



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Sivuvirtojen hyödyntäminen kaivannaisjätteen peittoratkaisuissa – Lysimetrikokeet kaivosympäristössä

Ville-Pekka Paalumäki

Maaperägeologia
Pro gradu -tutkielma
Laajuus: 30 op

18.6.2023

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Maaperägeologia

Tekijä: Ville-Pekka Paalumäki

Otsikko: Sivuvirtojen hyödyntäminen kaivannaisjätteen peittoratkaisuissa – Lysimetrikokeet kaivosympäristössä

Ohjaajat: Eila Hietaharju, Teemu Karlsson

Sivumäärä: 74 s. + 38 liite s.

Päivämäärä: 18.6.2023

Metallimalmien rikastuksen olennaisimman ympäristövaikutuksen aiheuttaa hapan kaivosvalunta (Acid Mine Drainage; AMD), jonka laukaisee kaivannaisjätteiden sisältämien sulfidien hapettuminen. Sulfidihapettumisesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta on mahdollista hallita, mikäli siihen puututaan heti hapettumisprosessin käynnistyttyä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden teollisuudenalan sivuvirran soveltuvuutta kaivannaisjätteen peittorakenteeseen, ja arvioida lysimetrikokein suoritettavaa kenttätestausta kaivosympäristössä.

Työn taustalla ovat Geologian tutkimuskeskuksen omarahoitteiset TUMMELI (2017–2020) ja SMARTT (2021–2023) -projektit, sekä Oulun yliopiston, GTK:n ja Suomen ympäristökeskuksen toteuttama EAKR-rahoitteinen KAIVASU-hanke (hankekoodi A75259, 2019–2021), joista kerätyn datan analysointiin tämä tutkimus perustuu. Osana projekteja tutkittiin sekundääristen raaka-aineiden soveltuvuutta kaivannaisjätteen peittomateriaaliksi Särkiniemen (Leppävirta, Pohjois-Savo) ja Hituran (Nivala, Pohjois-Pohjanmaa) kaivosalueilla.

Särkiniemen lysimetrikokeessa murskatun sivukiven moreenipeittoon lisättiin kerros biokaasun tuotannosta peräisin olevaa mädätysjäännöstä, ja Hituran lysimetrikokeessa rikastushiekan moreenipeittoon lisättiin kerros paperiteollisuudesta peräisin olevaa Opa-sakkaa/kuitusavea. Lysimetriin sijoitettiin kosteus- ja happianturit sekä vesimäärälaskurit, joista koostettiin kuukausittaiset ja koko tutkimusjakson kattavat box & whisker kaaviot. Läpi suotautuneesta vedestä kerätyistä näytteistä analysoitiin pH-, sulfaatti- ja metallipitoisuuksia. Lopuksi suotovesien analyysituloksille, kokonaisvesimäärille sekä happi- ja kosteusanturien tuloksille suoritettiin korrelaatioanalyysi.

Hituran ja Särkiniemen lysimetrikokeissa osoittautui, että orgaaniset mädäke-, Opa-sakka- ja kuitusavikerrokset pidättävät vettä kaksi-kolme kertaa painonsa verran, jolloin hapan kulkeutuminen peittorakenteen läpi todennäköisesti vähenee. Tehokkaampaan vedenpidättymiseen voi liittyä kasvava reagointiaika peitetyn materiaalin ja peittorakenteen sisältämien alkuaineiden läpi suotautuvan veden kanssa.

Särkiniemen lysimetrikokeen biokaasuntuotannosta peräisin oleva mädätysjäännös ei todennäköisesti sovellu sivukiven peittomateriaaliksi sen sisältämän runsaan herkkäliukoisen sinkin vuoksi. Lysimetrikokeen perusteella Hituran rikastushiekka voidaan peittää puunjalostusteollisuuden kuitusavella, mutta se ei poista ympäristövaikutusta, jossa rikastushiekasta peräisin oleva magnesium mobilisoi sulfaattia.

Lysimetrikokeet sijoitettiin Hituraan ja Särkiniemeen, jotta paikallisten muuttujien vaikutusta peittorakenteisiin voitiin havainnoida, mutta mikäli koejärjestelyjä ei ole mahdollista huoltaa tasaisesti ympäri vuoden, menetetään data, jota tavoitellaan sijoittamalla koe *in situ* kaivosympäristöön.

Avainsanat: AMD, Kaivosympäristötutkimus, Lysimetri, Peittorakenne, Peittoratkaisu, Rikastushiekka, Sulfidihapettuminen

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	2
2. SULFIDIMALMIEN LOUHINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	3
2.1 Rikastushiekan ja sivukiven peittäminen	6
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
3.1 Tutkimuskohteet	7
3.1.1 Hitura	7
3.1.2 Särkiniemi	8
3.2 Koejärjestelyt ja instrumentointi	9
4. TULOKSET	19
4.1 Peittorakenteiden vaikutus happipitoisuuksiin	19
4.1.1 Särkiniemi	19
4.1.2 Hitura	25
4.2 Peittorakenteiden vesipitoisuudet	30
4.2.1 Särkiniemi	30
4.2.2 Hitura	38
4.3 Peittojen läpi suotautuneet vesimäärät	44
4.4 Alkuaineet ja pH suotovesissä	47
4.5 Korrelaatio ja sirontakuviomatriisi	51
5. TULOSTEN TULKINTA	58
5.1 Särkiniemen anturiaineisto	58
5.2 Särkiniemen geokemialliset näytteet	60
5.3 Hituran anturiaineisto	63
5.4 Hituran geokemialliset näytteet	65
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	68
7. KIITOKSET	69
8. KIRJALLISUUS	70
LIITTEET 1-4	

1. JOHDANTO

Maantieteellisen Suomen kallioperästä on metallisia malmeja hyödynnetty jo ainakin viidensadan vuoden ajan (Puustinen 2003). Viime vuosisadan alkupuolella geologista tutkimusta keskitettiin metallogeenisiin vyöhykkeisiin, jota siivitti aktiivinen kansannäytetoiminta. 1900-luvun puoliväliin mennessä metallimalmien louhinnasta oli tullut suurimittakaavaista liiketoimintaa. Kaivostoiminnan ympäristövaikutuksia ei kuitenkaan usein kyetty hoitamaan asianmukaisesti Metallimalmien rikastuksen olennaisimman ympäristövaikutuksen aiheuttaa hapan kaivosvalunta (Acid Mine Drainage; AMD), jonka laukaisee kaivannaisjätteiden sisältämien sulfidien hapettuminen. Sulfidihapettumisesta aiheutuvaa ympäristökuormitusta on mahdollista hallita, mikäli siihen puututaan heti hapettumisprosessin käynnistyttyä.

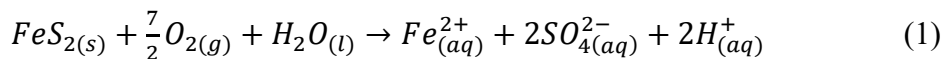
Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden teollisuudenalan sivuvirran soveltuvuutta kaivannaisjätteen peittorakenteeseen, ja arvioida lysimetrikokein suoritettavaa kenttätestausta kaivosympäristössä. Kaivannaisjätteiden peittorakenteet ovat ratkaisevassa asemassa jätealueiden sulkemisen onnistumisessa: ne ovat kalliita pitkäaikaisia rakenteita, joiden toimivuus pitäisi pystyä varmistamaan jo ennen kaivannaisjätteen läjittämisen aloittamista (Kauppila et al. 2011). Sekundääristen sivuvirtojen käytöllä vähennetään jätteiden loppusijoituksen ympäristövaikutuksia, ja säästetään primäärisiä luonnonvaroja.

Työn taustalla ovat Geologian tutkimuskeskuksen omarahoitteiset TUMMELI (2017–2020) ja SMARTT (2021–2023) -projektit, sekä Oulun yliopiston, GTK:n ja Suomen ympäristökeskuksen toteuttama EAKR-rahoitteinen KAIVASU-hanke (hankekoodi A75259, 2019–2021), joista kerätyn datan analysointiin tämä tutkimus perustuu. Projekteissa kehitettiin osaamista kaivannaisjätealueiden peittorakennetutkimuksissa ja testattiin erilaisten sekundääristen raaka-aineiden soveltuvuutta kaivannaisjätteen peittomateriaaliksi Särkiniemen (Leppävirta, Pohjois-Savo) ja Hituran (Nivala, Pohjois-Pohjanmaa) kaivosalueilla.

2. SULFIDIMALMIEN LOUHINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Suomen maantieteellisellä alueella on vuosien 1530–2001 välillä louhittu metallimalmeja yhteensä yli 400 kaivoksesta (Puustinen 2003). Metallit esiintyvät yleisimmin yhdisteenä hapen kanssa oksidimineraaleina, tai rikin kanssa sulfidimineraaleina muodostaen metallimalmeja (Duke & Williams 2008). Metallimalmien louhinnan merkittävimmät ympäristövaikutukset liitetään yleisesti sulfidien hapettumiseen (Esim. Heikkinen & Noras 2005, Heino et al. 2020).

Nordstrom & Alpers (1999) mukaan sulfidimalmien ympäristövaikutukset ovat seurausta niiden rapautumisherkkyydestä Maan pinnan hapettavissa olosuhteissa. Sulfidiset malmimineraalit ovat muodostuneet Maan kuoren pelkistävässä olosuhteissa, mutta paljastuessaan ilmakehän vedelle ja hapelle, ne rapautuvat muodostaen sulfaattipitoista valumaa, joka sisältää muun muassa raskasmetalleja ja rautahydroksideja, sekä puolimetalleja. Reaktiossa 1 on esitetty pyriitin hapettuminen sulfaatiksi ilmakehän hapen vaikutuksesta.



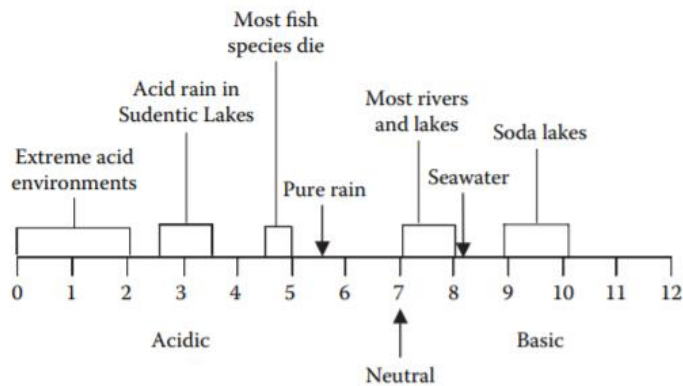
Reaktio 1. Ilmakehän hapelle altistuessaan vesiliuoksen sulfidimineraalit hapettuvat liukoiseksi sulfaatiksi muodostaen H^{+} -ioneja, sekä rikkihappoa raudan hapettaessa pyriittiä (Duke & Williams 2008).

Kauppila et al. (2011) mukaan sulfidimineraalien hapettuessa kaivosvesiin vapautuu paitsi rikkiä, myös liennutta hydratoitunutta rautaa, joka saostuu hydroksideina ja oksideina kiihdyttäen vesien happamoitumista. Lottermoser (2007) on todennut, että rautahydroksidien kemiallista saostumista kutsutaan hydrolyysiksi. Tässä prosessissa vesimolekyylit hajoavat vapaiksi vetyioneiksi ja hydroksidiryhmiksi, jotka reagoivat veteen liuenneisiin kationeihin. Näin ollen hydrolyysi johtaa vapaiden vetyionien määrän lisääntymiseen systeemissä, jonka seurauksena pH laskee happamoittaen ympäristöään, joten raudan hydrolyysiä kontrolloi pH. Happamissa olosuhteissa pH-arvon ollessa noin alle kolmen Fe^{3+} pysyy liukoisena, mutta korkeammassa pH:ssa Fe^{3+} hydroksidit

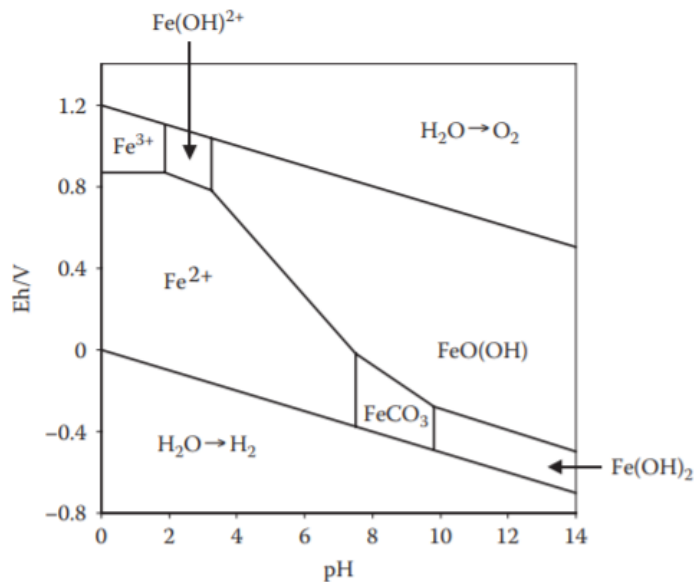
alkavat saostua, joka näkyy punertavan keltaisina tai kellertävän ruskeina tahroina, pinnoitteena ja limaisena sakkana.

Keskeisimpiä happamuutta tuottavia mineraaleja ovat rautasulfidit, erityisesti pyriitti ja magneettikiisu, joiden happamuutta neutralisoivat karbonaattimineraalit kuten dolomiitti, kalsiitti ja liukoiset silikaattimineraalit (Duke & Williams 2008). Mikäli neutraloivia mineraaleja on kiviaineksessa enemmän kuin happoa tuottavia, kiviaines luokitellaan happoa tuottamattomaksi, jolloin sen vaikutuksesta muodostuvat valumavedet ovat neutraaleja tai jopa alkalisia (Lottermoser 2007). Jos happoa tuottavia mineraaleja on enemmän kuin neutraloivia, kiviaines luokitellaan happoa tuottavaksi, joka todennäköisesti tuottaa happamia valumavesiä. Näin ollen sulfidimineraalien aiheuttama happamuus johtuu happoa tuottavien ja sitä neutraloivien mineraalien määrien suhteesta. Kauppila et al. (2015) ovat todenneet useimpien kalkofiilisten ja siderofiilisten alkuaineiden liukoisuuden kasvavan niiden ympäristön happamoituessa, joten vallitsevat pH-Eh – olosuhteet sekä morfologiset ominaisuudet kuten raekoko, koostumus ja liukoisuus kontrolloivat mobilisoituvien puolimetallien ja metallien määrää.

Duken & Williamsin (2008) mukaan liuoksen $H^+ - OH^-$ -konfiguraatio esitetään logaritmisella pH-asteikolla arvojen 0 ja 14 välillä kuvan 1 mukaisesti. Suurella Eh ilmaistaan redox-arvo eli hapetuspelkistyspotentiaali, joka kertoo systeemin tai ympäristön hapettavuuden tai pelkistävyuden. Redox-arvo määrittää yksittäisen systeemin kemiallisen olomuodon ja sen jäsenten liukoisuuden: Rauta voi esiintyä olomuodossa Fe^{2+} tai kolmiarvoisena olomuodossa Fe^{3+} . Systeemin osana rikki on läsnä sulfidina S^{2-} , tai sulfaatti-ionina SO_4^{2-} . Raudan olomuodon riippuvuutta pH:n ja Eh:n suhteesta on esitetty kuvassa 2.



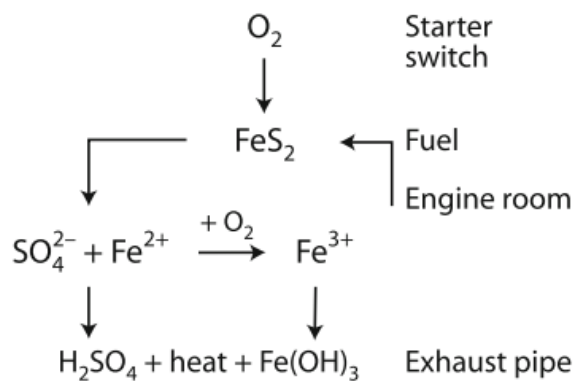
Kuva 1. PH-asteikko Duken & Williamsin (2008) mukaan.



Kuva 2. Raudan eri olomuodot suhteessa pH:n ja Eh:n muutokseen Duken & Williamsin (2008) mukaan. Eh:n yksikkönä on käytetty SI-järjestelmän jännitteen yksikköä Volttia.

Sulfidimalmien louhinnasta ja rikastuksesta aiheutuva ympäristölle haitallinen ilmiö tunnetaan termillä ”AMD” (Acid Mine Drainage) (esim. Duke & Williams 2008, Jacobs et al. 2014). Kauppila et al. (2011) ovat todenneet puoli- ja raskasmetallien esiintyvän primääristi epäpuhtauksina sulfidimineraaleissa ja arsenideissa, ja sekundaaristi silikaattimineraaleissa, joiden kidehiloissa mahdollisina epäpuhtauksina esiintyvät raskasmetallit mobilisoituvat olosuhteiden muuttuessa happamammiksi. Jos malmin rikastus tapahtuu kaivosalueella, läjitetään prosessista jäljelle jäävä jäännösmateriaali eli rikastushiekka omiin altaisiinsa (Heikkinen & Noras 2005). Kauppila et al. (2011)

mukaan rautasulfidimineraalit, kuten pyriitti ja magneetikiisu, päätyvät yleensä kokonaisuudessaan rikastushiekkakasalle, koska ne sisältävät liian vähän arvokkaita metalleja, jotta rikastaminen olisi taloudellisesti kannattavaa. Evangelou (1998) ja Singer & Stumm (1970) kertovat Lottermoser (2007) mukaan, että pyriitissä (FeS^2) hapettuvat kahdenarvoinen rauta ja rikki tuottavat kiinteitä raudan ja hapen hydroksideja, sekä liuenneita sulfaatti- ja vetyioneja. Lottermoser (2007) jatkaa, että pyriitin rapautumisen kulmakivet ovat kolmiarvoinen rauta, happi ja happamat pH-olosuhteet, joten mikäli yhtä näistä elementeistä ei poisteta, jatkuu pyriitin hapettuminen loputtomiin. Pyriitin rapautumisen itseään ylläpitävän reaktioiden kehää on kutsuttu AMD-koneeksi, joka on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Pyriitin itseään ylläpitävän rapautumisen reaktioiden kehä eli AMD-kone Lottermoserin (2007) mukaan. Pyriitti (FeS^2), Fe^{3+} ja O_2 toimivat polttoaineena, mutta happi toimii myös koneen käynnistäjänä. Residuaalina pakoputkesta tulee ulos rikkihappoa, lämpöä ja rautahydroksideja.

2.1 Rikastushiekan ja sivukiven peittäminen

Kaivannaisjätteen peittämisen tekniseen toteuttamiseen vaikuttavat olennaisesti peitettävien materiaalien petrologia, sekä sijoituskohteen geo- ja hydrogeologiset ominaisuudet. Peittämisen päämääränä on pölyämisen estämien ja kaivannaisjätteen kemiallisen ja mekaanisen rapautumisen rajoittaminen (Heikkinen & Noras 2005).

Happoa tuottamaton kaivannaisjäte voidaan peittää esimerkiksi yksi- tai kaksikerroksisella kuivapeitolla, joissa haitta-aineiden liukenevuus on vähäistä ja

hallittavissa suotovesien puhdistuksella. Heikosti happoa tuottava sivukivi voidaan peittää monikerrospeitolla, jonka rakenne pidättää vettä ja estää hapen kulkeutumista.

Happoa tuottava rikastushiekka voidaan myös peittää monikerrospeitolla, ja siihen voidaan lisätä hapenkulutusta voimistava kerros. Monikerrospeittoratkaisussa suotovedet voidaan erotella ja puhdistaa aktiivisella tai passiivisella menetelmällä. Happoa tuottavan rikastushiekan ja sakkalietteen peittämiseen soveltuu synteettisiä materiaaleja sisältävä tiivispeitto, jossa veden läpikulkeutumista estetään korkeatiheyksisellä polyeteenikalvolla (HDPE) ja/tai bentoniittimatolla, jotka samalla estävät hapen kulkeutumisen kaivannaisjätteeseen. Myös tiivispeittoratkaisussa pintavedet voidaan erotella ja suotovedet puhdistaa aktiivisella tai passiivisella menetelmällä. Happoa tuottava rikastushiekka-alue voidaan peittää fraktioltaan hienorakeisella karbonaatilla, tai muulla happamuutta neutraloivalla aineksella, joka lisäksi rajoittaa hapen kulkeutumista kaivannaisjätteeseen (pastapeitto). Tässä menetelmässä sadevesien annetaan imeytyä peittoon ja suotovedet voidaan puhdistaa aktiivisesti tai passiivisesti (Kauppila et al. 2011).

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Tutkimuskohteet

3.1.1 Hitura

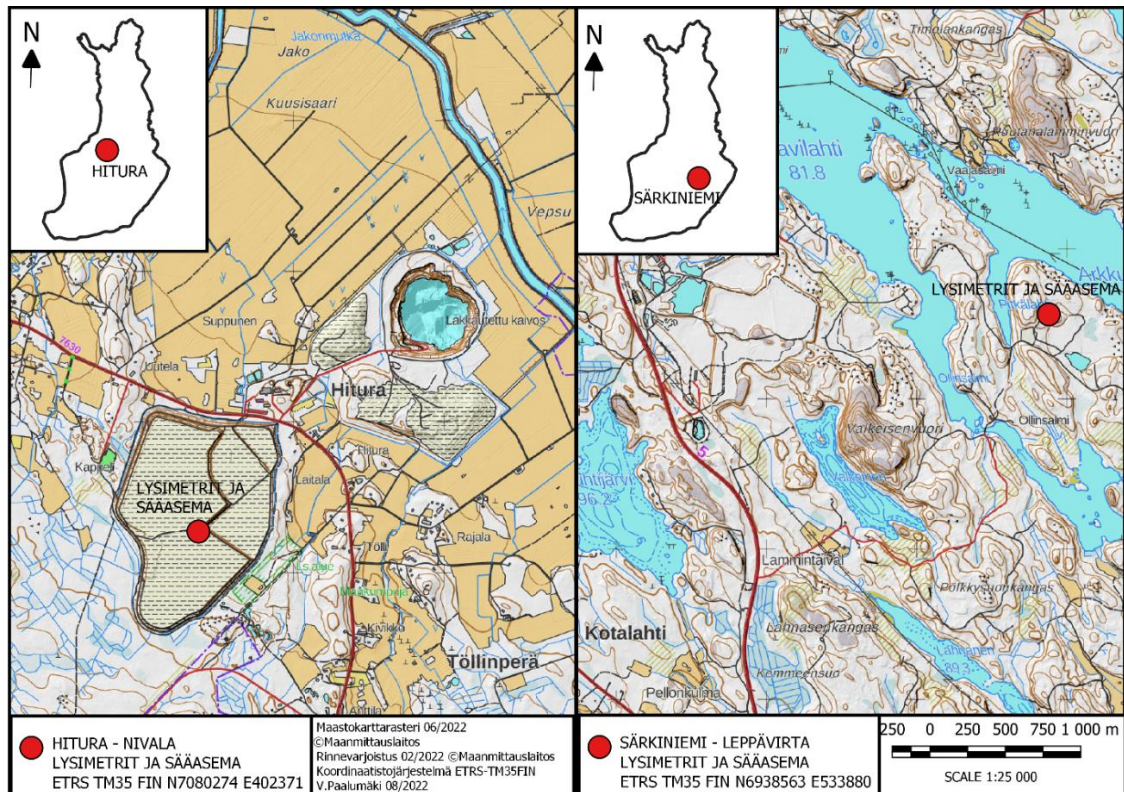
Hituran nikkelikuparikaivos sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla, noin 12 km kaakkoon Nivalan keskustasta (Kuva 4). Kaivoksen yli nelikymmenvuotisessa toimintahistoriassa (1970–2013) oli lukuisia katkoksia, johtuen nikkelin markkinahinnan laskusta (Kauppi et al. 2018). Pitkästä toiminta-ajasta, tuotantokatkoista, sekä kaivoksen viimeisimmän omistajan konkurssista johtuen on kaivoksen louhintamäärissä eroja lähteestä riippuen. Kauppi et al. 2018 mukaan kaivoksen kokonaislouhinta oli noin 17,2 Mt. Alueelle on läjitetty rikastushiekkaa noin 15 Mt ja sivukiveä noin 7 Mt. Härmä et al. (2013) laatimassa Hituran avolouhoksen laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa sivukiven määräksi on kerrottu noin 5,7 Mm³. AVI (2014) mukaan Hituran kaivoksella on

esiintymän omien malmien lisäksi rikastettu Särkiniemen kaivoksen nikkelimalmia, Kälviälän ilmeniittimalmia, Lieksan Tainiovaaran nikkelimalmia ja OMG Kokkola Chemicalsin jarosiittimalmia yhteensä 596 542 t. Hituran nikkelipitoisen sulfidimalmin mineralogia koostui kuparikiisusta, magneettikiisusta, pentlandiitista ja silikaateista. Kaivos aloitettiin avolouhintana, josta maanalaiseen louhintaan siirryttiin vuonna 1991 (Härmä et al. 2013).

Hituran kaivosalueelta purkautuneet happamat valumavedet kuormittivat ympäristöään vuoteen 2017 asti (Kauppi et al. 2018), jonka jälkeen toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen tilaamat kaksivaiheiset sulkemistyöt (STT 2021). Sulkemisen ensimmäisessä vaiheessa otettiin käyttöön uusi vesienkäsittelyjärjestelmä, sekä jarosiittialue ja osa rikastushiekka-alueesta suljettiin peittorakenteella. Toisessa vaiheessa loput rikastushiekka-alueesta sekä sivukivialueet suljettiin peittorakenteella. Alueella toteutettujen oja- ja putkijärjestelyjen jälkeen pintavedet ohjattiin laatuvarusteisesti avolouhokseen, ulos kaivosalueelta tai puhdistettavaksi vedenkäsittelylaitokseen (STT 2021).

3.1.2 Särkiniemi

Särkiniemen nikkelikuparikaivos toimi Leppävirralla Pohjois-Savossa noin 45 km Kuopiosta etelään. Kaivos sijaitsee pääosin moreeniaineksesta koostuvalla kankaalla Arkkuselän ja Pitkälähden välissä (Kuva 4). AVI (2015) mukaan louhinta Särkiniemen kaivoksella alkoi kesällä 2007 kunnes se keskeytyi vuoden 2008 lopulla, jonka jälkeen kaivoksen annettiin täyttyä vedellä. Kaivoksen kokonaislouhinta oli noin 0,12 Mt malmia ja noin 0,16 Mt sivukiveä, josta osa on sijoitettu avolouhoksen täyttöön, osa on läjitetty sivukivialueeksi ja osa on murskattu kaivosalueen maanrakentamisen tarpeisiin murskekasoiksi, jotka ovat edelleen kaivosalueella (Kauppi et al. 2018). Särkiniemen malmin päämineraalit olivat pentlandiitti, kuparikiisu ja magneettikiisu. Louhittu malmi kuljetettiin Hituran kaivokselle Nivalaan rikastettavaksi nikkeli-, kupari- ja kobolttimalmeiksi (Janhunen et al. (2014). Kaivoksen sulkemistoimenpiteet ovat olleet riittämättömät, sillä jätealueen moreenipeitto ei ole kyennyt estämään sulfidihapettumista, koska alueelta purkautuu edelleen ympäristöön metallipitoisia, happamia valumavesiä (Kauppi et al. 2018).



Kuva 4. Hituran ja Särkiniemen kaivosten sijainnit, sekä lysimetrien ja sääasemien paikat suljetuilla kaivosalueilla.

3.2 Koejärjestelyt ja instrumentointi

Tässä opinnäytetyössä käsitellyt koejärjestelyin kerätyt aineistot on alun perin kerätty Geologian tutkimuskeskuksen TUMMELI (2017–2020) ja SMARTT (2021–2023), sekä EAKR-rahoitteista KAIVASU (2019–2021) -hankkeita varten, mutta niitä ei laajemmassa 2–3 vuoden seurantajaksossa ole käsitelty aiemmin.

Osana TUMMELI-projektia Forsman (2019) on opinnäytetyössään perehtynyt moreenin ja biokaasun tuotannossa sivuvirtana syntyvän mädätysjäännöksen käyttökelpoisuuteen happoa tuottavan sivukiven peittomateriaalina. Opinnäytetyö keskittyi soveltuviin mittalaitteisiin perehtymiseen, laitehankintaan, antureiden testimittaukseen valvotuissa oloissa, sää- ja mittausaseman rakentamiseen, datankeruujärjestelmän tietoteknisiin ratkaisuihin ja kolmen kuukauden mittaustuloksiin, jotka kerättiin Särkiniemen suljetulle

kaivosalueelle rakennetusta lysimetrikokeesta (Kuva 5). Osana koejärjestelyä kerättiin geokemiallisia näytteitä, joita ei aikaisemmissa tutkimuksissa ole käsitelty.

Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutin, Geologian tutkimuskeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteisessä KAIVASU-hankkeessa GTK tutki sekundääristen raaka-aineiden hyödyntämistä osana kaivoksen sulkemisen ratkaisuja. Tätä varten rakennettiin Hituran suljetun kaivoksen rikastushiekkaläjäytykselle vuoden 2020 heinäkuussa samankaltainen lysimetrikoe, kuin Särkiniemeen oli vuotta aiemmin tehty. Tässä lysimetrikokeessa tutkittiin Metsä Groupin Äänekosken ja Mäntän paperitehtaiden, sekä Stora Enso Oy:n Oulun paperitehtaiden sivuvirtana syntyvän kuitusaven / OPA-sakan soveltuvuutta rikastushiekan peittoratkaisuksi.

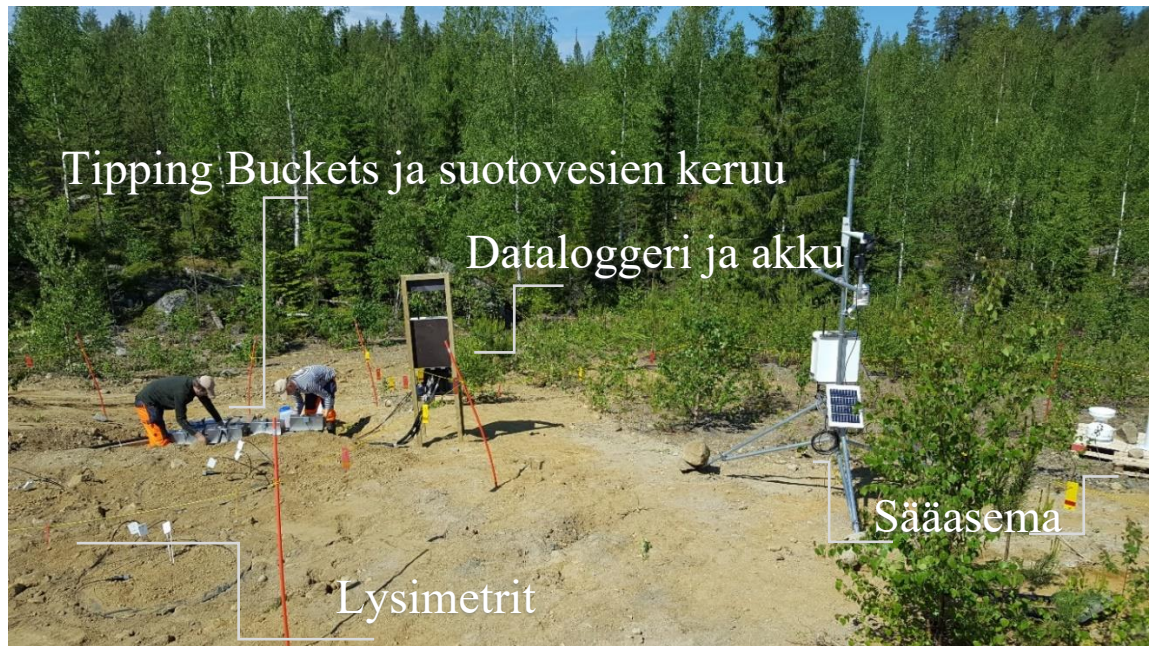
Taulukossa yksi on esitetty testattavien peittomateriaalien valitut haitta-ainepitoisuudet eri uuttomenetelmillä, jotka on määritetty liuoksista ICP-OES-analyysillä (SFS-EN ISO 11885), sekä ainesten kokonaisrikkipitoisuus (rikkianalysaattorilla, ns. Leco-rikki). Uuttomenetelmiä olivat kuningasvesiuutto (ISO 11466 standardin mukaisesti) ja 2-vaiheinen ravistelutesti (SFS-EN 12457-3 standardin mukaisesti). Kuningasvesiuuttoa voidaan käyttää sulfidiseen mineraalifraktioon sitoutuneiden alkuainepitoisuuksien määrittelyssä, mutta uutossa liukenevat myös osittain tai kokonaan Fe- ja Mn-oksidit, sekä jotkin silikaattimineraaleista, kuten rautasilikaatit, kiilteet, kloriitti ja savimineraalit (Doležal et al. 1968, Chao & Sanzalone 1977). Kuningasvesiuutto ei vastaa kokonaispitoisuuksia silikaatteihin ja oksideihin sitoutuneiden alkuaineiden osalta, mutta tulokset ovat vertailukelpoisia PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) raja-arvojen kanssa, joita käytetään arvioitaessa mm. kaivannaisjätteen pysyvyyttä (Kaivannaisjäteasetus VNa 190/2013). 2-vaiheista ravistelutestiä käytetään yleensä vesiliukoisten haitta-ainemäärien mittaamiseen ja jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden testaamiseen (ks. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista Vna 331/2013). Ravistelutesti ei kuitenkaan ole varsinaisesti tarkoitettu kaivannaisjätteen viralliseen testaamiseen. Hituran kuitusavien, moreenin ja rikastushiekan kuiva- ja märkäpainot on esitetty taulukossa kaksi. Hituran ja Särkiniemen lysimetrikokeiden konfiguraatiot on esitetty kuvissa viisi ja kuusi.

Taulukko 1. Särkiniemen lysimetrikokeen mädätysjäännöksen, sivukiven ja moreenin valitut kuningasvesiuuttoiset alkuaainepitoisuudet, sekä Hituran lysimetrikokeen kuitusavien, moreenin ja rikastushiekan valitut haitta-ainepitoisuudet. Kaksivaiheisessa ravistelutestissä on käytetty tislattua vettä, jolloin on testattava mineraalipotentialiaali ei ehdi liueta kokonaisuudessaan, joten todellisten pitoisuuksien voidaan olettaa olevan suurempia.

	Co	Cu	Ni	Zn	Ca	Mg	Tot-S	SO ₄
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg
<i>Kuningasvesiuutto*</i>								
Mädäke	11	219	22	563	30650	3670		
Särkiniemen sivukivimurske	67	522	560	92	4230	35800	1,6	
Särkiniemen moreeni	11	51	23	47	5875	9760	0,04	
OPA-sakka	<1	5	3	40	141000	3455	0,15	
Ääneskosken kuitusavi	<1	2	5	18	297000	2080	0,03	
Mäntän kuitusavi	83	1510	1780	43	1820	185000	1,1	
Hituran moreeni	6	16	17	24	3170	3870	<0,01	
Hituran rikastushiekka	2	96	5	24	140000	1900	0,05	
<i>2-vaihinen ravistelutesti</i>								
Mädäke		0,2	2,4	1,8				1690
Särkiniemen sivukivimurske		2,3	46,1	1,6				1082
Särkiniemen moreeni		<0,1	0,5	<0,2				222
OPA-sakka	0,1	0,1	0,3	0,4	767	182		1450
Ääneskosken kuitusavi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	361	15		260
Mäntän kuitusavi	<0,1	<0,1	2	<0,2	930	1841		6758
Hituran moreeni	<0,1	0,1	<0,1	<0,2	16	8		16
Hituran rikastushiekka	<0,1	<0,1	0,1	<0,2	536	84		76
*Tot-S rikkianalysaattorilla								

Taulukko 2. Hituran lysimetrikokeen kuitusavien, moreenin ja rikastushiekan kuiva- ja märkäpainot.

Materiaalit	Kuivapaino (g)	Märkäpaino (g)
OPA-sakka	494	1475
Ääneskosken kuitusavi	851	1610
Mäntän kuitusavi	468	1425
Rikastushiekka	3435	4007
Moreeni	5335	5882



Kuva 5. Särkiniemen koejärjestelyn laitteisto. Alkuperäinen kuva Teresa Gran/GTK.

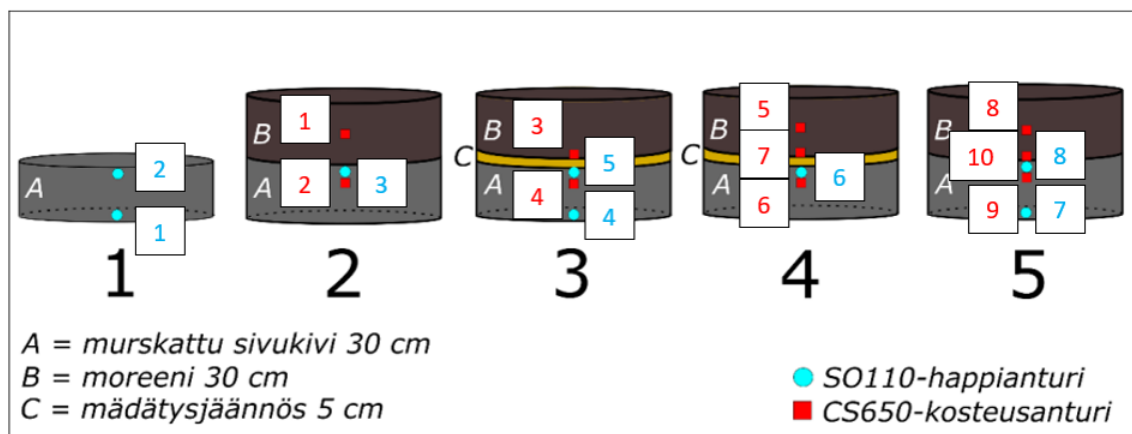


Kuva 6. Hituran koejärjestelyn laitteisto ilman sääasemaa (sääasema sijaitsee noin 100 m päässä kuvasta vasemmalla). Alkuperäinen kuva Teemu Karlsson/GTK.

Forsman (2019) kertoo Särkiniemen koejärjestelyissä käytetyn viittä murskatulla sivukivellä täytettyä lysimetriä, jotka kaivettiin läjitettyyn sivukivipenkkaan. Neljä lysimetriä peitettiin 30 cm moreenikerroksella ja kahteen näistä moreeni- ja sivukivikerroksen väliin lisättiin 5 cm paksuinen kerros mädätysjäännöstä. Yksi

lysimetreistä jätettiin peittämättä, jotta voitaisiin arvioida pelkästään Särkiniemen sivukivien aiheuttamaa haitta-ainekuormitusta suotovesiin. Lysimetreihin sijoitettiin kosteus- ja happiantureita eri kerroksiin, joista läpi suotautunut vesi kulkeutui Tipping Bucket -vesimäärälaskurien läpi keräysastioihin, joista kerättiin vesinäytteet laboratorioanalyysia varten. Yksi happianturi (lysimetri 1, happianturi 2, ks. kuva 7) asennettiin peittämättömän lysimetrin päälle, tarkoituksena mitata ilmakehän happipitoisuutta.

Kuvassa seitsemän on esitetty Särkiniemen lysimetrien materiaalikerrokset ja anturien kokoonpano ja tunnistenumeroineen. Forsman et al. (2020) mukaan Hituran lysimetrikoe toteutettiin Särkiniemen tapaan samanlaisin komponentein, mutta anturikonfiguraatio ja testattavat materiaalit olivat erilaiset: rikastushiekkaläjityksen penkan pintakerroksen sisään kaivettiin viisi lysimetriä, jotka sisälsivät Hituran malmien rikastuksesta peräisin olevaa rikastushiekkaa. Rikastushiekkakerroksen päälle lisättiin kolmeen lysimetriin 25 cm paksuinen kuitusavi- / OPA-sakkakerros ja yhteen lysimetriin 25 cm moreenikerros, jotka peitettiin noin 20 cm moreenikerroksella, sekä noin 10 cm moreeninkasvukerroksella. Yksi lysimetri jätettiin kokonaan peittämättä, jotta muiden lysimetrien peittoratkaisuja voitiin verrata kokonaan peittämättömän rikastushiekan käyttäytymiseen. Lysimetrien rikastushiekkakerrokseen asennettiin happi- ja kosteusanturit ja kahteen lysimetriin asennettiin kaksoisanturit, jotta anturidatan luotettavuutta voitaisiin arvioida.



Kuva 7. Särkiniemen lysimetrien materiaalikerrokset ja anturien kokoonpano tunnistenumeroineen (Muokattu Forsman 2019 mukaan).

Särkiniemen koejärjestelyjen kokoonpanosta Forsman (2019) kertoi seuraavasti: Kooltaan 30 cm korkeat ja halkaisijaltaan 100 cm kokoiset polyeteeniset lysimetrisäiliöt on valmistanut Meltex Oy. Koejärjestelyn dataloggerina toimi Campbell Scientificin CR1000X. Happiantureiksi valittiin Apogee Instrumentsin SO-110 -anturit, jonka galvaanista kennoa hyödynnetään kaasumaisen hapen mittaamiseen. Mittaustapahtuma kehittää itse käyttämänsä virran, sillä hapen ja elektrolyytin jakama reaktio synnyttää sähkövirtaa ja kuluttaa hieman happea. SO-110 havaitsee sähkön analogisen jännitteen, mikä vertautuu lineaarisesti kaasumaisen hapen osapaineeseen.

Peittomateriaalien kosteutta mitattiin Cambell Scientificin CS650-reflektiometreilla, jossa kahden mittaussauvan välistä signaalin vaimenemista, sekä sähkömagneettisten aaltojen etenemisaikaa mitataan ajan funktiona, jonka perusteella voidaan määrittää maaperän suhteellinen permittiivisyys, joka näin ollen on johdettu sähkömagneettisen kentän heikkenemiskykyä kuvaavasta suureesta.

Lysimetrien läpi suotautuvaa vesimäärää mitattiin Unidatan Tipping Bucket Flow Gauge 6506G kaatokauhmittareilla. Lysimetrin läpi suotautunut vesi ohjautui letkua pitkin Tippin Bucketin kaatomekanismilla varustettuun kaksijakoiseen kauhaan, joka kallistuu kauhan täytyessä 75 ml vesiannoksella, jonka jälkeen se tyhjenee ja samalla kauhan toinen puoli täytyy, tämä kauhan liike tallentuu digitaalisena pulssina dataloggerille.

Koejärjestelyn sääaseman komponentit hankittiin Cambell Scientificilta. Asema kostui ARG100-sademittarista, CS215 lämpötila- ja kosteusantureista, Novalynx-haihduntamittarista ja -astiasta, CR300-dataloggerista, sekä Young -tuulimonitorista ja auringon säteilyä mittaavasta pyranometrasta. Virtansa sääasema sai aurinkopaneelist ja 12 V akusta. Kokeissa käytetty instrumentointi oli Hiturassa samankaltaista kuin Särkiniemessä, mutta Hituran lysimetrisäiliöt oli toteutettu kahdella letkulähdöllä, jotka yhdistyivät Y-liitoskappaleella ennen kaatokauhalaskureita, kun taas Särkiniemessä letkulähtöjä oli yksi.

Tässä tutkimuksessa käsitellyt Särkiniemen suotovesinäytteet kerättiin vuosien 2020 ja 2021 aikana yhteensä 12 näytteenotokertana, mutta näistä poistettiin kolmen näytteenotokerran näytteet niiden epäluotettavuuden vuoksi (Liite 1). Kentällä

suotovesistä mitattiin pH kannettavalla YSI-multiparametrimittarilla, joka kalibroitiin pH-välille 4–7. Vesinäytteille suoritettiin monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla (SFS-EN ISO 11885), ja anionit määritettiin IC-tekniikalla (SFS-EN ISO 10304-1) Eurofins Labtium Oy:n Finas akreditoitussa laboratoriossa Espoossa. Alkuaineiden kokonaisuudet on laskettu kertomalla eri mittauskerroilla analysoidut alkuainepitoisuudet läpivirranneella kokonaisvesimäärällä lysimetrikohtaisesti. Särkiniemessä happi- ja kosteusanturit tallensivat havainnon viiden sekunnin välein, ja sääasema tallensi havainnot 10 minuutin välein. Koejärjestely käytiin huoltamassa noin kerran kuussa, jolloin akut vaihdettiin ja tallennetut havainnot siirrettiin dataloggereilta kannettavalle tietokoneelle dat-tiedostoina, josta ne luettiin ja tallennettiin Exceliin xlsx-tiedostoiksi.

Sopivan seurantajakson valinta oli usean osatekijän summa, johon vaikuttivat laitteiston toimintahäiriöt ja vesinäytteiden keräyksen ajankohdat. Data on melko yhtenäistä sulan maan aikaan, mutta kohti talvea mentäessä virheiden ja puutteiden määrä kasvaa. Laitteisto toimi osin aurinkopaneelilla, joten auringonvalon määrän vähenemisen myötä akun kulutuksen määrä kasvoi ja vaihtoväli lyheni, mutta huoltokäynnin tekeminen akun vaihtamiseksi oli vaikeampaa jäätyminen tai runsaan lumen vuoksi. Koska koejärjestelyt oli toteutettu rinteeseen ja sen alle, aiheuttivat syys- ja kevättulvat vedenkeräysastioiden ylivuotoa, kosteus- ja happiantureiden häiriöitä, sekä Hiturassa myös rakenteiden rikkoutumista (Kuva 8). Särkiniemessä datan keruu aloitettiin vuonna 2018 ja Hiturassa vuonna 2019. Tähän tutkimukseen valittu seurantajakso (Heinäkuu 2020 – Joulukuu 2021) perustuu suotovesianalyysien keräysajankohtien osumiseen ajanjaksolle, sekä vähäisempään anturivirheiden määrään sulan maan aikana.



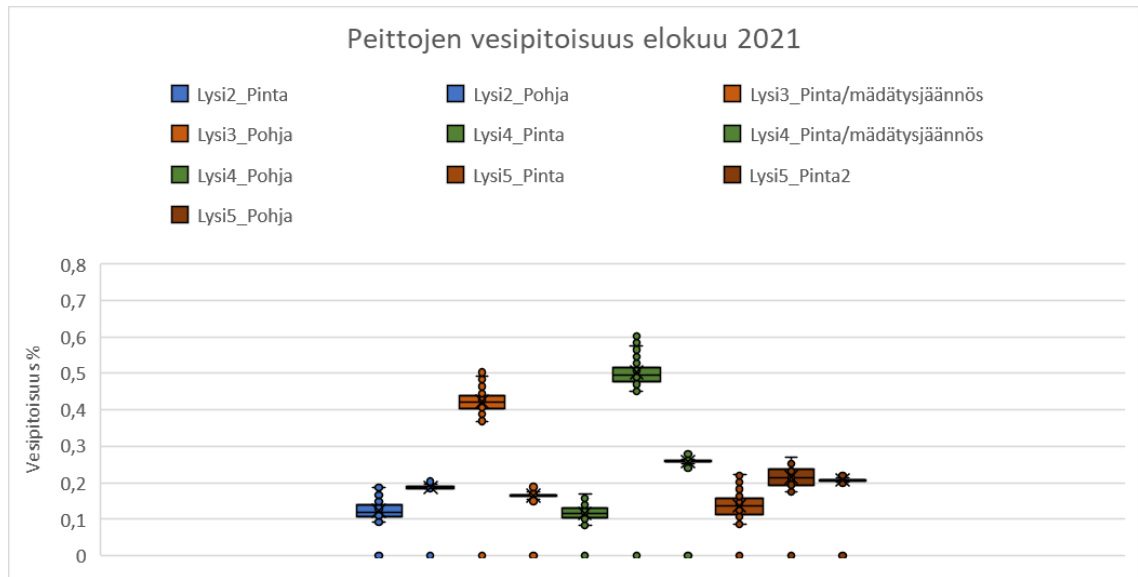
Kuva 8. Kevättulvan aiheuttama maanvyörymä on siirtänyt ja lähes kaatanut Hituran koejärjestelyn suotoveden keräyspisteen.

Sulfidimineraalien rapautumisen aiheuttaa sen altistuminen ilmakehän hapelle ja kosteudelle (esim. Duke & Williams 2008, Jacobs et al. 2014), joten peittoratkaisun keskeisimpiä tehtäviä on estää niiden kulkeutuminen lävitseen alla olevaan kaivannaisjätteeseen. Tämän vuoksi molemmat lysimetrikokeet instrumentoitiin happi- ja kosteusanturein.

Happipitoisuuksien mittaustuloksia verrattiin ilmakehän happipitoisuuteen asentamalla O^2 -sensori peittorakenteen yläpuolelle. Näin selvitettiin kuinka paljon eri peittoratkaisut estävät hapen kulkeutumista lävitseen. Cambell Scientific SO-100 -anturi mittaa happipitoisuutta millivolteissa (mV), joka voidaan muuntaa prosentuaaliseksi happipitoisuudeksi muuntokertoimen avulla. Tämä saatiin jakamalla avoimeen ilmakehään peittorakenteen yläpuolelle asennetun O -sensorin mediaani mV-arvo standardilla ilmakehän O^2 % (20,9). Sitten mV-arvot kerrottiin tällä kertoimella, jolloin saatiin vastaavat O^2 %. SO110-happiantureita oli Särkiniemen koejärjestelyn kokoonpanossa kahdeksan ja Hituran kokoonpanossa seitsemän, kun CS650-kosteusantureita oli Särkiniemessä kymmenen ja Hiturassa seitsemän.

Mikäli anturi toimii moitteetta, se havainnoi viiden minuutin välein, jolloin yksittäinen anturi tekee kuukaudessa lähes 9000 havaintoa. Havainnot ryhmiteltiin anturinumeroita vastaaville lysimetreille, ja anturihavainnot jaettiin kuukauden jaksoihin. Kuukauden jaksoista kerättiin havaintojoukkoa kuvaavat muuttujat: Havaintojen määrä, yhteenlaskettu tulo, keskiarvo, mediaani, minimiarvo ja maksimiarvo. Jokaisesta kuukauden ja vuoden havaintojaksosta koostettiin box & whisker kaavion, koska haluttiin käyttää suurelle havaintomäärälle soveltuvaa tilastomenetelmää, joka kiinnittää huomiota mahdollisiin virhearvoihin. Näin oli mahdollista arvioida datan luotettavuutta, ja poistaa virheitä.

Salmelin ja Vehkalahti (2014) mukaan box & whisker laatikkokuvan kehitti Jhon W. Turkey osana tilastolliseen aineiston tutkimuksen analyysiä (Turkey 1977). Box & whisker visualisoi jatkuvan muuttujan jakaumaa viiden tunnusluvun perusteella, jotka ovat minimiarvo, alakvartiili 25 % prosenttien kohdalla, mediaani 50 % kohdalla, yläkvartiili 75 % kohdalla ja maksimiarvo. Box & whisker laatikkokuvassa laatikon alareuna on alakvartiilin ja yläreuna yläkvartiilin kohdalla. Laatikon sisään rajautuu aina 50 % sen edustaman luokan havainnoista. Laatikon sisälle piirretty viiva merkitsee kyseisen luokan havaintojen mediaanin, ja laatikosta ylös- ja alaspäin lähtevät janat minimi- ja maksimiarvoon visualisoivat kokonaisen luokan aineiston vaihteluväliä. Janojen ylä- ja alapuolelle jäävät poikkeavat arvot, jotka on havainnollistettu pisteinä (Outliers), joiden perustella aineistosta on rajattu epäluotettavat havainnot pois (Kuva 9).



Kuva 9. Box & Whisker laatikkokuva Särkiniemen CS650-kosteusanturien tuloksista elokuulta 2021.

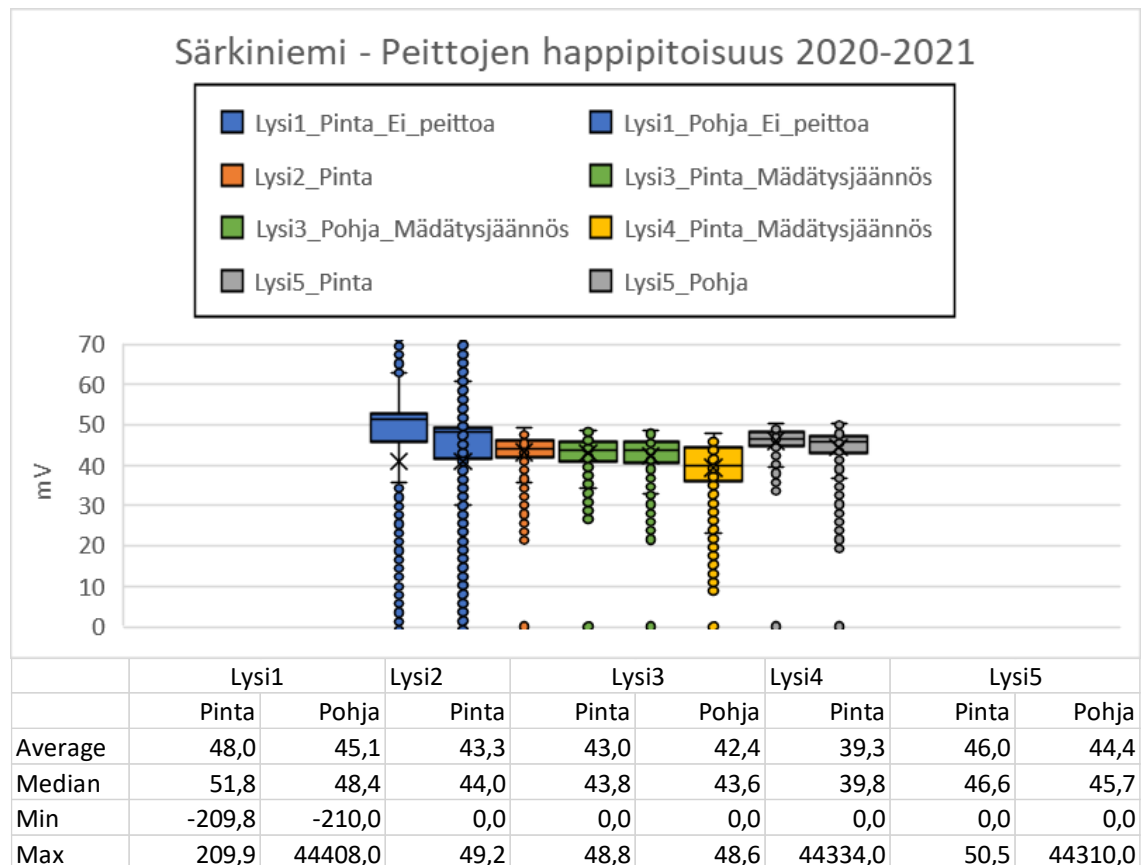
Särkiniemi ja Hitura ovat suljettuja kaivosalueita, joten tässä tutkimuksessa vesinäytteistä analysoidut alkuaineet ovat seurausta louhittujen malmien petrologiasta, sekä metallimalmikaivostoiminnan ympäristövaikutuksia tyypillisimmin indikoivista alkuaineista ja yhdisteistä: koboltti, kupari, nikkeli, sinkki ja sulfaatti. Vesinäytteistä on analysoitu pH, koska hapettua sulfidiset rikastushiekat ja sivukivet happamoittavat ympäristöään. Hapettumisen seurauksena vetyionien ja sulfaatin määrä valumavesissä lisääntyy aiheuttaen haitta-aineiden liukoisuuden kasvua. Haitta-aineet, pH ja lysimetrien läpi suotautunut vesimäärä on esitetty samassa kuvaajassa, jotta niiden keskinäiset vuorovaikutussuhteet voitiin osoittaa. Lysimetrikohtaiset vesimäärät on esitetty myös omana kuvaajanaan, koska haluttiin tarkastella peittomateriaalien vaikutusta läpisyotautuvan veden määrään.

4. TULOKSET

4.1 Peittorakenteiden vaikutus happipitoisuuksiin

4.1.1 Särkiniemi

Tarkasteltaessa Särkiniemen tutkimusjaksoa kokonaisuutena (Kuva 10), on peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien vaihtelun mediaaniarvo parin yksikön luokkaa. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin millivolttilukema ja näin ollen alhaisin happipitoisuus on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa muodostuu 7 mV. Peittämättömän lysimetrin happianturin millivolttitaso, jonka oletetaan vastaavan ilmakehän happipitoisuutta (20,9 %), on noin 7–10 mV korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 12 mV lysimetrin yksi ja neljä välillä. Happipitoisuus lasketaan olettaen, että Lys1 -pinta-anturin mediaaniarvo 51,8 mV edustaa keskimääräistä ilmakehän happipitoisuutta 20,9 %, mikä tarkoittaa 2,48 mV/O₂-%.



Kuva 10. Särkiniemen lysimetrikokeen happianturien havainnot koko tutkimusjaksolta box & whisker laatikkokuvassa. Happipitoisuus lasketaan olettaen, että Lysi1 -pinta-anturin mediaaniarvo 51,8 mV edustaa keskimääräistä ilmakehän happipitoisuutta 20,9 %, mikä tarkoittaa 2,48 mV/O₂-%.

Heinäkuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitetyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 43–19 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa mitatussa millivolteissa muodostuu 28 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin happipitoisuus on korkeampi kuin peitetyn. Mitattujen millivolttien ero on noin 10–20 yksikköä (4–8 O₂-%), ollen suurimmillaan 34 mV lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Elokuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitetyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 33–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 13

yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 10–20 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 19 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Syyskuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 37–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 10 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 10–20 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 16 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Lokakuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 31–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 13 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 10 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 13 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Marraskuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 44–49 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 5 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 5 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 8 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Joulukuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 46–49 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 3 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 5 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 8 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Tammikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 41–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä

alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetystä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 5 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 7 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 11 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Helmikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 40–46 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä kolme, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 6 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 7 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 12 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Maaliskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 37–42 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä kolme, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 5 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 8 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 14 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Huhtikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 43–45 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetystä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 6 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 1 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 5 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Toukokuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 43–48 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitetystä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 6

yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 5 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 9 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Kesäkuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 37–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 10 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 7 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 13 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Heinäkuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 37–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 9 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 7 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 13 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Elokuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 33–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysimetrissä neljä ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 11 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin ylemmässä happianturissa on ollut tuloksista päätellen toimintahäiriö, sillä 6.8.2021 lähtien on havainnoksi merkitty teksti ”NAN”. Näin ollen on tuloksien vertailuun käytetty elokuun 2021 osalta peittämättömän lysimetrin sivukivikerroksen alle asennettua happianturia. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 9 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 14 yksikköä lysimetrin yksi ja neljä välillä (Liite 2).

Syyskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 43–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on moreenilla peitettyssä lysimetrissä kaksi ja korkein moreenilla peitettyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 3 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on jätetty syyskuun 2021 osalta pois, koska molemissa

peittämättömän lysimetrin happiantureissa on ollut toimintahäiriöitä, eikä box & whisker laatikkokuvaajaa varten tarvittavaa 50 % luokkajakaumaa pystytä muodostamaan (Liite 2).

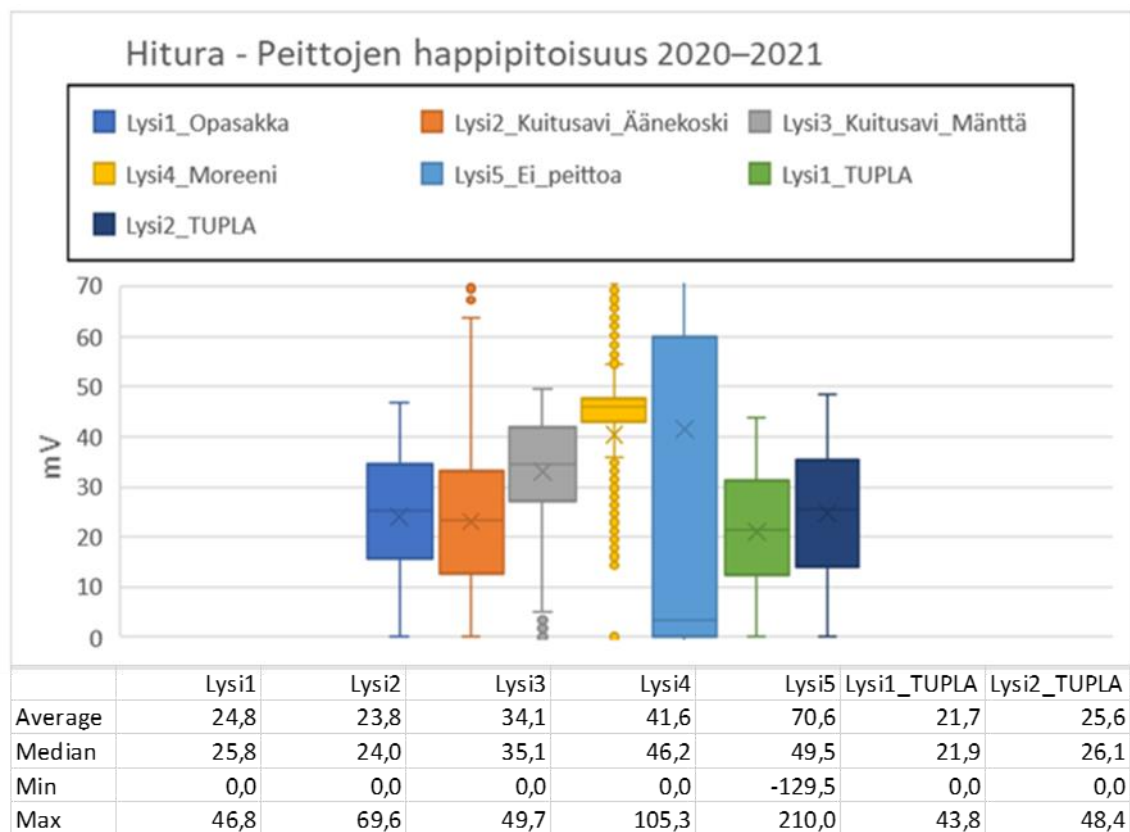
Lokakuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 44–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on moreenilla peitetyssä lysimetrissä kaksi ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 3 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on jätetty lokakuun 2021 osalta pois, koska molemmissa peittämättömän lysimetrin happiantureissa on ollut toimintahäiriöitä, eikä box & whisker laatikkokuvaajaa varten tarvittavaa 50 % luokkajakaumaa pystytä luotettavasti muodostamaan (Liite 2).

Marraskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 44–46 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on moreenilla peitetyssä lysimetrissä kaksi ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 3 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on jätetty marraskuun 2021 osalta pois, koska molemmissa peittämättömän lysimetrin happiantureissa on ollut toimintahäiriöitä, eikä box & whisker laatikkokuvaajaa varten tarvittavaa 50 % luokkajakaumaa pystytä luotettavasti muodostamaan (Liite 2).

Joulukuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 42–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus on moreenilla peitetyssä lysimetrissä kaksi ja korkein moreenilla peitetyssä lysimetrissä viisi, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 3 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on jätetty joulukuun 2021 osalta pois, koska molemmissa peittämättömän lysimetrin happiantureissa on ollut toimintahäiriöitä, eikä box & whisker laatikkokuvaajaa varten tarvittavaa 50 % luokkajakaumaa pystytä luotettavasti muodostamaan (Liite 2).

4.1.2 Hitura

Tarkasteltaessa Hituran tutkimusjaksoa kokonaisuutena (Kuva 11), on peitettyjen lysi1 (Opasakka) ja lysi2 (Äänekosken kuitusavi) happiantureiden mittaamien millivolttien vaihtelun mediaaniarvo parin millivoltin luokkaa, josta lysi3 (Mäntän kuitusavi) eroaa noin 11 yksikköä. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman happipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 22 mV. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 3,8 yksikköä eli 15 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 2,1 yksikköä eli 9 %. Peittämättömässä Lysi5 ilmeni toistuvia toimintahäiriöitä syyskuusta 2020 lähtien, joten sen tulokset on jätetty pois tutkimusjakson kokonaistarkastelusta.



Kuva 11. Hituran lysimetrikokeen happianturien havainnot box & whisker laatikkokuvassa. Happipitoisuus lasketaan olettaen, että Lysi5 -happianturin mediaaniarvo 49,5 mV edustaa keskimääräistä ilmakehän happipitoisuutta 20,9 %, mikä tarkoittaa 2,37 mV/O² %.

Heinäkuussa 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 30–48 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä

alhaisin happipitoisuus oli lysi3 ja korkein moreenilla peitetystä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 23 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 15–20 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 24 yksikköä lysi3 ja lysi5 välillä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 3,9 yksikköä eli 13 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 1,7 yksikköä eli 5 % (Liite 2).

Elokuussa 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 23–48 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetystä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 25 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 1–20 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 25 yksikköä lysi1 ja lysi5 välillä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 5 yksikköä eli 22 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 1,3 yksikköä eli 5 % (Liite 2).

Syyskuussa 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 18–48 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetystä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 29 yksikköä. Peittämättömän lysimetrin millivolttitaso on noin 1–20 yksikköä korkeampi kuin peitetyn, ollen suurimmillaan 29 yksikköä lysi1 ja lysi5 välillä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 3,8 yksikköä eli 21 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 1,6 yksikköä eli 5 % (Liite 2).

Lokakuussa 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 5–50 yksikön välillä. Peitetystä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetystä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 45 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on lokakuun 2020 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2,4 yksikköä eli 49 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,4 yksikköä eli 2 % (Liite 2).

Marraskuussa 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 14–51 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 37 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on marraskuun 2020 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 5,7 yksikköä eli 30 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,3 yksikköä eli 2 % (Liite 2).

Joulukuun 2020 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 20–51 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 30 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on joulukuun 2020 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 4,2 yksikköä eli 13 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,4 yksikköä eli 2 % (Liite 2).

Tammikuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 7–24 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein lysi3, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 17 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on tammikuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2,2 yksikköä eli 10 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,8 yksikköä eli 12 % (Liite 2).

Helmikuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 11–30 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein lysi3, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 19 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on helmikuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 4,1 yksikköä eli 16 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,7 yksikköä eli 6 % (Liite 2).

Maaliskuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 14–36 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli moreenilla peitetyssä lysi4 ja korkein lysi3, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 24 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on maaliskuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2,2 yksikköä eli 6 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 1,8 yksikköä eli 7 % (Liite 2).

Huhtikuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 18–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 27 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on huhtikuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 5,2 yksikköä eli 14 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 1,7 yksikköä eli 9 % (Liite 2).

Toukokuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 9–46 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 38 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on toukokuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 4,6 yksikköä eli 15 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 2,8 yksikköä eli 32 % (Liite 2).

Kesäkuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 18–44 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 26 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on kesäkuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 3,8 yksikköä eli

17 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,9 yksikköä eli 5 % (Liite 2).

Heinäkuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 23–43 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 20 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on heinäkuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 4,4 yksikköä eli 19 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 3,6 yksikköä eli 15 % (Liite 2).

Elokuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 12–45 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 33 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on elokuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 1,9 yksikköä eli 17 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 2,2 yksikköä eli 11 % (Liite 2).

Syyskuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 37–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 10 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on syyskuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 3 yksikköä eli 8 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 3,3 yksikköä eli 9 % (Liite2).

Lokakuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 31–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetreistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein moreenilla peitetyssä lysi4, jolloin eroa

millivolteissa muodostuu 15 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on lokakuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2 yksikköä eli 6 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 2,9 yksikköä eli 8 % (Liite2).

Marraskuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetricien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 42–48 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetricistä alhaisin happipitoisuus oli lysi1 ja korkein lysi3, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 6 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on marraskuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2,7 yksikköä eli 7 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 3 yksikköä eli 7 % (Liite 2).

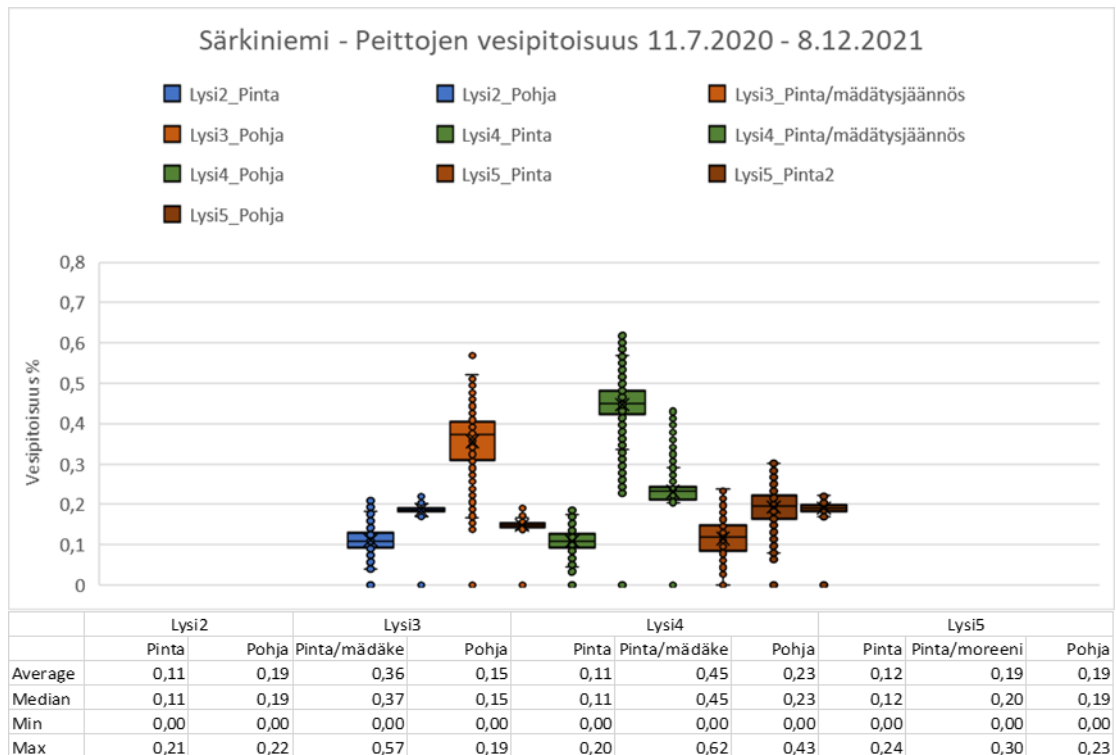
Joulukuussa 2021 Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetricien happiantureiden mittaamien millivolttien mediaani vaihteli 43–47 yksikön välillä. Peitetyistä lysimetricistä alhaisin happipitoisuus oli lysi2 ja korkein lysi3, jolloin eroa millivolteissa muodostuu 5 yksikköä. Vertailu peittämättömään lysimetriin on joulukuun 2021 osalta jätetty pois lysi5 happianturin toimintahäiriön vuoksi. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mittaamien millivolttien mediaaniarvojen välillä eroa on 2,9 yksikköä eli 7 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 3,2 yksikköä eli 8 % (Liite 2).

4.2 Peittorakenteiden vesipitoisuudet

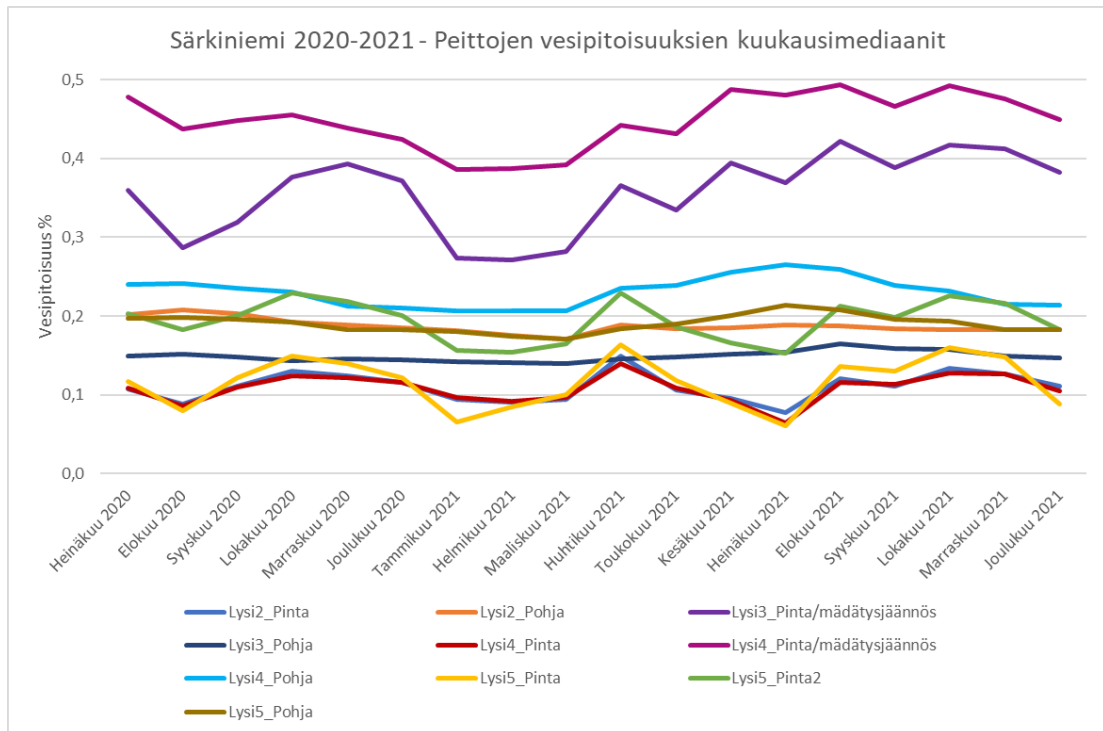
4.2.1 Särkiniemi

Tarkasteltaessa Särkiniemen lysimetrikokeen tutkimusjaksoa kokonaisuutena (Kuva 12), vaihteli peitettyjen lysimetricien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,11–0,12 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvon vaihtelu oli noin 0,25 % -yksikön luokkaa. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetricin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,15 % -yksikön

luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,23 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lys3, jossa pinta-anturin vesipitoisuus on 0,22 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin. Kuvassa 13 on esitetty peittojen vesipitoisuuksien kuukausimediaanien vaihtelu tutkimusjaksolla.



Kuva 12. Särkiniemen lysimetrikokeen kosteusanturien havainnot koko tutkimusjaksolta box & whisker laatikkokuvassa.



Kuva 13. Särkiniemen lysimetrikokeen kosteusanturihavaintojen kuukausimediaanit tutkimusjaksolla.

Heinäkuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetriä pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,11–0,12 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,20–0,48 %. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,22 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,24 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Elokuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetriä pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,08–0,09 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,18–0,44 %. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,17 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,20 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Syyskuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,11–0,12 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,20–0,45 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,18 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,21 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Lokakuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,12–0,15 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,23–0,46 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,19 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,14–0,23 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,23 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Marraskuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,12–0,14 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,22–0,44 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,20 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,30 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Joulukuussa 2020 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo oli noin 0,12 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,20–0,42 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,20 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,23 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Tammikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,07–0,10 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,16–0,39 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,17 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,14–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,18 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Helmikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,08–0,09 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,15–0,39 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,18 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,14–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,18 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Maaliskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,09–0,10 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,17–0,40 %. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,17 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,14–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,19 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Huhtikuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,14–0,16 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,23–0,44 %. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,18 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäännöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,22 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Toukokuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,11–0,12 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,19–0,43 %. Mädätysjäännöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,20 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,19 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Kesäkuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,09–0,10 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,17–0,49 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,30 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,26 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,23 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Heinäkuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,06–0,08 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,15–0,48 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,30 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,27 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,22 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Elokuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,11–0,14 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,21–0,49 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,25 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,17–0,26 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,26 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Syyskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,11–0,13 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,20–0,47 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,23 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,16–0,24 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,23 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

Lokakuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,13–0,16 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,23–0,49 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,23 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,16–0,23 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,26 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

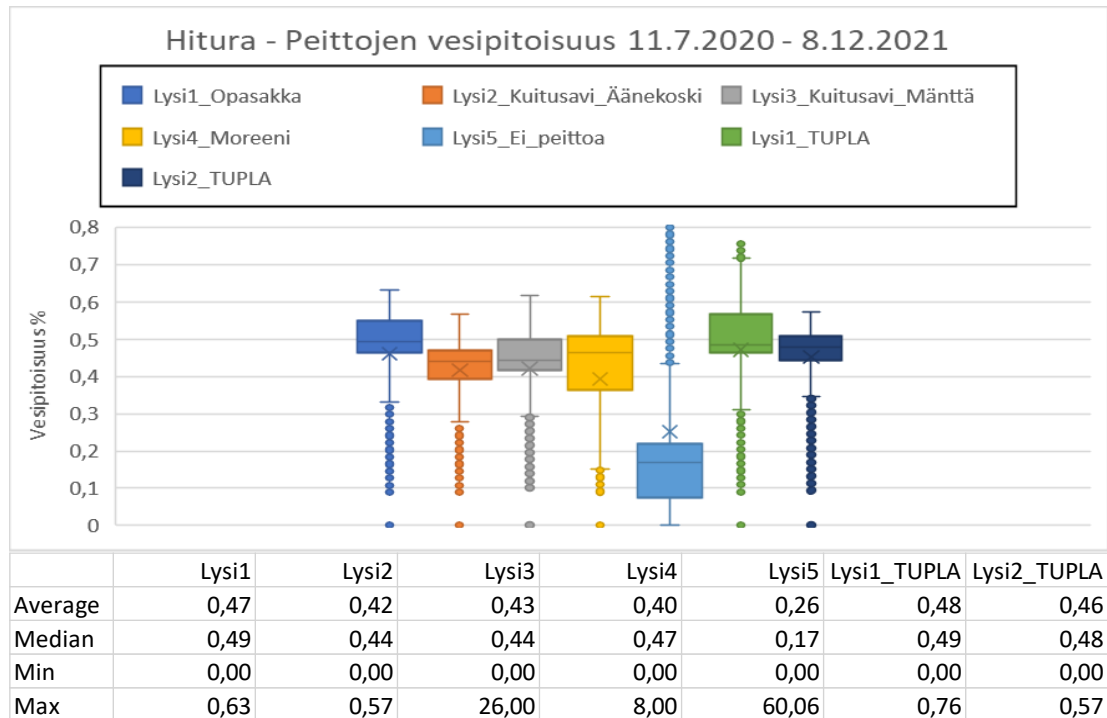
Marraskuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,13–0,15 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,22–0,48 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,23 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen

kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,22 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi3, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,26 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

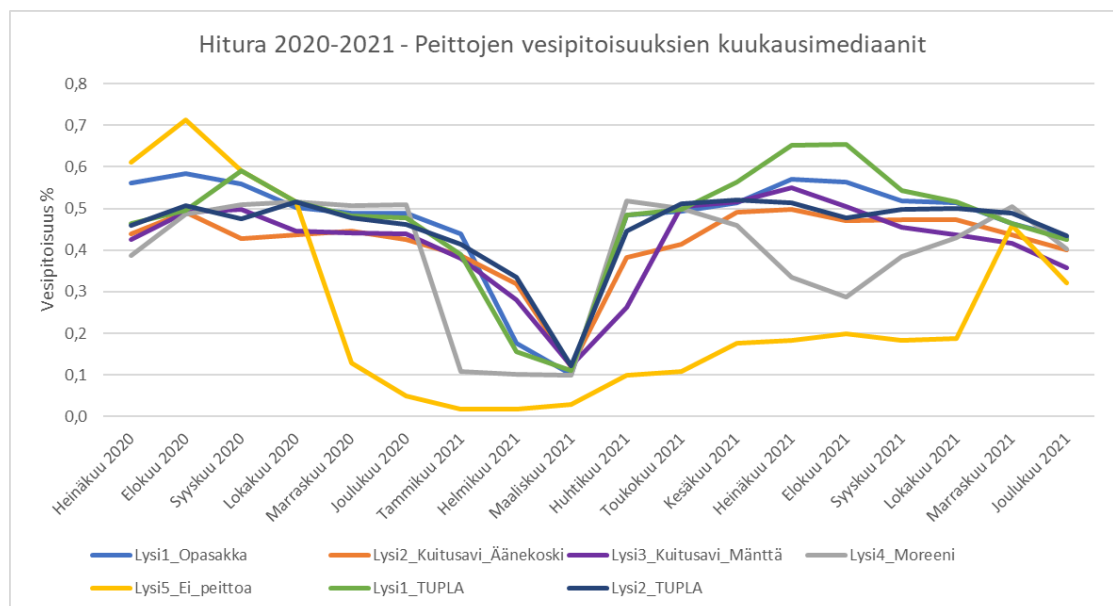
Joulukuussa 2021 Särkiniemen koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien pinta-anturien (Lysit 2, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,09–0,11 %. Verrattaessa alempia pinta-antureita toisiinsa (Lysit 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaaniarvo vaihteli välillä 0,18–0,45 %. Mädätysjäätöskerroksen päälle sijoitetun kosteusanturin sisältävän lysimetrin (Lysit 3 ja 4) ero pelkällä moreenilla peitettyyn lysimetriin (Lysi 5) oli noin 0,23 % -yksikön luokkaa. Lysimetrisäiliön pohjalle sivukivikerrokseen sijoitettujen kosteusanturien (Lysit 2, 3, 4 ja 5) vesipitoisuuden mediaani vaihteli 0,15–0,21 % välillä. Suurin erotus pinta- ja pohja-anturien välillä on mädätysjäätöskerroksen sisältävässä lysi4, jossa alemman pinta-anturin vesipitoisuus on 0,24 % -yksikköä korkeampi kuin pohja-anturin (Liite 3).

4.2.2 Hitura

Tarkasteltaessa Hituran lysimetrikokeen tutkimusjaksoa kokonaisuutena (Kuva 14), vaihteli peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,44–0,49 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 (Kuitusavi_Äänekoski) välillä eroa on 0,03 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 1,6 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,09 yksikköä eli 9,1 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,27 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,32 %-yksikköä Lysi1 ja Lysi4 välillä. Kuvassa 15 on esitetty peittojen vesipitoisuuksien kuukausimediaanien vaihtelu tutkimusjaksolla.



Kuva 14. Hituran lysimetrikokeen kosteusanturien havainnot koko tutkimusjaksolta box & whisker laatikkokuvassa.



Kuva 15. Hituran lysimetrikokeen kosteusanturihavaintojen kuukausimediaanit tutkimusjaksolla.

Heinäkuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,39–0,56 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,04 %-

yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,1 yksikköä eli 17 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 5 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,14 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,26 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Elokuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,49–0,59 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,01 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,1 yksikköä eli 15 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 4 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,20 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,23 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Syyskuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,50–0,59 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,08 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,03 yksikköä eli 6 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,05 yksikköä eli 11 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,06 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,16 %-yksikköä lysi2 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Lokakuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,44–0,52 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,08 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,01 yksikköä eli 3 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,08 yksikköä eli 18 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,03 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,08 %-yksikköä lysi2 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Marraskuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,44–0,51 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3

välillä eroa on 0,07 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,01 yksikköä eli 2 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,03 yksikköä eli 7 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,34 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,40 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Joulukuussa 2020 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,43–0,51 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,08 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,01 yksikköä eli 2 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,04 yksikköä eli 9 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,41 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,46 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Tammikuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,11–0,44 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,27 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,05 yksikköä eli 11 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,03 yksikköä eli 6 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,32 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,42 %-yksikköä lysi1 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Helmikuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,10–0,34 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi1_tupla välillä eroa on 0,05 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 11 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 5 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,19 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,32 %-yksikköä lysi2_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Maaliskuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,10–0,12 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi1 välillä eroa on 0,002 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,01 yksikköä eli 8 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,002 yksikköä eli 2 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,19 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,09 %-yksikköä lysi3 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Huhtikuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,26–0,52 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,26 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,001 yksikköä eli 0,2 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,06 yksikköä eli 17 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,31 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,42 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Toukokuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,42–0,51 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,09 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,004 yksikköä eli 0,8 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,10 yksikköä eli 23 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,37 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,51 %-yksikköä lysi2_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Kesäkuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,46–0,56 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,05 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,05 yksikköä eli 10 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä

eroa on 0,03 yksikköä eli 6 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,32 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,39 %-yksikköä lysi1_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Heinäkuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetricien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,34–0,65 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,16 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,08 yksikköä eli 15 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 3 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,32 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,70 %-yksikköä lysi1_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Elokuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetricien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,29–0,66 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi2 välillä eroa on 0,18 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,09 yksikköä eli 16 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,01 yksikköä eli 2 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,26 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,46 %-yksikköä lysi1_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Syyskuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetricien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,38–0,54 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,07 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,03 yksikköä eli 5 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,02 yksikköä eli 5 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,28 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,36 %-yksikköä lysi1_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

Lokakuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,43–0,52 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,01 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,003 yksikköä eli 1 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,03 yksikköä eli 6 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,28 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,33 %-yksikköä lysi1_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

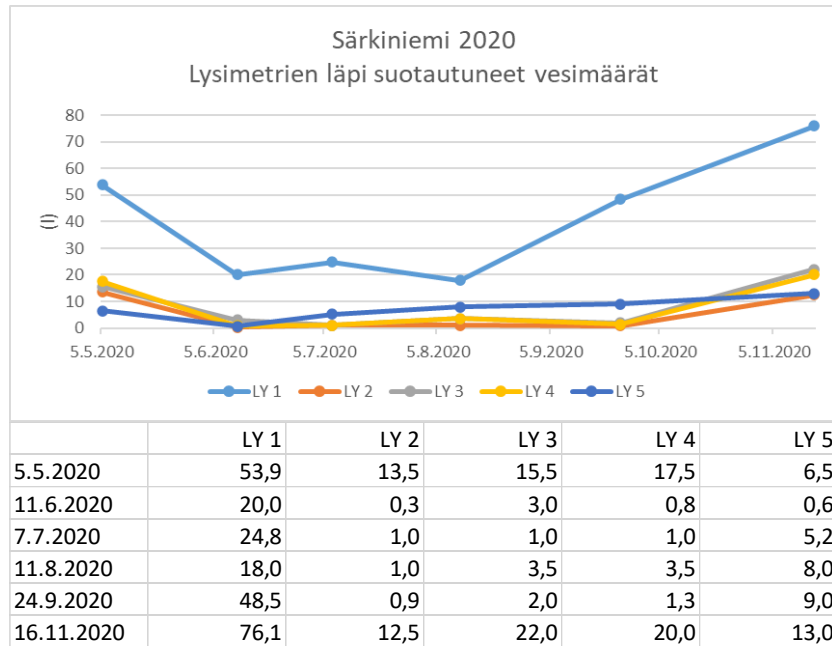
Marraskuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,42–0,51 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,09 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,001 yksikköä eli 0,2 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,05 yksikköä eli 12 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,02 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,05 %-yksikköä lysi4 ja lysi5 välillä (Liite 3).

Joulukuussa 2021 vaihteli Hituran koejärjestelyn peitettyjen lysimetrien (Lysit 1, 2, 3, 4, Lysi1_Tupla ja Lysi2_Tupla) vesipitoisuuden mediaaniarvo välillä 0,36–0,44 %. Moreenilla peitetty lysi4 ja peitetyistä lysimetreistä alhaisimman vesipitoisuuden lysi3 välillä eroa on 0,04 %-yksikköä. Verrokkianturien Lysi1 ja Lysi1_Tupla mediaaniarvojen välillä eroa on 0,004 yksikköä eli 1 %, sekä verrokkianturien Lysi2 ja Lysi2_Tupla välillä eroa on 0,04 yksikköä eli 9 %. Peitetyn lysimetrin vesipitoisuus on noin 0,08 %-yksikköä korkeampi kuin peittämättömän, ollen suurimmillaan 0,11 %-yksikköä lysi2_tupla ja lysi5 välillä (Liite 3).

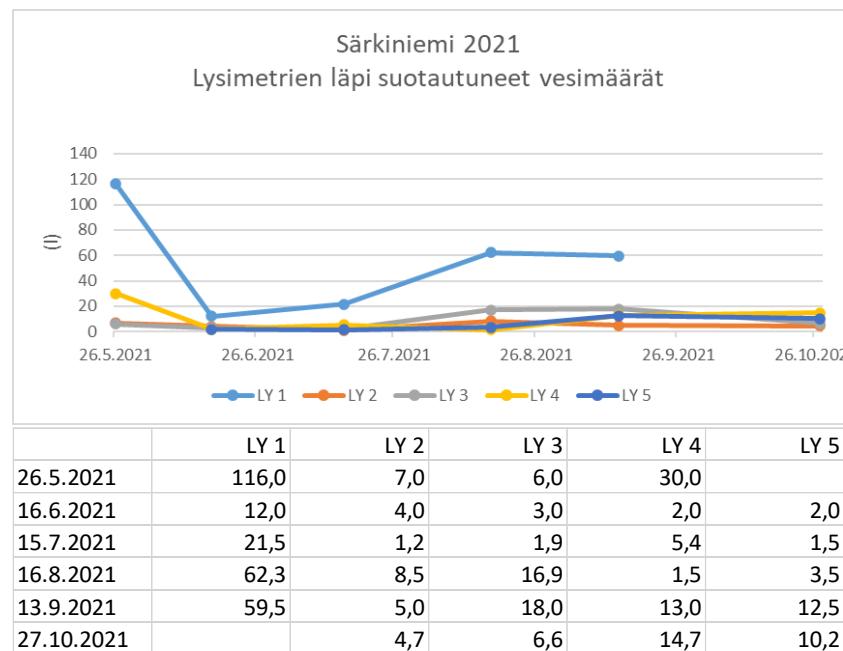
4.3 Peittojen läpi suotautuneet vesimäärät

Särkiniemen ja Hituran lysimetrien lävitse suotautuneet vesimäärät näytteenottopäivineen on esitetty kuvissa 14, 15, 16 ja 17. Vuonna 2020 Särkiniemen lysimetreistä eniten vettä suotautui lysimetrin yksi lävitse ja vähiten lysimetrin kaksi

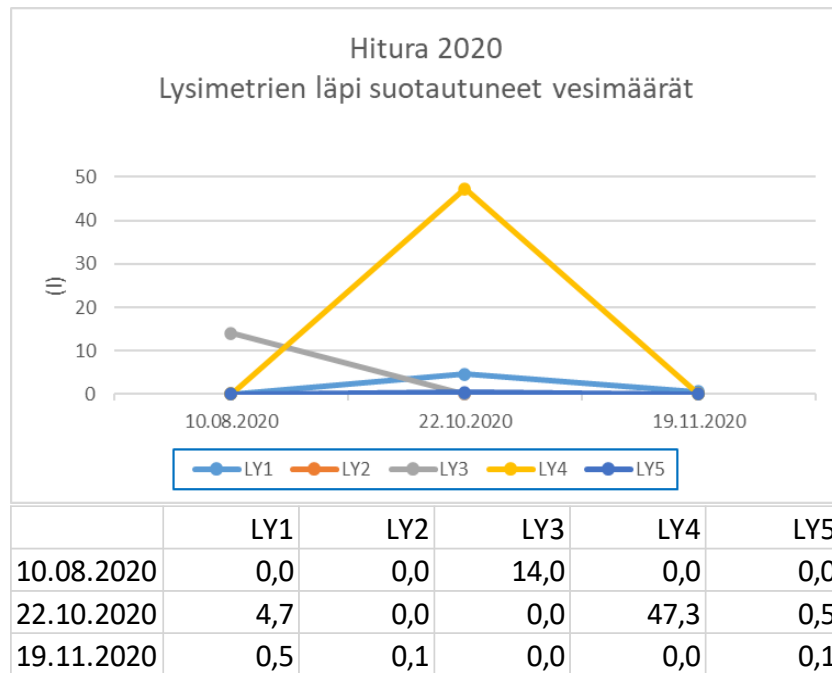
lävitse. Vuonna 2021 Särkiniemen lysimetreistä eniten vettä suotautui lysimetrin yksi lävitse ja vähiten lysimetrien kaksi ja viisi lävitse. Vuonna 2020 Hituran lysimetreistä eniten vettä suotautui lysimetrin neljä lävitse ja vähiten lysimetrin kaksi lävitse. Vuonna 2021 Hituran lysimetreistä eniten vettä suotautui lysimetrin yksi lävitse ja vähiten lysimetrin viisi lävitse.



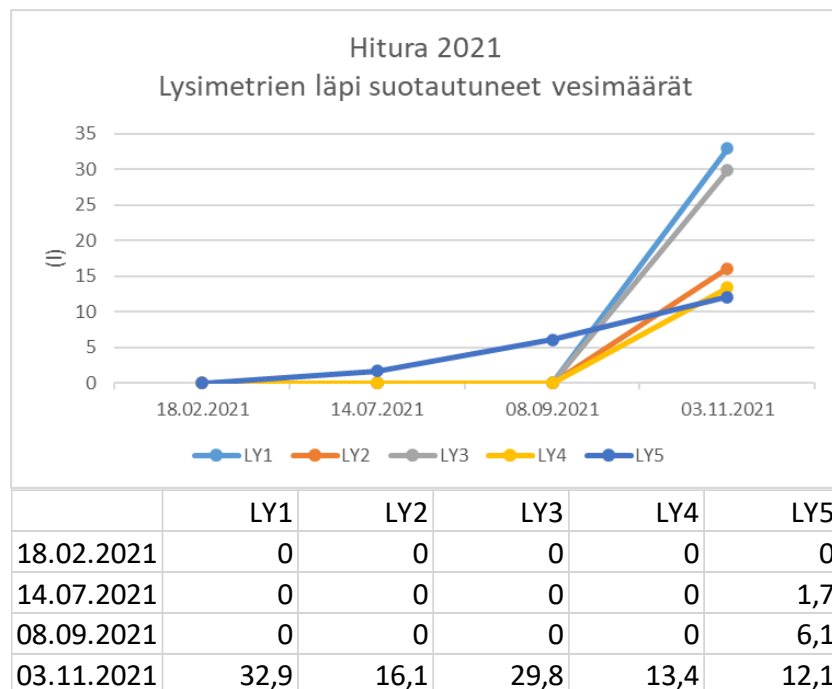
Kuva 16. Särkiniemen lysimetrien läpi suotautuneet vesimäärät (l) vuonna 2020.



Kuva 17. Särkiniemen lysimetrien läpi suotautuneet vesimäärät (l) vuonna 2021.



Kuva 18. Hituran lysimetrien läpi suotautuneet vesimäärät (l) vuonna 2020.

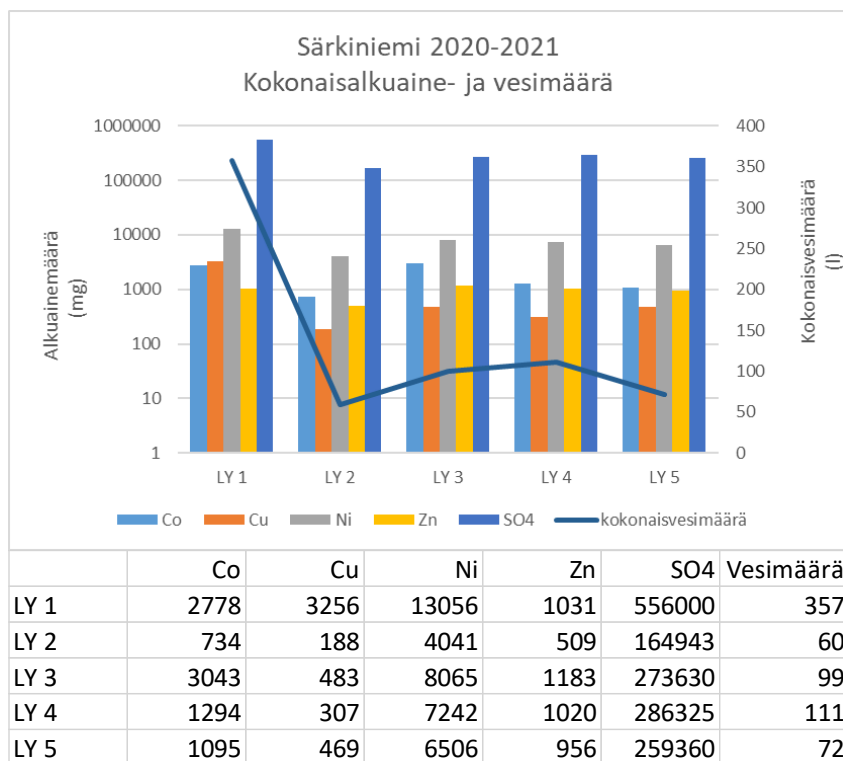


Kuva 19. Hituran lysimetrien läpi suotautuneet vesimäärät (l) vuonna 2021.

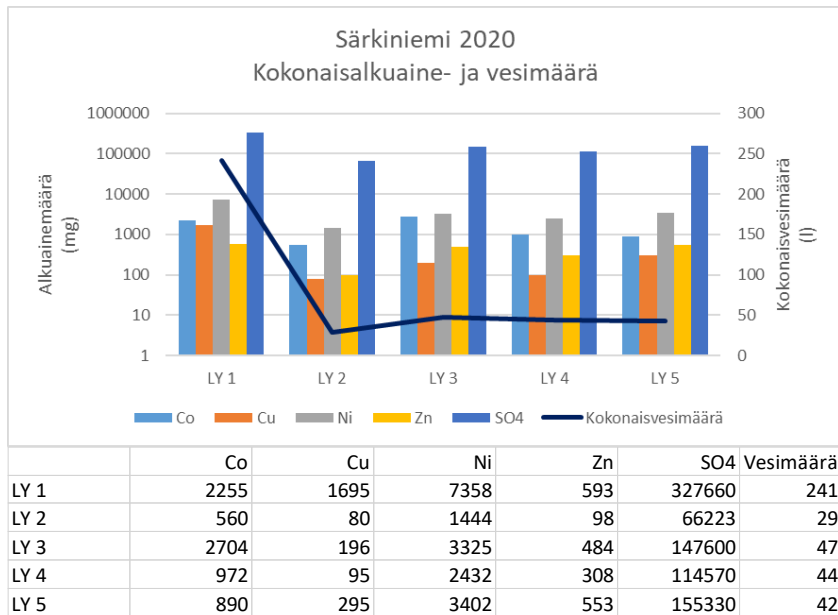
4.4 Alkuaineet ja pH suotovesissä

Vuosina 2020–2021 Särkiniemen ja Hituran tutkimuksissa tarkasteltujen alkuaineiden ja kerättyjen suotovesinäytteiden kokonaismäärät on esitetty kuvissa 20, 21, 22, 23, 24 ja 25. Alkuaineiden kokonaismäärät on laskettu kertomalla eri mittauskerroilla analysoidut alkuainepitoisuudet läpivirranneella kokonaisvesimäärällä lysimetrikohtaisesti.

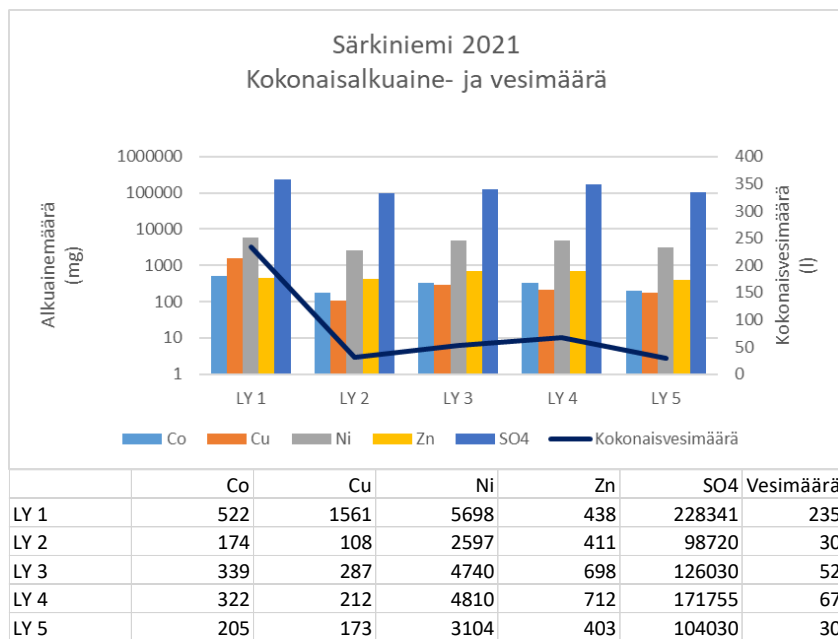
Kuvissa 26 ja 27 on esitetty Särkiniemen ja Hituran koejärjestelyiden suotovesistä mitatut pH-arvot. Särkiniemen lysimetreissä tutkimusjaksolla 2020–2021 pH pysytteli välillä 3,3–4, paitsi lysimetrissä kaksi, jossa korkeimmaksi pH-arvoksi mitattiin 4,8. Hiturassa pH-arvot olivat merkittävästi korkeammat kuin Särkiniemessä, vaihdellen välillä 6,5–8,0.



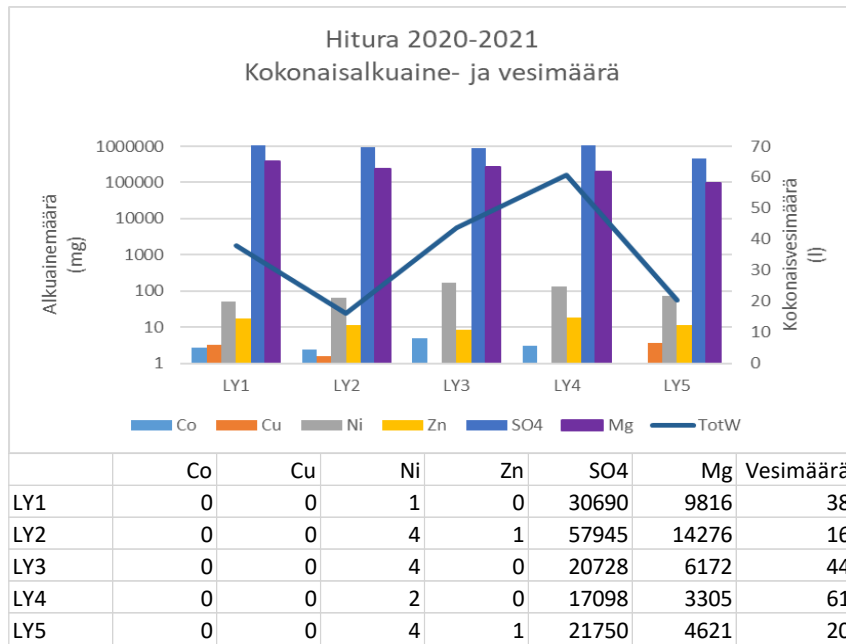
Kuva 20. Särkiniemen koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine- (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



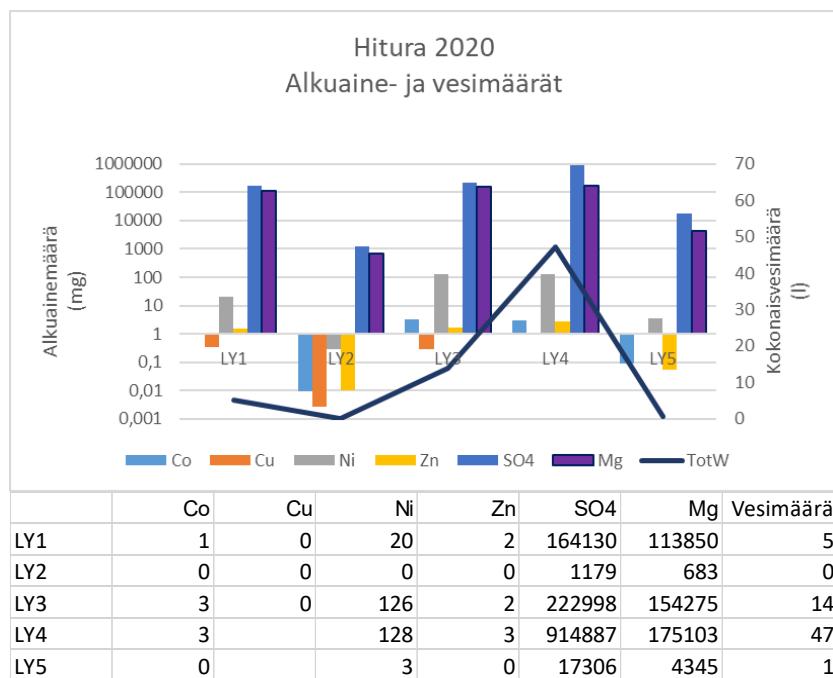
Kuva 21. Särkiniemen koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine- (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla vuonna 2020. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



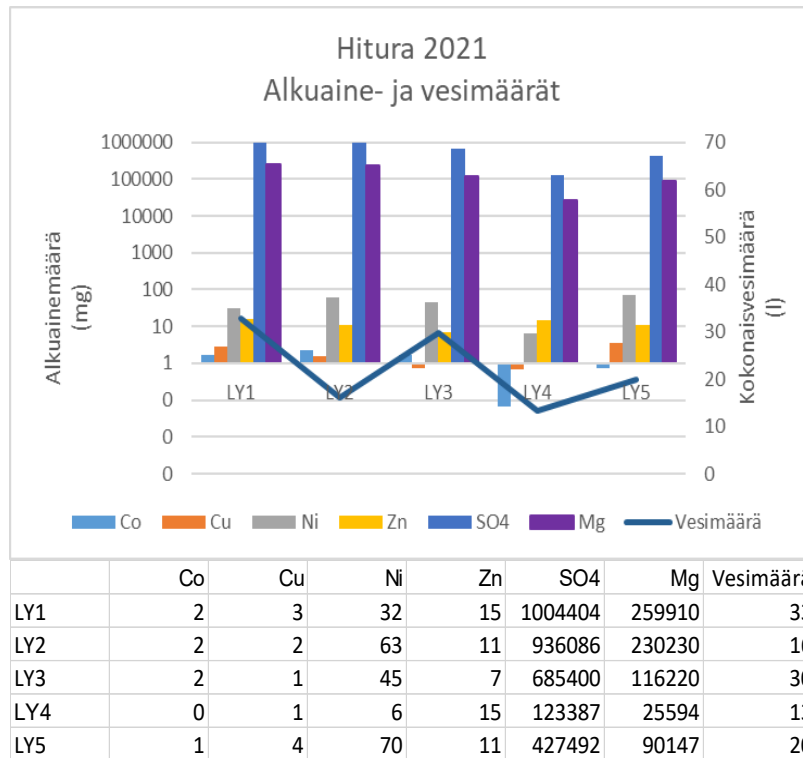
Kuva 22. Särkiniemen koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla vuonna 2021. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



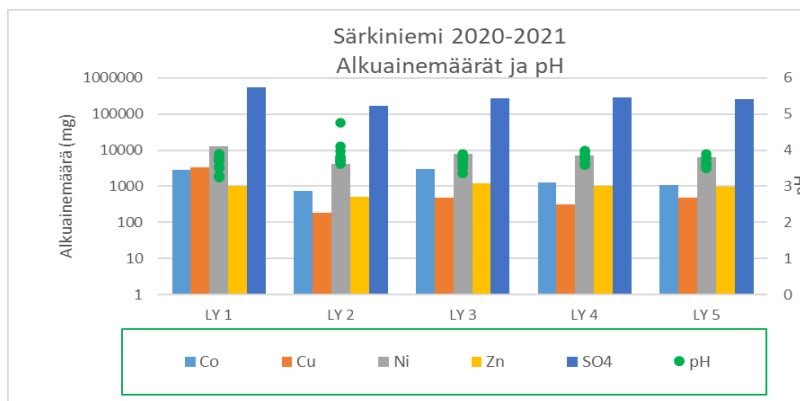
Kuva 23. Hituran koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine- (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



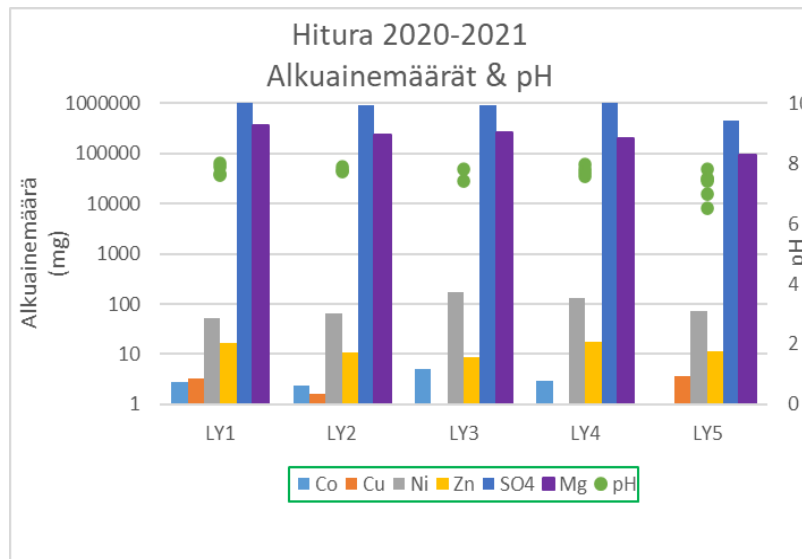
Kuva 24. Hituran koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine- (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla. Vuonna 2020. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



Kuva 25. Hituran koejärjestelyn suotovesistä mitatut kokonaisalkuaine- (mg) ja vesimäärät (l) tutkimusjaksolla. 2021. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



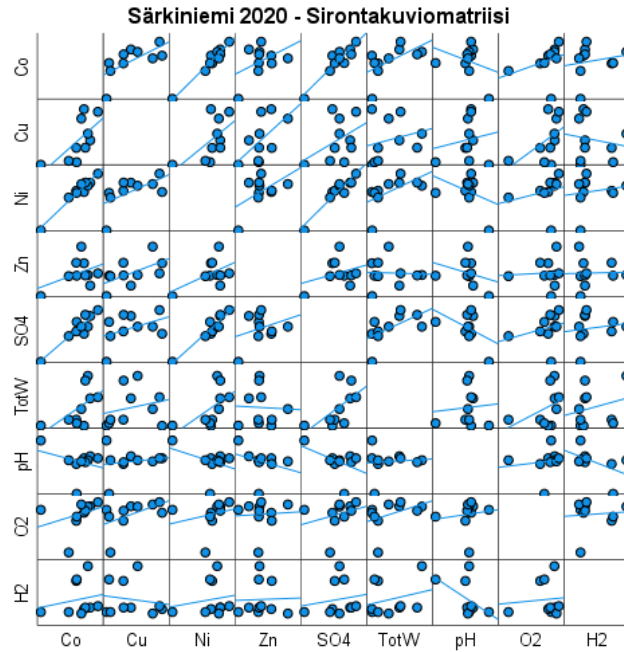
Kuva 26. Särkiniemen koejärjestelyn suotovesistä mitatut alkuainemäärät (mg) ja pH-arvot tutkimusjaksolla. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.



Kuva 27. Hituran koejärjestelyn suotovesistä mitatut alkuainemäärät (mg) ja pH-arvot tutkimusjaksolla. Kuvan alkuainemäärä on esitetty kymmenkantaisella logaritmisella asteikolla.

4.5 Korrelaatio ja sirontakuviomatriisi

Särkiniemen ja Hituran lysimetrien suotovesien laboratoriokokeiden tuloksille, pH-arvoille, kokonaisvesimäärille sekä happi- ja kosteusanturien tuloksille suoritettiin korrelaatioanalyysi syy-yhteyksien löytämiseksi. Muuttujat korrelaatioanalyysissä Särkiniemen kokeessa olivat koboltti, kupari, nikkeli, sinkki, sulfaatti, kokonaisvesimäärä, pH, happi (anturitulokset) ja kosteus (anturitulokset). Hiturassa muuttujat olivat koboltti, kupari, nikkeli, sinkki, sulfaatti, magnesium, kokonaisvesimäärä, pH, happi (anturitulokset) ja kosteus (anturitulokset). Samoja muuttujia käyttäen tehtiin sirontakuviomatriisit korrelaatioanalyysien tulosten havainnollistamiseksi. Särkiniemen ja Hituran vuoden 2020 ja 2021 korrelaatioanalyysien tulokset ja sirontakuviomatriisit on esitetty kuvissa 28, 29, 31 ja 32. Kuvissa 30 ja 33 on esitetty Särkiniemen ja Hituran korrelaatioanalyysien tulokset ja sirontakuviomatriisit koko tutkimusjaksolta.



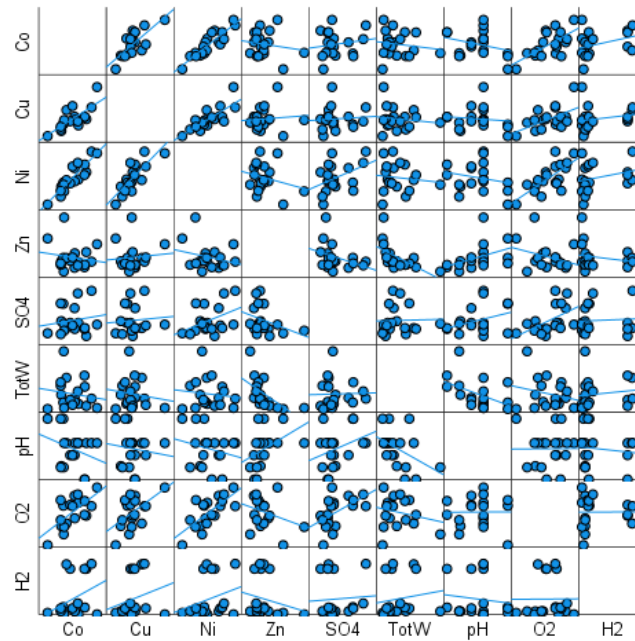
		Särkiniemi 2020 - Korrelaatiot									
		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	TotW	pH	O2	H2	
Spearman's rho	Co	1,000	0,287	,458*	0,252	,441*	0,264	-0,366	-0,032	0,332	
	Cu		1,000	,442*	0,344	0,350	0,303	-0,124	,525*	-0,064	
	N	30	30	30	30	29	30	21	15	12	
	Ni			1,000	,796**	,942**	-0,076	-0,076	-0,086	0,219	
	Zn				1,000	,716**	-0,365*	-0,073	-0,332	-0,021	
	SO4					1,000	-0,203	-0,013	-0,098	0,394	
	TotW						1,000	-0,400	,693**	0,466	
	pH							1,000	0,155	-0,383	
	O2								1,000	0,060	
	H2									1,000	
	Sig. (2-tailed)										
	N	30	30	30	30	29	30	21	15	12	
	N	30	30	30	30	29	30	21	15	12	
	N	30	30	30	30	29	30	21	15	12	
	N	29	29	29	29	29	29	20	15	12	
	N	30	30	30	30	29	30	21	15	12	
	N	21	21	21	21	20	21	21	11	10	
	N	15	15	15	15	15	15	11	15	12	
	N	12	12	12	12	12	12	10	12	12	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuva 28. Särkiniemen vuoden 2020 sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot.

Särkiniemi 2021 - Sirontakuviomatriisi



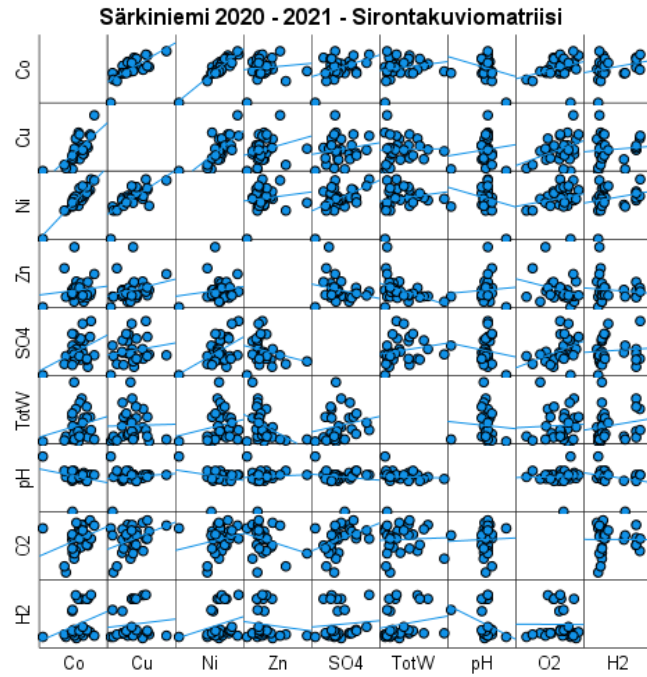
Särkiniemi 2021 - Korrelaatiot

		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	TotW	pH	O2	H2
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,408*	,914**	,374*	,527**	-,433*	0,221	0,220	0,170
	Sig. (2-tailed)		0,031	0,000	0,050	0,004	0,021	0,300	0,291	0,439
	N	28	28	28	28	28	28	28	24	25
Cu	Correlation Coefficient	,408*	1,000	,375*	-0,066	0,104	0,124	-0,304	0,287	0,278
	Sig. (2-tailed)	0,031		0,049	0,738	0,598	0,530	0,149	0,165	0,199
	N	28	28	28	28	28	28	24	25	23
Ni	Correlation Coefficient	,914**	,375*	1,000	,426*	,670**	-,516**	0,259	0,287	0,134
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,049		0,024	0,000	0,005	0,221	0,164	0,541
	N	28	28	28	28	28	28	24	25	23
Zn	Correlation Coefficient	,374*	-0,066	,426*	1,000	0,207	-,880**	,651**	-,452*	-0,378
	Sig. (2-tailed)	0,050	0,738	0,024		0,290	0,000	0,001	0,023	0,076
	N	28	28	28	28	28	28	24	25	23
SO4	Correlation Coefficient	,527**	0,104	,670**	0,207	1,000	-,262	0,358	0,254	-0,010
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,598	0,000	0,290		0,178	0,086	0,220	0,965
	N	28	28	28	28	28	28	24	25	23
TotW	Correlation Coefficient	-,433*	0,124	-,516**	-,880**	-0,262	1,000	-,650**	0,182	,464*
	Sig. (2-tailed)	0,021	0,530	0,005	0,000	0,178		0,001	0,385	0,026
	N	28	28	28	28	28	28	24	25	23
pH	Correlation Coefficient	0,221	-0,304	0,259	,651**	0,358	-,650**	1,000	0,000	-0,105
	Sig. (2-tailed)	0,300	0,149	0,221	0,001	0,086	0,001		0,999	0,668
	N	24	24	24	24	24	24	24	21	19
O2	Correlation Coefficient	0,220	0,287	0,287	-,452*	0,254	0,182	0,000	1,000	0,086
	Sig. (2-tailed)	0,291	0,165	0,164	0,023	0,220	0,385	0,999		0,697
	N	25	25	25	25	25	25	21	25	23
H2	Correlation Coefficient	0,170	0,278	0,134	-0,378	-0,010	,464*	-0,105	0,086	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,439	0,199	0,541	0,076	0,965	0,026	0,668	0,697	
	N	23	23	23	23	23	23	19	23	23

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuva 29. Särkiniemen vuoden 2021 sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot.

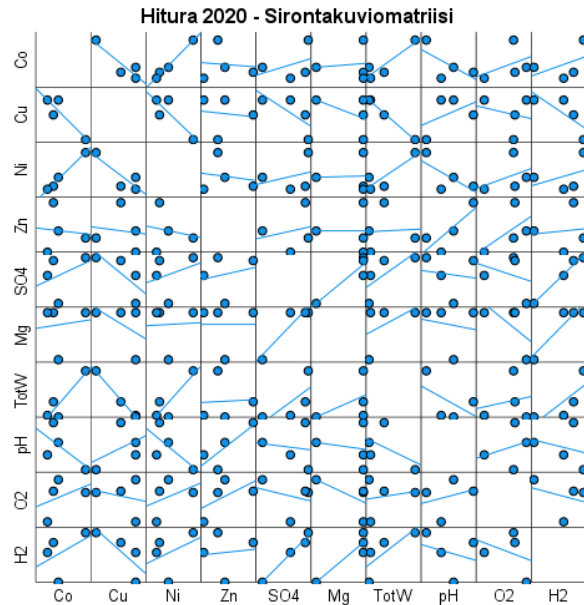


		Särkiniemi 2020 - 2021 - Korrelaatiot								
		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	TotW	pH	O2	H2
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	,290*	,608**	,284*	,424**	0,004	-0,111	0,019	0,162
	Sig. (2-tailed)		0,027	0,000	0,031	0,001	0,979	0,468	0,905	0,351
	N	58	58	58	58	57	58	45	40	35
Cu	Correlation Coefficient	,290*	1,000	,351**	0,169	0,220	0,253	-0,186	,349*	0,107
	Sig. (2-tailed)	0,027		0,007	0,205	0,100	0,056	0,222	0,027	0,541
	N	58	58	58	58	57	58	45	40	35
Ni	Correlation Coefficient	,608**	,351**	1,000	,670**	,650**	-0,212	0,115	-0,148	0,223
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,007		0,000	0,000	0,110	0,453	0,363	0,198
	N	58	58	58	58	57	58	45	40	35
Zn	Correlation Coefficient	,284*	0,169	,670**	1,000	,436**	-,534**	,298*	-,517**	-0,216
	Sig. (2-tailed)	0,031	0,205	0,000		0,001	0,000	0,047	0,001	0,212
	N	58	58	58	58	57	58	45	40	35
SO4	Correlation Coefficient	,424**	0,220	,650**	,436**	1,000	-0,245	0,168	0,136	0,046
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,100	0,000	0,001		0,066	0,277	0,401	0,793
	N	57	57	57	57	57	57	44	40	35
TotW	Correlation Coefficient	0,004	0,253	-0,212	-,534**	-0,245	1,000	-,507**	,410**	,431**
	Sig. (2-tailed)	0,979	0,056	0,110	0,000	0,066		0,000	0,009	0,010
	N	58	58	58	58	57	58	45	40	35
pH	Correlation Coefficient	-0,111	-0,186	0,115	,298*	0,168	-,507**	1,000	-0,009	-0,215
	Sig. (2-tailed)	0,468	0,222	0,453	0,047	0,277	0,000		0,961	0,263
	N	45	45	45	45	44	45	45	32	29
O2	Correlation Coefficient	0,019	,349*	-0,148	-,517**	0,136	,410**	-0,009	1,000	0,019
	Sig. (2-tailed)	0,905	0,027	0,363	0,001	0,401	0,009	0,961		0,914
	N	40	40	40	40	40	40	32	40	35
H2	Correlation Coefficient	0,162	0,107	0,223	-0,216	0,046	,431**	-0,215	0,019	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,351	0,541	0,198	0,212	0,793	0,010	0,263	0,914	
	N	35	35	35	35	35	35	29	35	35

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuva 30. Särkiniemen sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot tutkimusjaksolta.

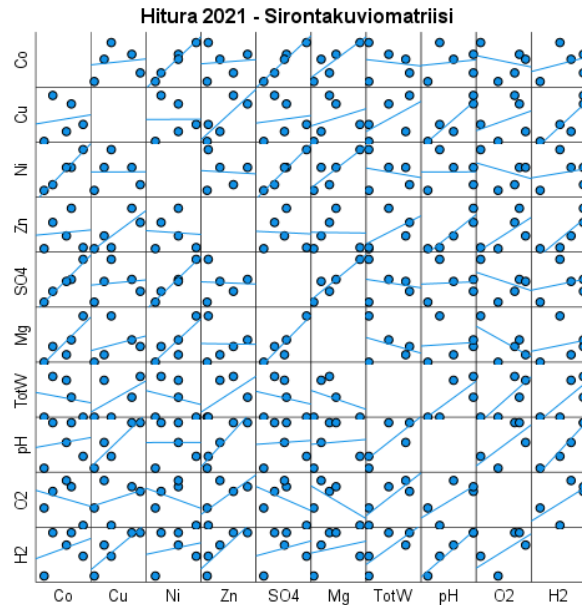


Hitura 2020 - Korrelaatiot

		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	Mg	TotW	pH	O2	H2	
Spearman's rho	Co	1,000	-0,632	,829*	0,486	0,086	0,273	-0,314	-0,714	-0,300	-0,232	
	Cu		1,000	0,368	0,329	0,872	0,600	0,544	0,111	0,624	0,658	
	Ni			1,000	0,143	0,086	-0,213	-0,029	-0,657	0,300	0,000	
Cu	Zn				1,000	0,086	0,516	-0,371	0,200	-0,100	-0,174	
	SO4					1,000	0,455	,905**	-0,287	-0,371	0,578	
	Mg						1,000	-0,030	-0,152	-,894*	0,154	
Ni	TotW							1,000	-0,204	0,029	0,602	
	pH								1,000	0,543	0,152	
	O2									1,000	0,265	
Zn	H2										1,000	
	Co											1,000
	Cu											1,000
SO4	Co											1,000
	Cu											1,000
	Ni											1,000
Mg	Zn											1,000
	SO4											1,000
	Mg											1,000
TotW	pH											1,000
	O2											1,000
	H2											1,000
pH	Co											1,000
	Cu											1,000
	Ni											1,000
O2	Zn											1,000
	SO4											1,000
	Mg											1,000
H2	TotW											1,000
	pH											1,000
	O2											1,000

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuva 31. Hituran vuoden 2020 sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot tutkimusjaksolta.

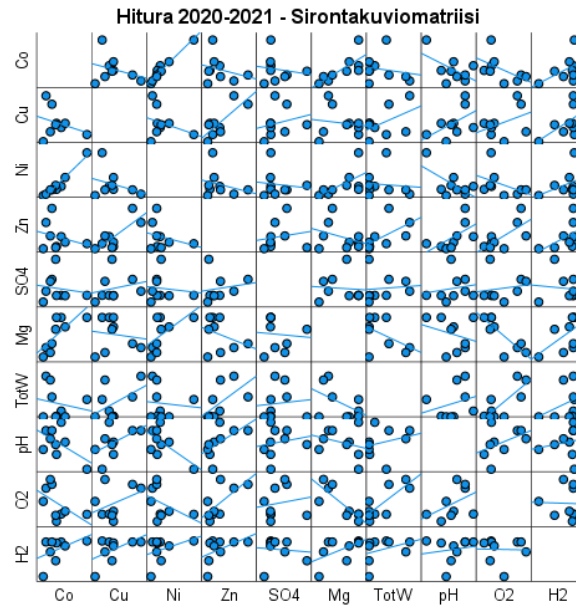


		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	Mg	TotW	pH	O2	H2
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	0,607	,826*	0,524	,929**	,905**	0,304	0,695	0,086	0,647
	Sig. (2-tailed)		0,148	0,011	0,183	0,001	0,002	0,464	0,056	0,872	0,083
	N	8	7	8	8	8	8	8	8	6	8
Cu	Correlation Coefficient	0,607	1,000	0,024	,806**	0,200	0,237	0,509	0,316	0,086	0,423
	Sig. (2-tailed)	0,148		0,947	0,005	0,580	0,510	0,133	0,374	0,872	0,223
	N	7	10	10	10	10	10	10	10	6	10
Ni	Correlation Coefficient	,826*	0,024	1,000	0,059	0,588	0,548	0,117	0,176	0,000	-0,138
	Sig. (2-tailed)	0,011	0,947		0,863	0,057	0,081	0,733	0,605	1,000	0,686
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
Zn	Correlation Coefficient	0,524	,806**	0,059	1,000	0,373	0,374	,810**	0,424	0,679	,679*
	Sig. (2-tailed)	0,183	0,005	0,863		0,259	0,258	0,003	0,194	0,094	0,022
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
SO4	Correlation Coefficient	,929**	0,200	0,588	0,373	1,000	,989**	0,400	,802**	-0,036	0,505
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,580	0,057	0,259		0,000	0,223	0,003	0,939	0,113
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
Mg	Correlation Coefficient	,905**	0,237	0,548	0,374	,989**	1,000	0,389	,813**	-0,143	0,487
	Sig. (2-tailed)	0,002	0,510	0,081	0,258	0,000		0,237	0,002	0,760	0,128
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
TotW	Correlation Coefficient	0,304	0,509	0,117	,810**	0,400	0,389	1,000	0,560	0,704	,676*
	Sig. (2-tailed)	0,464	0,133	0,733	0,003	0,223	0,237		0,073	0,077	0,022
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
pH	Correlation Coefficient	0,695	0,316	0,176	0,424	,802**	,813**	0,560	1,000	0,414	,708*
	Sig. (2-tailed)	0,056	0,374	0,605	0,194	0,003	0,002	0,073		0,355	0,015
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11
O2	Correlation Coefficient	0,086	0,086	0,000	0,679	-0,036	-0,143	0,704	0,414	1,000	0,667
	Sig. (2-tailed)	0,872	0,872	1,000	0,094	0,939	0,760	0,077	0,355		0,102
	N	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
H2	Correlation Coefficient	0,647	0,423	-0,138	,679*	0,505	0,487	,676*	,708*	0,667	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,083	0,223	0,686	0,022	0,113	0,128	0,022	0,015	0,102	
	N	8	10	11	11	11	11	11	11	7	11

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuva 32. Hituran vuoden 2021 sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot tutkimusjaksolta.



Hitura 2020-2021 - Korrelaatiot

		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	Mg	TotW	pH	O2	H2
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1,000	0,392	,909**	0,270	0,437	,898**	0,142	0,156	-0,564	,553*
	Sig. (2-tailed)		0,233	0,000	0,350	0,118	0,000	0,628	0,593	0,071	0,040
	N	14	11	14	14	14	14	14	14	14	11
Cu	Correlation Coefficient	0,392	1,000	-0,013	,730**	0,260	0,166	0,358	0,330	0,225	0,327
	Sig. (2-tailed)	0,233		0,964	0,003	0,370	0,571	0,209	0,249	0,532	0,253
	N	11	14	14	14	14	14	14	14	10	14
Ni	Correlation Coefficient	,909**	-0,013	1,000	-0,050	,526*	,748**	0,110	0,111	-0,350	0,232
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,964		0,848	0,030	0,001	0,675	0,673	0,264	0,370
	N	14	14	17	17	17	17	17	17	12	17
Zn	Correlation Coefficient	0,270	,730**	-0,050	1,000	0,306	0,165	,605*	0,316	0,315	0,372
	Sig. (2-tailed)	0,350	0,003	0,848		0,232	0,528	0,010	0,217	0,319	0,141
	N	14	14	17	17	17	17	17	17	12	17
SO4	Correlation Coefficient	0,437	0,260	,526*	0,306	1,000	,744**	,490*	0,454	-0,126	0,414
	Sig. (2-tailed)	0,118	0,370	0,030	0,232		0,001	0,033	0,051	0,681	0,078
	N	14	14	17	17	19	17	19	19	13	19
Mg	Correlation Coefficient	,898**	0,166	,748**	0,165	,744**	1,000	0,128	0,470	-,683*	0,462
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,571	0,001	0,528	0,001		0,624	0,057	0,014	0,062
	N	14	14	17	17	17	17	17	17	12	17
TotW	Correlation Coefficient	0,142	0,358	0,110	,605*	,490*	0,128	1,000	0,194	0,482	,595**
	Sig. (2-tailed)	0,628	0,209	0,675	0,010	0,033	0,624		0,425	0,095	0,007
	N	14	14	17	17	19	17	19	19	13	19
pH	Correlation Coefficient	0,156	0,330	0,111	0,316	0,454	0,470	0,194	1,000	0,408	,531*
	Sig. (2-tailed)	0,593	0,249	0,673	0,217	0,051	0,057	0,425		0,167	0,019
	N	14	14	17	17	19	17	19	19	13	19
O2	Correlation Coefficient	-0,564	0,225	-0,350	0,315	-0,126	-,683*	0,482	0,408	1,000	0,311
	Sig. (2-tailed)	0,071	0,532	0,264	0,319	0,681	0,014	0,095	0,167		0,301
	N	11	10	12	12	13	12	13	13	13	13
H2	Correlation Coefficient	,553*	0,327	0,232	0,372	0,414	0,462	,595**	,531*	0,311	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,040	0,253	0,370	0,141	0,078	0,062	0,007	0,019	0,301	
	N	14	14	17	17	19	17	19	19	13	19

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

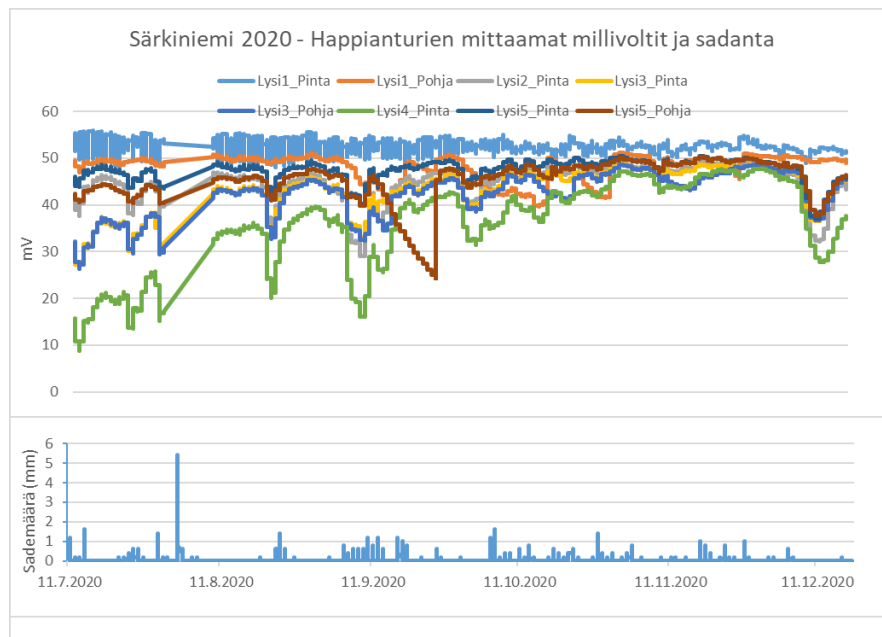
Kuva 33. Haturan sirontakuviomatriisi ja korrelaatiot tutkimusjaksolta.

5. TULOSTEN TULKINTA

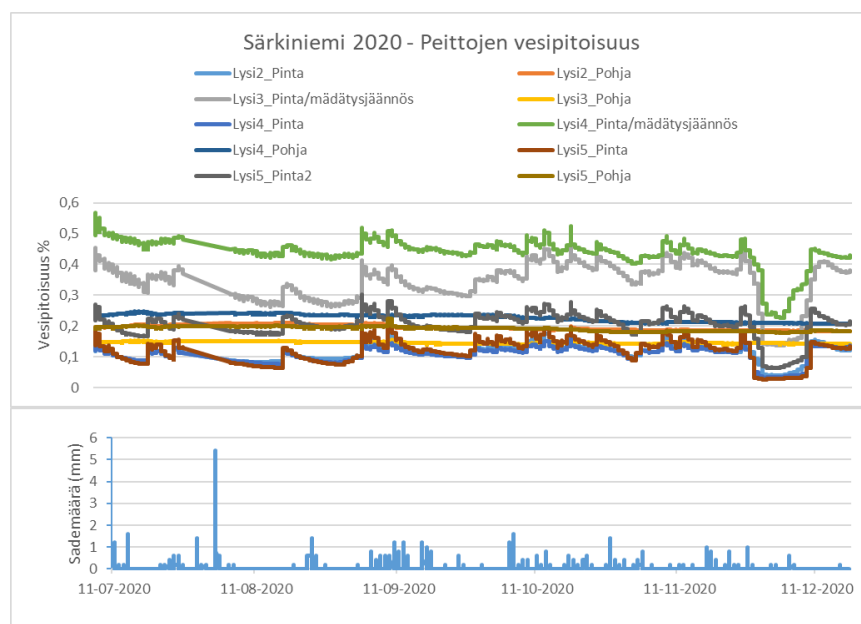
5.1 Särkiniemen anturiaineisto

Koko 17 kk:n tutkimusjakson kokonaisuutta tarkasteltaessa, pysyy mädätysjäännöskerroksen sisältämien lysimetrien happianturien mittaama millivolttitaso noin 5 yksikköä pienempänä, kuin pelkällä moreenilla peitettyjen (Kuva 10), mutta peittojen vesipitoisuus on tutkimusjaksolla noin 0,2 %-yksikköä korkeampi mädätysjäännöksen sisältämissä lysimetreissä (Kuva 12). Tuloksille suoritettujen korrelaatiotarkastelut osoittavat merkittävää yhteyttä (Kuva 30) lysimetrin läpi virranneen kokonaisvesimäärän sekä happi- ja kosteusanturien tulosten välillä.

Tarkasteltaessa anturiaineistoa kuukausittain, happipitoisuudet laskevat kesäkuukausina, kun taas kosteuspitoisuudet nousevat, joka korreloi kuukausittaisen sadannan kanssa (Kuva 34 ja 35). Vuonna 2020 Särkiniemen koejärjestelyn sääaseman vuosisadanta oli 560 mm, joka vastaa hyvin Pohjois-Savon alueen vuosisadantaa 550–650 mm (Kersalo & Pirinen 2009, Ahonen et al. 2021). Lysimetrien jäätyminen on huomattavissa muutamina talvikuukausina, jolloin happi- ja kosteuspitoisuudet pysyvät keskimääräistä alhaisimpina. Keväällä päivälämpötilojen nousun myötä tapahtuva sulaminen, ja yöllä lämpötilan laskiessa tapahtuva uudelleen jäätyminen on havaittavissa tulosten laajempänä hajontana (Liite 2, Liite 3).



Kuva 34. Särkiniemen koejärjestelyn peittojen happianturien mittaamat millivoltit ja sadanta heinäkuusta joulukuuhun vuonna 2020.



Kuva 35. Särkiniemen koejärjestelyn peittojen vesipitoisuus ja sadanta heinäkuusta joulukuuhun vuonna 2020.

Näin ollen voidaan olettaa, että koostumukseltaan massamaisen mädätysjäännöksen ja moreenin yhdistelmällä peitetty rakenne tiivistyy tehokkaammin ja pidättää ilman kulkeutumista lävitseen enemmän, kuin pelkkä moreeni. Tiivistyneemmässä rakenteessa

vettä kulkeutuu enemmän haihtumatta, joka lisää hapenkulkeutumisen estävää vaikutusta. Orgaanisen aineksen hajoaminen tehostuu, kun lämpötila ja kosteuspitoisuus nousee, näin ollen kesäkuukausina havaittu happipitoisuuden lasku selittyy orgaanisen aineksen hajoamisella (Conley et al. 2007).

5.2 Särkiniemen geokemialliset näytteet

17 kk tutkimusjaksolla peittämättömän lysin suotovesinäytteiden alkuainemäärät olivat korkeammat kuin peitetyillä lyseillä, lukuun ottamatta mädäkekerroksen sisältävää lysin, jonka Co –määrä oli kaikkein korkein (Kuva 20). Määrällisesti eniten vettä virtasi peittämättömän lysin lävitse, sitten mädätyskerroksellisten ja vähiten pelkällä moreenilla peitettyjen lysimetrien läpi (Kuva 20). Mädäkkeellisten lysimetrien suotovesien alkuainepitoisuudet olivat korkeammat, kuin moreenilla peitettyjen lysimetrien (Kuva 20), samoin myös mädäkkeellisten lysien vesipitoisuus oli useaa kertaluokkaa korkeampi kuin pelkällä moreenilla peitettyjen (Kuva 12). ICP-MS analyysissä mädäkejäännöksen kuivapainoksi määritettiin 267,4 g ja märkäpainoksi 854,2 g. Näin ollen orgaanisesta aineksesta muodostuva mädäkekerros pidättää vettä yli kolme kertaa painonsa verran, jolloin veden viipymä mädäkkeellisessä lysimetrissä kestää pidempään kuin moreenilla peitetyissä, joten alkuaineilla on enemmän aikaa reagoida läpivirtaavaan veden kanssa.

Särkiniemen suotovesinäytteiden alkuainepitoisuudet ovat useaa kymmentä kertaluokkaa suurempia kuin teollisuuden jätevesille asetetut raja-arvot (Taulukot 3 ja 4). Kun tarkastellaan mädäkkeen, moreenin ja sivukiven alkuainekonfiguraatiota (Taulukko 3) huomataan, että murskatun sivukiven Co, Cu ja Ni pitoisuudet ovat korkeimmat ja SO₄ -pitoisuus korkea, samoin pH on hapan (happo), joten olosuhteet ja indikaatiot happamalle kaivosvalunnalle ovat ilmeiset, varsinkin kun sivukivi on luokiteltu happoa tuottavaksi (Kauppi et al. 2018). Särkiniemen sivukivimurske on selkeästi rapautunutta. Primääristen mineraalien (sulfidit, silikaatit ja oksidit) lisäksi kiviaines sisältää todennäköisesti runsaasti myös herkkäliukoisempia sekundäärisiä saostumamineraaleja, joihin sitoutuneiden haitta-aineiden määrä on merkittävä. Suotovesinäytteiden sinkkipitoisuutta ei yksin selitä mädäkkeen verrattain korkea sinkkipitoisuus yhdistettynä veden pidempään viipymään lysimetreissä, varsinkin kun korrelaatiotarkastelun perusteella sinkillä ja kokonaisvesimäärä on negatiivinen korrelaatio (Kuva 30).

Korrelaatiotarkastelussa (Kuva 30) pH, sulfaatti ja sinkki korreloivat voimakkaasti keskenään, jolloin korkeimmat sinkkipitoisuudet löytyvät lyseistä, joissa on alhaisimmat pH-arvot ja korkeimmat sulfaattipitoisuudet (Kuvat 24 ja 18). Tätä tukee peittämättömän lysil tulokset, jossa sinkin ja sulfaatin määrä on selvästi pienin, mutta vettä on suotautunut läpi eniten ja pH on verrattain korkea. Kiekens (1995) mukaan happamissa ja emäksissä olosuhteissa sinkin liukoisuutta ja mobilisoitumista lisää kompleksoituminen orgaanisten ja epäorgaanisten ligandien (sulfaatti, fosfaatti, kloridi, nitraatti) kanssa, joista erityisesti sinkkisulfaattikompleksi ($ZnSO_4^0$) mobilisoituu herkästi. Kallioperässä sinkki esiintyy yleensä sinkkivälkkeenä, mutta pienempinä määrinä myös muissa sulfideissa ja silikaateissa raudan ja magnesiumin kanssa (Koljonen 1992).

Taulukko 3. Särkiniemen suotovesinäytteiden keskiarvoiset alkuainepitoisuudet mg/l.

mg/l	Co	Cu	Ni	Zn	SO4	vesimäärä (l)
LY 1	8	9	37	3	1556	357
LY 2	12	3	68	9	2768	60
LY 3	31	5	81	12	2753	99
LY 4	12	3	65	9	2586	111
LY 5	15	7	90	13	3602	72

Taulukko 4. Teollisuusjätevesille asetetut raja-arvot.
<https://kymenvesi.fi/toiminta/teollisuusjatevedet-ja-raja-arvot/> mukaan.

Metallien raja-arvot	Enimmäispitoisuus (mg/l)
Arseeni (As)	0,1
Elohopea (Hg)	0,01
Hopea (Ag)	0,1
Kadmium (Cd)	0,01
Kokonaiskromi (Cr)	0,5
Kromi VI (Cr6+)	0,1
Kupari (Cu)	0,5
Lyijy (Pb)	0,5
Nikkeli (Ni)	0,5
Sinkki (Zn)	2
Tina (Sn)	2
Muut ainekohtaiset raja-arvot	
pH-luku	6,0–9,0
Lämpötila	30°C
Sulfaatti, tiosulfaatti, sulfiitti (summa-arvo)	400 mg/l
Kokonaissyaniidi	0,5 mg/l
Formaldehydi	0,5 mg/l
Rasvat	100 mg/l
Kokonaishiilivetyypitoisuus (C10-C40)	100 mg/l

Korrelaatiotarkastelussa Särkiniemen suotovesinäytteiden nikkeli korreloi merkittävästi koboltin, kuparin, sinkin ja sulfaatin kanssa (Kuva 30). Nikkelin alkuperä on selvästi murskattu sivukivi (Taulukko 3), josta se happaman kaivosvalunnan myötävaikutuksella mobilisoituu suotovesiin. Tätä tukee nikkelin merkittävästi sidero- ja kalkofiiliset ominaisuudet, sekä esiintyvyys usein koboltin, raudan ja magnesiumin kanssa (Sahama 1947, Aubert & Pinta 1977, Koljonen 1992). Särkiniemessä nikkelin (ja koboltin) pääasialliset primääriset lähteen ovat luultavasti sulfidit pentlandiitti ja magneetikiisu. Olosuhteiden happamuus kontrolloi nikkelin liukoisuutta siten, että sen liukoisuus kasvaa olosuhteiden happamoituessa (McGrath 1995, Kabata-Pendias 2011.), ja liukoisimmillaan nikkeli on runsashappisissa olosuhteissa, alle neljän pH:ssa (Rose et al. 1979). Voimakas korrelaatio sulfaattiin selittyy nikkelin liukoisen olomuodon esiintyvyydellä, joko epäorgaanisena suolana (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-), tai humus- ja fulvohappoligandeihin kompleksoituneena (Turekian 1974, Rose et al. 1979, Kabata-Pendias 2011).

Kupari korreloi merkittävästi nikkelin kanssa (Kuva 30) ja samoin kuin nikkeli, sen alkuperä on selvästi murskattu sivukivi (Taulukko 3). Kallioperässä siderofiilinen kupari esiintyy yleensä kuparikiisuna, mutta harvoin silikaateissa tai oksideissa (Koljonen 1992). Särkiniemen koeasetelmassa kuparia liukenee suotovesiin AMD-prosessin seurauksena ja Rose et al. (1979) mukaan sen mobiiliutta lisäävät happamat olosuhteet, kompleksoituminen epäorgaanisiin (CuSO_4^0 , CuCl^0 , $\text{Cu}(\text{Cl}_2)^-$) ja orgaanisiin (humus- ja fulvohappokompleksit) yhdisteisiin, sekä kuparia sitovien komponenttien vähäinen määrä. Kupari on liukoisimmillaan happamassa ja hapettavassa ympäristössä (Rose et al. 1979), jota tukee Särkiniemen tulosten korrelaatiotarkastelussa havaittu merkittävä hapen ja kuparin välinen korrelaatio (Kuva 30).

Vesinäytteiden koboltti on peräisin happoa tuottavasta sivukivestä, ja sen merkittävät korrelaatiot kuparin, nikkelin, sinkin ja sulfaatin kanssa selittyvät koboltin kalko- ja siderofiilillä ominaisuuksilla, sekä AMD-prosessin aiheuttamalla happamuudella (Kuva 30), joka lisää koboltin liukoisuutta (Kabata-Pendias 2011).

5.3 Hituran anturiaineisto

17 kk tutkimusjaksolla paperiteollisuuden jäännöskerroksen sisältämien lysimetrien happiantureiden mittaamien millivolttien määrä oli noin 10–20 yksikköä alhaisemmalla tasolla (Kuva 11), kuin pelkällä moreenilla peitetyn lysimetrin. Jäännöskerroksellisten lysien vesipitoisuus oli tutkimusjaksolla $\pm 0,2$ %-yksikköä moreenilla peitetystä (Kuva 14). Hituran lysi1 ja lysi2 varustettiin kahdella happi- ja kosteusanturilla, jotta anturidatan luotettavuutta voitiin arvioida. Kaksoisanturien välillä on tuloksissa muutamien prosenttiyksiköiden eroja (Kuvat 11 ja 14), mutta tarkasteltaessa tutkimusjakoa kuukauden osissa (Liite 3) paljastuvat erot kuukausittaisessa vertailussa melko saman kaltaisiksi keskenään, mikä viittaa siihen, että olosuhteet lysimetreissä eivät voi olla täysin homogeenisia.

Tuloksille suoritettavat korrelaatiotarkastelut osoittavat merkittävää yhteyttä (Kuva 33) lysimetrin läpi virranneen kokonaisvesimäärän ja happianturien tulosten välillä. Tutkimusjaksolla Hituran sääaseman toiminnassa oli epävarmuuksia ja datassa puutteita, joten anturiaineiston korrelointiin säädäntä kanssa käytettiin Hituran koejärjestelystä noin

kolmen kilometrin päässä sijaitsevaa sääasemaa (Nivala Weather.info). Vuoden 2020 korkeat lämpötilat näkyvät Hituran kesäkuukausien osalta siten, että kun sadetta on ollut vähemmän, on peittojen happipitoisuus hieman korkeampi ja vesipitoisuus matalampi.

Koko tutkimusjaksoa tarkasteltaessa pysyy pelkällä moreenilla peitetty lysi4 noin 0,2–0,7 %-yksikköä kuivempuna kuin kuitusavikerroksen sisältävät lysi4. Lysi4 kosteus on kuivana kautena alhaisempi, koska orgaanisen jäännöskerroksen sisältävät lysi4 ja 3 pidättävät vettä tehokkaammin. Tätä tukee lysi4 happipitoisuuden nopeampi kasvu maan sulaessa verrattuna kuitusavikerroksen sisältäviin lyseihin. Sateen lisääntyessä laskee happipitoisuus peittojen vesipitoisuuden noustessa. Erot päivä- ja yölämpötiloissa, ja niiden myötä tapahtuva jäätyminen ja sulamisen sykli talvi- sekä kevätkuukausina näkyy aineiston suurempana hajontana (Liite 3).

Peittämätömän lysi5 happi- ja kosteusanturin tulokset on jätetty pois vertailusta lokakuusta 2020 lähtien, koska anturien data on selvästi virheellistä (Liite 3). Molempien anturien lähes samanaikainen vikaantuminen viittaa mekaaniseen vikaan lysi4:ssä, jonka aiheuttaja voi olla rankkasade 17.9.2020 (Nivala Weather.info).

Näin ollen voidaan olettaa, että koostumukseltaan massamaisen kuitusaven ja moreenin yhdistelmällä peitetty rakenne tiivistyy tehokkaammin ja pidättää ilman kulkeutumista lävitseen enemmän, kuin pelkkä moreeni. Tiivistyneemmässä rakenteessa vettä kulkeutuu enemmän haihtumatta, joka lisää hapenkulkeutumisen estävää vaikutusta. Orgaanisen aineksen hajoaminen tehostuu, kun lämpötila ja kosteuspitoisuus nousee, näin ollen kesäkuukausina havaittu happipitoisuuden lasku selittyy orgaanisen aineksen hajoamisella (Conley et al. 2007).

5.4 Hituran geokemialliset näytteet

Hituran suotovesinäytteenotossa oli useita epäluotettavuuksia, jotka ilmenevät näytteiden vähäisenä määränä. 17 kk tutkimusjaksolla kerättiin näytteitä 19 kertana ja useasti epätäydellisinä sarjoina, joten relevanteinta on vertailla tuloksia vain pitoisuuksiksi muutettuna (mg/l). Taulukossa 5 on esitetty Hituran koejärjestelyn suotovesien alkuainepitoisuudet tutkimusjaksolta.

Taulukko 5. Hituran suotovesinäytteiden alkuainepitoisuudet mg/l.

mg/l	Co	Cu	Ni	Zn	SO ₄	Mg	Vesimäärä
LY1	0	0	1	0	30690	9816	38,1
LY2	0	0	4	1	57945	14276	16,2
LY3	0	0	4	0	20728	6172	43,8
LY4	0	0	2	0	17098	3305	60,7
LY5	0	0	4	1	21750	4621	20,5

Hituran suotovesien alkuainepitoisuudet olivat sulfaatin osalta useaa kymmentä kertaluokkaa suurempia kuin teollisuuden jätevesille asetetut raja-arvot (Taulukot 4 ja 5). Magnesiumpitoisuuksia voidaan pitää kohonneina, vaikka niille ei ole asetettu teollisuuden jätevesinä raja-arvoa. Suomen purovesien magnesiumpitoisuudet ovat 1,42–1,74 mg/l (Tarvainen & Tenhola 2008), ja porakaivoveden magnesiumin mediaanipitoisuus 4,5 mg/l (Backman et al. 2002). Selluntuotannon kuitusavia sisältävien lysien suotovesien magnesium- ja sulfaattipitoisuudet olivat korkeammat kuin moreenilla peitetyn lysin (Taulukko 5). Peittämättömän lysin suotovedet sisälsivät kolmanneksi eniten sulfaattia, mutta magnesiumin pitoisuus oli koasetelman toiseksi alhaisin (Taulukko 5). Oletus oli, että peittämättömän lysimetrin pitoisuudet olisivat peitettyjä lysimetrejä pienempiä, mutta vesimäärät selvästi suurempia (vrt. Särkiniemi).

Koko tutkimusjaksoa tarkasteltaessa on moreenipeitto mediaaniarvoiltaan yhtä vesipitoinen, kuin kuitusavellinen, mutta kuukausitarkastelu osoittaa, että sulanmaan aikana ovat kuitusavelliset peitot vesipitoisimpia (Kuva 14 ja liite 3). Kuitusavien, moreenin ja rikastushiekan kuiva- ja märkämpainot on esitetty taulukossa 5.

Taulukosta 5 nähdään, että selluntuotannossa syntyvä OPA-sakka- ja kuitusavikerros pidättää vettä 2–3 kertaa painonsa verran, joten veden viipymä kuitusavikerroksen sisältävissä lysimetrissä on pidempi kuin pelkällä moreenilla peitettyissä lysimetreissä,

jolloin alkuaineilla on enemmän aikaa reagoida läpi suotautuvan veden kanssa. Vaikka mittaustulokset ovat epäjohdonmukaisia, voi OPA-sakka- ja kuitusavikerroksissa pidättyneen veden olettaa vähentävän myös hapen kulkeutumista peittorakenteen läpi.

Tarkasteltaessa kuitusaven, moreenin ja rikastushiekan alkuainekonfiguraatiota (Taulukko 6) huomataan, että vaikka OPA-sakka sisältää kohonneita pitoisuuksia sulfaattia, on sen primääri lähde rikastushiekka. Moreeni ja kuitusavet sisältävät kohonneita pitoisuuksia magnesiumia, mutta merkittävin osa on todennäköisin peräisin rikastushiekasta, mitä tukee Heikkinen & Räisänen (2008) havainto, jonka mukaan mineralogiaan perustuen on Hituran rikastushiekkaläjityksistä magnesiumia, piitä ja rautaa 80 %.

Hituran lysimetrikokeessa koboltin, kuparin, sinkin ja nikkelin pitoisuudet olivat alhaisia ja pH -arvot neutraaleja (Kuvat 23 ja 25), mutta sulfaatin ja magnesiumin pitoisuudet merkittävästi kohonneita, joten ristiriitaisesti sulfidihapettumista ja mahdollista hapanta kaivosvalumaa indikoivat raskasmetallien pitoisuudet ja alhaiset pH-arvot puuttuivat, vaikka sulfaatti-ioneja ja magnesiumia oli suotovesivesinäytteissä merkittävästi kohonneina pitoisuuksina. Lassi et al. (2015) mukaan kaivosteollisuuden sulfaattipitoiset jätevedet sisältävät usein magnesiumioneja, jotka yhdessä sulfaatin kanssa voivat muodostaa magnesiumsulfaattia, jonka voimakas liukoisuus vedessä estää sulfaattia saostumasta. Tätä tukee Hituran lysimetrikokeen tulosten korrelaatiotarkastelussa sulfaatin ja magnesiumin välillä havaittu merkittävä korrelaatio (Kuva 33).

Heikkinen & Räisänen (2008) mukaan Hituran rikastushiekkaläjitys koostuu pääosin serpentiinistä, liuskeista ja amfiboleista, sekä vähäisissä määrin karbonaateista ja sulfideista. Rikastushiekkaläjityksen pintakerroksessa sulfidihapettuminen on aiheuttanut pH-arvojen laskua ja raskasmetallien, kuten nikkelin ja sinkin mobilisaatioita, sekä raudan hydroitoitumista. Rikastushiekan pintakerroksista karbonaatit ovat lienneet syvemmälle veden kyllästämiin kerroksiin, jossa ne puskuroivat suuriman osan sulfidihapettumisen aiheuttamasta happamuudesta pitäen pH-arvot lähes neutraaleina. Samankaltaiseen mekanismiin, jossa sulfidihapettumista tapahtuu merkittävästi, mutta raskasmetallien mobilisaatiota hillitsee verrattain korkea pH, viittaa Hituran lysimetrikokeen korrelaatiotarkastelu. Siinä koboltilla, kuparilla, nikkelillä, sulfaatilla ja magnesiumilla

on useita merkittäviä korrelaatioita keskenään (Kuva 33), vaikka raskasmetallien pitoisuudet suotovesissä ovat alhaisia ja pH neutraali (Kuvat 23 ja 25), mutta sulfaatin ja magnesiumin määrät merkittävästi koholla. Tutkimusjaksolla peittämättömän lysimetrin pH-arvon mediaani on 0,1–0,3 yksikköä alhaisempi kuin peitetyn, johon voi vaikuttaa orgaanisen aineksen, tai moreenin sisältämän kalsiumin (Liite 4) puuttuminen, sekä veden lyhyempi viipymä lysimetrissä.

5.4 Lysimetrien toimivuus

Puutteet ja virheet happi-, kosteus- ja säädatassa aiheutuivat pääasiassa sääilmiöiden aikaansaamista mekaanisista vioista, sekä aurinkopaneelien ja akkukapasiteetin riittämättömästä virrantuotosta kylmissä ja hämärissä olosuhteissa. Koejärjestelyiden huolto oli myöhään syksyllä ja aikaisin keväällä vaikeaa, tai mahdotonta johtuen maaston vaikeakulkukuisuudesta. Maan routimisen, keväisen lumiensulamisen, tai syksyisen rankkasateen aiheuttaman tulvaveden vaikutuksen näkyminen lysimetrikokeen tuloksissa jäi puuttumaan, koska nämä tapahtumat aiheuttivat yleensä mekaanisen vian, jota päästiin korjaamaan vasta viikkojen tai kuukausien jälkeen tapahtumasta. Useissa samankaltaisissa lysimetrikokeissa (mm. Forsman 2019, Pietilä et al. 2020) ongelmaksi on osoittautunut sääaseman, sekä happi- ja kosteusanturien keräämän aineiston virheet ja laitteiston toimintakatkot.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaivannaisjätteisiin ja happamaan kaivosvalumaan voi liittyä haitta-aineiden mobilisoituminen, jota voidaan vähentää jätealueen sulkemisvaiheessa peittorakenteiden avulla. Oleellisinta peittorakenteiden toimivuuden kannalta on niiden kyky vähentää kaivannaisjätteisiin päätyvän veden ja hapen määrää. Hituran ja Särkiniemen lysimetrikokeissa osoittautui, että orgaaniset mädäke-, Opa-sakka- ja kuitusavikerrokset pidättävät vettä kaksi-kolme kertaa painonsa verran, jolloin hapen kulkeutuminen peittorakenteen läpi todennäköisesti vähenee. Tehokkaampaan vedenpidättymiseen voi liittyä kasvava reagointiaika peitetyn materiaalin ja peittorakenteen sisältämien alkuaineiden läpi suotautuvan veden kanssa. Särkiniemessä pelkkä moreenikerros ei vähentänyt hapen kulkeutumista yhtä tehokkaasti, kuin mädäkettä sisältänyt peittorakenne. Särkiniemessä tutkittujen peittokerrosten havaittiin vähentävän lysimetrien läpi suotautuneen sadeveden määrää peittämättömän lysimetrin noin puolesta sataneen veden määrästä peitettyjen noin kymmenesosaan.

Kaivannaisjätteen ympäristövaikutukset ovat seurausta louhittujen malmien petrologiasta, jota kontrolloivat kemialliset vuorovaikutussuhteet. Näin ollen kaivannaisjätteen peittorakenteen olennainen ominaisuus on sen alkuainekonfiguraation paikallinen soveltuvuus. Särkiniemen lysimetrikokeen biokaasuntuotannosta peräisin oleva mädätysjäännös ei todennäköisesti sovellu sivukiven peittomateriaaliksi sen sisältämän runsaan herkkäliukoisin sinkin vuoksi. Lysimetrikokeen perusteella Hituran rikastushiekka voidaan peittää puunjalostusteollisuuden kuitusavella, mutta se ei poista ympäristövaikutusta, jossa rikastushiekasta peräisin oleva magnesium mobilisoi sulfaattia

Lysimetrikokeet sijoitettiin Hituraan ja Särkiniemeen, jotta paikallisten muuttujien vaikutusta peittorakenteisiin voitiin havainnoida, mutta mikäli koejärjestelyjä ei ole mahdollista huoltaa tasaisesti ympäri vuoden, menetetään data, jota tavoitellaan sijoittamalla koe *in situ* kaivosympäristöön.

7. KIITOKSET

Erityisesti haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa FT Eila Hietaharjua gradututkielmani asiantuntevasta, väsymättömästä ja huolellisesta ohjaamisesta, joka ei tunne virka-aikoja, eikä paikkoja. Kiitän toista ohjaajaani FT Teemu Karlssonia ohjauksesta, tekstin tarkastamisesta, korjausehdotuksista ja parannuksista, sekä lyhyestä sähköpostin vasteajasta. Miradije Ramaa kiitän ohjaamisesta tämän opinnäytetyön pariin ja Pekka Forsmannia sekä hänen kultaista muistikirjaansa kiitän lukuisista puuttuvista parametreista. Haluan kiittää Geologian tutkimuskeskusta aineistoista ja mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö, sekä Päivi Kauppilaa, joka omalta osaltaan oli tukemassa prosessin käynnistämistä.

Kiitän äitiäni Ritva Paalumäkeä, joka aikataulullisella priorisoinnilla ja ruokahuollolla loi hyvät edellytykset tämän työn edistymiselle. Postuumisti haluan kiittää isääni Tauno Paalumäkeä, jonka elämänpituisen esimerkin jatkumoa tämä opinnäytetyö on. Kiitokset kumppanilleni Camilla Westerlundille kaikesta tuesta ja kuuntelemisesta, sekä ystävälleni Matias Hirsimäelle, joka huolehti, että lihaskunto ei päässyt rapistumaan kirjoitusprosessin aikana. Lopuksi iso halaus parhaalle ystävälleni Sohvi-Anterolle, jota ilman ei olisi tullut mistään mitään.

8. KIRJALLISUUS

Ahonen, S., Gregow, H., Haapala, J., Hildén, M., Johansson, M., Juhola, S., Korhonen, H., Kuntsi-Reunanen, E., Kuosa, H., Käyhkö, J., Lehtonen, H., Leijala, U., Lilja, S., Mettiäinen, I., Mäkelä, A., Näkkäläjärvi, K., Ollikainen, M., Perrels, A., Ruuhela, R., Sihvonen, M., Siiriä, S-M., Sorvali, J., Särkkä, J., Tuomenvirta, H. & Veijalainen, N. 2021. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021.

Alpers, C. & Nordstrom, D. 1999. Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Society for Economic Geologists No.6. 160 s.

Aubert, H. & Pinta, M. 1977. Trace Elements in Soils. Elsevier. New York. 395 s.

AVI 2014. Aluehallintovirasto. Hituran kaivoksen kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman päivittäminen, Nivala. Päätös nro 126/2014/1.

Avi 2015. Aluehallintovirasto. Särkiniemen kaivoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen ja kaivoksen toiminnan lopettamista koskevien määräysten antaminen, Leppävirta. Päätös nro 13/2016/1.

Backman, B., Hatakka, T., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lahermo, P., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Suomela, P., Tarvainen, T., Vesterbacka, P & Väisänen, U. 2002. Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 92 s.

Chao, T. & Sanzolone, R. (1977). Chemical dissolution of sulphide minerals. Journal of Research of the U.S. Geological Survey, Vol 5(4): 409–412.

Conley, D., Gustafsson, B., Kuosa, H., Pitkänen, H., Savchuk, O., Tamminen, T., Vahtera, E., Viitasalo, M., Voss, M., Wasmund, N. & Wulff, F. 2007. AMBIO: A Journal

of the Human Environment. Vol 36. Issue 2. Royal Swedish Academy of Sciences. 186-194.

Doležal, J., Provondra, P. & Šulcek, Z. 1968. Decomposition techniques in inorganic analysis. Iliffe Books Ltd, London. 224 s.

Duke, C. & Williams, C. 2008. Chemistry For Environmental and Earth Sciences. CRC Press. 1. Painos. 230 s.

Evangelou, V. 1998. Pyrite Chemistry: The Key for Abatement of Acid Mine Drainage. Teoksessa: Geller, W., Klapper, H., Salomons, W. Acidic Mining Lakes. Environmental Science. Springer. Berlin, Heidelberg. 301 s.

Forsman, P. 2019. Mittausjärjestelmät kaivannaisjätteiden kuivapeittojen toimivuuden selvityksissä. Opinnäytetyö. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Tekniikan ja liikenteen ala. Savonia-ammattikorkeakoulu. 42 s.

Forsman, P., Karlsson, T., Pesonen, P., Rama, M. & Silvennoinen, S. 2020. Raportti Hituran peittorakennetestin lysimetrien asennuksesta 9.-10.7.2020. GTK. 7 s.

Heikkinen, P. & Noras P (toim). 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja. GTK. 165 s.

Heikkinen, P. & Räisänen, M. 2008. Mineralogical and Geochemical Alteration of Hitura Sulphide Mine Tailings with Emphasis on Nickel Mobility and Retention. Journal of geochemical exploration Vol 97. Issue 1. 41 s.

Heino, N., Häkkinen, J., Joutjärvi, T., Karjalainen, N., Lahtinen, T., Pasanen, A., Reinikainen, J., Tornivaara, A., Turunen, K. & Viitasalo, M. 2020. Suljettujen ja hylättyjen kaivannaisjätealueiden kunnostustarpeen arviointi. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:16. 193 s.

Härmä, T., Hietala, J., Kemppainen, L., Keskitalo, K., Lappalainen, N., Nurkkala, Ojala, S., Vaaramaa-Hiltunen, M. & Vieltojärvi, O-P. 2013. Hituran avolouhoksen laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Ahma ympäristö Oy. 66 s.

Jackobs, A., Lehr, J. & Testa, S. 2014. Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils: Causes, Assessment, Prediction, Prevention, and Remediation. John Wiley & Sons. 1. Edition. 504 s.

Janhunen, K., Juurela, S. & Sorsa, A. 2014. Altona Mininig LTD/Vulcan Kotalahti Oy. Selvitys yleisten ja yksityisten etujen turvaamiseksi. Särkiniemi 6977/1a.

Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. CRC Press. Boca Raton FL. 520 s.

Kauppi, S., Kovalainen, H., Räisänen, M. & Tornivaara, A. 2018. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden jatkokartoitus (KAJAK II). Suomen ympäristökeskus. 157 s.

Kauppila, P. Myllyoja, S. & Räsänen M. 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristökeskus. 213 s

Kersalo, J. & Pirinen, P. 2009. Suomen Maakuntien Ilmasto. Ilmatieteenlaitos. Yliopistopaino Helsinki. 192 s.

Kiekens, L. 1995. Zinc. Julkaisussa: Alloway, B. J (toim). Heavy Metals in Soils. 2nd edition. London: Blackie Academic & Professional. 284–305.

Koljonen, T. 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, 1992. 218 s.

Lassi, U., Rämö, J. & Tolonen, E-T. 2015. The Effect of Magnesium on Partial Sulphate Removal from Mine Water as Gypsum. *Journal of environmental management*. Volume 159. 301 s.

Lottermoser, B. 2007. *Mine Wastes, Characterization, Treatment, Environmental Impacts*. Springer Berlin. 2. Edition. 304 s.

McGrath, S. 1995. Chromium and nickel. Julkaisussa: Alloway, B. J (toim). *Heavy Metals in Soils*. 2nd edition. London: Blackie Academic & Professional. 152–178.

Nivala Weather.info 2023.

<http://nivalaweather.info/wxtempdetail.php?year=2020>

Tieto haettu 24.4.2023

Pietilä, R. (toim)., Hagner, M., Heiskanen, J., Juutinen, M., Lahtinen, T., Liwata-Kenttälä, P., Mäkitalo, K., Nuottimäki, K., Peltola, R., Ruhanen, H., Sarala, P., Seitsaari, M., Tornivaara, A. & Uusitalo, M. 2020. Biopeitto-projekti. Biohiilen hyödyntäminen kaivannaisjätteiden peittomateriaaleissa ja viherrakentamisessa. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimustyöraportti 51/2020. 81 s.

Rose, A., Hawkes, H. & Webb, J. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. 2nd edition. London. Academic Press. 657 s.

Sahama, Th. 1947. *Geokemia*. Otava. Helsinki. 447 s.

Salmelin, S. & Vehkalahti, K. 2014. Numeeristen tietojen tiivistämien kuviksi. *Sosiaalilääketieteen aikakausilehti* No. 51. 139 s.

Signer, P. & Stumm, W. 1970. Acidic Mine Drainage: The Rate-Determining Step. Science No.167. 215 s.

STT 2021. Hituran kaivoksen 2. vaiheen sulkemisurakka valmistunut (Pohjois-Pohjanmaa).

<https://www.sttinfo.fi/tiedote/hituran-kaivoksen-2-vaiheen-sulkemisurakka-valmistunut-pohjois-pohjanmaa?publisherId=69817884&releaseId=69918963>

Tieto haettu 12.6.2023.

Tarvainen, T. & Tenhola, M. 2008. Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 60 s.

Turekian, K. 1974. Nickel. Julkaisussa: Wedepohl, K. (toim). Handbook of Geochemistry Vol. 2/4. Springer-Verlag. Berlin.

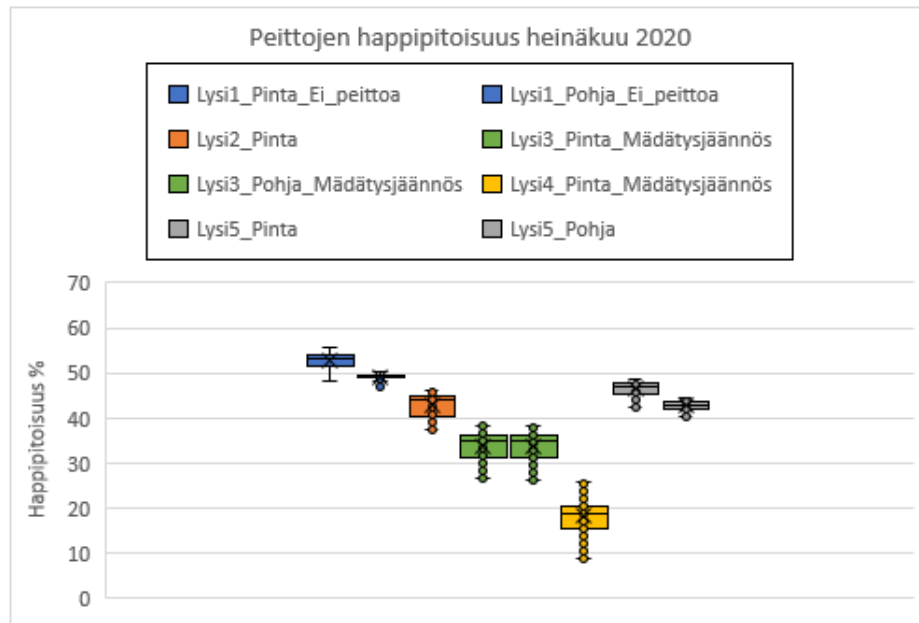
Liitel

Särkiniemen vesinäytteet 2020-2021 lysimetreittäin.								
Punaisella näytteet, jotka on jätetty pois vähäisen vesimäärän vuoksi.								
			Co	Cu	Ni	Zn	SO4	kokonais-
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	vesimäärä
5.5.2020	VE_TEKA_20	LY 1	30,6	1,14	12,7	1,24	470	53,85
11.6.2020	VE_TEKA-20	LY 1	1,39	3,88	17,4	1,16	640	20
7.7.2020	VE_TEKA-20	LY 1	5,09	15,2	56,6	3,98	2300	24,8
11.8.2020	VE_TEKA-20	LY 1	3,85	10,8	47,2	3,66	1800	18
24.9.2020	VE_PSFO-20	LY 1	4,33	10,9	44,9	3,21	2400	48,5
16.11.2020	VE_PSFO-20	LY 1	2,29	5,99	24,9	2,4	1100	76,1
	LY 1 KÄYTETTY	SUM	37,22	18,03	82,5	6,85	3970	178,45
	LY 1 KAIKKI	SUM	47,55	47,91	203,7	15,65	8710	241,25
5.5.2020	VE_TEKA_20	LY 2	34,9	2,33	27,6	2,1	1100	13,5
11.6.2020	VE_TEKA-20	LY 2	0,47	0,7	6,15	0,5	0	0,3
7.7.2020	VE_TEKA-20	LY 2	0,0055	0,093	0,71	0,089	430	1
11.8.2020	VE_TEKA-20	LY 2	0,02	<0.05	0,21	0,1	33	1
24.9.2020	VE_PSFO-20	LY 2	5,85	7,51	65,2	14	2400	0,9
16.11.2020	VE_PSFO-20	LY 2	6,69	3,3	80,8	4,55	3900	12,5
	LY 2 KÄYTETTY	SUM	47,44	13,14	173,6	20,65	7400	26,9
	LY 2 KAIKKI	SUM	47,9355	13,933	180,67	21,339	7863	29,2
5.5.2020	VE_TEKA_20	LY 3	162	5,08	60,6	7,17	3200	15,5
11.6.2020	VE_TEKA-20	LY 3	6,77	4,31	93,6	31,7	4300	3
7.7.2020	VE_TEKA-20	LY 3	6,36	3,04	75	12,4	3200	1
11.8.2020	VE_TEKA-20	LY 3	4,81	2,28	67,2	14,2	2600	3,5
24.9.2020	VE_PSFO-20	LY 3	4,86	0,35	63,7	8,73	3400	2
16.11.2020	VE_PSFO-20	LY 3	6,37	4,2	75,8	9,03	3000	22
	LY 3 KÄYTETTY	SUM	173,23	9,63	200,1	24,93	9600	39,5
	LY 3 KAIKKI	SUM	191,17	19,26	435,9	83,23	19700	47
5.5.2020	VE_TEKA_20	LY 4	47	1,91	23,7	2,59	1000	17,5
11.6.2020	VE_TEKA-20	LY 4	4,1	1,46	61,6	34,2	2900	0,8
7.7.2020	VE_TEKA-20	LY 4	4,04	1,08	53,8	12,2	2500	1
11.8.2020	VE_TEKA-20	LY 4	3,79	0,53	55,8	8,54	2200	3,5
24.9.2020	VE_PSFO-20	LY 4	6,56	8,88	76,4	12,7	3500	1,3
16.11.2020	VE_PSFO-20	LY 4	6,03	2,31	81	8,85	4000	20
	LY 4 KÄYTETTY	SUM	59,59	13,1	181,1	24,14	8500	38,8
	LY 4 KAIKKI	SUM	71,52	16,17	352,3	79,08	16100	44,1
5.5.2020	VE_TEKA_20	LY 5	100	4,71	56,3	6,98	2500	6,5
11.6.2020	VE_TEKA-20	LY 5	5,73	12,8	78,3	16,2	3600	0,6
7.7.2020	VE_TEKA-20	LY 5	5,8	6,84	75,3	15,7	3100	5,2
11.8.2020	VE_TEKA-20	LY 5	5,49	6,24	78,6	21	3000	8
24.9.2020	VE_PSFO-20	LY 5	6,87	8,72	79,9	13,5	4400	9
16.11.2020	VE_PSFO-20	LY 5	7,73	7,16	96,1	9,73	4400	13
	LY 5 KÄYTETTY	SUM	114,6	20,59	232,3	30,21	11300	28,5
	LY 5 KAIKKI	SUM	131,62	46,47	464,5	83,11	21000	42,3

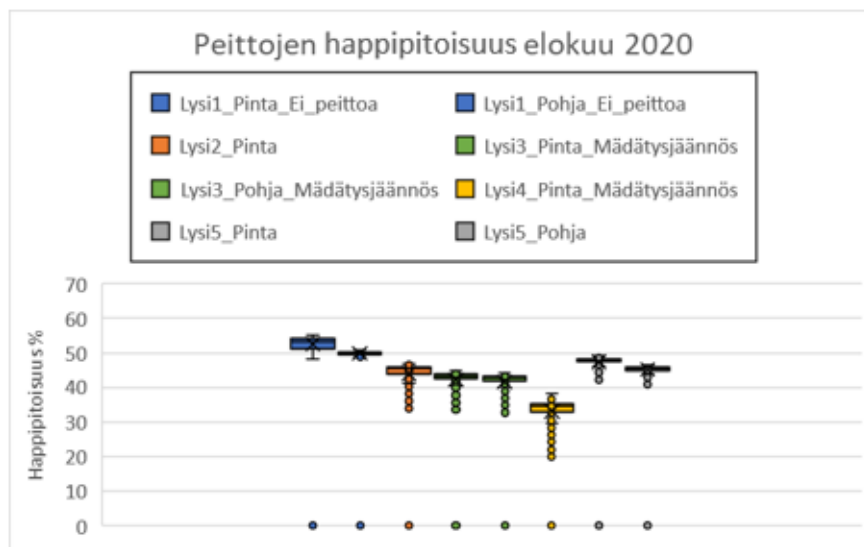
Liitel

		Co	Cu	Ni	Zn	SO4	kokonais-
		total mg	total mg	total mg	total mg	total mg	vesimäärä
26.5.2021	VE_TEKA-2021	0,97	2,87	10,3	0,69	430	116,025
16.6.2021	VE_TEKA-2021	0,93	3,16	10,4	1,1	320	12
16.8.2021	VE_TEKA-2021	3,5	11,6	42,2	3,02	1600	21,5
13.9.2021	VE_TEKA-2021	3,54	9,72	39	2,97	1200	62,3
27.10.2021	VE_TEKA-2021	1,73	5,64	17,5	1,59	1100	59,5
	LY 1 KÄYTETTY SUM	10,67	32,99	119,4	9,37	4650	271,325
26.5.2021	VE_TEKA-2021	6,2	5,04	98	7,66	4200	7
16.6.2021	VE_TEKA-2021	6,58	3,32	84,8	12,4	2500	4
15.7.2021	VE_TEKA-2021	6,54	1,5	105	19,7	4400	1,2
16.8.2021	VE_TEKA-2021	4,89	2,21	76,6	13,1	2700	8,5
13.9.2021	VE_TEKA-2021	6,22	4,42	82,6	19,6	1800	5
27.10.2021	VE_TEKA-2021	5,09	3,51	81,2	15,9	4700	4,7
	LY 2 KÄYTETTY SUM	35,52	20	528,2	88,36	20300	30,4
26.5.2021	VE_TEKA-2021	5,77	4,13	80,3	13,4	2500	6
16.6.2021	VE_TEKA-2021	7,36	4,55	93,2	20,6	980	3
15.7.2021	VE_TEKA-2021	4,99	3,72	86,9	31	1400	1,9
16.8.2021	VE_TEKA-2021	5,4	6,35	84,1	15,8	1900	16,9
13.9.2021	VE_TEKA-2021	7,18	4,95	90	8,12	1800	18
27.10.2021	VE_TEKA-2021	7,88	6,88	117	12,7	6200	6,6
	LY 3 KÄYTETTY SUM	38,58	30,58	551,5	101,62	14780	52,4
26.5.2021	VE_TEKA-2021	5,13	3,87	78,8	4,55	2400	30
16.6.2021	VE_TEKA-2021	5,17	4,37	71,1	49,1	1600	2
15.7.2021	VE_TEKA-2021	3,48	1,44	59,4	24,5	1700	5,4
16.8.2021	VE_TEKA-2021	3,54	1,2	55,9	31,8	1300	1,5
13.9.2021	VE_TEKA-2021	4,84	2,51	65	10,1	1200	13
27.10.2021	VE_TEKA-2021	4,83	3,04	71,7	11,3	4750	14,7
	LY 4 KÄYTETTY SUM	26,99	16,43	401,9	131,35	12950	66,6
16.6.2021	VE_TEKA-2021	8,42	10,9	115	27,1	2300	2
15.7.2021	VE_TEKA-2021	7	14,7	126	45,5	5200	1,5
16.8.2021	VE_TEKA-2021	6	7,15	99,8	16,2	2200	3,5
13.9.2021	VE_TEKA-2021	7,21	5,02	102	10,1	1900	12,5
27.10.2021	VE_TEKA-2021	6,52	4,1	104	9,58	5900	10,2
	LY 5 KÄYTETTY SUM	35,15	41,87	546,8	108,48	17500	29,7

Liite 2

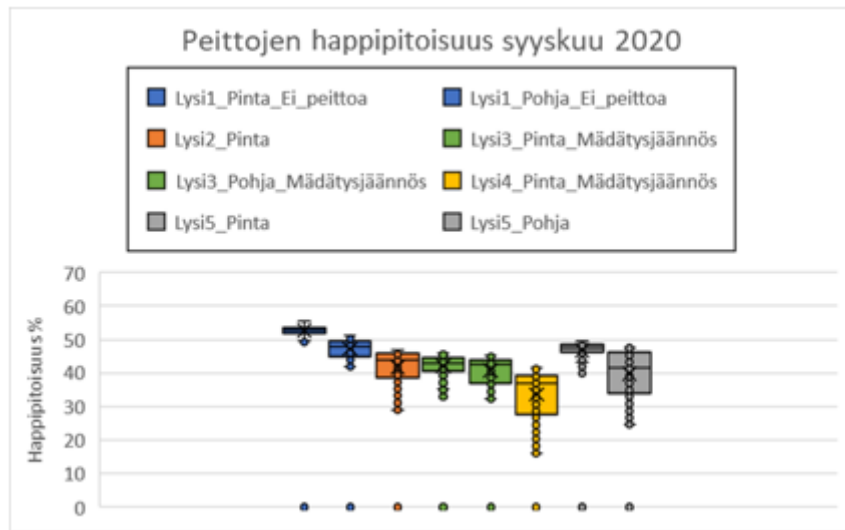


Särkiniemi - Heinäkuu 2020 - 5871 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	310358,5	288511,1	252024,7	198829,4	197868,6	107497,1	272575,3	250846,7
Average	52,85397	49,14173	42,91974	33,86058	33,69698	18,30673	46,41951	42,71912
Median	53,17936	49,19189	43,91912	34,96876	34,85788	18,97473	46,95158	42,95914
Min	48,10451	47,01874	37,63534	26,53194	26,30195	8,76275	42,6077	40,15306
Max	55,82821	50,11813	46,3082	38,40183	38,11531	25,74392	48,53938	44,38576

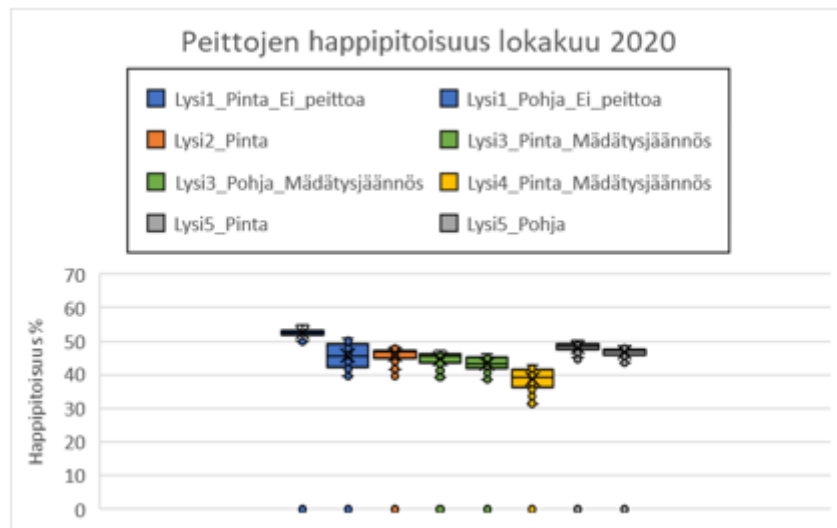


Särkiniemi - Elokuu 2020 - 5898 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	310161,6	293829,4	260115,1	249050,9	245626,3	195700,1	279230,9	266230,2
Average	52,58759	49,81848	44,10226	42,22634	41,64569	33,18075	47,34332	45,13907
Median	53,11408	49,86664	45,40556	43,23575	42,85004	34,45861	47,94638	45,59551
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	55,31114	50,85397	47,00714	44,79554	44,34649	38,26273	49,08575	46,62789

Liite 2

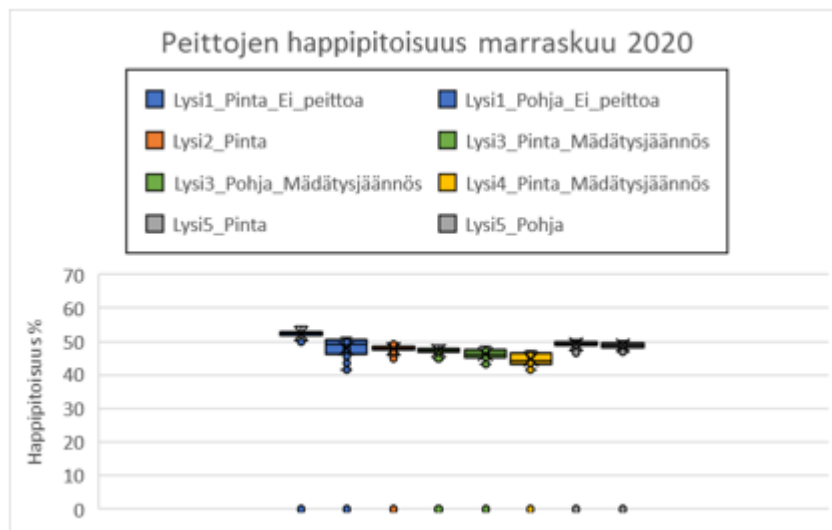


Särkiniemi - Syyskuu 2020 - 8640 havaintoa / anturi									
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5		
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	455040,7	408195,7	360809	363047,1	352514,9	290652,2	404059,2	343826,7	
Average	52,66675	47,24488	41,7603	42,01934	40,80034	33,6403	46,76611	39,79476	
Median	52,72312	47,92499	43,88239	42,96622	42,46982	37,09566	47,67267	41,73487	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	
Max	55,54262	51,21854	46,83194	46,04622	45,3451	41,64426	49,42074	47,70028	

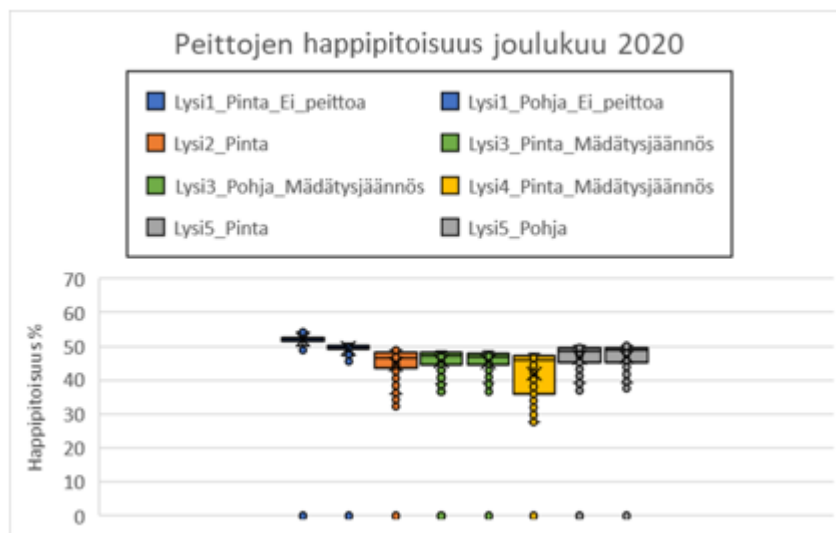


Särkiniemi - Lokakuu 2020 - 8928 havaintoa / anturi									
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5		
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	469085,2	407734,5	409145,4	399282,9	386636,1	346022,7	430522,4	417525,1	
Average	52,54091	45,66918	45,82722	44,72254	43,30601	38,75703	48,2216	46,7658	
Median	52,54595	45,71147	46,73215	45,43778	43,27974	39,30013	48,61344	47,07578	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	
Max	54,92984	50,71096	48,21351	47,09649	46,38264	42,91011	50,0526	48,66756	

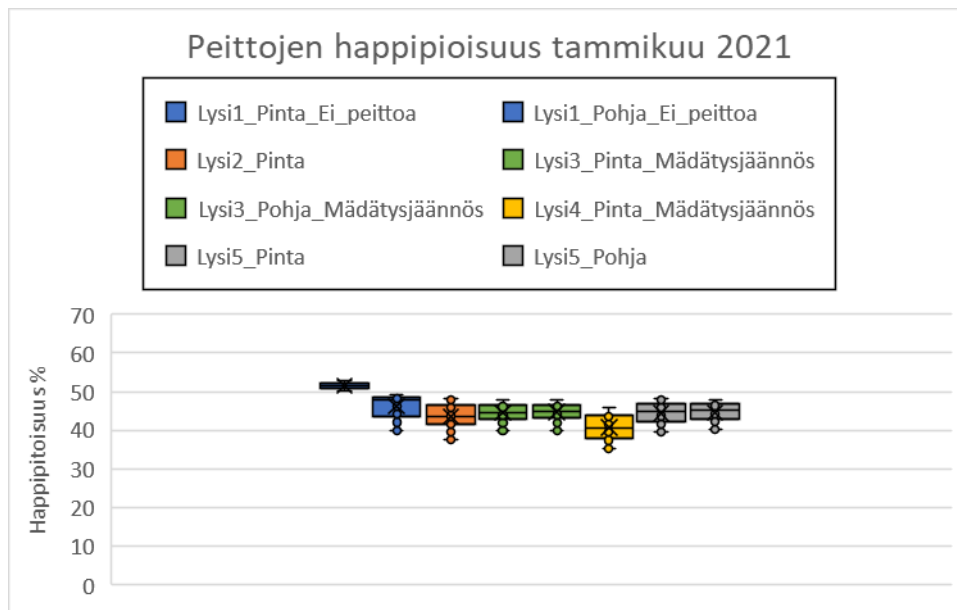
Liite 2



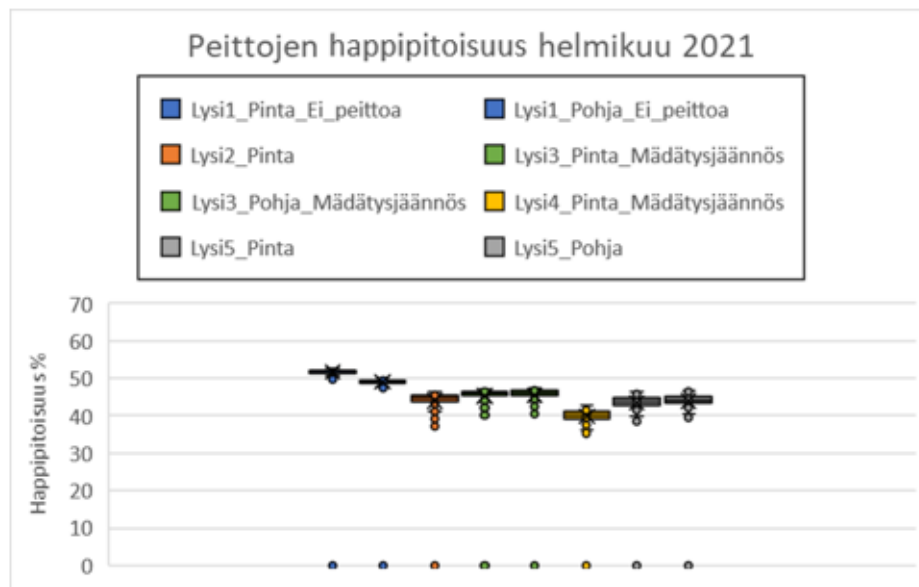
Särkiniemi - Marraskuu 2020 - 8640 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	451837,1	414114,2	413432,2	408583,9	399021,2	386197,5	425566	422462,8
Average	52,29596	47,92989	47,85094	47,2898	46,18301	44,69879	49,25533	48,89615
Median	52,3943	49,17343	47,84694	47,29341	46,23648	44,26864	49,34395	49,00158
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	54,45077	51,11885	49,19156	48,75953	48,57647	47,1218	50,46652	50,32365



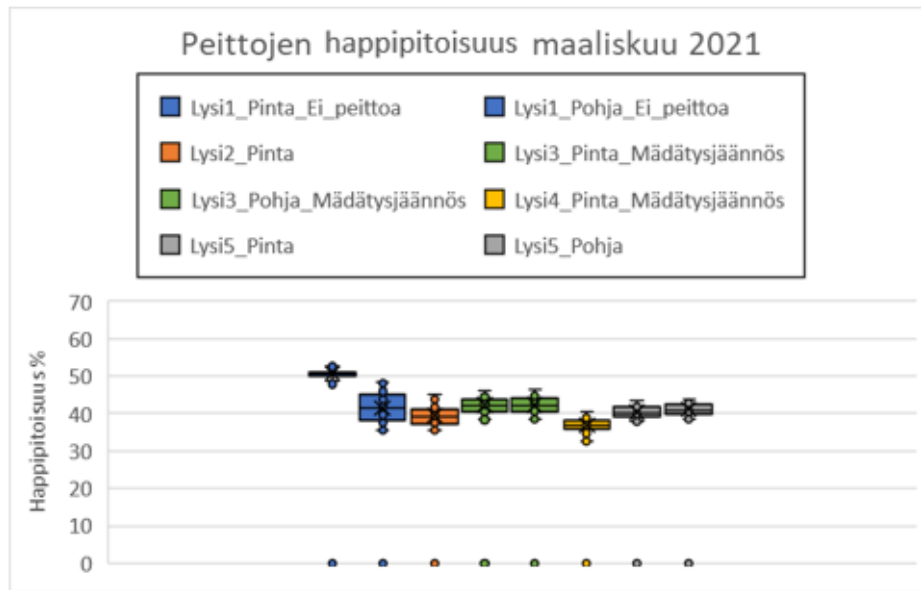
Särkiniemi - Joulukuu 2020 - 8928 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	465177,2	441517,8	398764,6	406806,3	404774,6	373586,7	417558	418534
Average	52,10318	49,45316	44,66449	45,56522	45,33766	41,84439	46,76949	46,87881
Median	52,06365	49,68142	46,65434	47,21594	46,76447	45,84502	48,61665	48,70971
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	54,79663	50,88122	49,00329	48,60402	48,58651	47,77934	50,09145	50,08106



Särkiniemi - Tammikuu 2021 - 8926 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj
SUM	460357,4	412449,5	389545,2	398070,6	399041,4	364246,7	396024,2	397955,1
Average	51,57488	46,20765	43,64163	44,59675	44,70551	40,80738	44,36748	44,58381
Median	51,5266	47,77947	43,59579	44,72499	44,93326	40,49531	45,00037	45,24208
Min	50,18422	39,979	37,4924	39,85212	39,93461	35,37592	39,61511	40,13998
Max	52,94235	49,11143	48,1361	47,86958	47,99926	45,74866	48,13694	47,89746

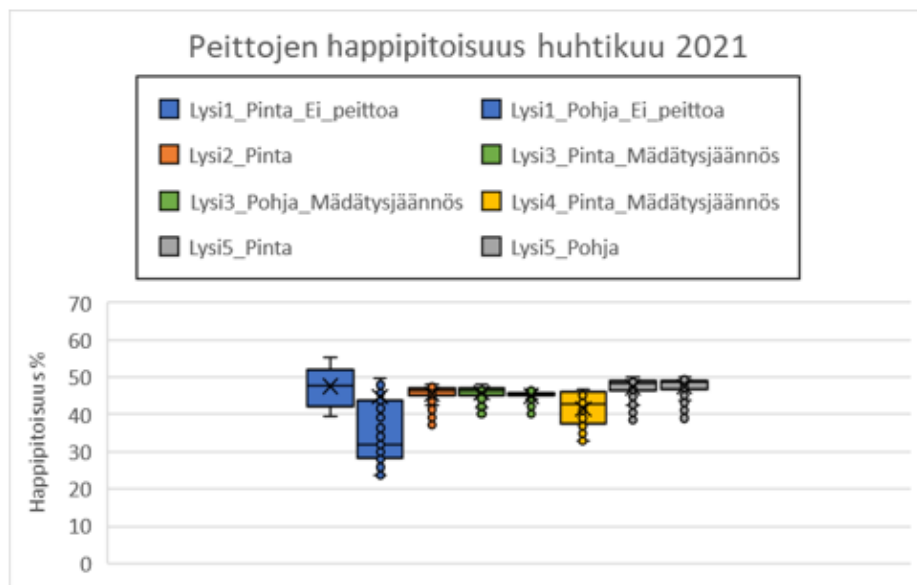


Särkiniemi - Helmikuu 2021 - 7806 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj
SUM	403359,6	382454,8	342584,2	353266,5	354781,9	310871,7	338738,7	342762,3
Average	51,67302	48,99497	43,88729	45,25576	45,4499	39,82472	43,39465	43,91011
Median	51,87939	49,09774	44,69661	45,91041	46,11584	40,2039	43,70187	44,17119
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	52,76565	50,15257	46,4267	46,95603	47,21447	42,88471	46,2875	46,67168



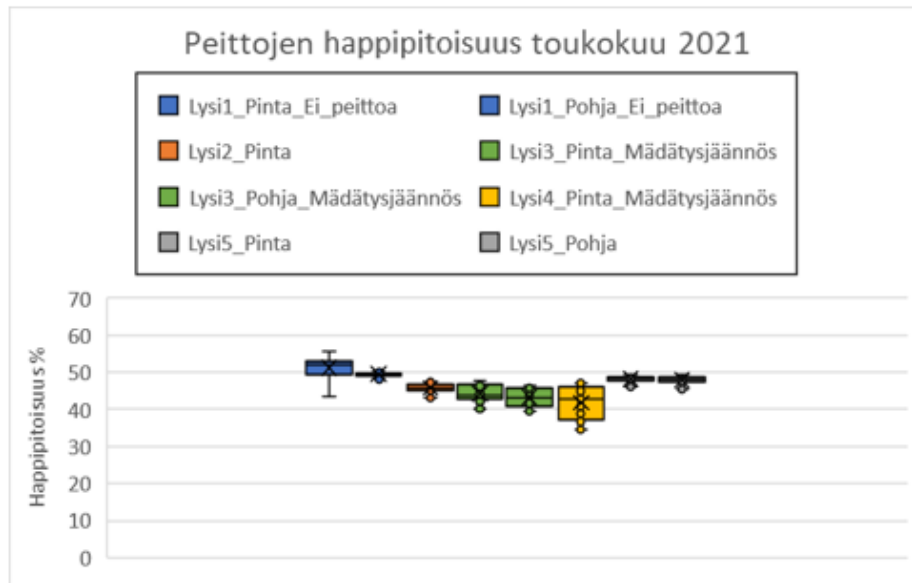
Särkiniemi - Maaliskuu 2021 - 8741 havaintoa / anturi

	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohja
SUM	442562,7	362643,3	345028,7	368876	370015,9	322140,5	352847	359319
Average	50,63067	41,48763	39,47245	42,20066	42,33107	36,85397	40,36689	41,10731
Median	50,64103	41,47008	39,14713	42,01277	42,13803	36,94052	40,16201	40,91217
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	52,5723	48,33879	45,10011	46,11676	46,32573	40,30562	43,28252	43,79706

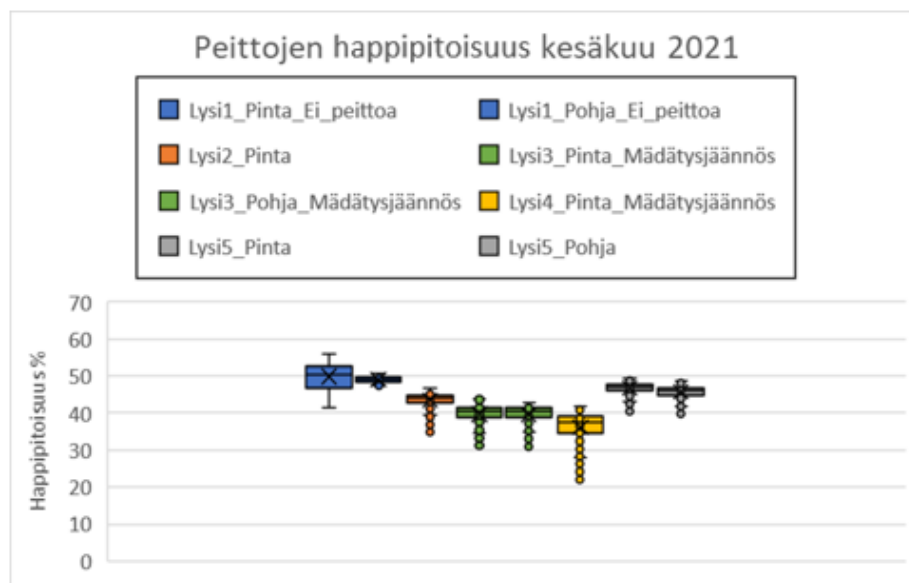


Särkiniemi - Huhtikuu 2021 - 8639 havaintoa / anturi

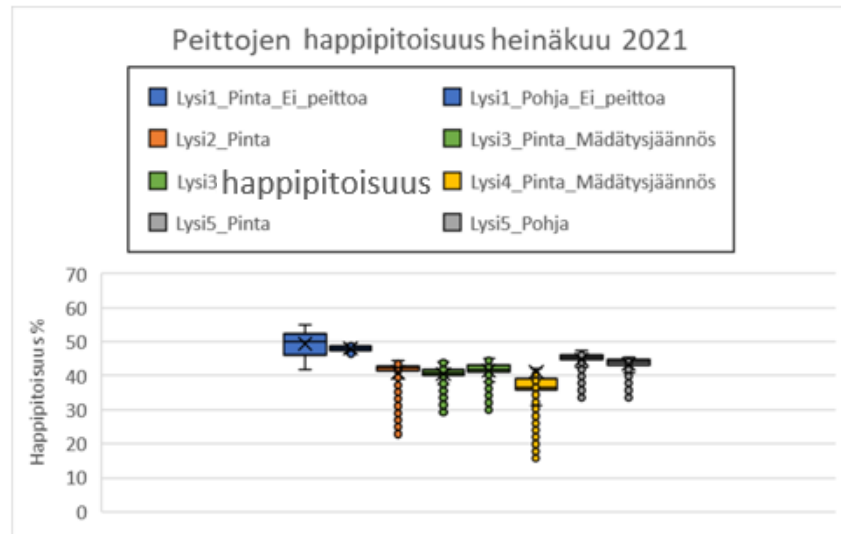
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohja
SUM	410738,5	386723,9	392380,8	394793,9	387428,8	357941,1	407280,2	409707,4
Average	47,54468	44,76489	45,4197	45,69902	44,84648	41,43316	47,14437	47,42533
Median	47,75924	31,91258	46,48507	46,52809	45,37562	42,78321	48,47113	48,70365
Min	39,45705	23,76295	37,18714	40,151	40,0533	32,8182	38,50514	38,99145
Max	55,42354	44408	48,03533	48,11514	46,83028	46,71642	50,12913	50,12101



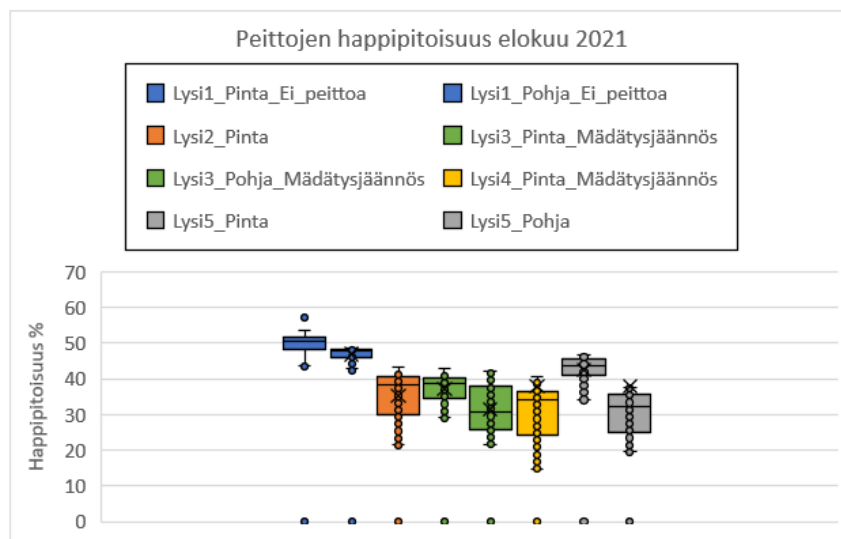
Särkiniemi - Toukokuu 2021 - 8927 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohja
SUM	456247,6	441406	407792,2	395717	386249,1	373241,7	429865,3	427778,6
Average	51,10872	49,44618	45,68077	44,3281	43,26752	41,81043	48,15339	47,91963
Median	51,93959	49,44046	45,89637	43,76553	43,16076	42,85645	48,38559	48,07575
Min	43,59138	47,99138	43,07971	40,0303	39,59064	34,60258	46,12097	45,49482
Max	55,74132	50,47307	47,39356	47,86079	46,2854	47,00435	49,47795	49,28617



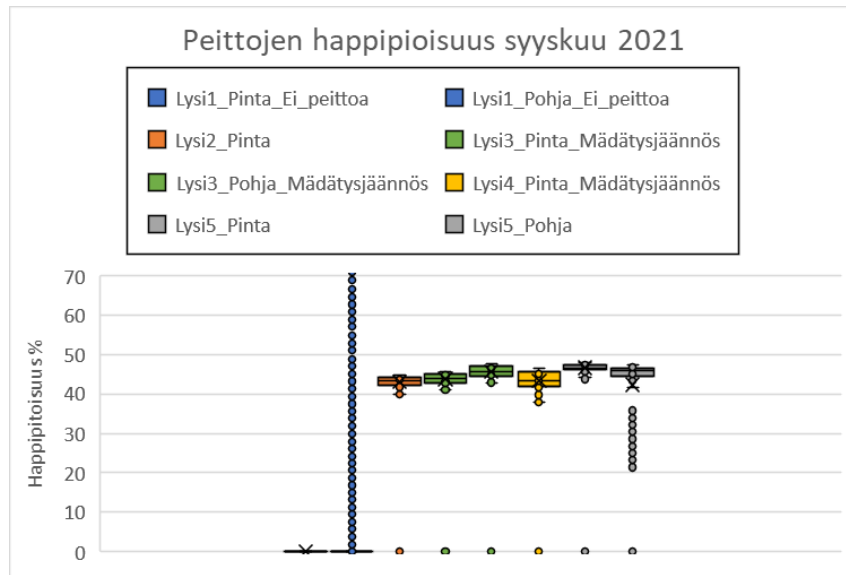
Särkiniemi - Kesäkuu 2021 - 8637 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohja
SUM	430383,6	422988,1	374671,8	342725,2	341321,9	311921	402872,7	394561,9
Average	49,83022	48,97397	43,37985	39,68104	39,51857	36,11451	46,64498	45,68275
Median	50,28608	48,98069	44,03256	40,44362	40,59407	37,40951	46,92368	45,96691
Min	41,53289	47,34628	34,88923	31,26617	30,99774	22,1036	40,47387	39,82798
Max	56,02052	50,52277	46,71138	43,89914	42,79726	41,76926	49,36585	48,65302



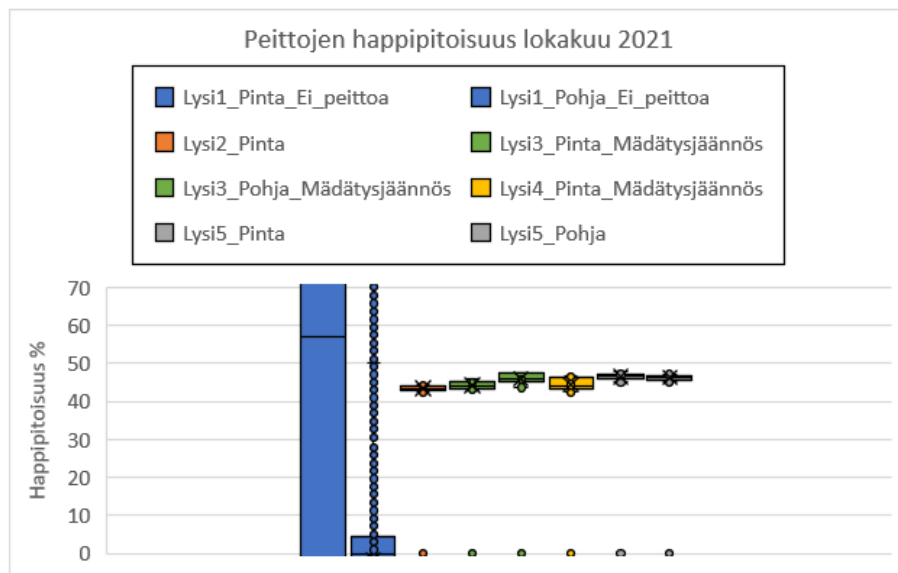
Särkiniemi - Heinäkuu 2021 - 8926 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj
SUM	440388,8	428653,4	366239,3	360568,3	370586,1	367448,2	398787	387184,1
Average	49,33775	48,02301	41,03062	40,39528	41,5176	41,16605	44,67701	43,37711
Median	49,99537	48,05191	42,39319	40,68378	41,72159	36,6529	45,4404	44,09255
Min	41,91081	46,43427	22,82021	29,34912	29,95744	15,71983	33,58719	33,5865
Max	55,1069	49,40664	44,31686	44,06658	45,22435	44224	47,29501	45,54648



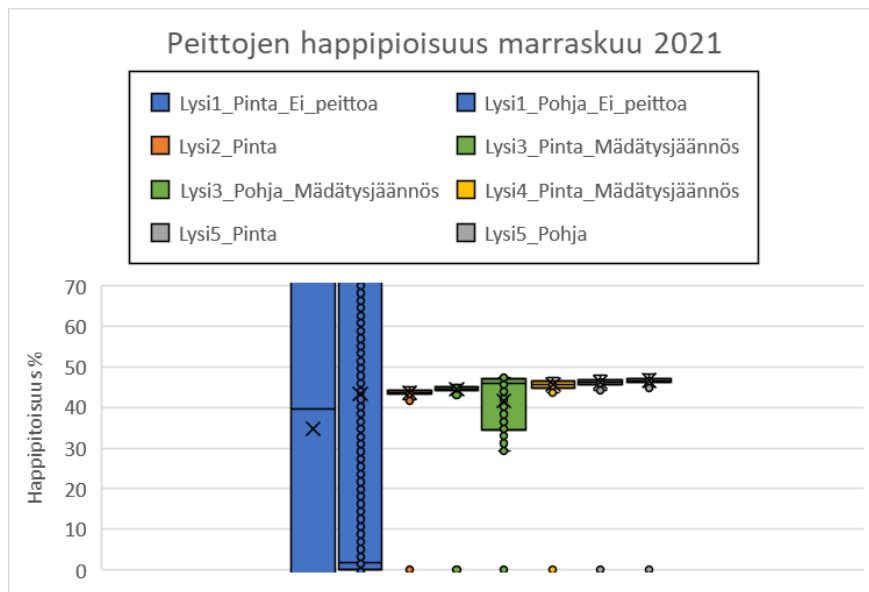
Särkiniemi - Elokuu 2021 - 8927 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj
SUM	74480,66	403361,6	324014,6	337663,1	297232,5	323241,5	385528,9	314700,9
Average	49,85318	45,18445	36,29603	37,82492	33,2959	36,20942	43,18684	35,25271
Median	50,64936	47,35888	38,19062	39,03272	34,93962	33,33835	44,47238	31,47733
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	57,2158	49,02724	43,14851	42,68049	43,96536	44334	47,00727	44310



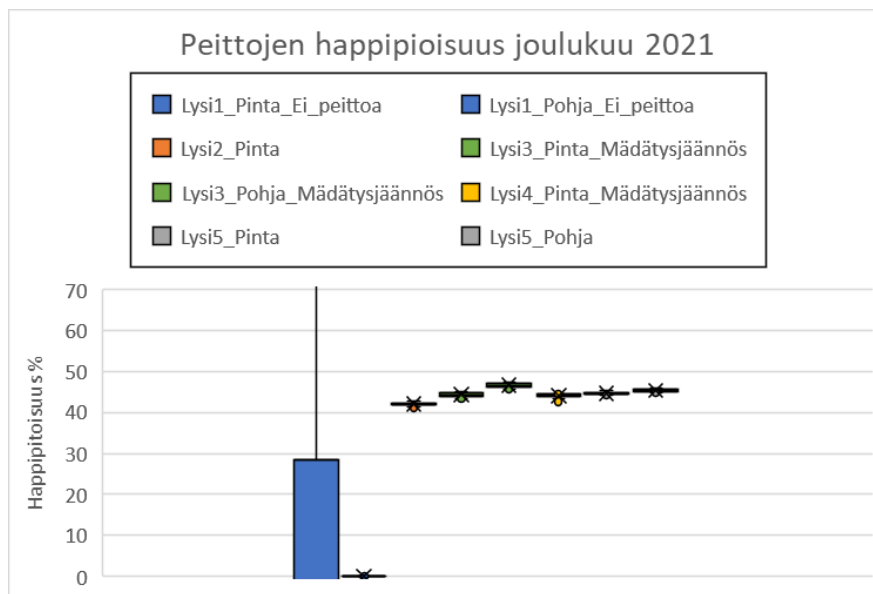
Särkiniemi - Syyskuu 2021 - 8632 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja		Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint		Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta
SUM	0	-51816,5	371989	378499,6	394041,8	375145,7	402755,9	365951
Average	0	-16,0076	43,09418	43,84842	45,64896	43,45988	46,65847	42,3947
Median	0	15,21553	43,28378	43,96207	45,68275	43,43372	46,66361	45,85411
Min	0	-209,953	0	0	0	0	0	0
Max	0	208,975	44,68715	45,76349	47,80386	46,51878	47,92446	47,32064



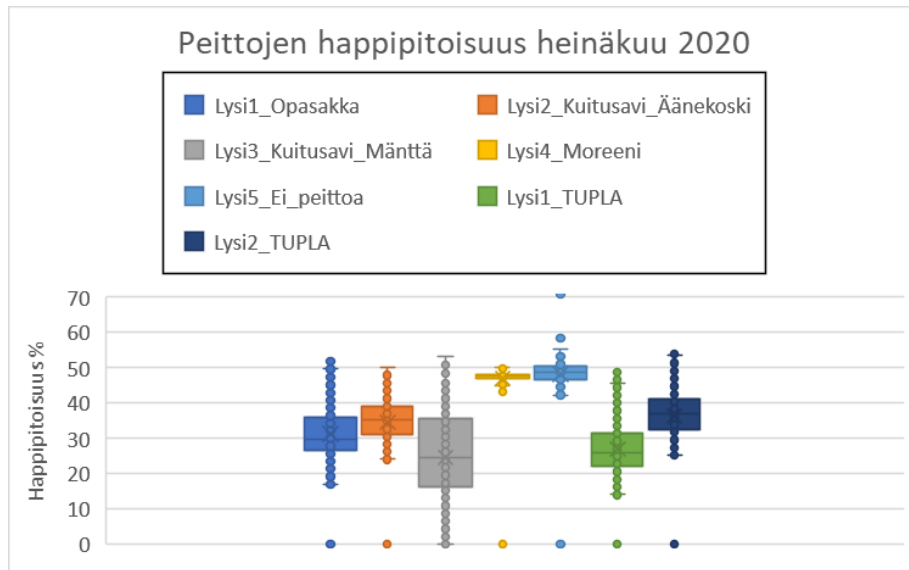
Särkiniemi - Lokakuu 2021 - 8927 havaintoa / anturi								
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5	
	Lysi1_Pint	Lysi1_Pohja		Lysi2_Pinta	Lysi3_Pint		Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta
SUM	98133,24	95765,38	388030,7	393170,6	392944,7	396447,1	414408,6	409646,8
Average		16,66354	43,46709	44,04285	44,01756	44,40989	46,42193	45,88852
Median	56,80058	25,8852	43,53652	43,95654	45,15084	44,47438	46,51599	46,1386
Min	-209,821	-209,973	0	0	0	0	0	0
Max	209,8752	209,9643	44,68307	45,73463	47,56423	46,74271	47,68598	47,22963



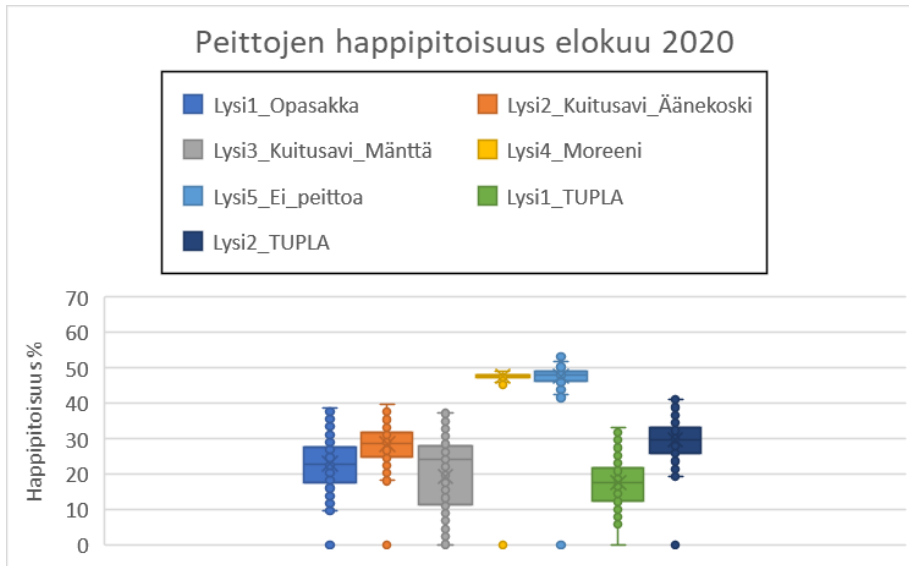
Särkiniemi - Marraskuu 2021 - 8641 havaintoa / anturi									
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5		
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	300266	375458,6	377737,2	384712,3	359453	394527,4	400126,1	403706,9	
Average	38,50057	66,06697	43,71452	44,52174	41,59855	45,65761	46,30553	46,71992	
Median	52,14252	97,61556	43,7399	44,59141	46,09038	45,79826	46,32893	46,65047	
Min	-207,914	-209,887	0	0	0	0	0	0	
Max	209,949	209,9352	45,07117	45,70227	47,47855	47,31249	47,84591	48,17289	



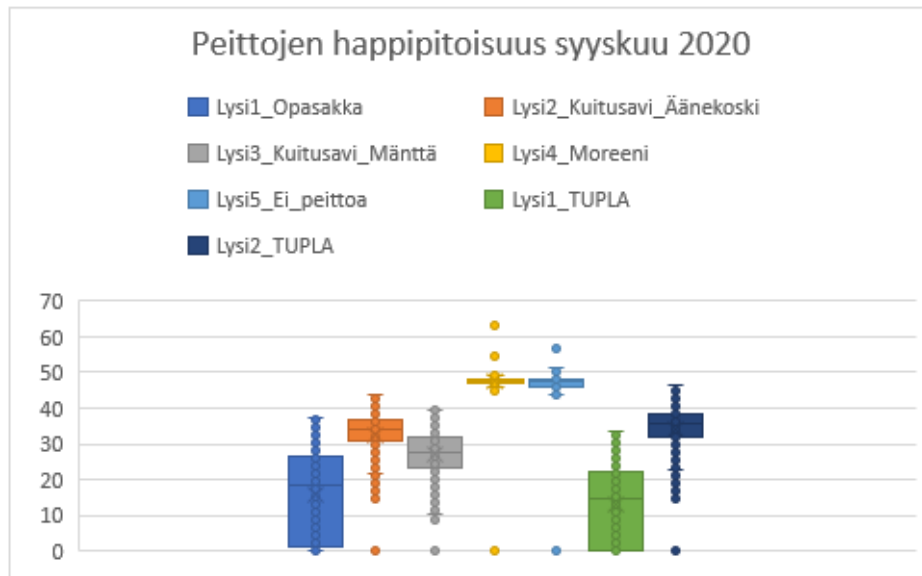
Särkiniemi - Joulukuu 2021 - 2060 havaintoa / anturi									
	Lysi1		Lysi2	Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös	Lysi5		
	Lysi1_Pinta	Lysi1_Pohja	Lysi2_Pinta	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	-63005,6	0	86680,19	91418,5	96123,05	90829,35	92020,81	93605,98	
Average	-33,4958		42,07776	44,37791	46,66168	44,09192	44,6703	45,4398	
Median	-48,5997		42,04389	44,21727	46,52625	44,24371	44,62042	45,381	
Min	-195,125	0	41,25357	43,50814	45,65522	42,68952	44,1569	44,87635	
Max	209,8984	0	42,77159	45,13596	47,44986	44,62866	45,26104	46,08089	



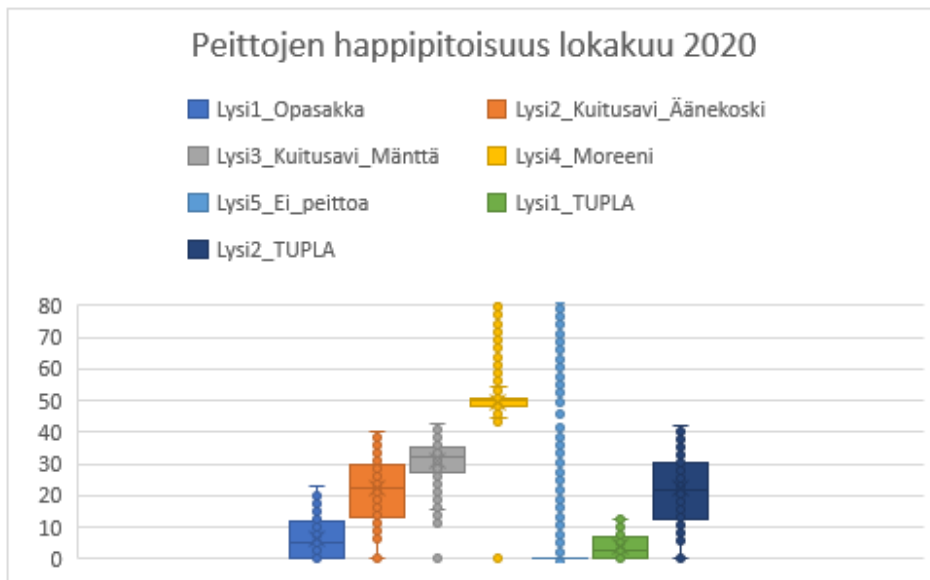
Hitura - Heinäkuu 2020 - 6258 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	195479,5	216032,4	154247,8	294097,8	301420	168484,7	227518,5
Average	31,24172	34,59285	24,65204	47,16129	48,17325	27,02241	36,3855
Median	29,85923	35,15256	24,66946	47,54762	48,73684	25,99565	36,8936
Min	0	-209,719	-209,618	-208,335	-158,558	-207,217	-209,47
Max	53,73619	49,96918	53,24955	51,51891	70,94024	49,05739	53,81603



Hitura - Elokuu 2020 - 8928 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	205019,3	254991,7	173447,1	425491,8	425814,3	158202,6	266210,2
Average	22,96363	28,5609	19,42732	47,65813	47,69426	17,71982	29,81745
Median	22,84306	28,59392	24,15254	47,72325	48,1356	17,81434	29,90259
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	38,69678	39,65257	37,31202	48,92684	53,13006	33,05329	41,28563

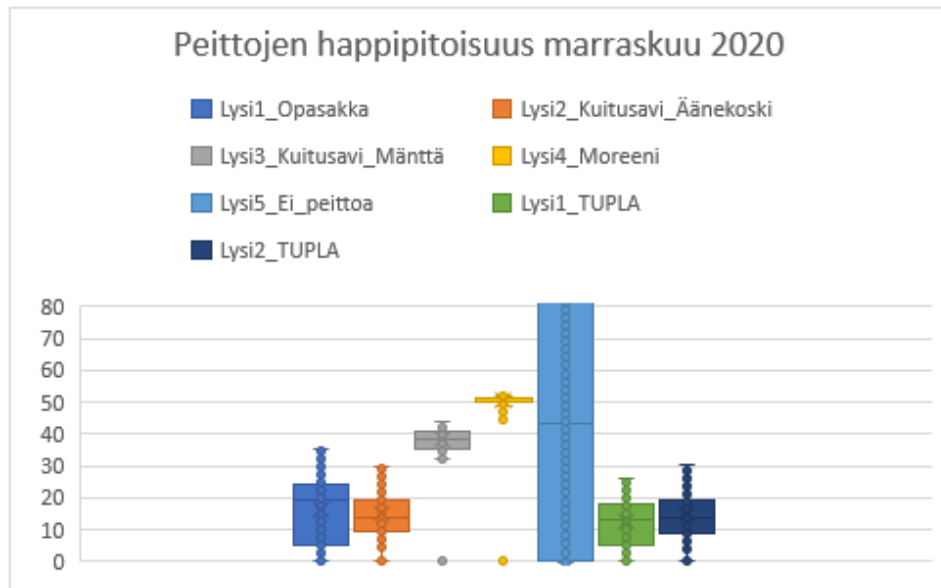


Hitura - Syyskuu 2020 - 8640 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	133880	280559,5	234921,8	408927,3	332976,2	110521,1	293135,1
Average	15,51513	32,51355	27,22469	47,38989	38,59252	12,8081	33,97092
Median	18,274	34,2711	27,82027	47,61526	47,53291	14,39819	35,83553
Min	0	0	0	0	-0,00225	0	0
Max	37,55851	43,75585	39,57634	63,18851	56,63256	33,32508	46,48942

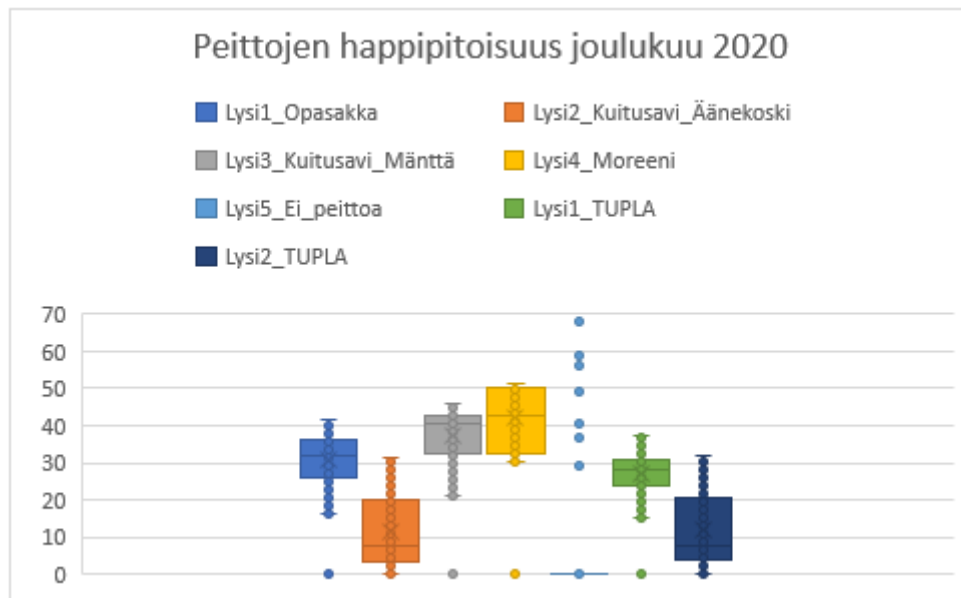


Lokakuu	2020	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
8922 hava	SUM	56823,8	199034,7	273717,4	442302,4	209712,6	32687,28	200436,7
	Average	6,368954	22,3083	30,67893	49,57436	43,72656	3,663672	22,46544
	Median	4,876309	22,38027	31,98827	49,90135	0,016251	2,492788	21,99366
	Min	0	0	0	0	-129,515	0	0
	Max	22,78401	39,91589	42,61837	105,3021	209,941	12,76202	42,02709

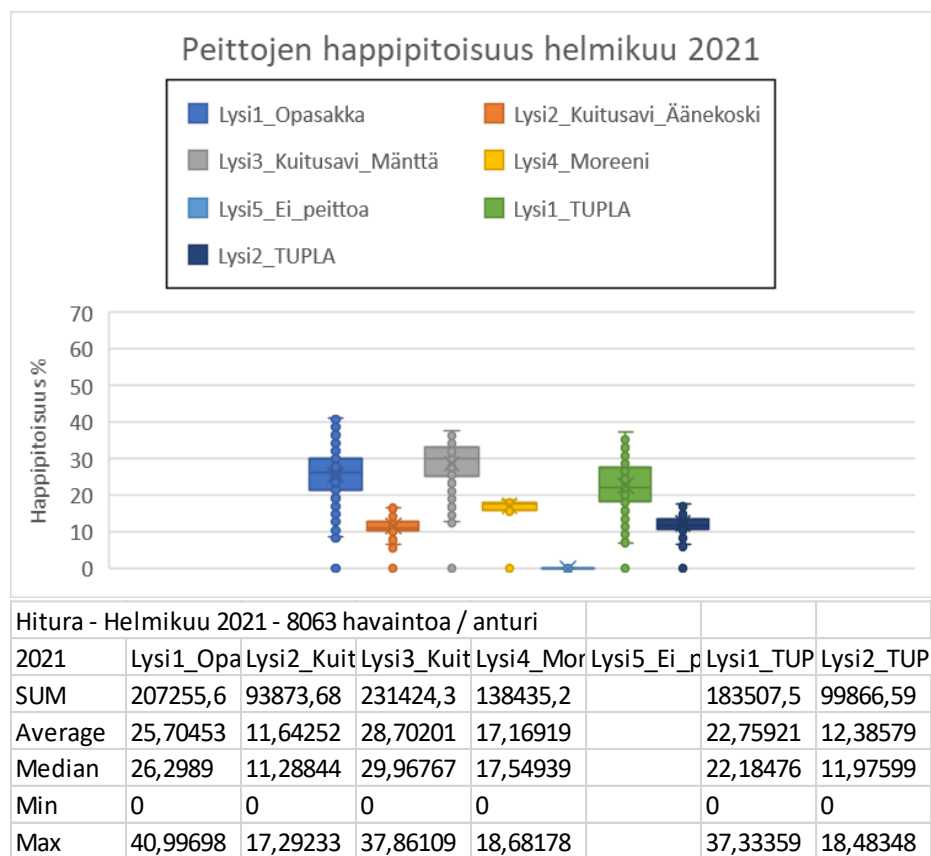
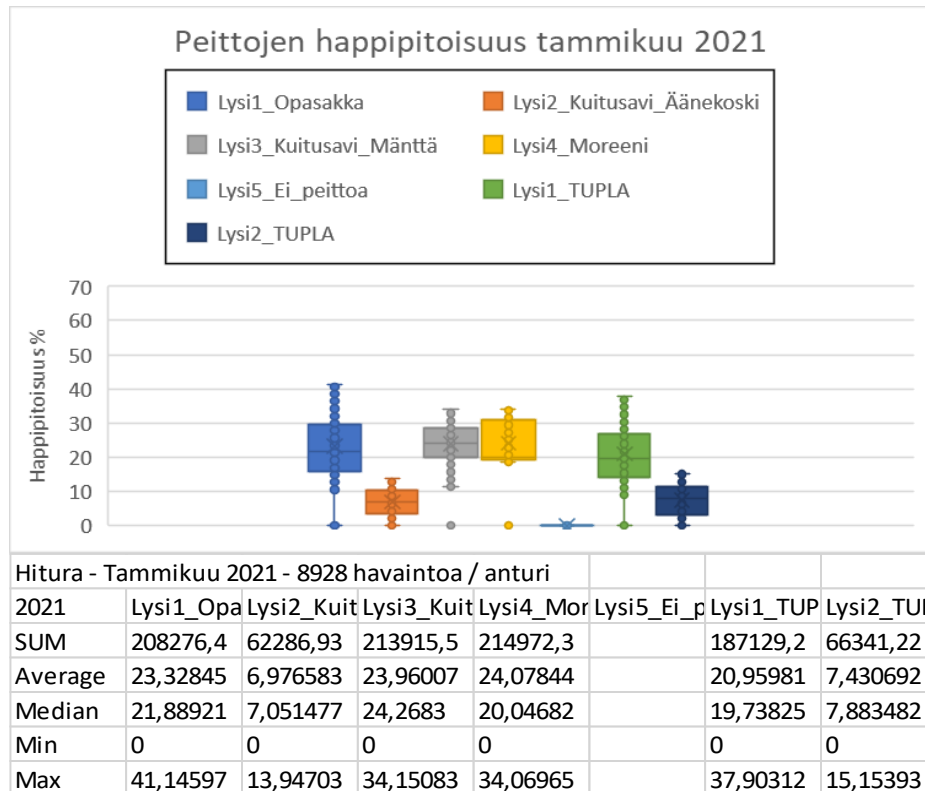
Liite 2

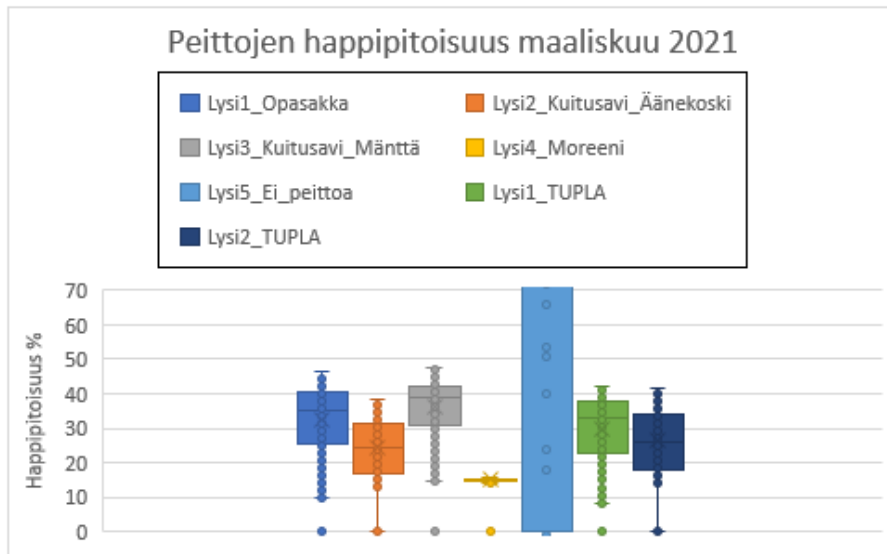


Marraskuu 2020	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP	
8640 hava	SUM	139154,9	130702,9	330201,6	438593,3	525119,4	106332,3	126811,4
	Average	16,10589	15,12765	38,21778	50,76311	109,697	12,30698	14,67724
	Median	19,06408	13,94659	38,23573	50,96403	106,3259	13,33746	13,6854
	Min	0	0	0	0	-0,54604	0	0
	Max	35,50594	29,9321	43,96018	52,14716	210,008	26,28989	30,14831

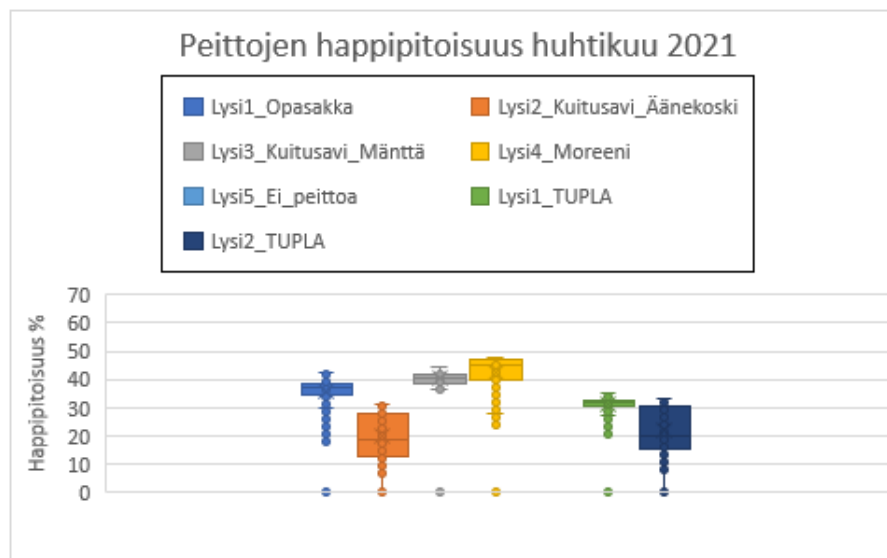


Joulukuu 2020	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP	
8927 hava	SUM	275857	104263,3	335083,4	376488,2	228172,9	243707	106630
	Average	30,90143	11,67955	37,53595	42,1741	158,4534	27,29999	11,94466
	Median	31,68222	7,903285	40,65491	42,64159	164,73	27,91894	7,912046
	Min	0	0	0	0	-19,6204	0	0
	Max	41,7245	31,53501	45,75312	51,54047	209,9504	37,43197	32,01524



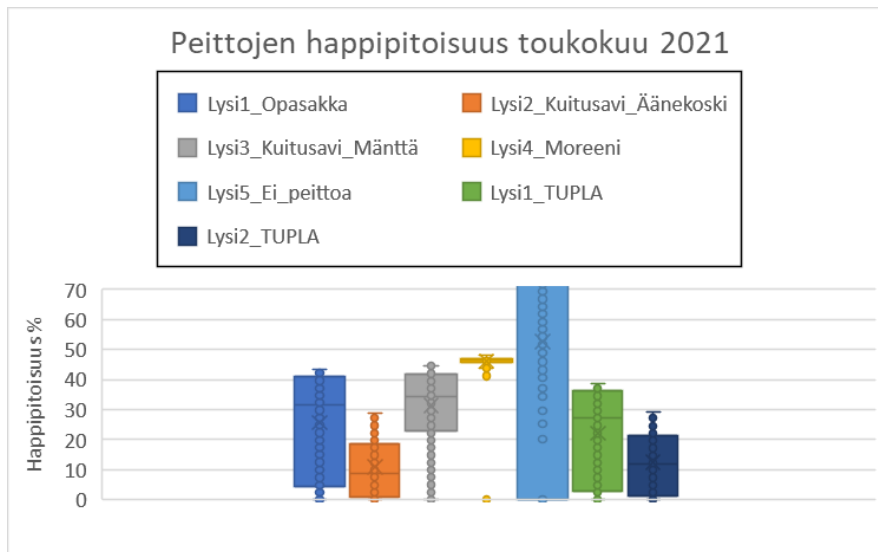


Hitura - Maaliskuu 2021 - 8247 havaintoa / anturi							
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	269499,6	202622,9	298522,8	123519,1		246869,8	218264,8
Average	32,6785	24,56928	36,19774	14,97746		29,93449	26,46596
Median	35,07933	24,13493	38,81764	14,93698		32,90821	25,91759
Min	0	0	0	0		0	0
Max	46,67122	38,1377	47,47407	15,81123		42,05963	41,42009

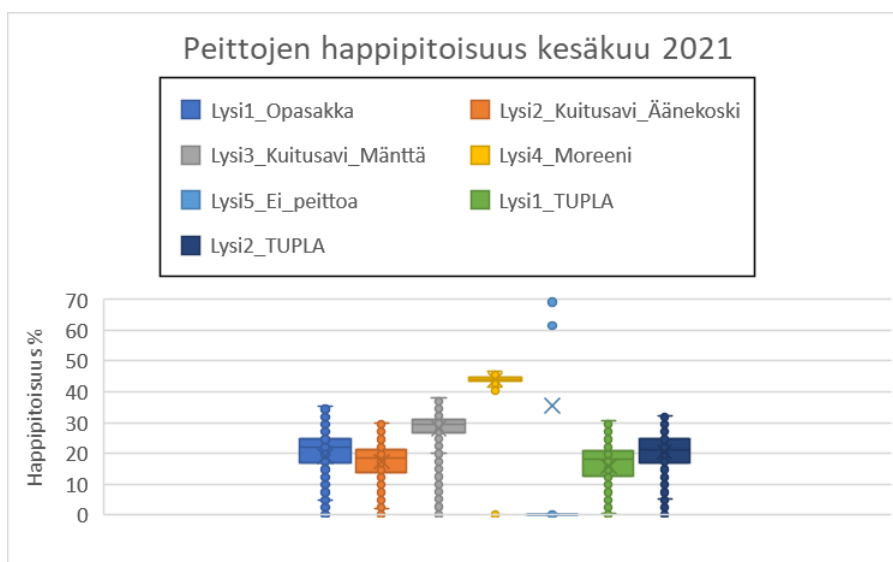


Hitura - Huhtikuu 2021 - 6499 havaintoa / anturi							
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	233756,3	130294,4	261114,5	276717,6		201540,7	143204,7
Average	35,97911	20,05455	40,19001	42,59159		31,02536	22,04166
Median	36,93413	18,43184	40,43214	45,4164		31,7519	20,13545
Min	0	0	0	0		0	0
Max	42,11787	30,96688	44,30715	47,94776		35,40974	33,52288

Liite 2

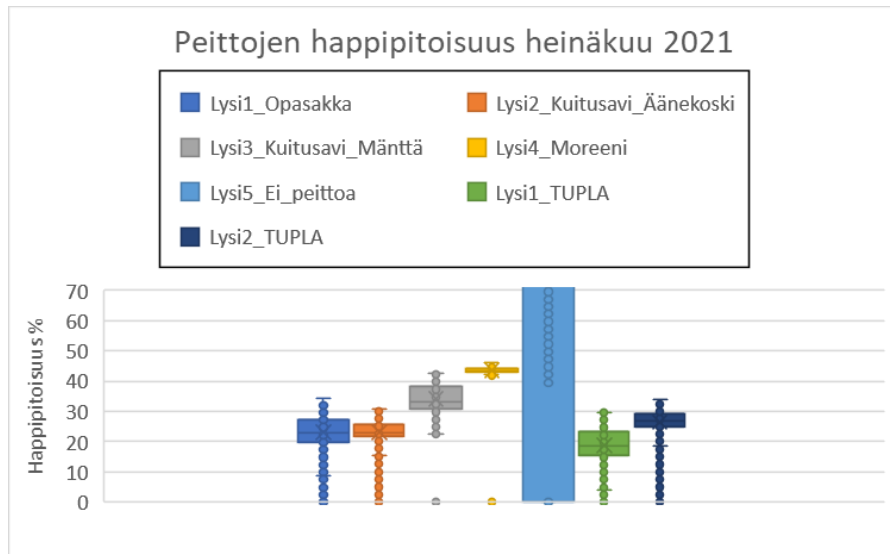


	Hitura - Toukokuu 2021 - 8609 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	220312,9	94081,6	270381,1	397184,7		190443,7	107491,1
Average	25,591	10,92828	31,40679	46,13599		22,12146	12,4859
Median	31,73063	8,9246	34,39547	46,50423		27,10195	11,74532
Min	0	0	0	0		0	0
Max	43,28497	28,75786	44,64464	48,17509		38,51137	29,33922

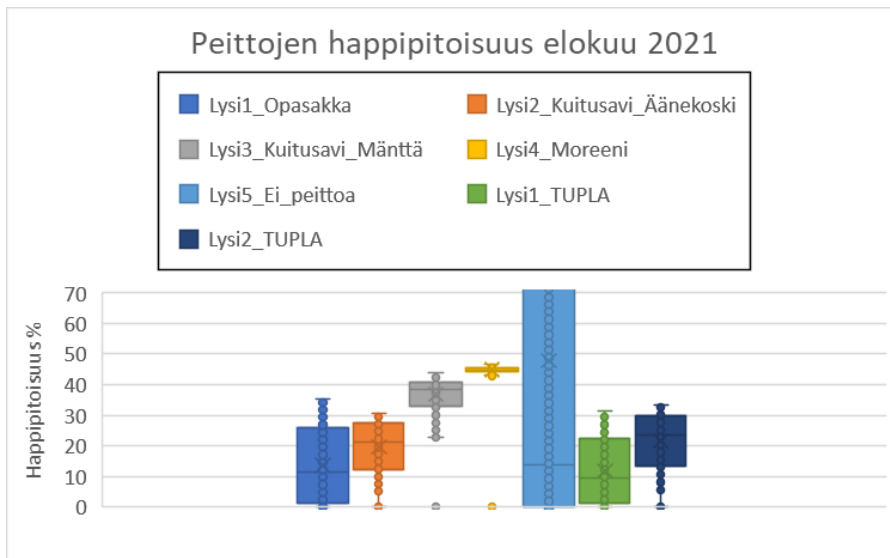


	Hitura - Kesäkuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	165276,4	149587,1	242250,6	379356,7		136253,6	175915
Average	19,12922	17,31333	28,03826	43,90703		15,77009	20,36053
Median	22,03707	18,32105	29,2892	43,9093		18,23196	21,07731
Min	0	0	0	0		0	0
Max	35,41923	29,75354	37,8493	46,99516		30,51231	32,23666

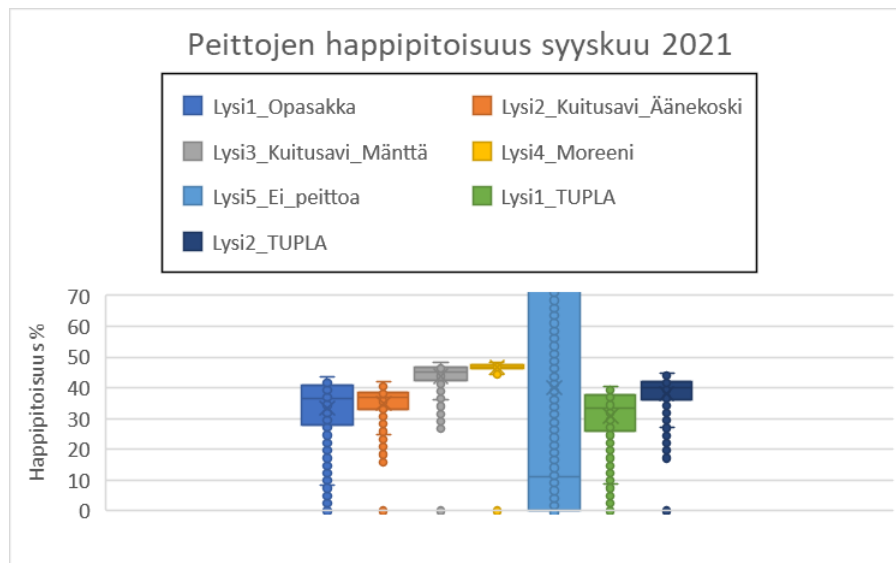
Liite 2



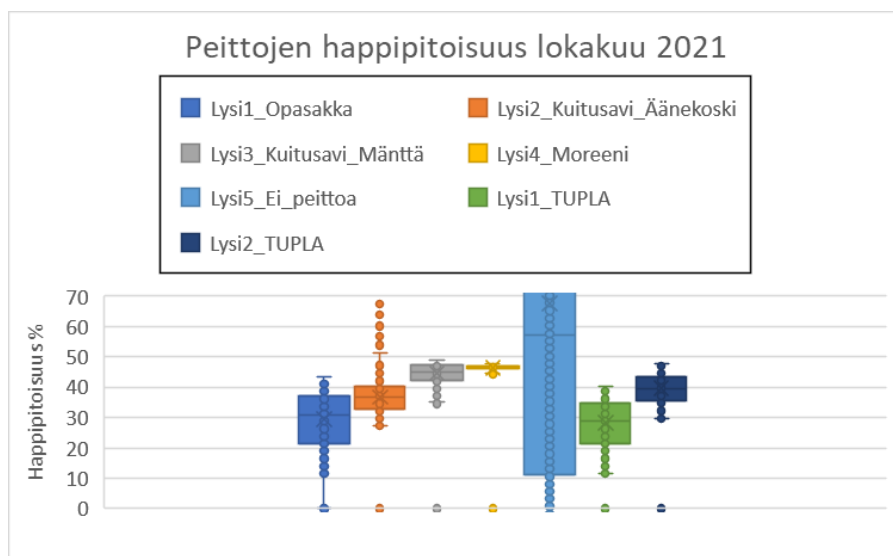
	Hitura - Heinäkuu 2021 - 8928 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	205841,4	206653,1	305127,3	389052		168192	236618
Average	23,05572	23,14663	34,17644	43,57662		18,83871	26,50291
Median	23,07323	23,03191	33,19737	43,35577		18,66599	26,65888
Min	0	0	0	0		0	0
Max	34,24568	30,8482	42,55856	46,0451		29,64942	34,02502



	Hitura - Elokuu 2021 - 8927 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	121702	175466,2	328384,3	400189,5		105269,9	193292,5
Average	13,63302	19,65567	36,78551	44,82911		11,7923	21,65257
Median	11,54814	21,18136	38,41447	44,82874		9,638534	23,41266
Min	0	0	0	0		0	0
Max	35,18063	30,45601	43,75443	46,7636		31,53502	33,37769

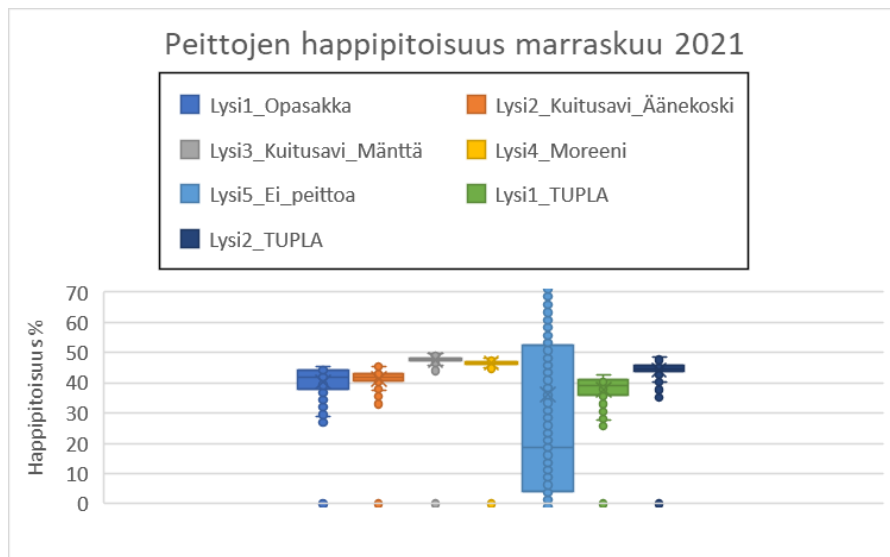


	Hitura - Syyskuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	288276,9	303089,7	378185,2	403947,4		266932,3	328645,5
Average	33,36538	35,07983	43,77144	46,75317		30,89495	38,03767
Median	36,54636	36,95675	45,34148	46,77998		33,59543	40,21161
Min	0	0	0	0		0	0
Max	43,61713	41,8728	48,18632	48,23794		40,39574	44,77629

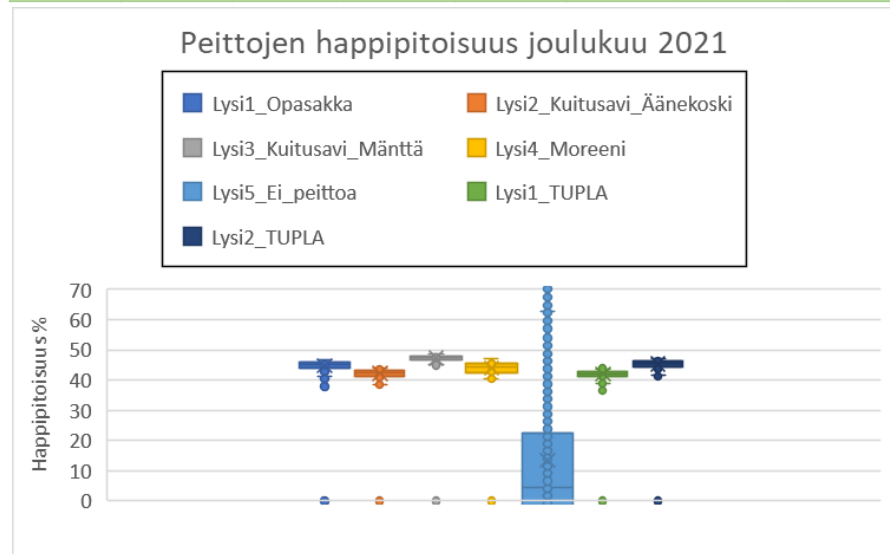


	Hitura - Lokakuu 2021 - 8916 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	263523,8	327705,6	397328,9	413464,1	603490	251609,6	353127,2
Average	29,55628	36,75478	44,56358	46,37328	71,42739	28,22001	39,60601
Median	31,03762	36,72114	45,11688	46,47671	68,72575	29,05535	39,5831
Min	0	0	0	0	-18,7388	0	0
Max	43,55632	69,61706	48,75191	47,81926	209,8793	40,43975	47,92365

Liite 2

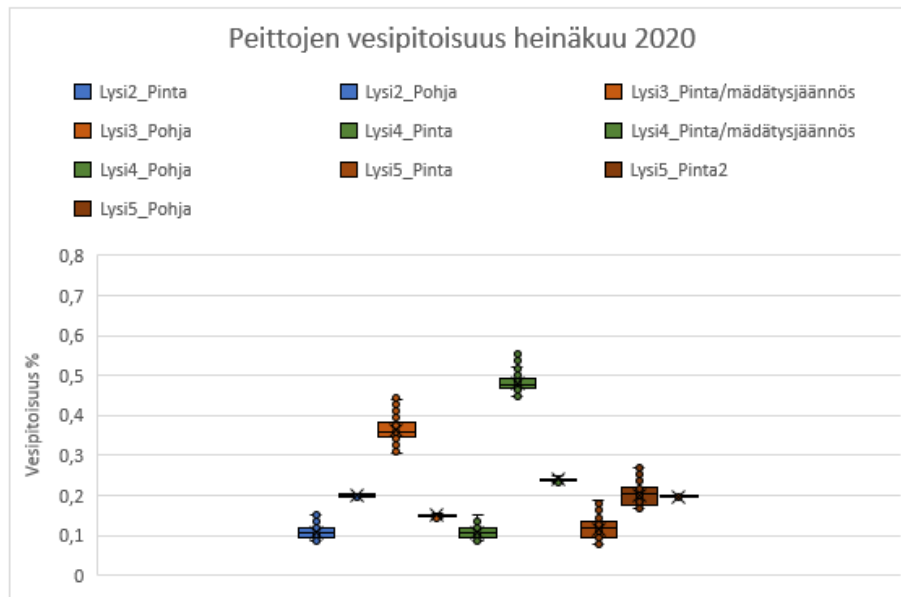


	Hitura - Marraskuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	347449,4	356960,6	411631,4	402128,3		325950,7	382066,6
Average	40,21405	41,31488	47,64252	46,54262		37,72578	44,22068
Median	41,66839	41,8201	47,81676	46,58627		38,93117	44,78465
Min	0	0	0	0		0	0
Max	45,3786	45,29512	49,66051	48,0275		42,53287	48,38822

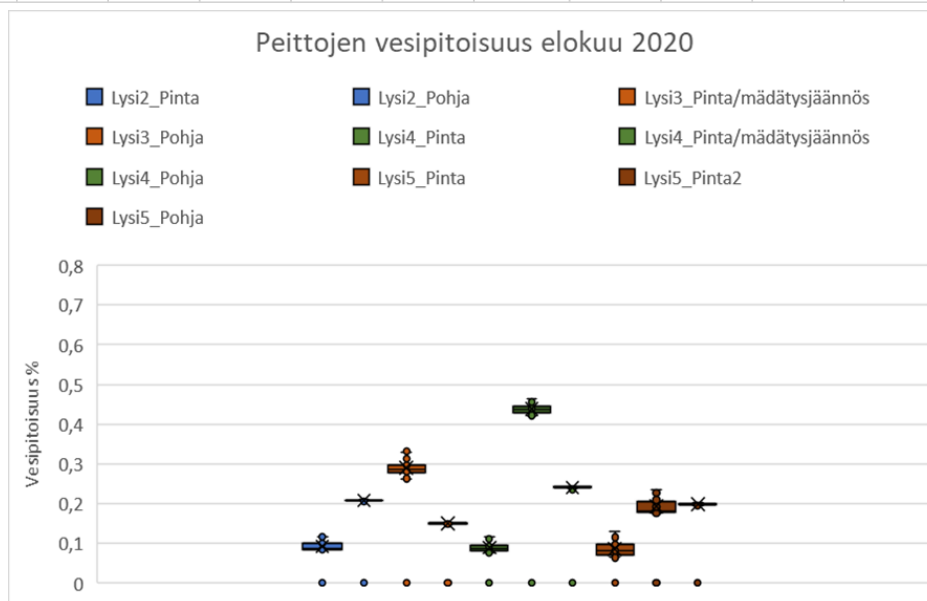


	Hitura - Joulukuu 2021 - 2060 havaintoa / anturi						
2021	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	400044,4	376687	422211,7	392009,7		374731,3	404811,4
Average	44,80785	42,19165	47,29074	43,90789		41,97259	45,34177
Median	44,98254	42,53193	47,37197	44,19225		42,06158	45,73488
Min	0	0	0	0		0	0
Max	46,81218	43,80309	48,78389	47,06635		43,77428	47,06106

Liite 3

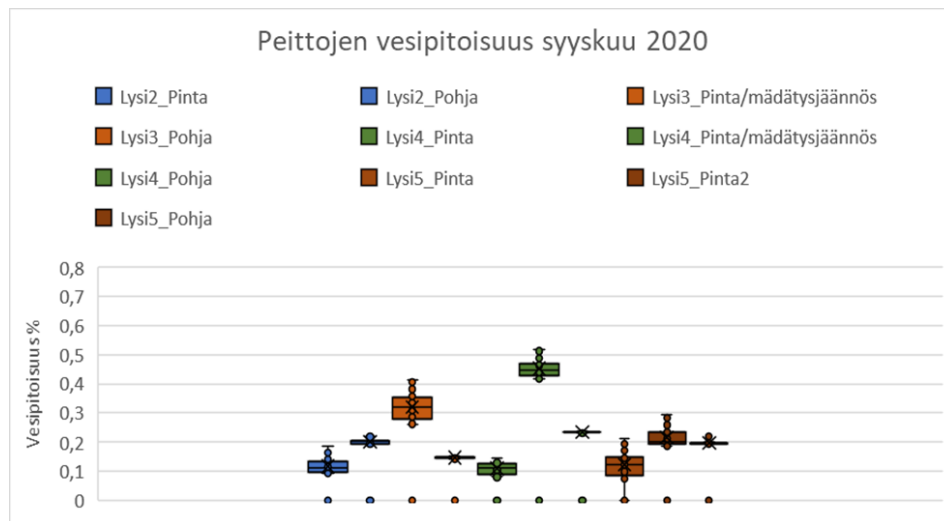


Särkiniemi - Heinäkuu 2020 - 5872 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pint	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pint	Lysi4_Pint	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pint	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj	
SUM	629,212	1179,281	2139,035	878,115	630,659	2828,83	1409,579	674,936	1181,858	1161,244	
Average	0,107173	0,200865	0,364339	0,149568	0,1074376	0,481749	0,240051	0,114941	0,20127	0,19776	
Median	0,107	0,202	0,36	0,149	0,108	0,478	0,24	0,117	0,203	0,197	
Min	0,085	0,195	0,307	0,145	0,086	0,449	0,234	0,077	0,167	0,195	
Max	0,162	0,206	0,454	0,154	0,15	0,568	0,248	0,188	0,271	0,202	

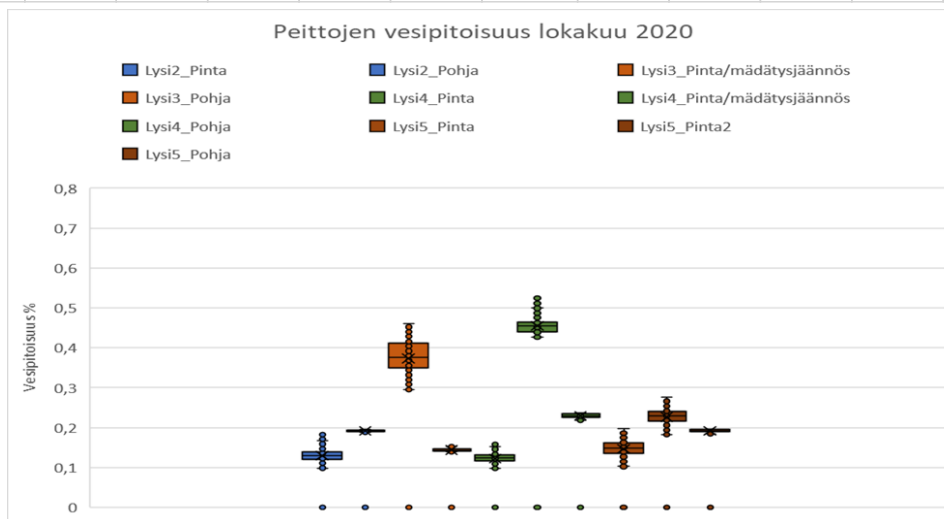


Särkiniemi - Elokuu 2020 - 5898 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pint	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pint	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pint	Lysi4_Pint	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pint	Lysi5_Pint	Lysi5_Pohj	
SUM	546,941	1226,866	1710,185	885,159	525,862	2584,639	1418,742	503,954	1140,823	1169,679	
Average	0,09278	0,20812	0,290108	0,150129	0,08919	0,438223	0,240546	0,085445	0,193425	0,198318	
Median	0,088	0,208	0,287	0,151	0,086	0,437	0,241	0,08	0,182	0,198	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Max	0,117	0,21	0,338	0,153	0,116	0,463	0,244	0,13	0,235	0,202	

Liite 3

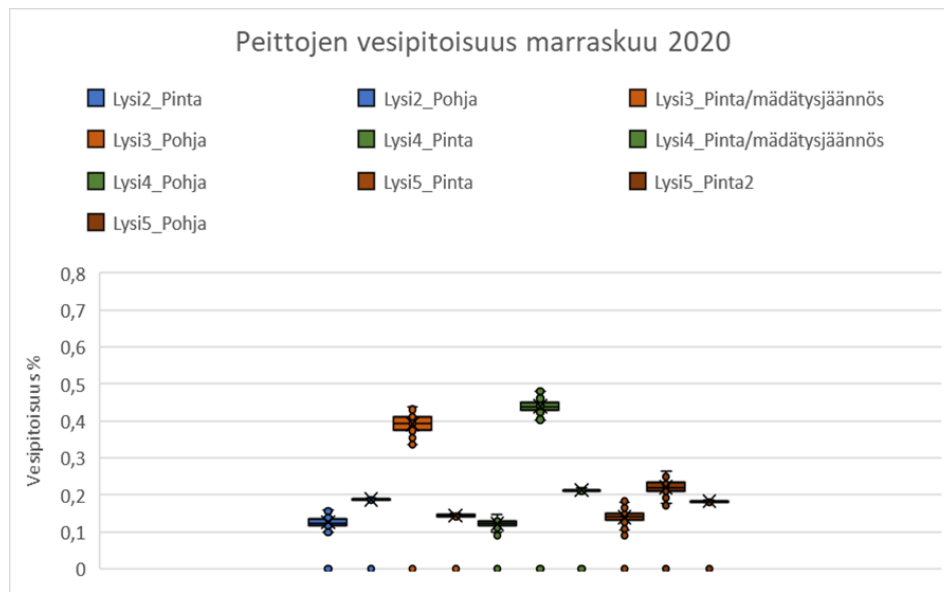


Särkiniemi - Syyskuu 2020 - 8640 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	1013,253	1733,148	2769,852	1270,996	942,293	3903,92	2029,25	1065,091	1856,737	1702,732
Average	0,117329	0,200689	0,320733	0,147174	0,109112	0,451895	0,234894	0,123289	0,214925	0,197098
Median	0,111	0,203	0,319	0,148	0,11	0,448	0,235	0,121	0,201	0,196
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,187	0,22	0,413	0,156	0,145	0,519	0,238	0,211	0,302	0,224

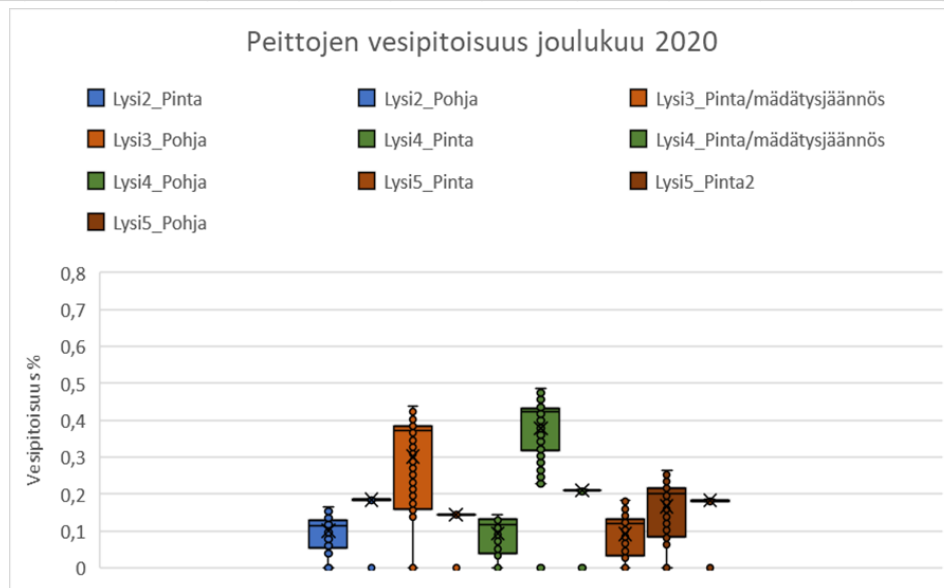


Särkiniemi - Lokakuu 2020 - 8928 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	1159,997	1714,786	3335,293	1288,819	1096,631	4060,58	2049,602	1314,264	2021,158	1715,885
Average	0,129943	0,19209	0,373619	0,144373	0,122844	0,454916	0,229622	0,14724	0,226435	0,192234
Median	0,13	0,192	0,376	0,143	0,124	0,455	0,23	0,149	0,229	0,192
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,183	0,2	0,46	0,155	0,159	0,524	0,237	0,197	0,277	0,196

Liite 3

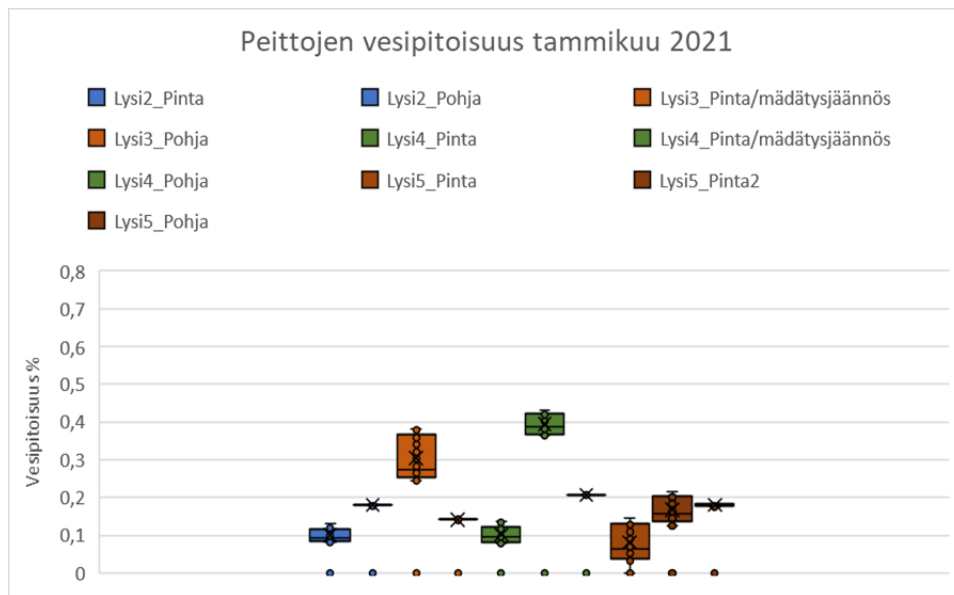


Särkiniemi - Marraskuu 2020 - 8640 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	1093,481	1623,016	3387,49	1248,415	1054,25	3796,337	1836,187	1210,186	1904,537	1574,889	
Average	0,12659	0,187893	0,392161	0,144526	0,122048	0,439391	0,212522	0,140068	0,220433	0,182279	
Median	0,124	0,188	0,393	0,145	0,122	0,439	0,213	0,14	0,219	0,183	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Max	0,167	0,191	0,438	0,149	0,146	0,493	0,218	0,186	0,265	0,185	

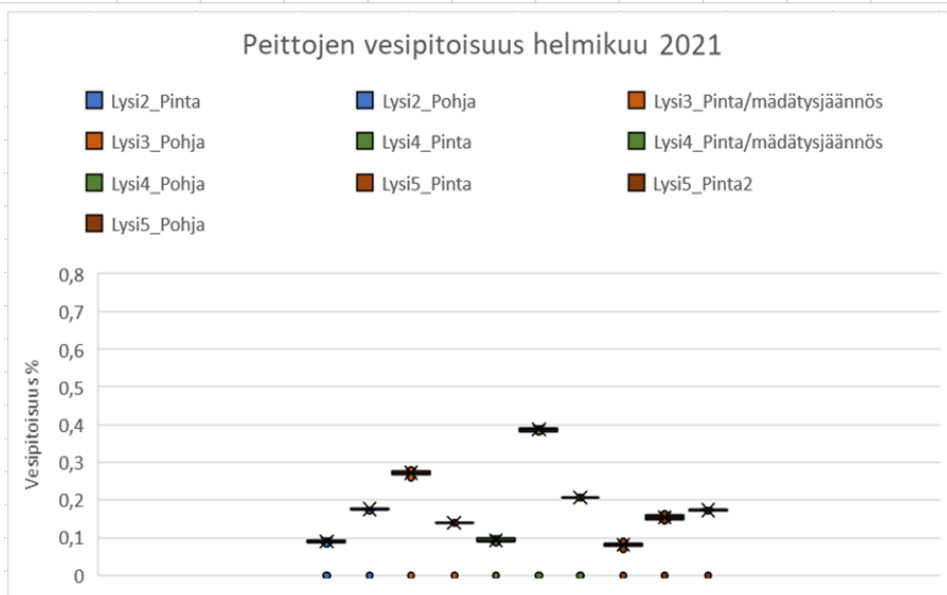


Särkiniemi - Joulukuu 2020 - 8928 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	890,4	1652,038	2696,445	1287,249	826,113	3373,44	1872,931	811,835	1480,771	1629,292	
Average	0,099742	0,185082	0,302055	0,144197	0,092541	0,378019	0,209876	0,090972	0,165931	0,182574	
Median	0,115	0,185	0,372	0,144	0,116	0,424	0,21	0,121	0,201	0,183	
Min	0	0,183	0	0	0	0	0	0	0	0	
Max	0,164	0,187	0,439	0,145	0,144	0,485	0,213	0,183	0,264	0,185	

Liite 3

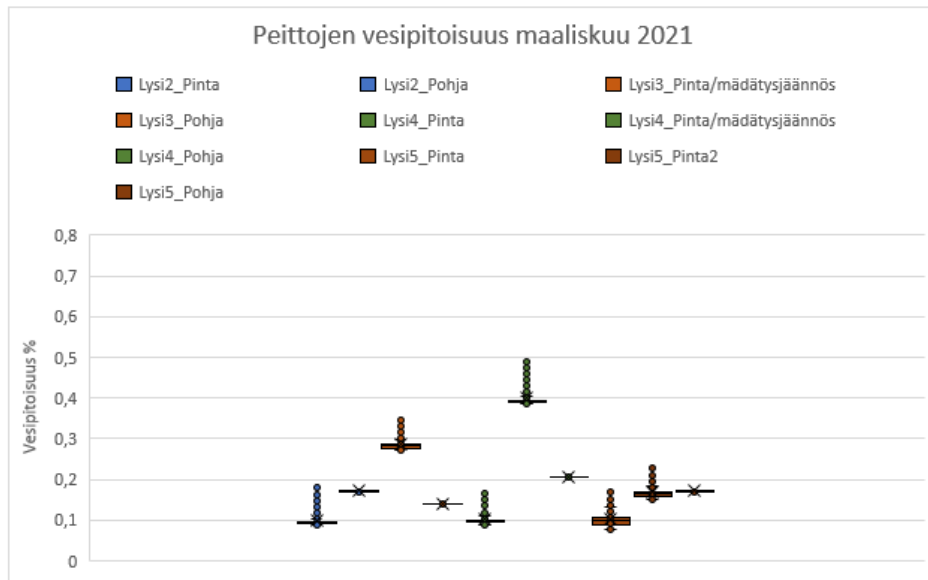


Särkiniemi - Tammikuu 2021 - 8927 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	897,448	1614,091	2714,86	1267,108	904,941	3519,823	1849,391	726,127	1489,425	1610,236
Average	0,101	0,181	0,304	0,142	0,101	0,394	0,207	0,081	0,167	0,180
Median	0,094	0,181	0,273	0,142	0,097	0,386	0,207	0,065	0,156	0,18
Min	0,081	0,178	0,245	0,141	0,078	0,363	0,207	0,033	0,126	0,176
Max	0,132	0,183	0,382	0,143	0,137	0,432	0,208	0,146	0,217	0,184

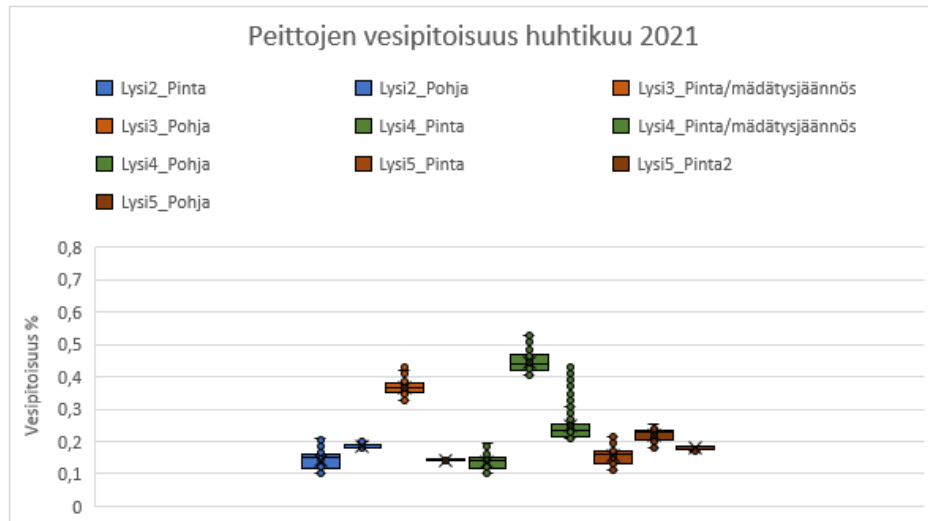


Särkiniemi - Helmikuu 2021 - 7806 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	713,244	1373,326	2124,604	1098,194	734,739	3021,504	1612,45	640,393	1212,262	1360,317
Average	0,091371253	0,175932	0,272176	0,140686	0,094125	0,387174	0,206618	0,08206	0,155339	0,17431
Median	0,09	0,176	0,271	0,141	0,092	0,387	0,207	0,084	0,154	0,174
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,1	0,178	0,284	0,141	0,104	0,395	0,207	0,09	0,167	0,177

Liite 3

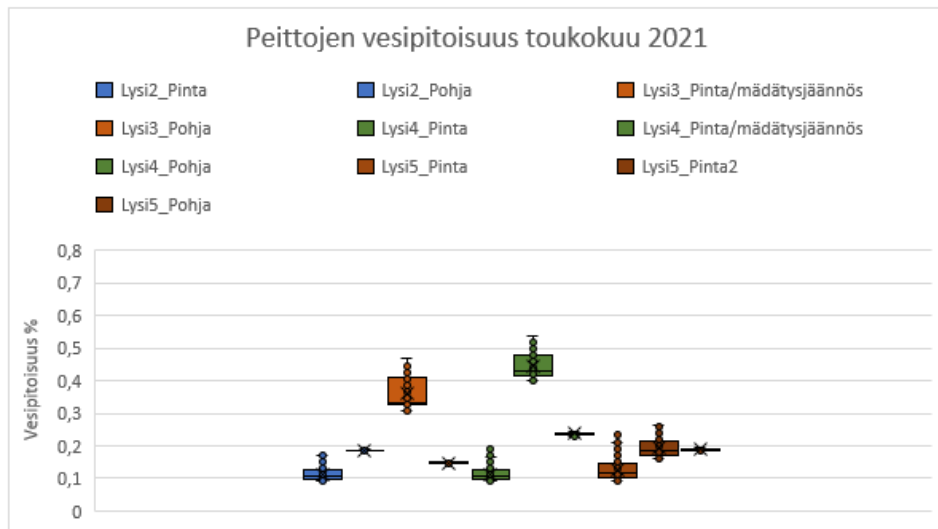


Särkiniemi - Maaliskuu 2021 - 8740 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pin	Lysi2_Pol	Lysi3_Pin	Lysi3_Pol	Lysi4_Pi	Lysi4_Pin	Lysi4_Pol	Lysi5_Pi	Lysi5_Pin	Lysi5_Pol
SUM	876,501	1494,099	2488,229	1217,417	908,001	3485,902	1800,372	895,432	1476,774	1491,136
Average	0,100	0,171	0,285	0,139	0,104	0,399	0,206	0,103	0,169	0,171
Median	0,094	0,171	0,282	0,139	0,097	0,392	0,206	0,100	0,165	0,171
Min	0,088	0,169	0,269	0,139	0,089	0,384	0,205	0,077	0,151	0,169
Max	0,183	0,181	0,355	0,140	0,173	0,491	0,210	0,170	0,236	0,172

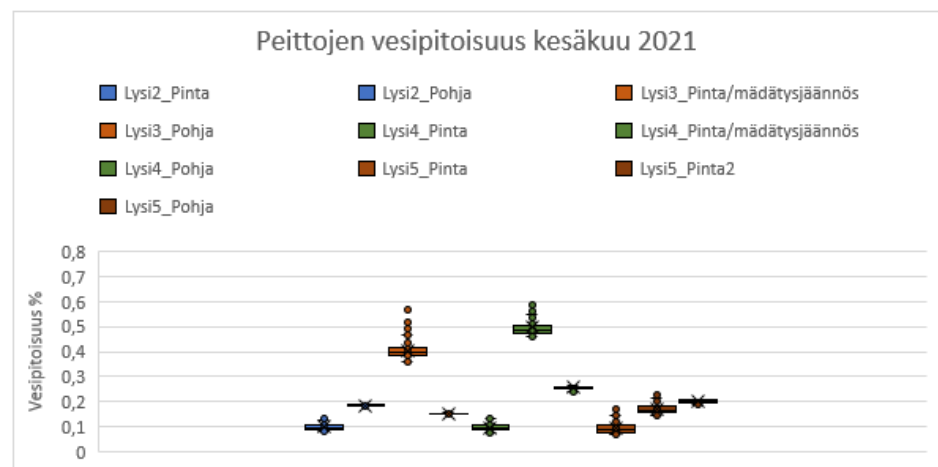


Särkiniemi - Huhtikuu 2021 - 8639 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pin	Lysi2_Pol	Lysi3_Pin	Lysi3_Pol	Lysi4_Pi	Lysi4_Pin	Lysi4_Pol	Lysi5_Pi	Lysi5_Pin	Lysi5_Pol
SUM	1225,444	1615,204	3161,782	1231,797	1178,701	3859,173	2158,426	1331,632	1891,716	1565,220
Average	0,142	0,187	0,366	0,143	0,136	0,447	0,250	0,154	0,219	0,181
Median	0,149	0,189	0,366	0,145	0,139	0,442	0,235	0,163	0,229	0,184
Min	0,104	0,179	0,328	0,139	0,103	0,406	0,209	0,113	0,181	0,171
Max	0,212	0,199	0,442	0,147	0,195	0,526	0,434	0,213	0,254	0,187

Liite 3

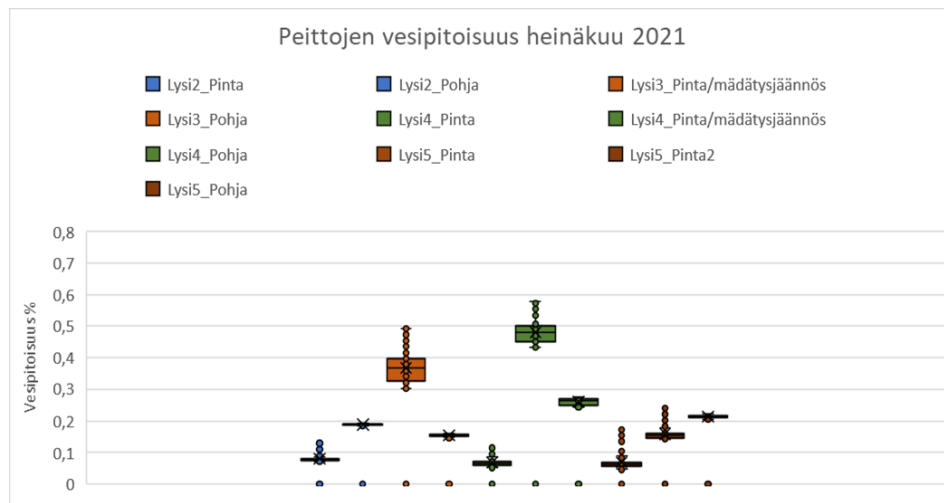


Särkiniemi - Toukokuu 2021 - 8927 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pin	Lysi2_Pol	Lysi3_Pin	Lysi3_Pol	Lysi4_Pin	Lysi4_Pir	Lysi4_Pol	Lysi5_Pin	Lysi5_Pin	Lysi5_Pol
SUM	1012,510	1646,112	3233,253	1316,982	1003,109	3963,524	2119,409	1114,298	1720,086	1686,786
Average	0,113	0,184	0,362	0,148	0,112	0,444	0,238	0,125	0,193	0,189
Median	0,106	0,184	0,335	0,148	0,108	0,431	0,239	0,118	0,186	0,190
Min	0,092	0,183	0,306	0,144	0,091	0,400	0,230	0,091	0,161	0,184
Max	0,191	0,188	0,467	0,152	0,200	0,539	0,246	0,242	0,263	0,194

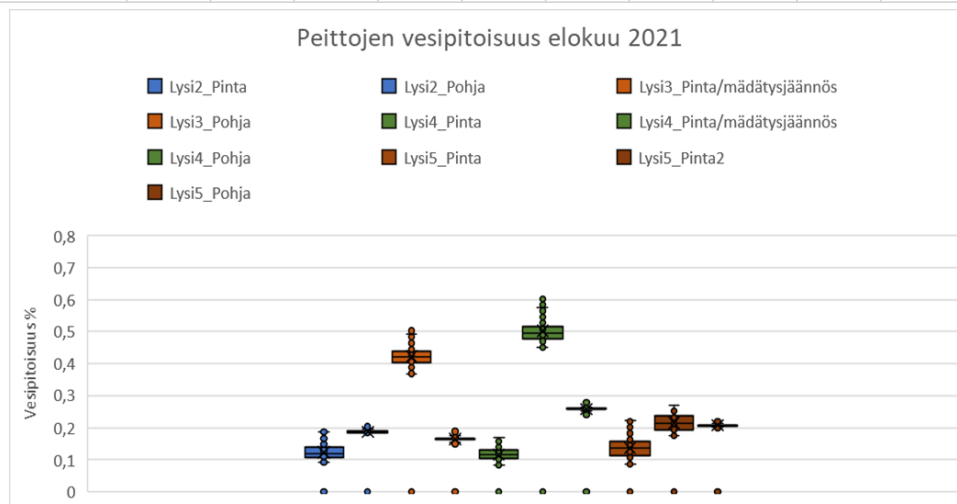


Särkiniemi - Kesäkuu 2021 - 8637 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pin	Lysi2_Pol	Lysi3_Pin	Lysi3_Pol	Lysi4_Pin	Lysi4_Pir	Lysi4_Pol	Lysi5_Pin	Lysi5_Pin	Lysi5_Pol
SUM	844,902	1598,597	3495,096	1309,719	828,588	4303,378	2205,641	813,974	1470,045	1739,092
Average	0,098	0,185	0,405	0,152	0,096	0,498	0,255	0,094	0,170	0,201
Median	0,095	0,185	0,395	0,152	0,093	0,488	0,255	0,089	0,166	0,201
Min	0,081	0,183	0,360	0,148	0,078	0,459	0,242	0,066	0,147	0,191
Max	0,149	0,188	0,570	0,155	0,145	0,606	0,266	0,184	0,226	0,209

Liite 3

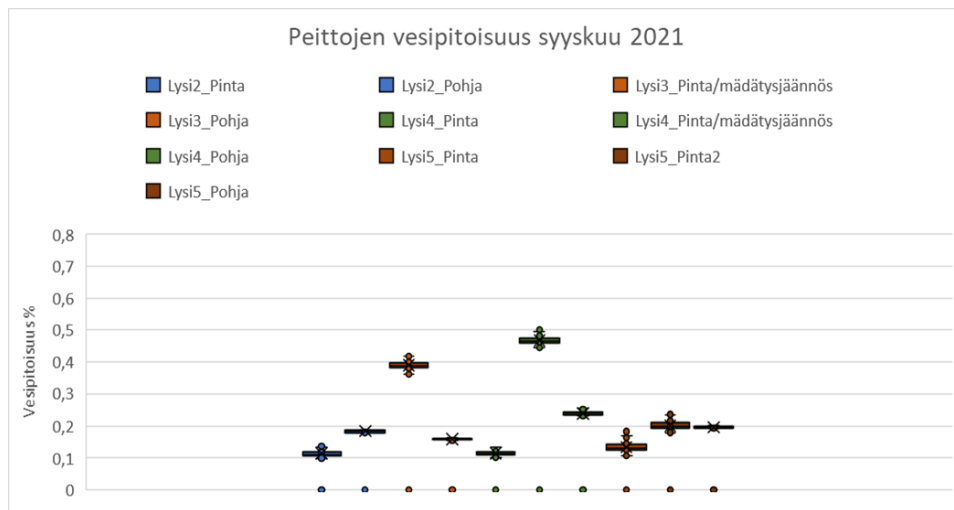


Särkiniemi - Heinäkuu 2021 - 8926 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	715,591	1686,946	3283,352	1369,932	609,946	4294,165	2331,531	605,709	1409,897	1905,112
Average	0,080205223	0,189077	0,368006	0,153545	0,068364	0,481193	0,261265	0,067874	0,157989	0,213482
Median	0,077	0,189	0,369	0,154	0,064	0,481	0,265	0,061	0,153	0,214
Min	0,07	0,184	0,302	0,147	0,052	0,432	0,244	0,046	0,142	0,205
Max	0,143	0,193	0,493	0,159	0,132	0,579	0,275	0,182	0,251	0,221

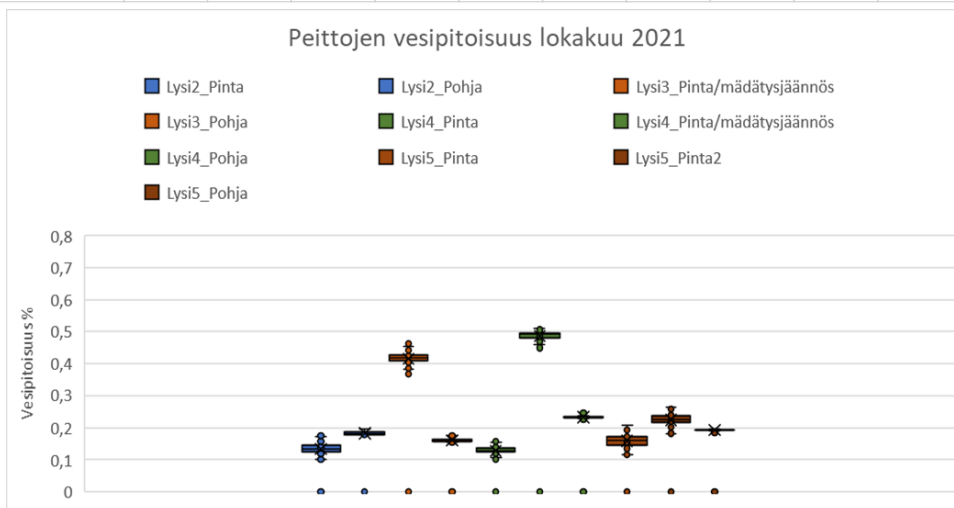


Särkiniemi - Elokuu 2021 - 8927 havainota / anturi										
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5		
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja
SUM	1103,392	1672,729	3775,68	1465,185	1033,938	4483,38	2308,499	1223,491	1917,105	1849,066
Average	0,123657066	0,187463	0,42314	0,164203	0,115873	0,502283	0,258626	0,13707	0,214778	0,207155
Median	0,12	0,187	0,422	0,165	0,115	0,494	0,259	0,136	0,213	0,208
Min	0,091	0,184	0,369	0,15	0,082	0,451	0,241	0,087	0,175	0,2
Max	0,198	0,212	0,521	0,193	0,173	0,618	0,28	0,222	0,27	0,229

Liite 3

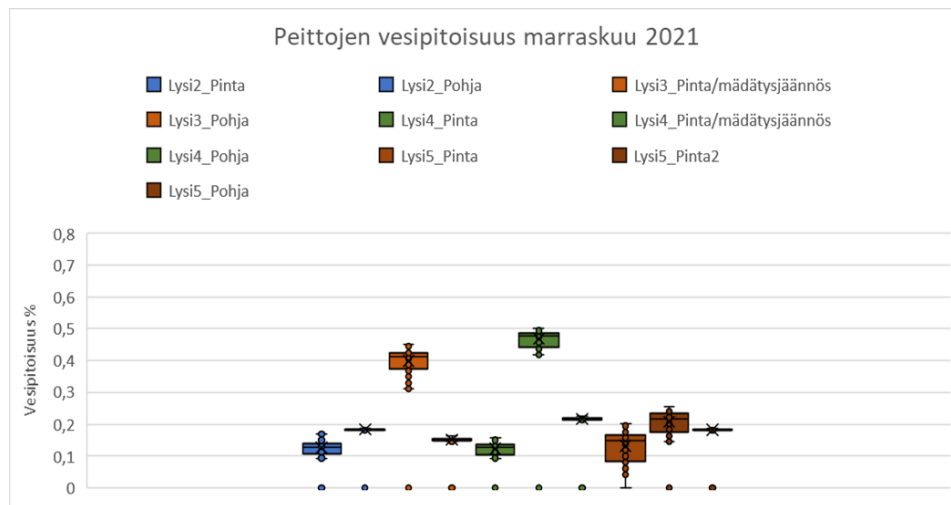


Särkiniemi - Syyskuu 2021 - 8632 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	984,076	1580,905	3361,069	1368,762	986,118	4029,483	2066,039	1153,303	1732,792	1690,66	
Average	0,114122231	0,183336	0,38978	0,158734	0,114359	0,467078	0,239485	0,133685	0,200857	0,195973	
Median	0,111	0,184	0,389	0,159	0,113	0,466	0,239	0,13	0,198	0,196	
Min	0,099	0,179	0,362	0,155	0,101	0,444	0,232	0,106	0,179	0,193	
Max	0,149	0,188	0,429	0,165	0,138	0,503	0,254	0,186	0,239	0,202	

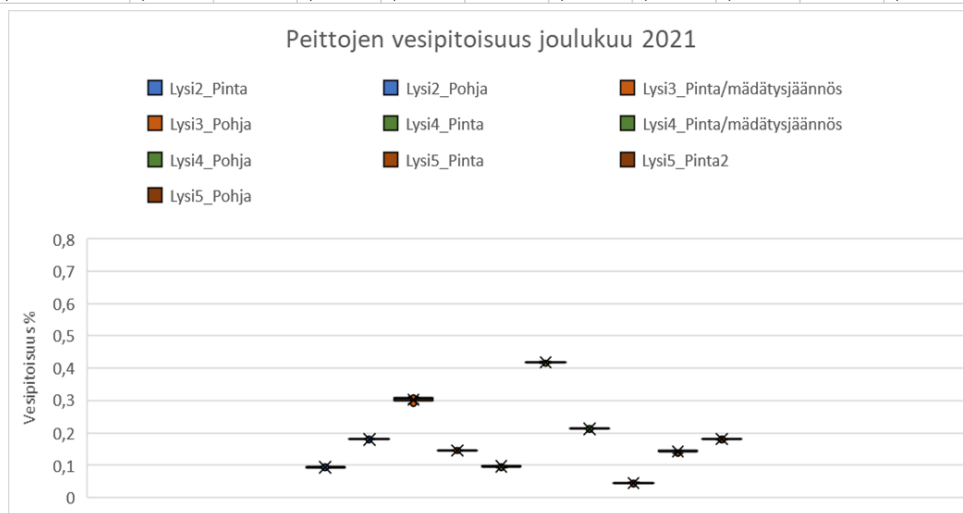


Särkiniemi - Lokakuu 2021 - 8928 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	1192,345	1631,085	3704,413	1425,615	1143,603	4339,162	2084,047	1410,047	1997,758	1716,958	
Average	0,133581111	0,182734	0,415014	0,159715	0,12812	0,486126	0,233481	0,157971	0,223813	0,192355	
Median	0,133	0,182	0,417	0,158	0,128	0,493	0,232	0,16	0,226	0,193	
Min	0,1	0,178	0,367	0,155	0,101	0,449	0,227	0,116	0,182	0,185	
Max	0,189	0,195	0,463	0,174	0,165	0,51	0,255	0,208	0,265	0,201	

Liite 3

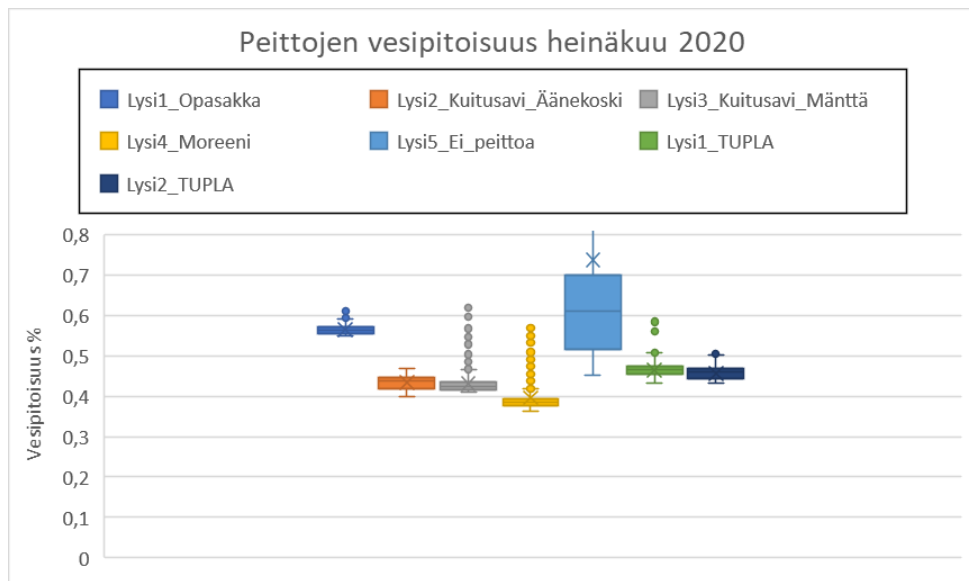


Särkiniemi - Marraskuu 2021 - 8640 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	1083,266	1582,586	3449,106	1303,601	1061,845	4046,457	1872,077	1142,298	1795,266	1578,494	
Average	0,125392522	0,183191	0,399248	0,150897	0,122913	0,468394	0,216701	0,132226	0,207809	0,182717	
Median	0,126	0,183	0,412	0,149	0,126	0,476	0,215	0,148	0,216	0,182	
Min	0,093	0,18	0,311	0,146	0,093	0,418	0,213	0,042	0,145	0,181	
Max	0,169	0,187	0,45	0,163	0,156	0,501	0,228	0,201	0,256	0,187	

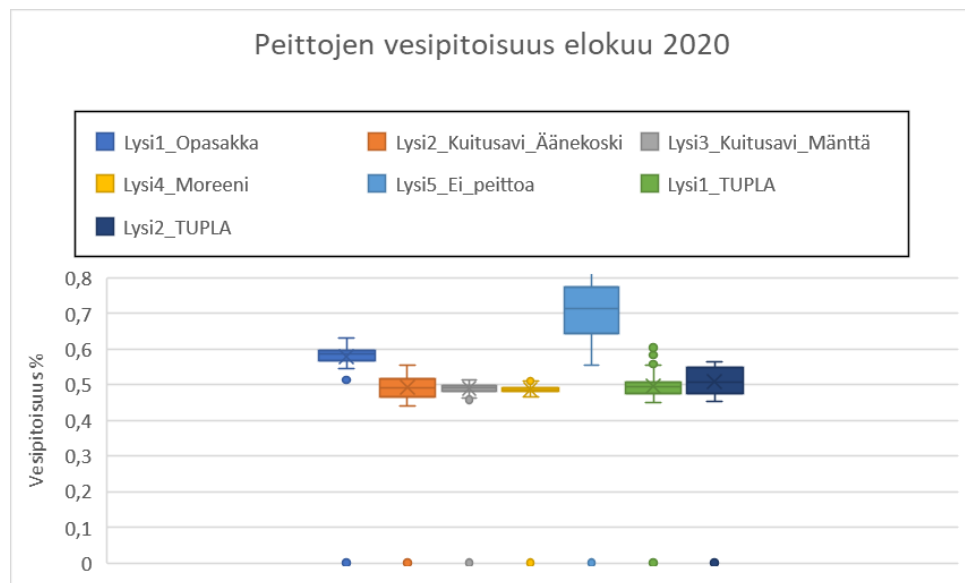


Särkiniemi - Joulukuu 2021 - 2060 havainota / anturi											
	Lysi2		Lysi3/mädätysjäännös		Lysi4/mädätysjäännös			Lysi5			
	Lysi2_Pinta	Lysi2_Pohja	Lysi3_Pinta	Lysi3_Pohja	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pinta	Lysi4_Pohja	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pinta	Lysi5_Pohja	
SUM	2079,067393	3153,412	6651,137	2578,527	2048,106	7952,337	3721,442	2042,035	3412,075	3148,245	
Average	0,240744256	0,36519	0,770164	0,298613	0,237159	0,920836	0,430972	0,236456	0,395099	0,364591	
Median	0,111	0,182	0,382	0,147	0,105	0,45	0,214	0,088	0,182	0,182	
Min	0,057	0,179	0,263	0,145	0,089	0,261	0,212	0,034	0,034	0,179	
Max	1083,266	1582,586	3449,106	1303,601	1061,845	4046,457	1872,077	1142,298	1795,266	1578,494	

Liite 3

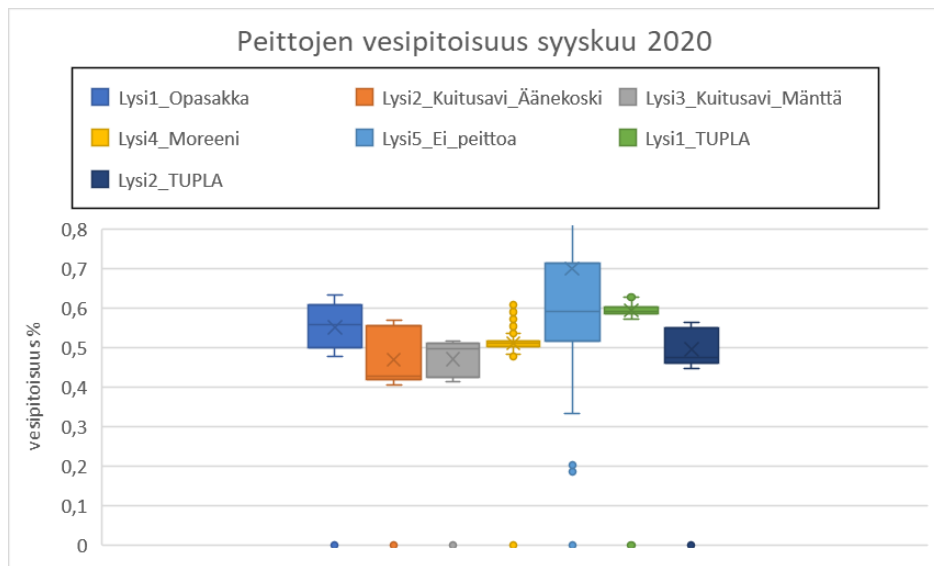


	Hitura - Heinäkuu 2020 - 6048 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	3412,982	2617,826	2608,075	2394,079	4458,209	2810,019	2758,639
Average	0,564409	0,432913	0,431301	0,395912	0,737138	0,46462	0,456124
Median	0,562	0,438	0,425	0,386	0,611	0,465	0,459
Min	0,549	0,4	0,409	0,363	0,453	0,433	0,431
Max	0,616	0,468	0,618	0,581	60,06	0,584	0,506

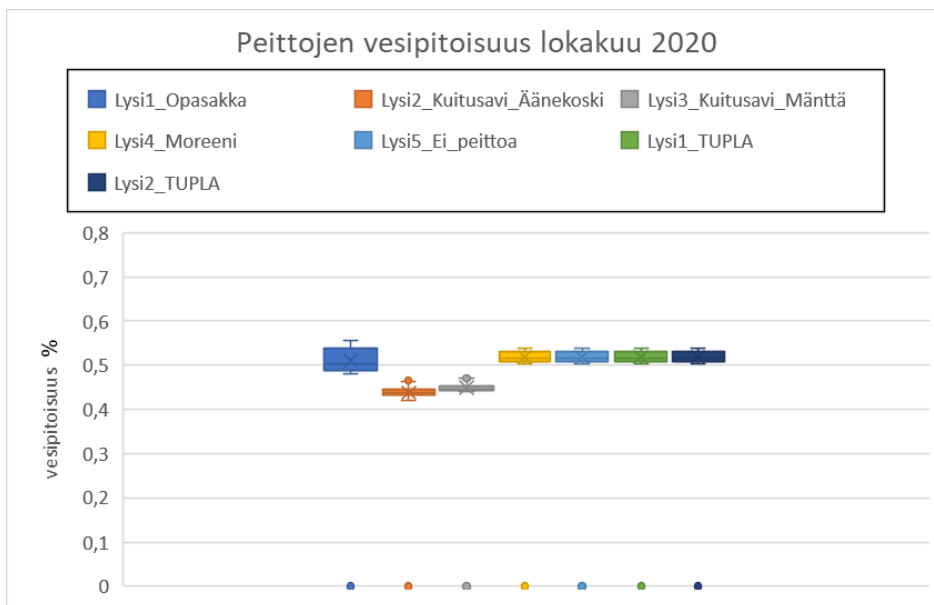


	Hitura - Elokuu 2020 - 8928 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	5162,462	4400,614	4365,766	4340,144	8178,597	4424,339	4537,888
Average	0,578362	0,493011	0,489107	0,486236	0,916164	0,495558	0,508276
Median	0,585	0,491	0,492	0,486	0,713	0,495	0,508
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,63	0,556	0,514	0,511	48,75	0,611	0,565

Liite 3

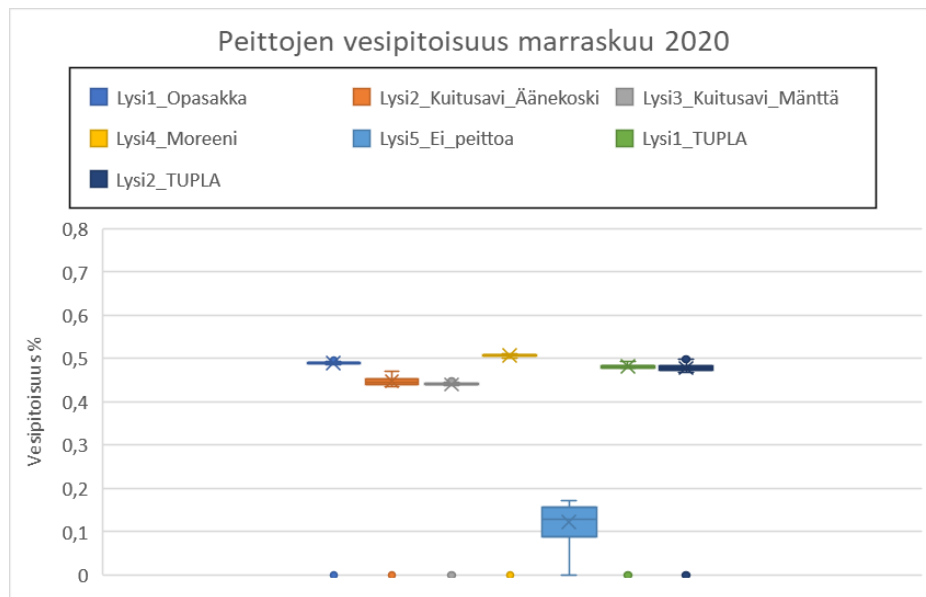


Hitura - Syyskuu 2020 - 8640 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	4756,697	4057,693	4061,919	4413,225	6040,732	5133,47	4275,904
Average	0,550671	0,469749	0,470238	0,510908	0,699402	0,594358	0,495068
Median	0,559	0,427	0,498	0,51	0,59	0,592	0,475
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,632	0,568	0,517	0,615	36,79	0,64	0,564

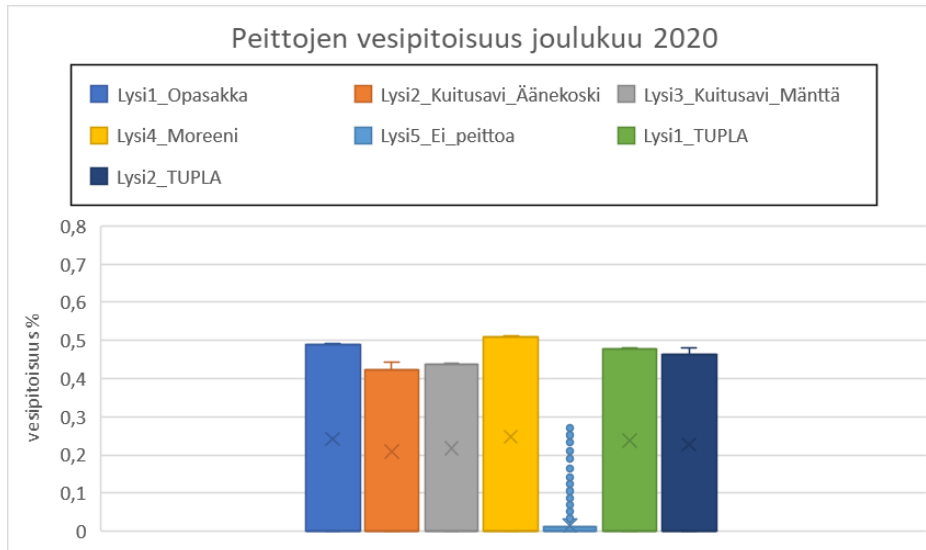


Hitura - Lokakuu 2020 - 8921 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	4554,801	3908,48	4002,253	4619,972	4619,972	4619,972	4619,972
Average	0,510685	0,43822	0,448733	0,517992	0,517992	0,517992	0,517992
Median	0,502	0,437	0,445	0,515	0,515	0,515	0,515
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,555	0,47	0,473	0,538	0,538	0,538	0,538

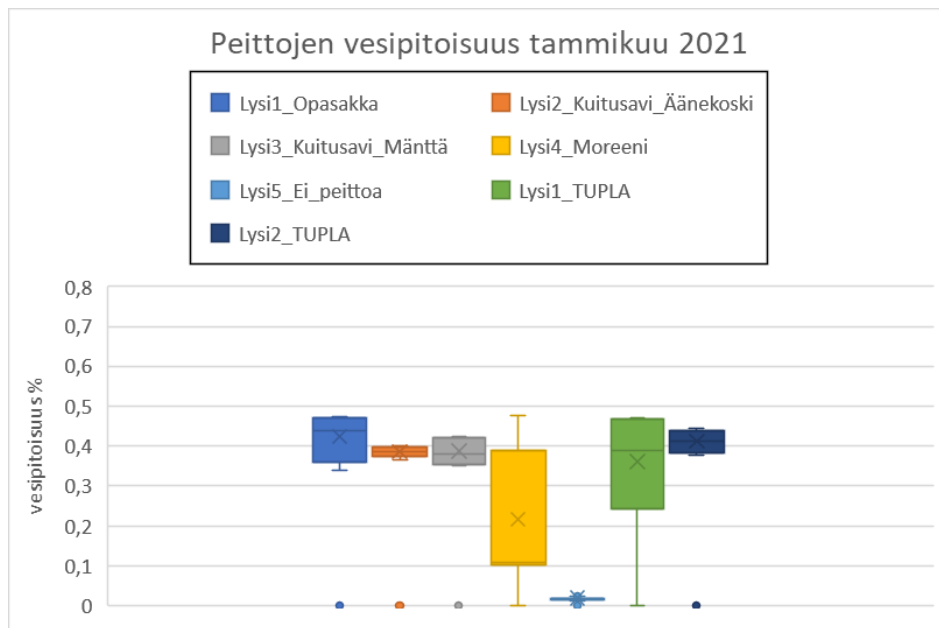
Liite 3



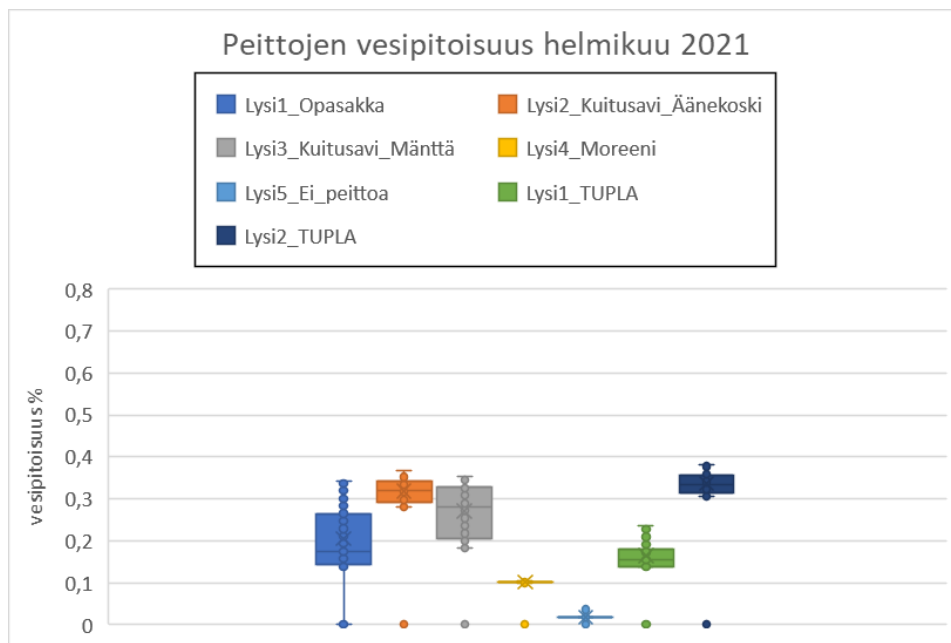
Hitura - Marraskuu 2020 - 8639 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	4231,295	3864,818	3806,33	4380,483	1062,51	4158,775	4135,193
Average	0,489903	0,447472	0,4407	0,507176	0,123004	0,481451	0,478721
Median	0,49	0,446	0,441	0,508	0,128	0,482	0,478
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,496	0,471	0,453	0,51	0,172	0,493	0,501



Hitura - Joulukuu 2020 - 8927 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opa	Lysi2_Kuit	Lysi3_Kuit	Lysi4_Mor	Lysi5_Ei_p	Lysi1_TUP	Lysi2_TUP
SUM	2161,306	1856,565	1937,955	2208,477	131,41	2115,773	2033,009
Average	0,487549	0,418711	0,437067	0,498078	0,053289	0,477063	0,458401
Median	0,488	0,425	0,438	0,509	0,05	0,478	0,462
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,493	0,442	0,44	0,511	0,287	0,481	0,48
	0,438	0,375	0,388	0,459		0,428	0,412

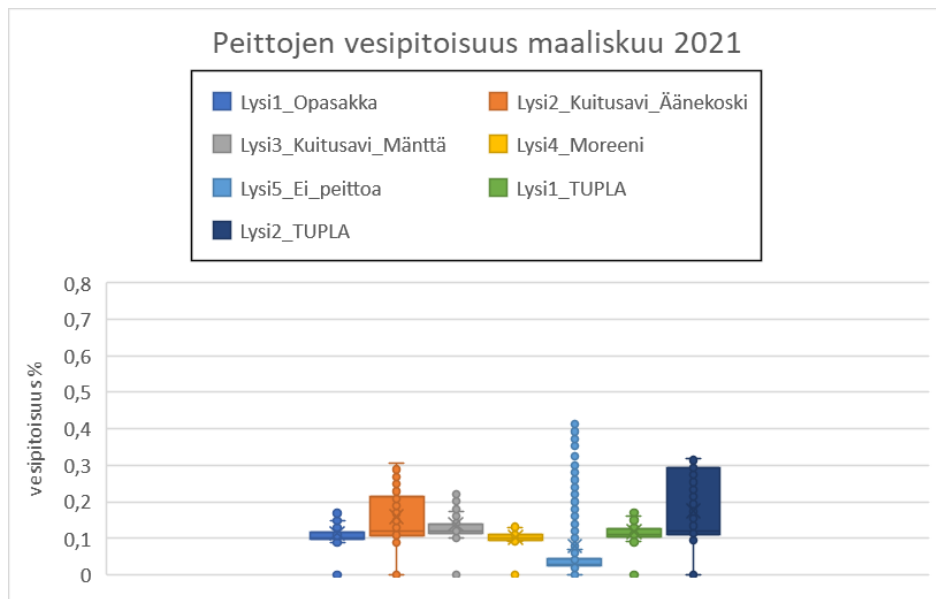


	Hitura - Tammikuu 2021 - 8928 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi	Lysi3_Kuitusavi	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	3779,285	3447,581	3458,347	1934,994	167,559	3225,545	3681,007
Average	0,4233544	0,38619704	0,387403	0,21675748	0,01877622	0,3614461	0,41248398
Median	0,439	0,387	0,379	0,108	0,018	0,39	0,413
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,474	0,401	0,423	0,476	0,04	0,47	0,444

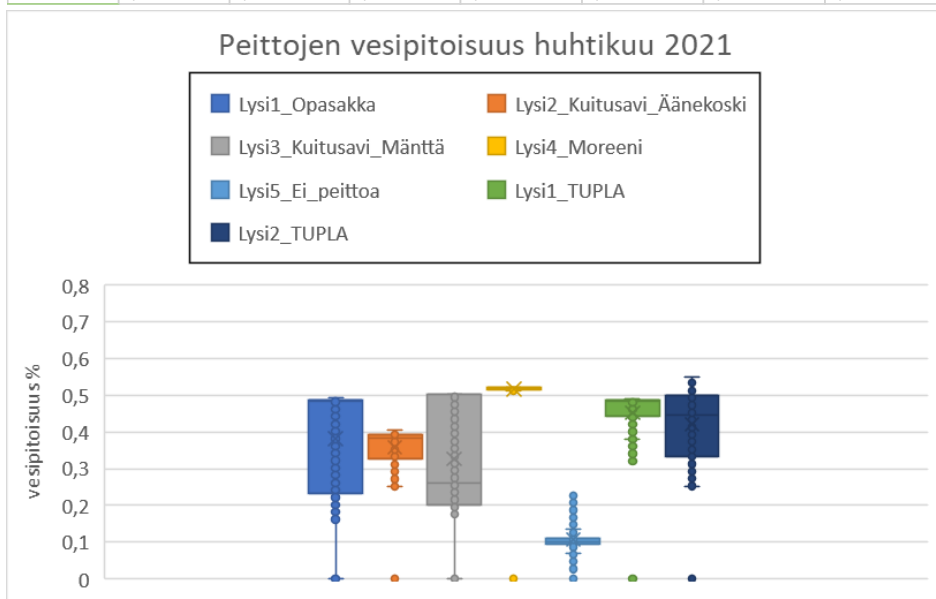


	Hitura - Helmikuu 2021 - 8063 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi	Lysi3_Kuitusavi	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	1655,904	2570,921	2181,768	823,204	142,434	1330,165	2715,031
Average	0,2054726	0,31901241	0,2707244	0,10214716	0,01766733	0,16499194	0,33676892
Median	0,175	0,319	0,28	0,101	0,017	0,155	0,335
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,341	0,367	0,352	0,109	0,043	0,236	0,38

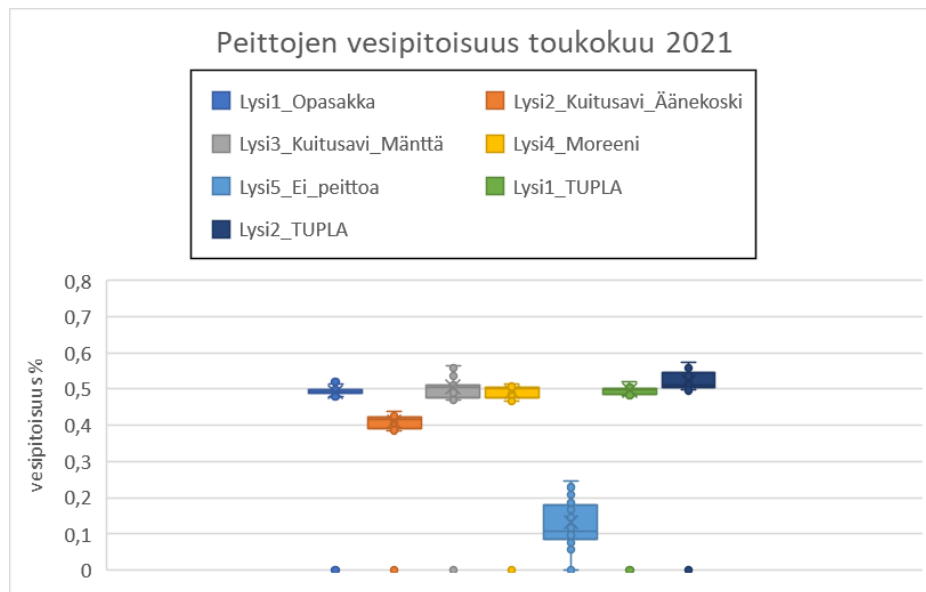
Liite 3



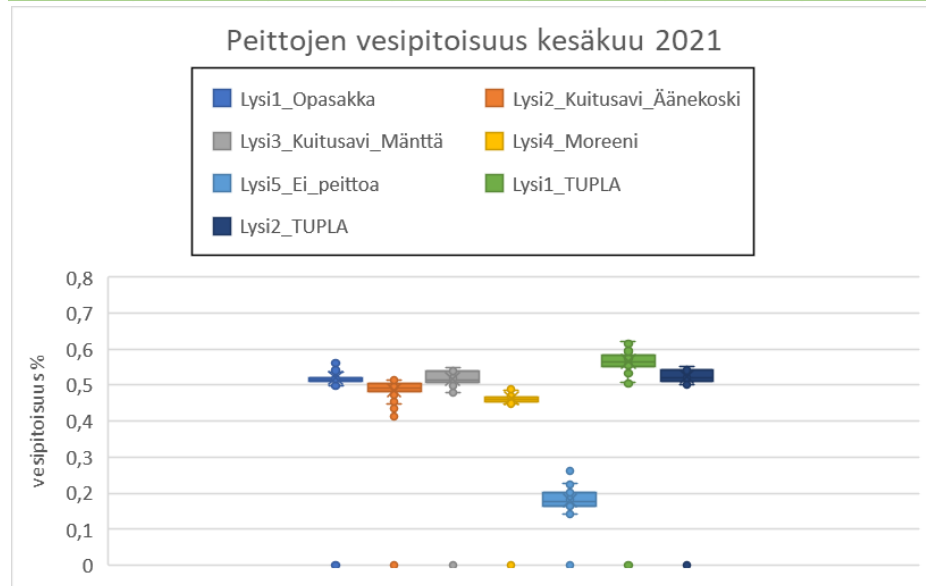
	Hitura - Maaliskuu 2021 - 8247 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	936,973	1318,067	1146,751	847,926	656,31	980,888	1448,458
Average	0,1136827	0,15992077	0,139135	0,10287867	0,07958167	0,11893877	0,17563453
Median	0,102	0,119	0,121	0,1	0,028	0,11	0,121
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,171	0,306	0,239	0,147	0,416	0,177	0,318



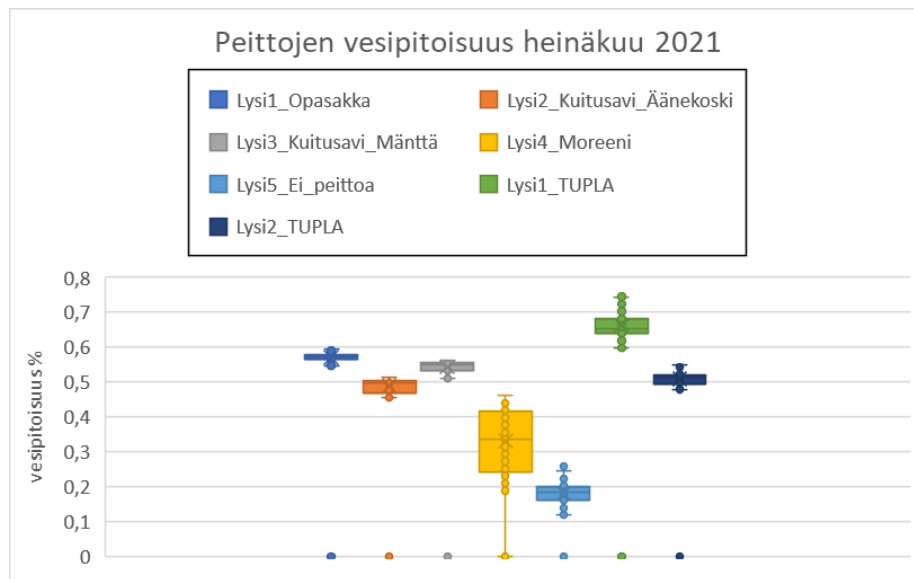
	Hitura - Huhtikuu 2021 - 6499 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	2478,067	2331,35	2122,711	3362,651	695,599	2938,375	2733,62
Average	0,3814758	0,35889009	0,326772	0,51764948	0,10708113	0,45233605	0,42081589
Median	0,484	0,383	0,263	0,519	0,1	0,485	0,446
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,492	0,404	0,504	0,522	0,227	0,49	0,55



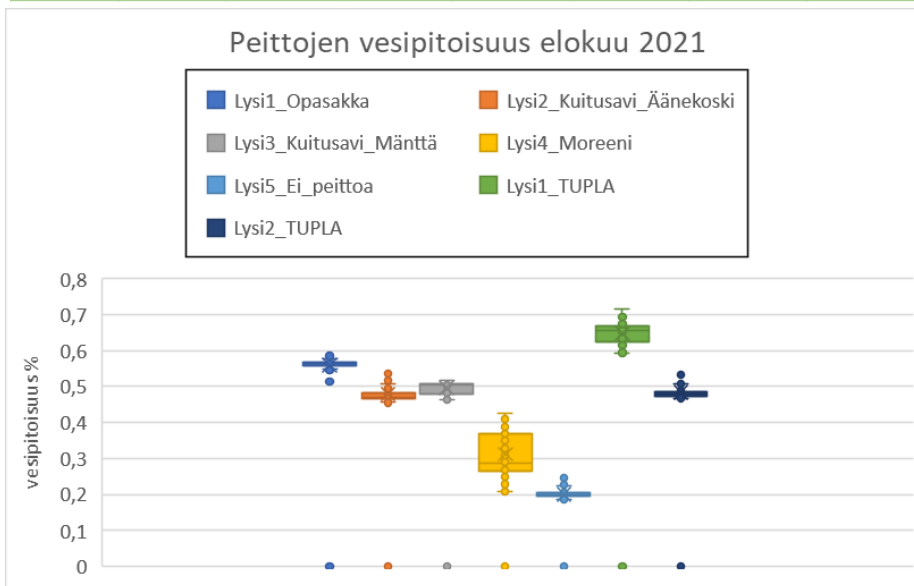
Hitura - Toukokuu 2021 - 8609 havaintoa / anturi						
Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
4239,355	3528,149	4356,146	4237,99	1141,364	4269,418	4484,263
0,4924329	0,409821	0,5059991	0,49227436	0,132578	0,49592496	0,52088082
0,493	0,415	0,504	0,5	0,108	0,497	0,511
0	0	0	0	0	0	0
0,52	0,439	0,572	0,514	0,247	0,519	0,574



Hitura - Kesäkuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi							
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	4490,035	4193,538	4467,551	4000,033	1559,229	4886,682	4517,514
Average	0,5198003	0,48547557	0,5171974	0,46307398	0,18046632	0,56558819	0,52286042
Median	0,513	0,492	0,515	0,46	0,177	0,564	0,52
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,561	0,515	0,549	0,498	0,261	0,622	0,551

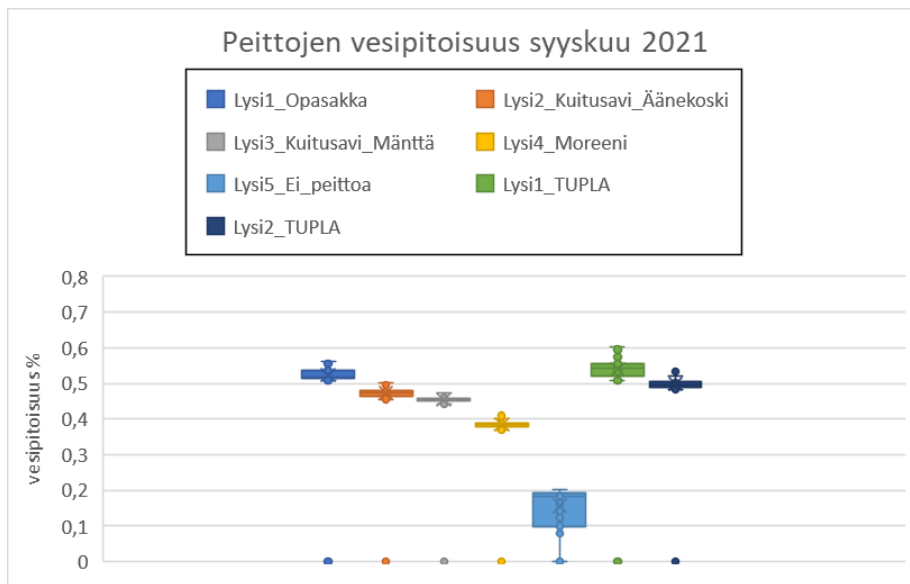


	Hitura - Heinäkuu 2021 - 8928 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	5093,732	4358,53	4844,12	2951,619	1602,582	5902,784	4540,768
Average	0,5705345	0,4881866	0,5425762	0,33060249	0,17950067	0,66115412	0,50859857
Median	0,57	0,498	0,549	0,335	0,184	0,653	0,513
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,595	0,513	0,562	0,46	0,267	0,759	0,549

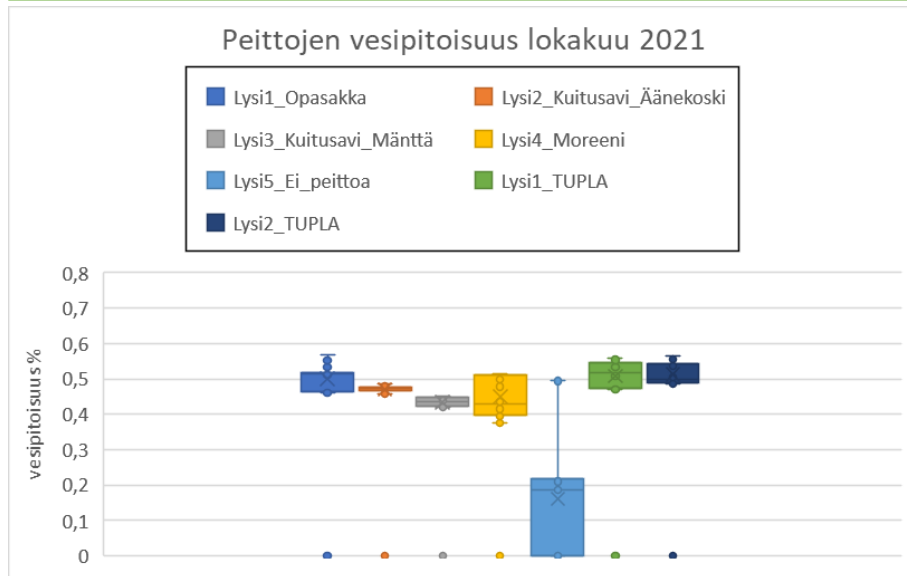


	Hitura - Elokuu 2021 - 8927 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	5000,913	4273,194	4431,686	2784,006	1785,154	5785,012	4322,699
Average	0,5603264	0,47878924	0,4965475	0,31193345	0,20001725	0,64818062	0,48433602
Median	0,563	0,471	0,505	0,287	0,198	0,655	0,478
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,585	0,548	0,517	0,427	0,249	0,715	0,547

Liite 3

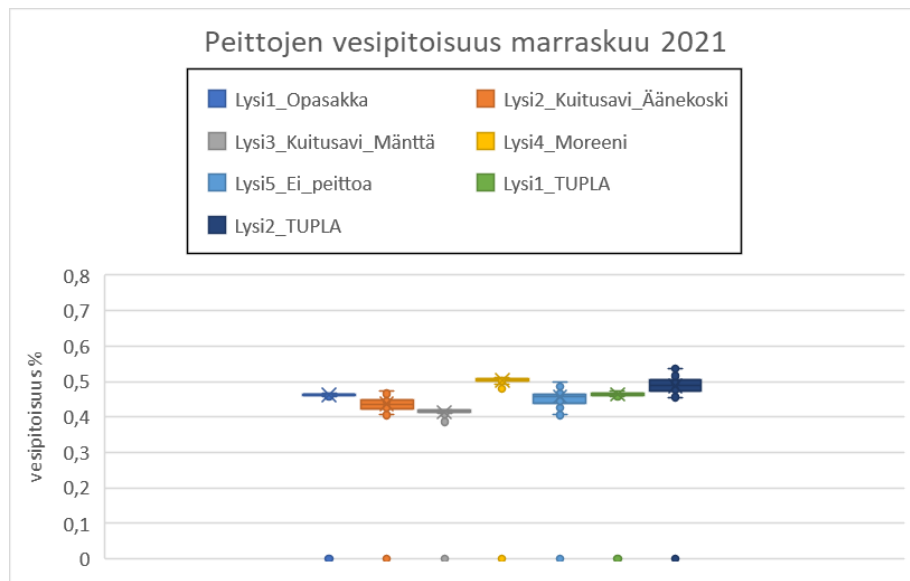


	Hitura - Syyskuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	4526,514	4092,586	3934,851	3325,893	1358,008	4666,871	4310,289
Average	0,5239021	0,47367894	0,4554226	0,38494132	0,15717685	0,54014711	0,49887604
Median	0,518	0,474	0,456	0,384	0,184	0,543	0,497
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,562	0,512	0,477	0,423	0,201	0,603	0,547

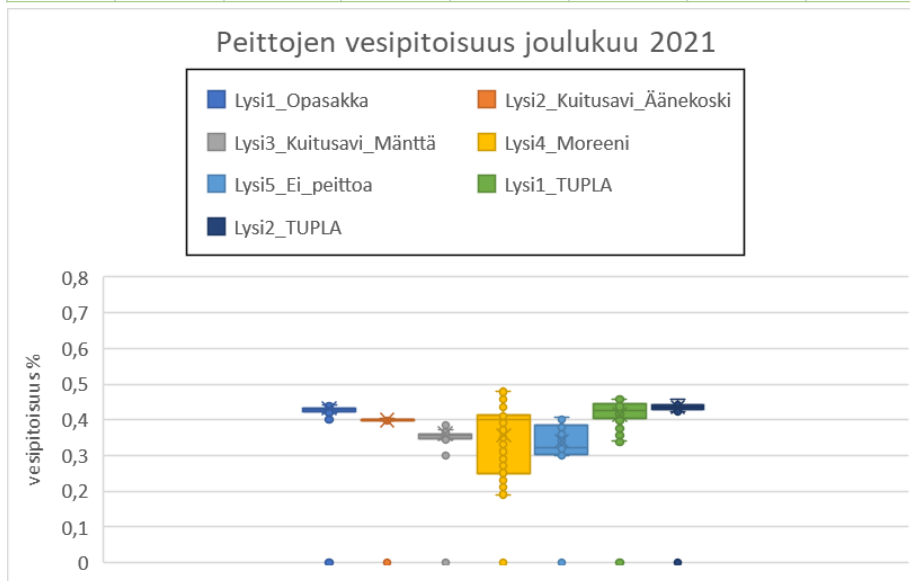


	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	3787,305	3567,062	3290,628	3405,882	1121,99	3836,522	3881,728
Average	0,5002384	0,47114806	0,4346358	0,44985894	0,16078962	0,50794678	0,5129811
Median	0,514	0,473	0,436	0,43	0,187	0,517	0,5
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,568	0,486	0,453	0,516	0,497	0,56	0,566

Liite 3



	Hitura - Marraskuu 2021 - 8640 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	3993,81	3772,215	3577,645	4347,554	3730,597	4003,858	4211,883
Average	0,4624071	0,43675061	0,4142231	0,5033639	0,45746131	0,46437694	0,48844752
Median	0,463	0,436	0,416	0,505	0,459	0,464	0,489
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,466	0,474	0,42	0,512	0,498	0,475	0,538



	Hitura - Joulukuu 2021 - 8928 havaintoa / anturi						
	Lysi1_Opasakka	Lysi2_Kuitusavi_Äänekoski	Lysi3_Kuitusavi_Mänttä	Lysi4_Moreeni	Lysi5_Ei_peittoa	Lysi1_TUPLA	Lysi2_TUPLA
SUM	3017,99	2827,239	2559,43	2489,164	1771,351	3690,631	3881,514
Average	0,4318818	0,40006212	0,3622177	0,35656267	0,34044801	0,41523751	0,43661575
Median	0,43	0,4	0,358	0,402	0,322	0,426	0,435
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	0,459	0,406	26	8	0,406	0,458	0,458

Liite 4

M multi-element analysis with ICP-OES (5 ICP ~ Royal water leaching at 90 °C, subsample 2 g)									
Parameter		Al *	Ba *	Ca *	Co *	Cr *	Cu *	Fe *	K *
Limit of determination		15	1	50	1	1	1	50	100
Sampel	Materiaalis	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
GK_TEKA-2020-10.1	OPA-precipitate	24300	21,9	142000	<1	7,3	5	1250	177
GK_TEKA-2020-10.1(2)	OPA-precipitate	24100	22	140000	<1	5,4	5,9	1220	176
GK_TEKA-2020-11.1	Ääneskosken fiberolay	3540	16,1	297000	<1	23,1	1,7	608	113
GK_TEKA-2020-12.1	Tailings	3800	24,9	1820	82,8	332	1510	93700	941
GK_TEKA-2020-13.1	Mäntän fiberolay	3530	107	140000	2,1	6,8	96,3	3790	245
GK_TEKA-2020-14.1	Moraine	9190	49,9	3170	5,8	23,9	16,4	14900	1570

M multi-element analysis with ICP-OES (5 ICP ~ Royal water leaching at 90 °C, subsample 2 g)									
Parameter		La *	Mg *	Mn *	Na *	Ni *	P *	Rb *	S *
Limit of determination		1	10	1	50	2	50	2	20
Sampel	Materiaalis	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
GK_TEKA-2020-10.1	OPA-precipitate	16	3450	253	298	3,6	369	<2	1600
GK_TEKA-2020-10.1(2)	OPA-precipitate	1,7	3440	251	289	3,3	361	<2	1470
GK_TEKA-2020-11.1	Ääneskosken fiberolay	1	2080	97	168	5,2	134	<2	246
GK_TEKA-2020-12.1	Tailings	3,3	185000	954	58	1780	65	5	9970
GK_TEKA-2020-13.1	Mäntän fiberolay	2,6	1600	120	340	5,2	160	5	360
GK_TEKA-2020-14.1	Moraine	16,8	3870	172	442	17	473	11	91

M multi-element analysis with ICP-OES (5 ICP ~ Royal water leaching at 90 °C, subsample 2 g)							
Parameter		Sr *	Ti *	V *	Y *	Zn *	Zr *
Limit of determination		1	2	1	0,5	1	1
Sampel	Materiaalis	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
GK_TEKA-2020-10.1	OPA-precipitate	64,8	27	4,2	2,22	40	3
GK_TEKA-2020-10.1(2)	OPA-precipitate	63,5	27	3,6	2,22	39	3
GK_TEKA-2020-11.1	Ääneskosken fiberolay	1370	13	14	2,22	18	<1
GK_TEKA-2020-12.1	Tailings	4,2	137	21	<0,5	43	3
GK_TEKA-2020-13.1	Mäntän fiberolay	401	70	8,8	3,42	24	5
GK_TEKA-2020-14.1	Moraine	16,6	190	28,4	8,88	25	4