquatic ecosystems. *Ecological Applications* 22: 870-879.
- Stancheva, R., Sheath, R.G., Read, B.A., McArthur K.D., Schroepfer, C, Kociolek, J.P., Fetcher, A.E. 2013. Nitrogen-fixing cyanobacteria (free-living and diatom endosymbionts): Their use in southern California stream bioassessment. *Hydrobiologia* 720: 111–127.

Tuovinen, N., Weckström, K., Salonen, V.-P. 2012. Impact of mine drainage on diatom communities of Orijärvi and Määrjärvi, lakes in SW Finland. *Boreal Environment Research* 17: 437–446.

Underwood, A.J. 1994. Beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications* 4: 3-15.

## **Liitteet**

**Liite 1.** Näytepisteiden koordinaatit. Näytepisteiden järjestysnumero kasvaa alajuoksun suuntaisesti.

Paikka	ETRS N	ETRS E
Kapsajoki 1	7529905	419078
Kapsajoki 2	7529446	418791
Kapsajoki 3	7529112	418745
Loukinen AP1	7523482	417524
Loukinen AP2	7523075	417784
Loukinen AP3	7522686	417714
Loukinen AP4	7524138	413915
Loukinen YP2	7523625	424613
Loukinen YP3	7523525	425037

## Liite 2. Piilevien muuttujien sekamallien tulokset

Piilevien lajimäärän lineaarisen sekamallin kertoimet. Jokaista mallin termiä on verrattu Kapsajoen vuoden 2019 lajimäärän keskiarvoon. Vuoden ja alueen yhdistelmät ovat yhdysvaikutuksia.

Vaihtelun lähde	kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	40.000	3.203	9	12.489	0.000
vuosi 2020	1.667	4.135	9	0.403	0.696
Vuosi 2021	-9.667	4.135	9	-2.338	0.044
Loukinen ylä	-25.500	4.530	6	-5.630	0.001
Loukinen ala	-20.250	3.923	6	-5.162	0.002
2020:Loukinen ylä	1.333	6.133	9	0.217	0.833
2021:Loukinen ylä	33.167	6.133	9	5.408	<b>&lt;0.001</b>
2020:Loukinen ala	1.917	5.391	9	0.356	0.730
2021:Loukinen ala	6.917	5.391	9	1.283	0.232

Piilevien tyypille ominaisten taksonien (TT40) ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.615	0.044	9	13.998	<0.001
vuosi 2020	0.022	0.057	9	0.382	0.711
Vuosi 2021	-0.085	0.057	9	-1.499	0.168
Loukinen ylä	-0.255	0.062	6	-4.104	0.006
Loukinen ala	-0.158	0.054	6	-2.927	0.026
2020:Loukinen ylä	0.003	0.084	9	0.040	0.969
2021:Loukinen ylä	0.275	0.084	9	3.269	<b>0.010</b>
2020:Loukinen ala	-0.006	0.074	9	-0.079	0.939
2021:Loukinen ala	0.068	0.074	9	0.913	0.385

Piilevien PMA indeksin ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.919	0.112	9	8.238	<0.001
vuosi 2020	-0.165	0.101	9	-1.632	0.137
Vuosi 2021	-0.122	0.101	9	-1.204	0.259
Loukinen ylä	-0.329	0.165	6	-1.995	0.093
Loukinen ala	-0.294	0.141	6	-2.087	0.082
2020:Loukinen ylä	0.205	0.147	9	1.394	0.197
2021:Loukinen ylä	0.032	0.147	9	0.217	0.833
2020:Loukinen ala	0.201	0.132	9	1.516	0.164
2021:Loukinen ala	0.121	0.132	9	0.911	0.386

Piilevien yhdistetyn ekologisen luokittelun ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.751	0.062	9	12.117	0.000
vuosi 2020	-0.056	0.070	9	-0.803	0.443
Vuosi 2021	-0.088	0.070	9	-1.256	0.241
Loukinen ylä	-0.276	0.089	6	-3.110	0.021
Loukinen ala	-0.210	0.077	6	-2.741	0.034
2020:Loukinen ylä	0.089	0.102	9	0.865	0.409
2021:Loukinen ylä	0.138	0.102	9	1.346	0.211
2020:Loukinen ala	0.083	0.091	9	0.906	0.388
2021:Loukinen ala	0.079	0.091	9	0.870	0.407

### Liite 3. Leväbiomassojen sekamallien tulokset

Viherlevien biomassojen lineaarisen sekamallin kertoimet. Jokaista mallin termiä on verrattu Kapsajoen vuoden 2020 leväryhmien keskiarvoihin. Vuoden ja alueen yhdistelmät ovat yhdysvaikutuksia.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.1082	0.0158	309	6.847	0.000
2021	-0.0633	0.0218	309	-2.906	0.004
Loukinen ylä	-0.1077	0.0250	5	-4.314	0.008
Loukinen ala	-0.0840	0.0223	5	-3.760	0.013
2021:Loukinen ylä	0.1906	0.0344	309	5.532	<b>&lt;0.001</b>
2021:Loukinen ala	0.0632	0.0308	309	2.052	<b>0.041</b>

Piilevien biomassojen lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.1624	0.0215	309	7.572	0.000
2021	-0.0278	0.0251	309	-1.109	0.268
Loukinen ylä	0.2605	0.0339	5	7.680	0.001
Loukinen ala	0.1434	0.0303	5	4.728	0.005
2021: Loukinen ylä	-0.1990	0.0397	309	-5.016	<b>&lt;0.001</b>
2021:Loukinen ala	0.0500	0.0355	309	1.409	0.160

Sinilevien biomassojen lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.2028	0.0281	309	7.207	<b>&lt;0.001</b>
2021	-0.0494	0.0245	309	-2.017	0.045
Loukinen ylä	0.2333	0.0445	5	5.243	0.003
Loukinen ala	0.0811	0.0398	5	2.036	0.097
2021: Loukinen ylä	-0.1997	0.0387	309	-5.158	<b>&lt;0.001</b>
2021:Loukinen ala	0.0395	0.0346	309	1.140	0.255

Levien kokonaisbiomassan lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.371	0.034	309	11.077	<0.001
2021	-0.097	0.032	309	-3.037	0.003
Loukinen ylä	0.270	0.053	5	5.091	0.004
Loukinen ala	0.109	0.047	5	2.307	0.069
2021: Loukinen ylä	-0.136	0.050	309	-2.699	<b>0.007</b>
2021:Loukinen ala	0.110	0.045	309	2.445	<b>0.015</b>

#### Liite 4. Pohjaeläinmuuttujien sekamallien tulokset

Pohjaeläinten lajimäärän lineaarisen sekamallin kertoimet. Jokaista mallin termiä on verrattu Kapsajoen vuoden 2019 lajimäärän keskiarvoon. Vuoden ja alueen yhdistelmät ovat yhdysvaikutuksia.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	36.250	2.041	85	17.763	<0.001
vuosi 2020	1.000	2.495	85	0.401	0.690
Vuosi 2021	3.833	2.495	85	1.537	0.128
Loukinen ylä	2.625	3.227	6	0.814	0.447
Loukinen ala	0.313	2.700	6	0.116	0.912
2020:Loukinen ylä	-5.875	3.944	85	-1.489	0.140
2021:Loukinen ylä	-7.708	3.944	85	-1.954	<b>0.054</b>
2020:Loukinen ala	0.344	3.445	85	0.100	0.921
2021:Loukinen ala	-1.239	3.445	85	-0.360	0.720

Pohjaeläintiheyksien lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	2.453	0.085	85	28.798	<0.001
vuosi 2020	0.053	0.076	85	0.702	0.484
Vuosi 2021	0.241	0.076	85	3.161	0.002
Loukinen ylä	0.646	0.135	6	4.800	0.003
Loukinen ala	0.256	0.113	6	2.276	0.063
2020:Loukinen ylä	-0.399	0.120	85	-3.313	0.001
2021:Loukinen ylä	-0.483	0.120	85	-4.014	<b>&lt;0.001</b>
2020:Loukinen ala	-0.018	0.106	85	-0.165	0.870
2021:Loukinen ala	-0.137	0.106	85	-1.287	0.202



Pohjaeläinten tyypille ominaisten taksonien (TT40) ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	1.000	0.074	10	13.593	0.000
vuosi 2020	-0.010	0.041	10	-0.247	0.810
Vuosi 2021	0.000	0.041	10	0.000	1.000
Loukinen ylä	-0.105	0.116	6	-0.903	0.402
Loukinen ala	-0.158	0.097	6	-1.618	0.157
2020:Loukinen ylä	-0.075	0.064	10	-1.171	0.269
2021:Loukinen ylä	-0.090	0.064	10	-1.405	0.190
2020:Loukinen ala	0.050	0.057	10	0.876	0.402
2021:Loukinen ala	0.057	0.057	10	0.993	0.344

Pohjaeläinten EPT -heimojen ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.9833	0.0707	10	13.900	0.000
vuosi 2020	-0.0333	0.0530	10	-0.628	0.544
Vuosi 2021	0.0167	0.0530	10	0.314	0.760
Loukinen ylä	0.0167	0.1119	6	0.149	0.886
Loukinen ala	-0.0708	0.0936	6	-0.757	0.478
2020:Loukinen ylä	-0.0667	0.0839	10	-0.795	0.445
2021:Loukinen ylä	-0.0167	0.0839	10	-0.199	0.847
2020:Loukinen ala	-0.0087	0.0744	10	-0.117	0.909
2021:Loukinen ala	0.0079	0.0744	10	0.107	0.917

Pohjaeläinten PMA indeksin ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

Vaihtelun lähde	Kerroin	S.E.	DF	t	P
Vakio	0.793	0.066	10	11.987	0.000
vuosi 2020	0.033	0.094	10	0.356	0.729
Vuosi 2021	-0.013	0.094	10	-0.142	0.890
Loukinen ylä	0.122	0.105	6	1.163	0.289
Loukinen ala	-0.138	0.088	6	-1.580	0.165
2020:Loukinen ylä	-0.073	0.148	10	-0.496	0.631
2021:Loukinen ylä	-0.017	0.148	10	-0.113	0.913
2020:Loukinen ala	0.045	0.128	10	0.351	0.733
2021:Loukinen ala	0.208	0.128	10	1.626	0.135

Pohjaeläinten yhdistetyn ekologisen luokittelun ekologisten laatusuhteiden lineaarisen sekamallin kertoimet.

<b>Vaihtelun lähde</b>	<b>Kerroin</b>	<b>S.E.</b>	<b>DF</b>	<b>t</b>	<b>P</b>
Vakio	0.927	0.072	10	12.903	0.000
vuosi 2020	-0.007	0.030	10	-0.225	0.826
Vuosi 2021	0.000	0.030	10	0.000	1.000
Loukinen ylä	0.008	0.114	6	0.073	0.944
Loukinen ala	-0.124	0.095	6	-1.307	0.239
2020:Loukinen ylä	-0.068	0.047	10	-1.461	0.175
2021:Loukinen ylä	-0.040	0.047	10	-0.855	0.412
2020:Loukinen ala	0.000	0.042	10	0.011	0.991
2021:Loukinen ala	0.060	0.042	10	1.449	0.178