



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Leppiojan ja Ohtuanojan vesiensuojelusuunnitelmat ympäristöviisaaseen viljelyyn

Satu Maaria Karjalainen, Jari Koskiahho ja Mirkka Visuri

Suomen ympäristökeskus
Luonnos 13.10.2023



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Kommentoanut [KSM1]: Mirkka: tiedätkö mitkä ovat pakolliset EU-logot ym. näissä raporteissa, onko kokemusta aiemmista?

Kommentoanut [VM2R1]: Tähän varmaankin tarvitaan EU:n maaseuturahaston logo.

Tiivistelmä

Kommentoanut [KSM3]: Satu Maaria kirjoittaa

Ympäristöviisasta viljelyä valuma-alueilla

Kommentoanut [KSM4]: Mirkka ja Jari: kommentoikaa tiivistelmän otsikkoa ja tekstiä. Muokkasin sitä aiemmasta. Tosin siitä puuttuu vielä HASU-suosituksista tiivistys.

EU:n maaseuturahaston rahoittaman Ympäristöviisas viljelijä -hankkeen tavoitteena oli lisätä maatilojen välistä, erityisesti kestäviin tuotantotapoihin liittyvää yhteistyötä ja verkostoitumista sekä kehittää maatiloille ympäristöviisaita toimintatapoja. Hankkeen kohdealueilla, Tyrnävän Leppiojalla ja Siikajoen Ohtuanojalla, seurattiin vedenlaatua ja mallinnettiin erilaisia viljelykäytäntöjä ja vesiensuojelutoimenpiteitä vesistökuormituksen vähentämiseksi sadon suuruudesta tinkimättä. Vähiten vesistöjä kuormittavia sekä omille peltolohkoille ja viljelykasveille parhaiten sopivia viljelykäytäntöjä kannattaa selvittää. Hankkeessa tuloksena saatiin suosituksia kohdealueiden viljelykäytäntöihin: kasvien tarpeen mukainen lannoittaminen, syyskynnöstä luopuminen, kerääjäkasvien käyttö ja vuoroviljely. Lisäksi Vemala-malli antoi ehdotukset mahdollisille paikoille, joihin kosteikon voisi rakentaa ja SWAT-malli arviot kosteikojen tehokkuudesta kohdevaluma-alueilla.

Muilla valuma-alueilla voidaan hyödyntää tähän vesiensuojelusuunnitelmaan koottuja tietoja vesiensuojelumenetelmistä ja viljelykäytännöistä, happamien sulfaattimaiden huomioimisesta sekä miten mallintaa voi selvittää eri peltolohkoille vesistöä vähiten kuormittavia viljelykäytäntöjä.

Asiasanat:

maatalous, viljelymenetelmät, vesiensuojelu, mallintaminen, fosfori, typpi, kiintoaines

Sammandrag

Miljösmart odling i upptagningsområden

Målet med projektet Miljöklok bonde, finansierat av Europeiska landsbygdsfonden, var att öka samarbetet och nätverkandet mellan gårdar, särskilt relaterat till hållbara produktionsmetoder, och att utveckla miljösmarta driftsätt för gårdar. I projektets målområden, Tyrnävä Leppioja och Siikajoki Ohtuanoja, övervakades vattenkvaliteten och olika jordbruksmetoder och vattenvårdsåtgärder modellerades för att minska vattenföroreningarna utan att kompromissa med storleken på grödan. Det är värt att ta reda på de jordbruksmetoder som laddar minst mängd vatten och som är bäst lämpade för dina egna åkerblock och grödor. Projektet resulterade i rekommendationer för jordbruksmetoder i målområdena: gödsling av växter vid behov, överge höstplöjning, användning av samlarväxter och växtföljd. Dessutom gav Vemala-modellen förslag på möjliga platser där en våtmark kunde byggas, och SWAT-modellen gav uppskattningar av effektiviteten av våtmarker i målavrinningsområdena.

I andra avrinningsområden kan informationen som sammanställts i denna vattenskyddsplan användas om vattenskyddsmetoder och odlingsmetoder, hänsyn till sura sulfatjordar och hur man tar reda på det genom att modellera de jordbruksmetoder som har minst belastning på vattenförekomster för olika fältblock.

Nyckelord:

jordbruk, odlingsmetoder, vattenvård, modellering, fosfor, kväve, suspenderat ämne

Abstract

Environmentally wise farming in catchment areas

The goal of the Environmentally Wise Farmer project, financed by the EU's Rural development programme, was to increase cooperation and networking between farms, especially related to sustainable production methods, and to develop environmentally wise operating methods for farms. In the target areas of the project, the River Leppioja in Tynmävä and the River Ohtuanoja in Siikajoki, water quality was monitored and the operation of different agricultural practices and water conservation measures was modeled in order to reduce water pollution without compromising the size of the crop. It is worth finding out the farming practices that cause the least loading into water and are best suited for your own field blocks and crops. The project resulted in recommendations for farming practices in the target areas: fertilizing plants as needed, abandoning fall plowing, using cover crop and crop rotation. In addition, the Vemala model gave suggestions for possible places where a wetland could be built, and the SWAT model gave estimates of the effectiveness of wetlands in the target catchment areas.

In other catchment areas, the information compiled in this water protection plan can be used when planning water protection methods and farming practices, considering acidic sulfate soils, and how to find out by modeling the farming practices that have the least burden on water bodies for different field blocks.

Keywords:

agriculture, cultivation methods, water protection, modelling, phosphorus, nitrogen, suspended solids

Esipuhe

Suomessa ruoan omavaraisuuden merkitys ja arvostus on kasvanut viime vuosina. Myös huoli ruoantuotannon kestävyyydestä sekä ilmastosta ympäristön kannalta on noussut entistä enemmän keskusteluihin.

Ympäristöviisas viljelijä -hanke on osaltaan halunnut tukea kestävästä ruoantuotannosta tuomalla hankkeessa kehitettyyn Ympäristökioskiin jo olemassa olevia menetelmiä ja toimintamalleja, joista viljelijä voi valita omille mailleen sopivimmat ympäristöviisaaseen viljelyyn. Hankkeen kohdealueina olivat valuma-alueeltaan erilaiset Tyrnävän Leppioja ja Siikajoen Ohtuanoja. Yhteistä näille valuma-alueille on sijainti happamilla sulfaattimailla, minkä huomioiminen maankäytön toimenpiteissä ehkäisee happamuus- ja raskasmetallipiikkien esiintymisen.

Hankkeen kohdealueilta saatiin hankkeeseen kiitettävästi mukaan pilottitiloja. Näiden pilottitilojen avulla saimme tarkasteltua erilaisten menetelmien merkitystä vesistöjen kuormituksen vähentämisessä. Koska peltolohkot ovat erilaisia niin maaperältään kuin ainepitoisuuksiltaan, on tärkeää etsiä kullekin lohkolle sopiva viljelytapa. Tähän julkaisuun on koottu erilaisten menetelmien vaikutuksia pilottitilojen lohkojen vesistökuormitukseen ja sadon suuruuteen. Vaikutusarvioinnit on tehty mallintamalla erilaisten skenaarioiden pohjalta. Lisäksi on tarkasteltu mahdollisuuksia sijoittaa valuma-alueille maataloustukien mukaisia kosteikkoja sekä niiden merkitystä ravinnekuormituksen vähentämisessä.

Siirtyminen viljelykäytäntöihin, joiden avulla voi säästää esimerkiksi lannoituskuluissa tai estää hiedelmällisen maa-aineksen huuhtoutumista, tuetaan myös maatalouden toiminnanharjoittajien taloudellista kestävyyttä. Samanaikaisesti maatalouden vesistö- ja ilmastokuormituksen vähentäminen maatalouden rooli korostuu entisestään maapallon kestävyysmurroksessa.

Ympäristöviisas viljelijä hanke toteutettiin vuosina 2020–2023 ja se sai rahoituksen Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kautta.

Haluamme kiittää rahoittajiamme sekä yhteistyökumppaneitamme, ProAgria Oulua, Oulun ammattikorkeakoulua ja Luonnonvarakeskusta, hankkeen eri vaiheissa tehdystä hyvästä yhteistyöstä. Erityiset kiitokset haluamme osoittaa hankkeen pilottitiloille viljelytietojensa antamisesta hankkeen käyttöön.

Tekijät

Sisällys

Tiivistelmä.....	2
Sammandrag.....	3
Abstract	4
Esipuhe	5
1. Johdanto	8
2. Leppiojan pilottivaluma-alue	9
2.1 Sijainti ja maankäyttö	9
2.2 Maaperä.....	9
2.3 Vedenlaatu	11
2.3.1 Vedenlaadun seurantamenetelmät.....	11
2.3.2 Vesinäytteet ja laboratoriotulokset.....	13
2.3.3 Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta.....	20
2.3.4 Ekologisen tilan luokittelu	24
2.4 Vesistökuormitus	25
3. Ohtuanojan pilottivaluma-alue	26
3.1 Sijainti ja maankäyttö	26
3.2 Maaperä.....	26
3.3 Vedenlaatu	27
3.3.1 Vedenlaadun seurantamenetelmät.....	27
3.3.2 Vesinäytteet ja laboratoriotulokset.....	30
3.3.3 Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta.....	37
3.3.4 Ekologinen luokittelu.....	38
3.4 Vesistökuormitus	39
4. Vesistökuormituksen muodostuminen.....	40
4.1 Maatalouden hajakuormitus.....	40
4.2 Metsätalouden hajakuormitus	41
4.3 Haja-asutuksen kuormitus	42
4.4 Pistekuormitus	42
5. Vesistökuormituksen vähentämismenetelmiä.....	43
5.1 Kosteikot.....	43
5.2 Kaksitasouomat.....	44
5.3 Kipsi.....	45
5.4 Hyvät viljelykäytännöt.....	46
5.4.1 Vuoroviljely.....	46
5.4.2 Keraajäkasvit.....	47
5.4.3 Maanmuokkaus ja ajankohta.....	47
5.4.4 Säättösalaajitus.....	48

5.4.5 Ravinteiden kierrätys	48
5.4.6 Peltojen tulvasuojelu	49
6. Mallinnustulokset pilottivaluma-alueilla.....	51
6.1 Peltolohkomallinnukset	51
6.2 Toimenpideskenaariot.....	52
7. Suositukset.....	54
7.1 Suositukset viljelykäytäntöihin.....	54
7.2 Happamat sulfaattimaat	54
Lähteet	55

1 Johdanto

Ympäristöviisas viljelijä hankkeen tavoitteena oli lisätä maatilojen välistä, erityisesti kestäviin tuotantotapoihin liittyvää yhteistyötä ja verkostoitumista sekä kehittää maataloilta ympäristöviisaita toimintatapoja hyödyntäen uusinta tutkimustietoa sekä mallinnus- ja laskentamenetelmiä. Hankkeessa toteutettiin sähköinen työkalu, Ympäristöklินิกka, jonka avulla viljelijä voi suunnitella ja arvioida erilaisia tilan ympäristövaikutuksia pienentäviä valintoja ja saa selville erilaisia, seurattavia ympäristötunnuslukuja. Ratkaisuja etsittiin pilottialueilla tehtävän selvitystyön pohjalta mm. turvemaiden viljelyyn (huomioiden ilmastonäkökulmat), happamien sulfaattimaiden aiheuttamiin happamuusriskeihin, maan kasvukunnon parantamiseen, viljelykiertojen monipuolistamiseen sekä karjanlannan käyttöön (kasvi- ja eläintilojen yhteistyö, lannankäsittelymenetelmät). Hankkeen pilottialueilla kehitetyistä toimintamalleista ja ratkaisuista tiedotettiin aktiivisesti koko maakunnan alueella ja näin aktivoitiin laajasti maataloustuottajia ympäristöviisaaseen toimintaan.

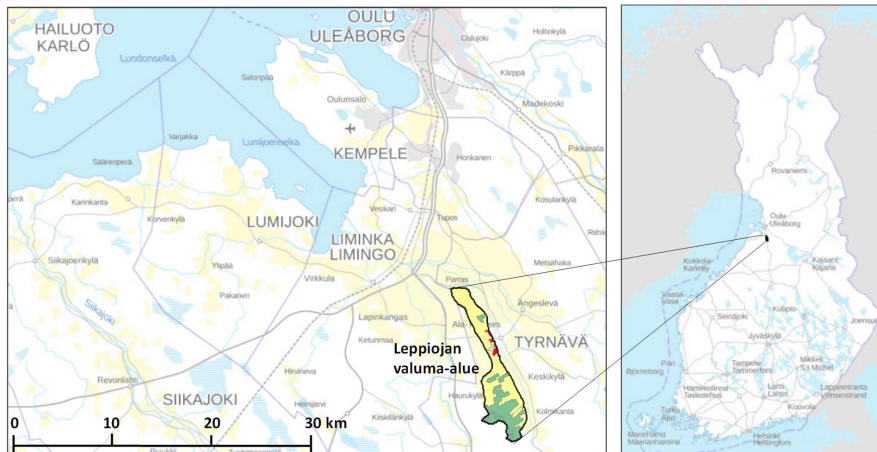
Hankkeen pilottialueina olivat Siikajoella sijaitsevan Ohtuanojan ja Tyrnävällä sijaitsevan Leppiojan valuma-alueet, joilla molemmilla esiintyy happamia sulfaattimaita. Leppiojalta oli tätä hanketta ennen vain yksi vesinäyte, joka oli otettu syksyllä 1993. Ohtuanojalla oli ollut velvoitetarkkailua joen yläjuoksulla siellä sijaitsevan tuotantolaitoksen ja turvetuotantoalueen takia.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli selvittää pilottialueilla toimivien maatilojen ympäristövaikutukset. Pilottialueille perustettiin kaksi vesien laadun ja määrän mittausasemaa, joille sijoitettiin jatkuvatoimiset mittalaitteita. Tulosten perusteella Syke laati pilottikohteina toimiville valuma-alueille vesiensuojelusuunnitelmat.

2 Leppiojan pilottivaluma-alue

2.1 Sijainti ja maankäyttö

Leppiojan valuma-alue on pinta-alaltaan 27 km² ja se sijaitsee n. 30 km Oulusta etelään (Kuva 1). Leppioja laskee Tymävänjokeen ja edelleen Temmesjoen kautta Perämeren Liminganlahteen. Leppiojan valuma-alueen pääasiallinen maankäyttömuoto on maatalous (57 %), lopun ollessa metsää (39 %) ja rakennettua alaa (4 %). Maatalousmaasta valtaosa (n. 60 %) on kevätviljoja, lopun jakaantuessa kutakuinkin tasan perunan ja nurmien kesken.



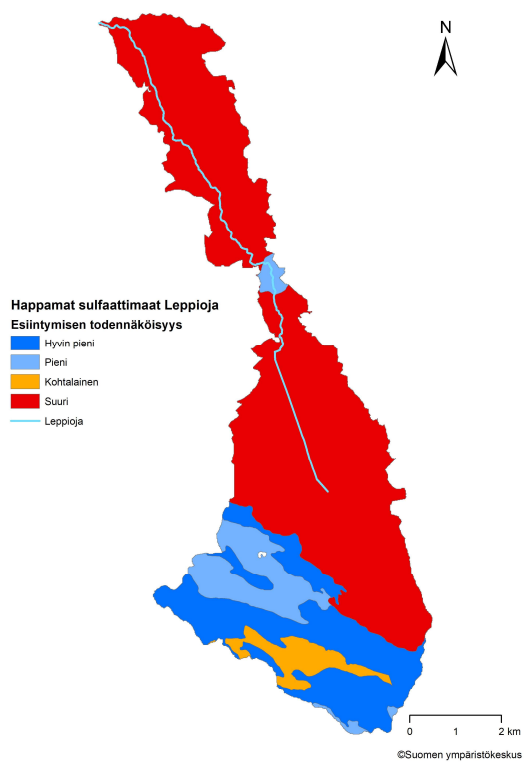
Kuva 1. Leppiojan valuma-alueen sijainti. Maankäyttömuodot: maatalousmaa (keltainen), metsä (vihreä) ja rakennettu alue (punainen).

2.2 Maaperä

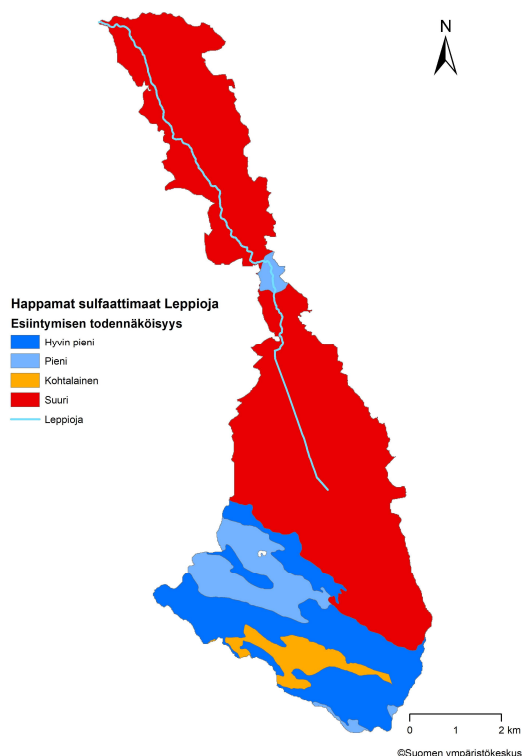
Maaperätiedot otettiin GTK:n tuottamasta 1:20000/1:50000 maaperäaineistoista. Aineistossa on esitetty pohjamaana yhden metrin syvyydessä oleva maalaji. Pohjamaan päällä oleva 0,4–0,9 metrin paksuinen maakerros on kuvattu pintamaana. Viljavuusanalyysien yhteydessä koottujen tietojen (kattavuus 64 %) Leppiojan valuma-alueen pelloista 71 % on karkeaa maalajityyppiä ja loput lähinnä hiesua. Eloperäiseksi maaksi alueen pelloista luokitellaan vain 1–2 %.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on suuri suurimmalla osalla Leppiojan valuma-alueella. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen alkamissyvyys vaihtelee valuma-alueella 0–2,0 m syvyydellä. Vain valuma-alueen yläosilla on pienellä alueella kohtalaisen, pienen ja hyvin pienen

esiintymisen todennäköisyysalueita (K



Kuva 2).



Kuva 2. Happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyysalueet Leppiojan valuma-alueella GTK:n happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen perusteella. Kuva: Sanna Karjalainen.

2.3 Vedenlaatu

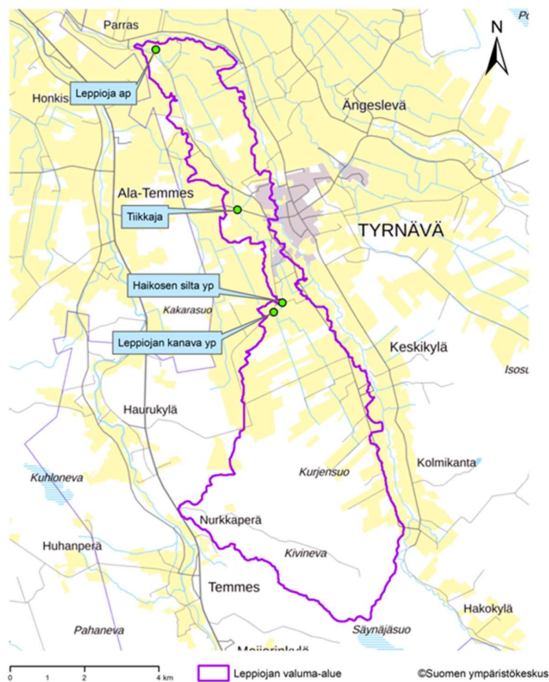
2.3.1 Vedenlaadun seurantamenetelmät

Leppiojan vedenlaatua seurattiin tässä hankkeessa ojan alaosaalla näytteenotto paikalla Leppioja alapää. Vesinäytteitä otettiin sulan maan aikaan vuosina 2020–2022 54 kertaa Suomen ympäristökeskuksen, Oulun ammattikorkeakoulun sekä Eurofins Ahma Oy:n toimesta. Vesinäytteistä analysoitiin ravinnepitoisuuksia (kok N, $\text{NO}_2\text{N}+\text{NO}_3\text{N}$, NH_4N , kok P, partikkelimainen ja liukoinen P, orgaaninen P, PO_4P , partikkelimainen ja liukoinen PO_4P), alkuainepitoisuuksien kokonais- ja liukoisia pitoisuuksia (Al, Sb, As, Ba, Cd, K, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sr, Ti, U, V), kiintoaineen pitoisuuksia, kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} , orgaanisen aineen pitoisuuksia (TOC, DOC, TIC), alkaniiteettia, asiditeettia, kloridia ja sulfaatti-ionien pitoisuutta, piidioksidia, sameutta ja värilukua. Lisäksi näytteenoton yhteydessä mitattiin kenttämittarilla liukoisen hapen pitoisuus, pH, sähkönjohtavuus sekä

veden lämpötila. Kaikkia analyysijä ei tehty jokaisella näytteenottokerralla, vaan analyysivalikoima vaihteli näytteenottolaitoksen mukaan. Vesinäytteitä otettiin hankeaikana myös ylempää Leppiojasta: yksi näyte tien numero 827 sillalta Tiikkajan kohdalta, kymmenen näytettä Haikosen kohdalta Markuksenkujan sillalta sekä kaksi näytettä Leppiojankanan yläpuolelta (Kuva 3). Vesinäytteet analysoitiin joko FINAS-akkreditoiduissa (www.finas.fi) Suomen ympäristökeskuksen ja Eurofins Ahma Oy:n laboratoriossa tai Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Suomen ympäristökeskuksen ja Eurofins Ahma Oy:n analyysitulokset tallennettiin SYKEN HERTTA ympäristötiedon hallinta -järjestelmään, jossa ne ovat Avoin tieto -palvelun kautta kaikkien hyödynnettävissä (www.syke.fi/avointieto).

Vesinäytteenoton lisäksi Leppiojan vedenlaatua seurattiin 9.7.–11.11.2020, 3.5.–11.11.2021 ja 5.5.–31.8.2022 jatkuvatoimisesti (Kuva 4). Jatkuvatoimisesti seurattiin näytteenottopaikalla Leppioja alapää veden pinnankorkeutta (STS PTM/N), johtokykyä (Hach 3798/3400 sc), sameutta (Hach Solitax sc) ja pH:ta (Hach pHD). Jatkuvatoimisen seurannan laitteistosta vastasi Oulun ammattikorkeakoulu.

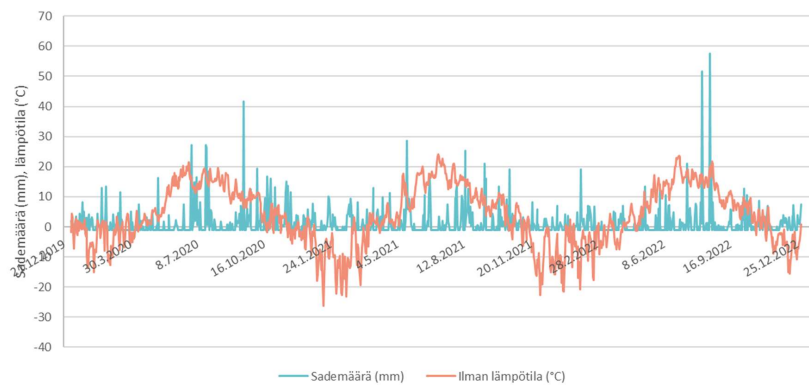
Leppiojaa lähin ilman lämpötilaa ja sademäärää mittaava Ilmatieteenlaitoksen havaintopaikka on Oulunsalon Pellonpäässä (Kuva 5). Tätä mittausdataa hyödynnettiin mallinuksissa ja sadetapahtumien vesistökuormituksen vaikutusten arvioinnissa.



Kuva 3. Leppiojan vedenlaadunseuranta- ja mittauspaikat. Kuva: Sanna Karjalainen.



Kuva 4. Jatkuvat toimiset mittalaitteet Leppiojassa. Kuva: Satu Maaria Karjalainen.



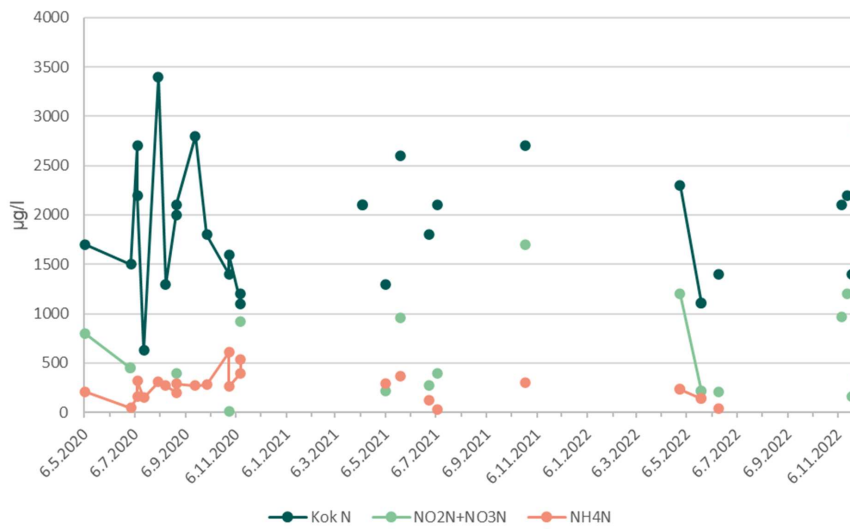
Kuva 5. Hankkeen tutkimusjakson sademäärä (mm) ja ilman lämpötila Ilmatieteenlaitoksen havaintopai-
kalla Oulu, Oulunsalo, Pellonpää 1.1.2020–31.12.2022.

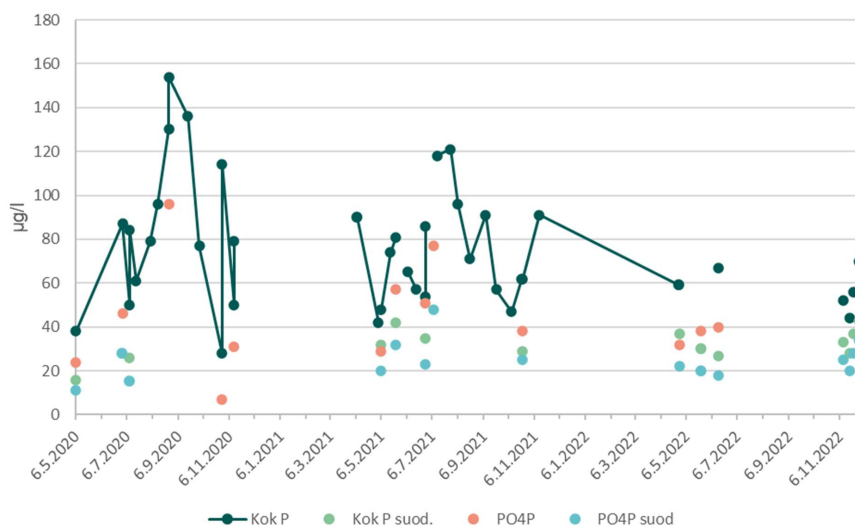
2.3.2 Vesinäytteet ja laboratoriotulokset

Leppiojan alaosalla kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 630–3400 µg/l, ammoniumtypen pitoisuus vaihteli välillä 30–610 µg/l ja nitriitti-nitraattitypen summapitoisuus välillä 9,1–1700 µg/l.

Kok N NO2N+NO3N NH4N
 Kok P Kok P suod. PO4P PO4P suod

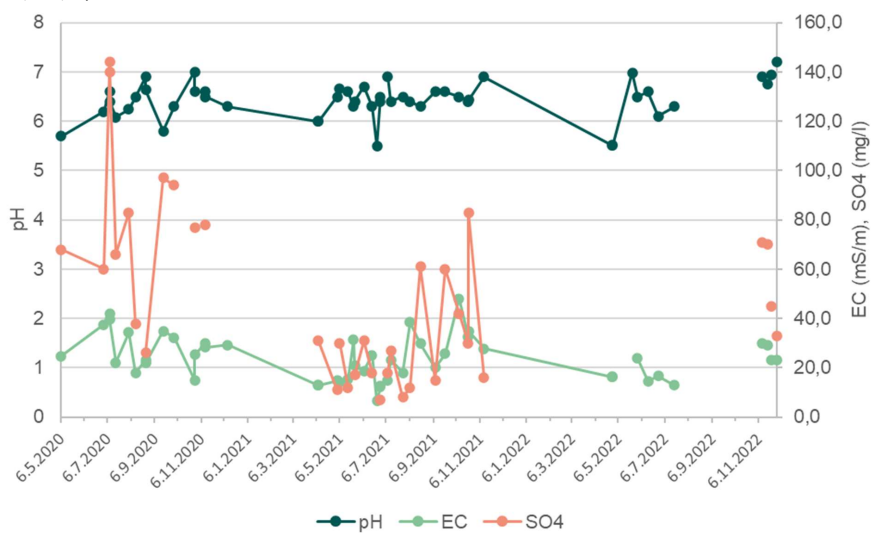
Kuva 6). Kesäaikaiset ravinnepitoisuudet kuvaavat vesistön rehevyytystasoa, joka typpipitoisuuksien perusteella on Leppiojassa pääosin erittäin rehevällä tasolla ja fosforipitoisuuksien perusteella rehevällä tasolla.



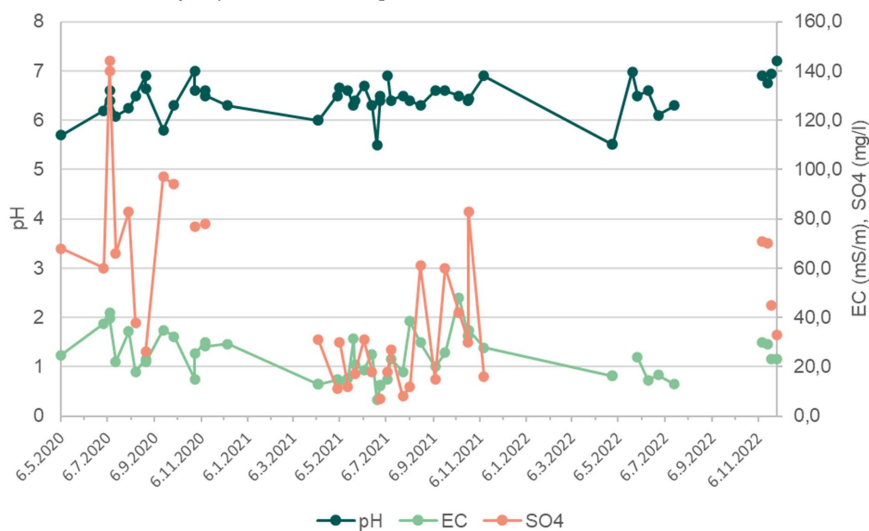


Kuva 6. Ylhäällä kokonaistypen (Kok N), Nitriitti- ja nitraattityypen ($\text{NO}_2\text{N}+\text{NO}_3\text{N}$) sekä ammoniumtypen (NH_4N) pitoisuudet $\mu\text{g/l}$ ja alakuvassa kokonaisfosforin (Kok P), suodatetun ($0,4 \mu\text{m}$) kokonaisfosforin (Kok P suod), fosfaattifosforin (PO_4P) sekä suodatetun ($0,4 \mu\text{m}$) fosfaattifosforin (PO_4P suod) pitoisuudet $\mu\text{g/l}$ havaintopaikalla Leppioja alapää vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

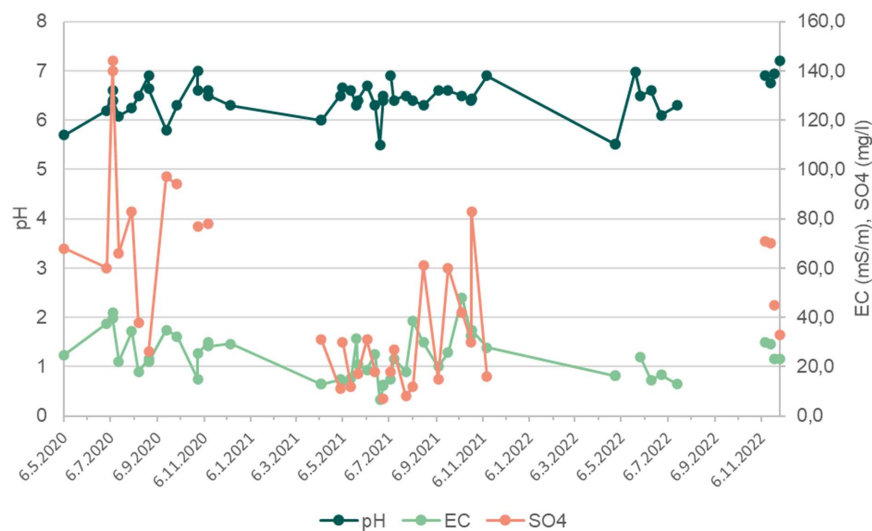
Leppiojan veden sähköjohtavuus vaihteli välillä 6,6–48 mS/m, sulfaattipitoisuus välillä 7–144 mg/l ja pH 5,5–7,2 (



Kuva 7). Happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella veden sähköjohtavuus korreloi yleensä hyvin sulfaattipitoisuuden kanssa ja happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyysalueilla veden sähköjohtavuuden ollessa yli 20 mS/m, tai lähellä sitä, voidaankin päätellä sen kertovan veden sulfaattipitoisuudesta ja sulfaattimaiden esiintymisestä, etenkin jos samaan aikaan mitataan alhaisia pH-lukemia ($\text{pH} < 5$) (Hadzic ym. 2020). Tämän hankkeen seuranta-aineistosta havaittiin sähköjohtavuuden olevan hieman koholla ja myötäilevän sulfaattipitoisuuden vaihtelua (



Kuva 7), mutta ei havaittu sulfaattimaille tyypillistä pH:n laskua veden sulfaattipitoisuuden ja sähköjohtavuuden noustessa. Veden pH oli seuranta-aikana alimmillaan kesällä 2021 5,5 sulfaatti- ja sähköjohtavuuspitoisuuksien ollessa myös alhaisia, jolloin voidaan päätellä, ettei veden pH:n laskuun ole ollut sulfaattimaista johtuvaa syytä. Veden sähköjohtavuus kuvaa vedessä olevien ionien määrä ja siihen vaikuttavat sulfaatin lisäksi esimerkiksi natriumin (Na), kaliumin (K), kalsiumin (Ca), magnesiumin (Mg) ja kloridien (Cl) pitoisuudet vedessä. Leppiojalla havaitut sulfaattipitoisuudet ovat pääosin melko matalia verrattuna aiemmin happamilla sulfaattimailla aiemmin havaittuihin pitoisuuksiin (Hadzic ym. 2020) Korkeimmat sulfaattipitoisuudet mitattiin 9.7.2020, jolloin veden pH:ssa ei ole havaittavissa laskua (Kuva 7). Veden sulfaattipitoisuutta voi happamien sulfaattimaiden lisäksi nostaa esimerkiksi sulfaattipitoisten lannoitteiden levittäminen valuma-alueella.



Kuva 7. Veden pH, sähkönjohtavuus (EC) mS/m ja sulfaattipitoisuus (SO4) mg/l havaintopaikalla Leppioja alapää vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

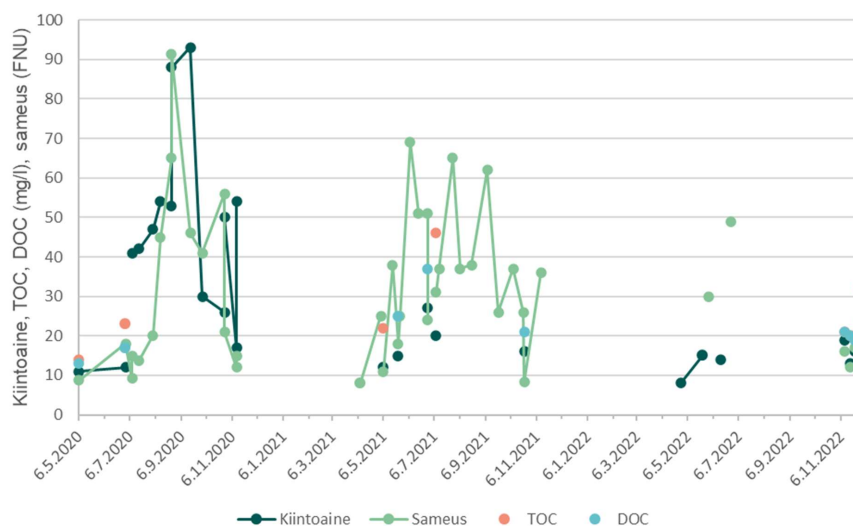
Veden happamuutta kuvaa pH:n lisäksi veden kokonaishappamuus eli asiditeetti ja veden pH-arvoon vaikuttaa myös veden puskurikyky happamuutta vastaan eli alkaliniteetti. Asiditeetti oli seuranta-ajan Leppiojalla välillä 0,14–0,35 mmol/l ja alkaliniteetti vaihteli välillä 0,15–1,64 mmol/l ja oli pääosin yli 0,2 mmol/l (Kuva 8), jota pidetään hyvän puskurikyvyn luokittelularajana.



Kuva 8. Veden alkaliniteetti (mmol/l), asiditeetti (mmol/l) sekä pH havaintopaikalla Leppioja alapää vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

Kiintoaine ja sameus ja kertovat veden pienhiukkas- eli kiintoainepitoisuudesta. Vedessä esiintyviä pienhiukkasia voivat olla esimerkiksi erilaiset mineraalit, savi- ja orgaaninen aines sekä mikroeliöstö. Jokivesien kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti. Kiintoainepitoisuudet ovat pienimmillään talvella ja suurimmillaan ennen ensimmäistä tulvahuippua. Kesällä jokien kiintoainekulkeuma on yleensä vähäistä. Kovien syyssateiden jälkeen kiintoainekulkeuma on miltei yhtä suuri kuin kevään sulamisvesien aikaan. Leppiojan alaosan kiintoainepitoisuus vaihteli seuranta-aikaan välillä 8,2–93 mg/l (). Jokivedet ovat yleensä järvivesiä sameampia, voimakkaamman eroosion takia. Jokivesissä sameuden vaihtelu on kiintoainepitoisuuden tapaan voimakasta vuodenajasta ja sadannasta riippuen ja sameus on usein suurimmillaan kevättulvien aikaan. Sameuden arvo Leppiojan alaosassa on vaihdellut 7,9–91,3 (FNU) välillä (Kuva 9) eli vesi on ollut silminnähden sameaa ja ajoittain hyvin sameaa.

Kiintoaine ja sameuspitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan elo-syyskuun vaihteessa 2020. Orgaanisen hiilen eri orgaanisen aineksen määrää vedessä kuvaavat liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus (DOC, dissolved organic carbon) ja orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, total organic carbon). Liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuuteen vaikuttaa veden humuspitoisuus, kun taas hiilen kokonaismäärä sisältää myös kiintoaineeseen sitoutuneen hiilen. TOC pitoisuus vaihteli Leppiojan alaosalla seuranta-aikana välillä 14–46 mg/l ja DOC-pitoisuus 13–37 mg/l (Kuva 9). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kesä-heinäkuun vaihteessa 2021. Pitoisuudet olivat samalla mittauskerralla hyvin lähellä toisiaan eli suurin osa kokonaisorgaanisesta hiilestä oli vedessä liuenneessa muodossa.



Kuva 9. Veden kiintoaine- (mg/l), kokonaisorgaanisen hiilen pitoisuus (TOC) (mg/l) ja liukoksen orgaanisen hiilen pitoisuus (DOC) (mg/l) sekä sameus (FNU) havaintopaikalla Leppioja alapaaja vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

Valuma-alueen maaperän laatu ja maankäyttö vaikuttaa metallien huuhtoutumiseen ja siten vesien metallipitoisuuksiin, esimerkiksi rautaa huuhtoutuu turvemailta luonnostaan savimaita enemmän. Alkuaine- ja metallipitoisuudet olivat Leppiojan alaosalla pääosin alueen jokivesille tyypillisellä tasolla. Metallipitoisuudet olivat selkeästi valtakunnallisesta puroaineistosta vuonna 2006 määritettyjä taustapitoisuuksia korkeampia, joka oli oletettavissakin sekä valuma-alueen maankäytön että happamien sulfaattimaiden esiintymisen perusteella (Tenhola & Tarvainen 2008). Happamien sulfaattimaiden valumavesille tyypillisiä metalleja ovat alumiini, kadmium, koboltti, mangaani, nikkeli ja sinkki (Fältmarsch ym. 2008), joiden pitoisuudet olivat seuranta-aineiston perusteella hieman koholla. Vesipuitteidirektiivin johdannaisdirektiivissä on annettu ympäristölaatu normit kadmiumin, lyijyn ja nikkelin liukoisille pitoisuuksille pintavedessä (2008/105/EY). Suomen vesistöissä metallipitoisuudet ovat pääsääntöisesti ympäristölaatu normeja pienempiä, mutta esimerkiksi happamien sulfaattimaiden esiintymisalueilla ylityksiä voi esiintyä (Verta ym. 2010). Happamien sulfaattimaiden vesistöille suositellaan käytettäväksi turvemaiden vesien ympäristölaatu normeja, jotka ovat kadmiumille 0,1 µg/l, lyijylle 1,7 µg/l ja nikkelille 5 µg/l (AA-EQSsovel, Kangas 2018). Ainoastaan nikkelin osalta ympäristölaatu normi ylittyi, mutta se ylittyi kaikilla näytteenotto kerroilla (

Taulukko 1). On kuitenkin huomattava, että ympäristölaatu normissa nikkelin osalta tarkoitetaan biosaatavia pitoisuuksia ja tämän hankkeen tulokset ovat kokonaispitoisuuksia, joten ne eivät ole aivan suoraan verrattavissa keskenään. Jokivesissä eroosio ja humusyhdisteet lisäävät veden rautapitoisuutta. Leppiojan rautapitoisuus vaihteli välillä 2200–17000 µg/l (

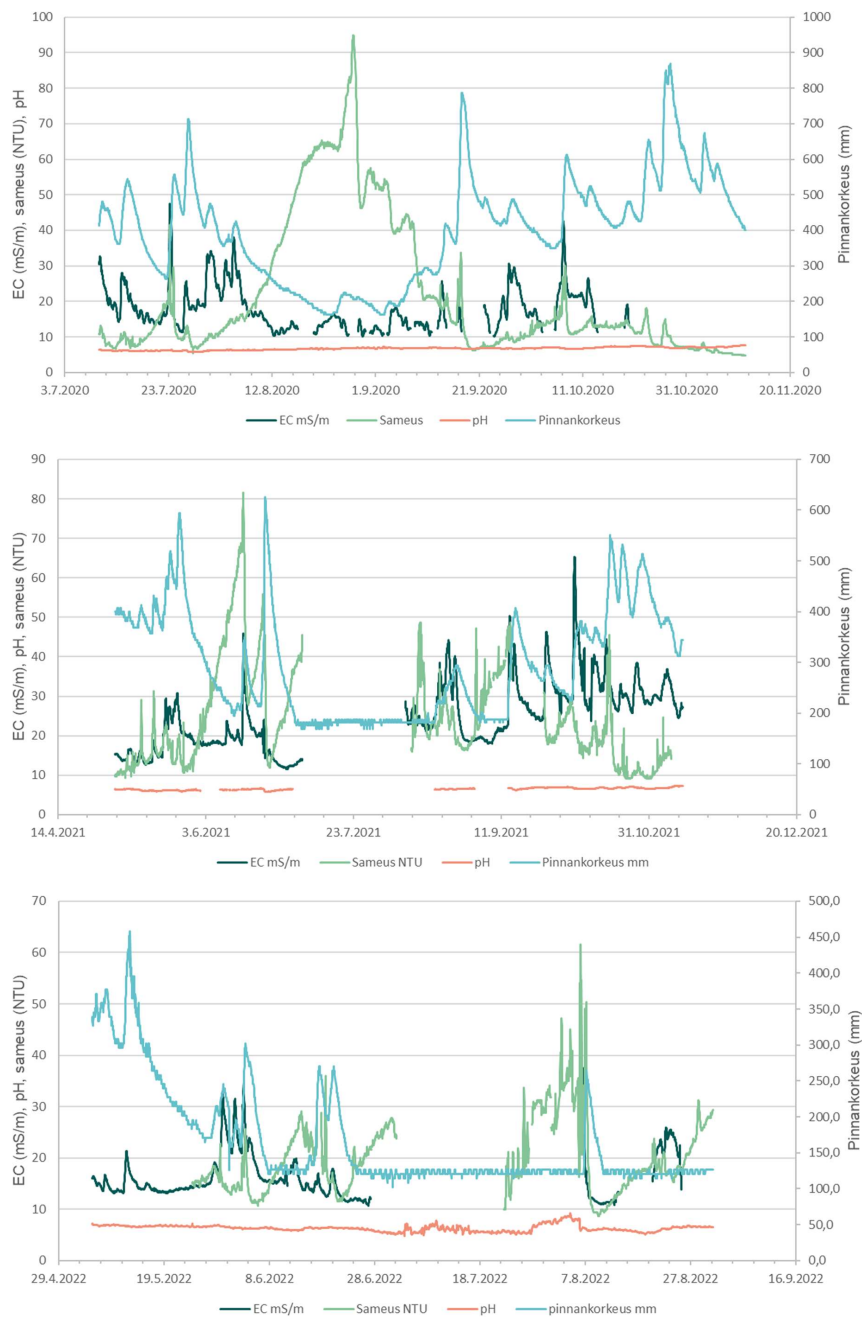
Taulukko 1). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kesäaikoina matalan veden aikaan.

Taulukko 1. Alkuaine- ja metallipitoisuuksien havaitut minimi-, maksimi- ja mediaaniarvot havaintopaikalla Leppioja alapää vuosien 2020–2022 seuranta-aikana. Pitoisuudet ovat kokonaispitoisuuksia, n = havaintojen lukumäärä.

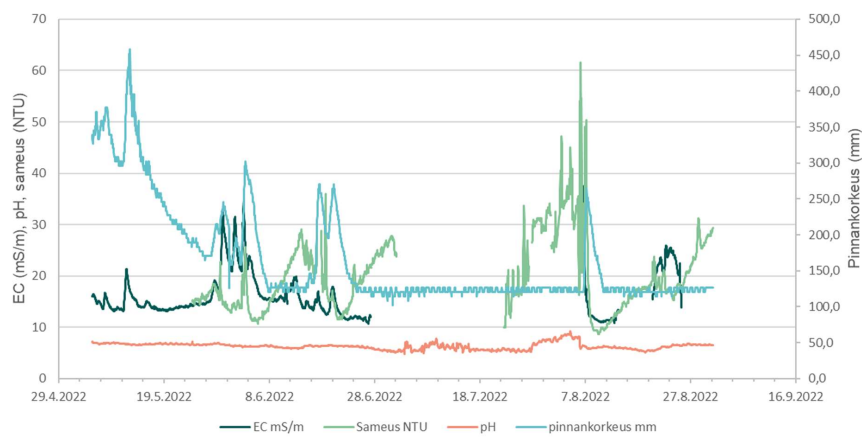
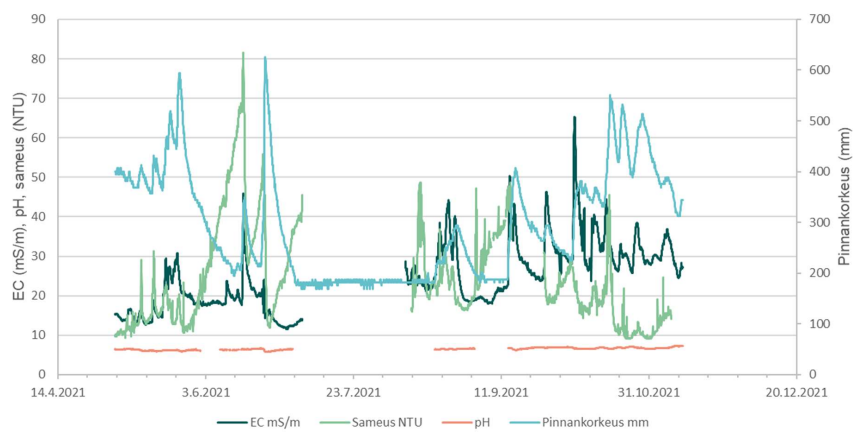
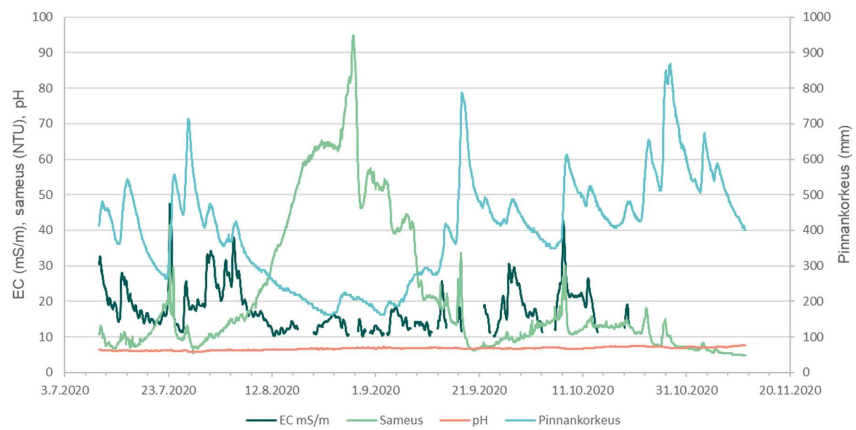
Alkuaine		Yksikkö	Minimi	Maksimi	Mediaani	n
Alumiini	Al	µg/l	390	810	600	12
Barium	Ba	µg/l	29	140	64	17
Kalsium	Ca	mg/l	9	23	13	12
Rauta	Fe	µg/l	2200	17000	4200	15
Kalium	K	mg/l	2	9	4	13
Magnesium	Mg	mg/l	5	12	7	12
Mangaani	Mn	µg/l	110	360	185	8
Natrium	Na	mg/l	5	35	13	12
Rikki	S	µg/l	9200	39000	24000	11
Strontium	Sr	µg/l	74	150	96	6
Titaani	Ti	µg/l	4	19	10	6
Sinkki	Zn	µg/l	9	28	15	13
Arseeni	As	µg/l	0,19	0,68	0,32	13
Kadmium	Cd	µg/l	0,028	0,097	0,057	10
Koboltti	Co	µg/l	2,5	15	6,0	11
Kromi	Cr	µg/l	1,9	3,7	2,6	12
Kupari	Cu	µg/l	2,4	6,5	3,1	9
Nikkeli	Ni	µg/l	6,2	19	12	13
Lyijy	Pb	µg/l	0,057	0,35	0,14	13
Seleen	Se	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	10
Uraani	U	µg/l	0,10	0,26	0,14	8
Vanadiini	V	µg/l	1,4	5,2	2,6	10

2.3.3 Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta

Jatkuvatoiminen seuranta onnistui Leppiojan alapäässä vuonna 2020 hyvin, vain sähköjohtavuusdatassa oli lyhyitä katkoksia. Vuosina 2021 ja 2022 mittalaitteet olivat kesällä todennäköisesti kuivillaan ja kesäajoilta ei saatu mittausdataa, pH:n datassa oli myös muita lyhyitä katkoksia vuonna 2021 ja sa-meusdatassa vuonna 2022 (



Kuva 10). Jatkuvatoimisen vedenlaadun seurannan mukaan Leppiojan veden pH ojan alaosaalla oli mitausjaksojen ajan hyvin tasaisesti vähän yli kuuden, joka on samansuuntainen kuin kenttämittaustulosten perusteellakin. Veden sähkönjohtavuuden vaihteli välillä 10–50 mS/m, vuoden 2021 seurantajaksole sattui yksi tätä korkeampi pitoisuushuippu. Veden sameudessa oli isoa vaihtelua siten että sameus oli korkeimmillaan niinä aikoina, kun veden pinnankorkeus oli alimmillaan (



Kuva 10. Leppiojan jatkuvatoimisesti mitattu sähkönjohtavuus EC (mS/m), sameus (NTU), pH ja veden pinnankorkeus seuranta- ja mittauspaikalla Leppioja alapää vuosina 2020–2022.

2.3.4 Ekologisen tilan luokittelu

Leppioja laskee Tyrnävänjokeen, joka on vesimuodostumana keskisuuri turvemaiden joki. Se on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi. Leppiojalle ei ole tehty ekologista luokittelua.

Jokivesien ekologisessa luokittelussa tarkastellaan jokien biologisia laatutekijöitä, fysikaaliskemiallisia muuttujia sekä jokien hydromorfologisia muutoksia. Jokien ekologisen tilan biologisia laatutekijöitä ovat kasviplankton, vesikasvillisuus, päällyksyvät, pohjaeläimet ja kalat. Tässä hankkeessa tarkasteltiin Leppiojan veden fysikaaliskemiallista laatua, joten ekologista tilaa tarkasteltiin vain niiden tekijöiden perusteella. Jokivesissä fysikaaliskemiallisen tilan luokittelumuuttujiksi on valittu kokonaisfosfori, kokonaistyyppi ja pH. Luokittelun ohjeiden mukaan raja-arvoissa täytyy huomioida (Aroviita ym. 2019):

- Jokiluokittelun tulisi perustua seuranta-aineistoon, jossa on näytteenotto vähintään 4 kertaa vuodessa. Luokkaa määrittäessä tulisi tarkastella ravinteiden pidemmän jakson keskiarvoja. Hapamuuden osalta laskennallinen luokka suositellaan määriteltäväksi koko tarkastelujakson pH-minimin perusteella. Mikäli koko jakson minimi osoittaa heikentyneen tilaa, on arvioitava luokkaa määrittäessä huomiotava tarkemmin vuotuiset pH-minimitasot, sekä niiden kesto ja ajoittuminen suhteessa kalojen ja pohjaeläinten herkkyyteen.
- Tietojen keruu kohdennetaan jokimuodostuman ala-alueelle. Tietojen edustavuutta ja luotettavuutta tulee kuitenkin arvioida kriittisesti useamman näytepisteen osalta aina kun niitä on käytettävissä. Alajuoksuksen tila voi esimerkiksi kuormittavien sivujojen takia olla selvästi heikompi kuin keski- ja yläjuoksulla.
- Veden laadusta tehdään kokonaisarvio, jossa yhdistetään kaikkien laatutekijöiden antama tieto veden tilasta. Mikäli pH-tasot osoittavat sellaista heikentyneen tilaa, jolla yksistään arvioidaan olevan haitallisia vaikutuksia biologiaan, määrittyy luokka tämän mukaan eikä ravinnetasoja tarkastella. Mikäli kokonaisravinteet luokituvat eri tavoin, painotetaan kokonaisfosforin tuloksia, koska fosfori on sisävesien tärkein biomassan kasvua rajoittava tekijä ja kokonaistyyppien pitoisuusvaihtelu on epävarmemmin todettavissa.

Keskisuurten turvemaiden jokien fysikaaliskemiallisten tekijöiden luokittelurajojen perusteella Leppioja luokiteltiin vuosien 2020–2022 vedenlaatutuloksia tarkastellen kokonaisfosforipitoisuuksien vuosikeskiarvojen perusteella luokkaan tyydyttävä tai välttävä, kokonaistyyppipitoisuuksien vuosikeskiarvojen perusteella luokkaan välttävä ja vuosittaisten pH minimien perusteella luokkaan hyvä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Keskisuurten turvemaiden jokien luokittelurajat (Aroviita ym. 2019) verrattuna Leppiojan ala-alueella määritettyihin pitoisuuksiin. Kok. P – kokonaisfosforipitoisuus, Kok. N – kokonaistyyppipitoisuus, E – erinomainen, Hy – hyvä, T – tyydyttävä, V – välttävä, Hu – huono, n – havaintojen lukumäärä.

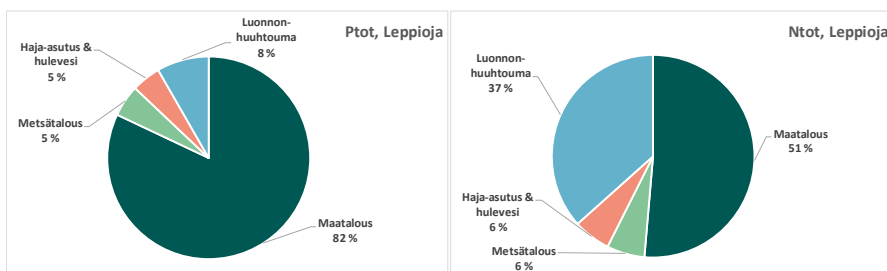
muuttuja	yksikkö	luokkarajat				Leppiojan tulokset						Luokka
		E/Hy	Hy/T	T/V	V/Hu	2020	n	2021	n	2022	n	
Kok. P	µg/l	20	40	60	90	84	15	74	19	58	6	T/V
Kok. N	µg/l	450	900	1500	2500	1829	15	2100	6	1914	7	V
pH-minimi		5,7	5,5	5	4,8	5,7	16	5,5	22	5,5	10	Hy

2.4 Vesistökuormitus

Leppiojan valuma-alueelta lähtevää ravinnekuormitusta arvioitiin Vemala (Huttunen ym. 2016) ja SWAT (Arnold ym. 1998) valuma-aluemalleilla. Vemalan mukaan kokonaisfosforikuormitus oli jaksolla 2012–2021 keskimäärin 1 569 kgP/v eli 0.59 kgP/ha/v. Tästä fosforikuormasta selkeä valtaosa (82 %) tulee pelloilta lopun jakaantuessa metsistä (metsätalous 5 % ja luonnonhuuhtouma 8 %) sekä haja-asutuksesta ja hulevesistä (yhteensä 5 %) tulevan kuormituksen kesken (Kuva 11). Kokonaistyyppikuormaa tuli vastaavalla jaksolla Leppiojan valuma-alueelta keskimäärin 11 710 kgN/v (4,4 kgN/ha/v).

Myös kokonaistyyppikuormasta pääosa (51 %) tuli pelloilta, mutta metsäalueiden osuus (metsätalous 6 % ja luonnonhuuhtouma 37 %) oli selvästi korkeampi kuin kokonaisfosforilla. Haja-asutuksen ja hulevesien osuus oli fosforin tapaan myös tyyppikuorman osalta melko vähäinen (6 %). Leppiojan valuma-alueella asuu vakituisesti viemäriverkoston ulkopuolisissa kiinteistöissä 158 henkeä, minkä lisäksi alueella on 10 loma-asuntoa. Siten haja-asutuksen osuus alueelta lähtevästä ravinnekuormituksesta on vähäinen, alle 3 %. Pistekuormitusta Leppiojalta ei tule, koska sen valuma-alueella ei ole kuormittavia tuotantolaitoksia ja alueen yhdyskuntajätevedet johdetaan Kempeleen kunnassa sijaitsevalle Lakeuden keskuspuhdistamolle.

SWAT:illa arvioituna (mallinnusjakso 2010–2019) keskimääräinen kokonaisfosforikuormitus (0,60 kgP/ha/v) oli hyvin lähellä em. Vemalan arviota. Kokonaistyyppikuormituksen SWAT arvioi jonkin verran suuremmaksi (5,1 kgN/ha/v).

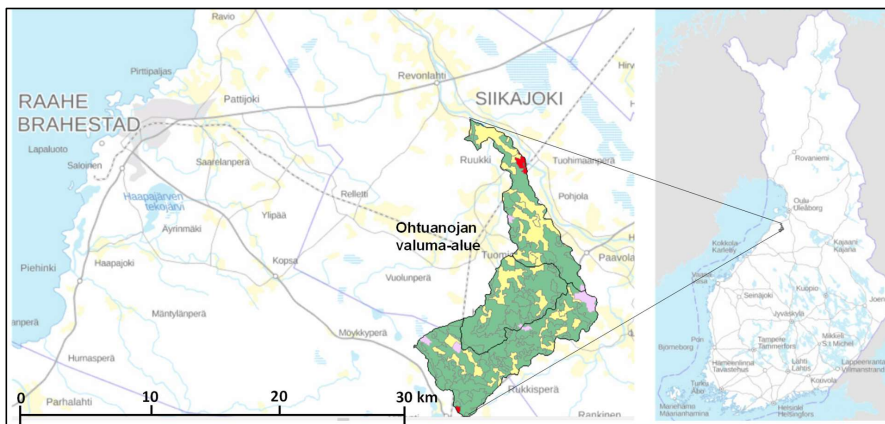


Kuva 11. Leppiojan ravinnekuormituksen jakautuminen keskimäärin jaksolla 2012–2021. (Lähde: Vemala).

3 Ohtuanojan pilottivaluma-alue

3.1 Sijainti ja maankäyttö

Ohtuanojan valuma-alue on pinta-alaltaan 113 km² ja se sijaitsee n. 50 km Oulusta lounaaseen Kuva 12). Ohtuanoja laskee Siikajokeen ja edelleen Pohjanlahteen. Alueen pääasiallinen maankäyttömuoto on metsä (80 %), lopun ollessa maatalousmaata (16 %), suota (2 %) sekä rakennettua (1 %) ja veden peittämää (1 %) aluetta. Maatalousmaasta valtaosa (53 %) on kevätiljoja, lopun ollessa pääosin nurmea.

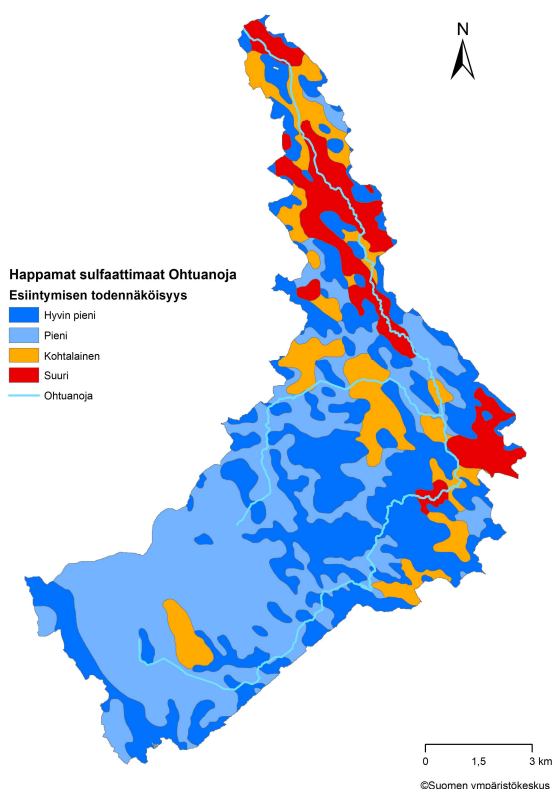


Kuva 12. Ohtuanojan valuma-alueen sijainti. Maankäyttömuodot: maatalousmaa (keltainen), metsä (vihreä), suo (violetti) ja rakennettu alue (punainen).

3.2 Maaperä

Maaperätiedot otettiin 1:20000/1:50000 maaperäaineistoista, joiden tuottaja on GTK. Aineistossa on esitetty pohjamaana 1 metrin syvyydessä oleva maalaji. Pohjamaan päällä oleva 0,4–0,9 metrin paksuinen maakerros on kuvattu pintamaana. Viljavuusanalyysien yhteydessä koottujen tietojen (kattavuus 64 %) Ohtuanojan valuma-alueen pelloista 65 % on karkeaa maalajityyppiä ja loput eloperäistä (28 %) sekä hiesumaata (6 %).

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on pieni tai hyvin pieni suurimmalla osalla Ohtuanojan valuma-aluetta (Kuva 13). Suuren ja kohtalaisen esiintymistodennäköisyyden alueet sijoittuvat valuma-alueen alaosille. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen alkamissyvyys vaihtelee valuma-alueella 0–2,0 m syvyydellä.



Kuva 13. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys Ohtuanojan valuma-alueella GTK:n happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen perusteella. Kuva: Sanna Karjalainen.

3.3 Vedenlaatu

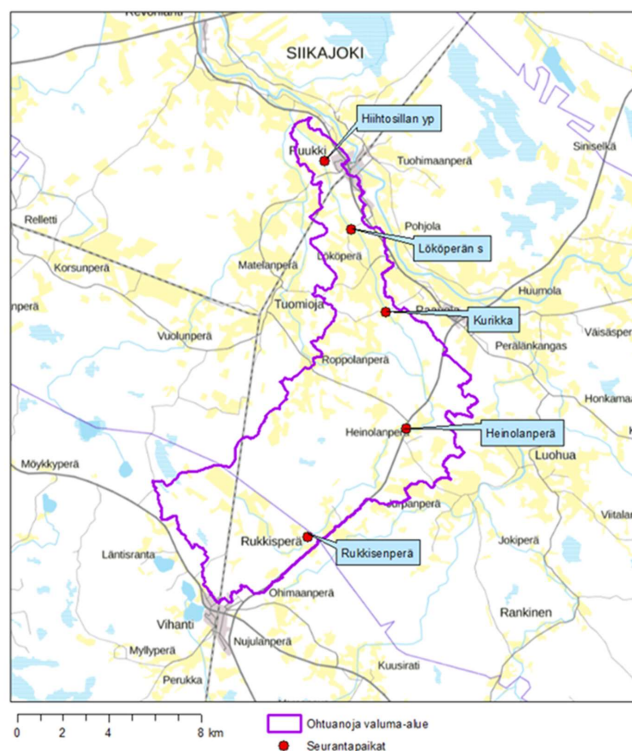
3.3.1 Vedenlaadun seurantamenetelmät

Ohtuanojan vedenlaatua seurattiin tässä hankkeessa viidellä näytteenottoaikaalla: Hiihtosillan yp, Lökäperän silta, Kurikka, Heinolanperä ja Rukkisenperä (Kuva 14). Vesinäytteitä otettiin sulan maan aikana vuosina 2020–2022 Suomen ympäristökeskuksen, Oulun ammattikorkeakoulun sekä Eurofins Ahma Oy:n toimesta. Vesinäytteistä analysoitiin ravinnepitoisuuksia (kok N, $\text{NO}_2\text{N}+\text{NO}_3\text{N}$, NH_4N , kok P, partikkelimainen ja liukoinen P, orgaaninen P, PO_4P , partikkelimainen ja liukoinen PO_4P), alkuainepitoisuuksien kokonais- ja liukoisia pitoisuuksia (Al, Sb, As, Ba, Cd, K, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sr, Ti, U, V), kiintoaineen pitoisuuksia, kemiallinen hapenkulutusta (COD_{Mn}), orgaanisen aineen pitoisuuksia (TOC, DOC, TIC), alkaniteettia, asiditeettia, kloridia ja

sulfaatti-ionien pitoisuutta, piidioksidia, sameutta ja värilukua. Lisäksi näytteenoton yhteydessä mitattiin kenttämittarilla liukoisen hapen pitoisuus, pH, sähkönjohtavuus sekä veden lämpötila. Kaikkia analyysyjä ei tehty jokaisella näytteenotokerralla, vaan näytteenottovalikoima vaihteli näytteitä ottaneen organisaation mukaan. Vesinäytteet analysoitiin joko FINAS-akkreditoituissa (www.finas.fi) Suomen ympäristökeskuksen ja Eurofins Ahma Oy:n laboratoriossa tai Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Suomen ympäristökeskuksen ja Eurofins Ahma Oy:n analyysitulokset tallennettiin Syken HERTTA ympäristötiedon hallinta -järjestelmään, jossa ne ovat Avoin tieto -palvelun kautta kaikkien hyödynnettävissä (www.syke.fi/avointieto).

Vesinäytteenoton lisäksi Ohtuanojan vedenlaatua seurattiin 3.5.-11.11.2021 ja 6.5.-31.8.2022 jatkuvatoimisesti (K15). Jatkuvatoimisesti seurattiin näytteenottoaikaalla Ohtuanoja Lököperän silta veden pinnankorkeutta (STS ATM/ECO), johtokykyä (Hach Polymetron), sameutta (Hach Solitax sc) ja pH:ta (Hach pH/D). Jatkuvatoimisesta seurannasta vastasi Oulun ammattikorkeakoulu.

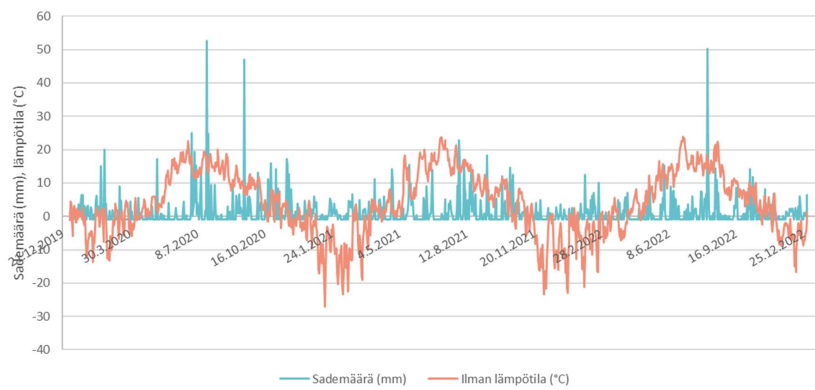
Seuranta-ajan säähavaintoja on esitetty kuvassa 16.



Kuva 14. Ohtuanojan vedenlaadun seuranta-alue. Kuva: Sanna Karjalainen.



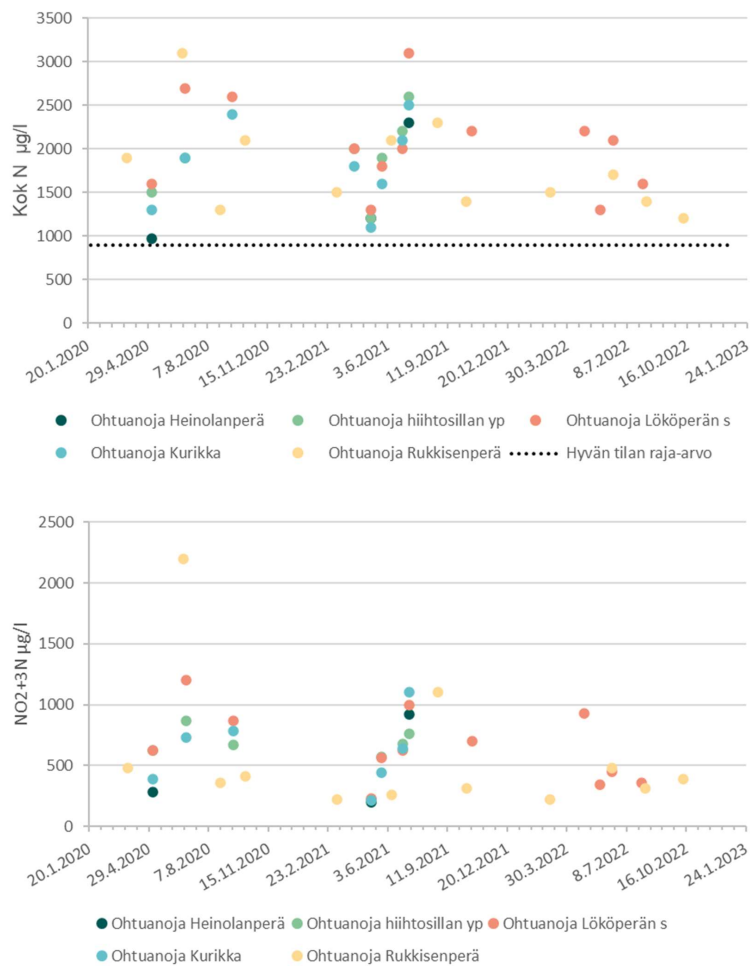
Kuva 15. Jatkuvatoimiset mittalaitteet Ohtuanojassa. Kuva: Mirkka Visuri.

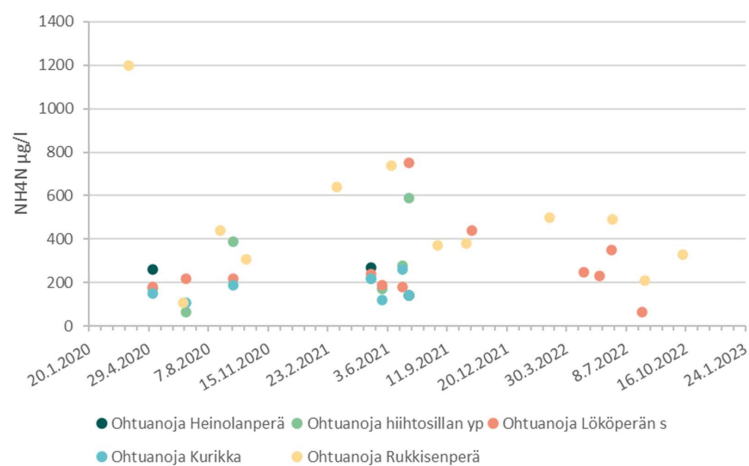


Kuva 16. Sademäärä (mm) ja ilman lämpötila (°C) Ilmatieteenlaitoksen havaintopaikalla Siikajoki, Ruukki 1.1.2020-31.12.2023.

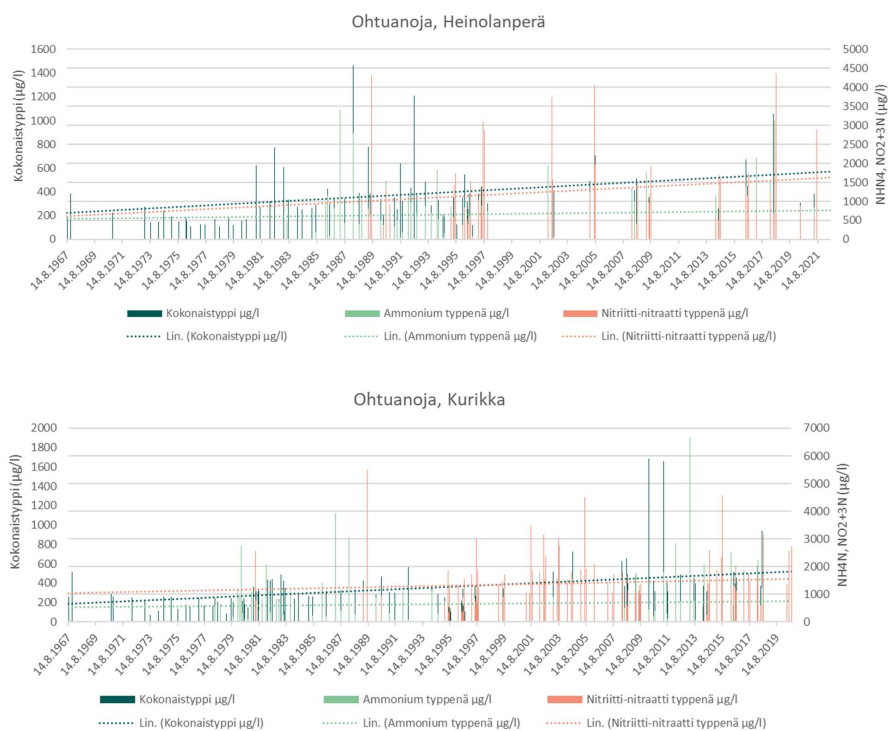
3.3.2 Vesinäytteet ja laboratoriotulokset

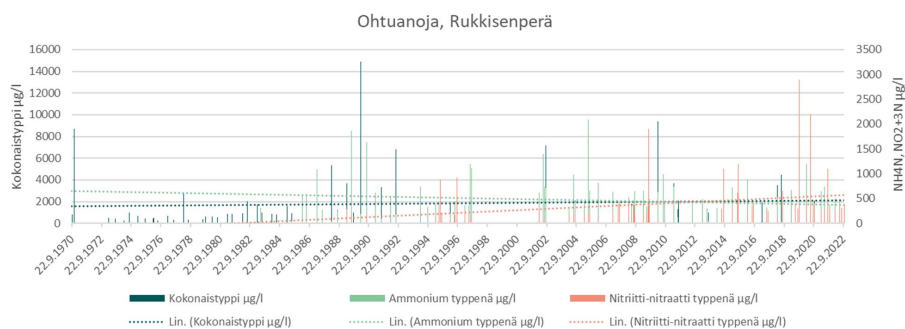
Vesinäytteiden perusteella Ohtuanojan veden kokonaistyyppipitoisuus vaihteli välillä 970–3100 µg/l, nitraattinitriittitypen summapitoisuus välillä 210–2200 µg/l ja ammoniumtypen pitoisuus välillä 64–1200 µg/l (Kuva 17). Matalimmat tyyppipitoisuudet mitattiin Ohtuanojan ala- ja keskiosilla keväisin. Korkeimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin kesällä 2020 seuranta- ja Rukkisenperä ja kesällä 2021 seuranta- ja Lököperän silta. Korkeimmat nitriitti-nitraatti- ja ammoniumtypen pitoisuudet näytepisteellä Rukkisenperä keväällä ja alkukesästä 2020. Tyyppipitoisuudet olivat Ohtuanojassa kaikilla havaintokerroilla korkeampia kuin hyvän ekologisen tilan raja-arvo, joka on keskisuurien turvemaiden jokivesien kokonaistyyppipitoisuudelle 900 µg/l.





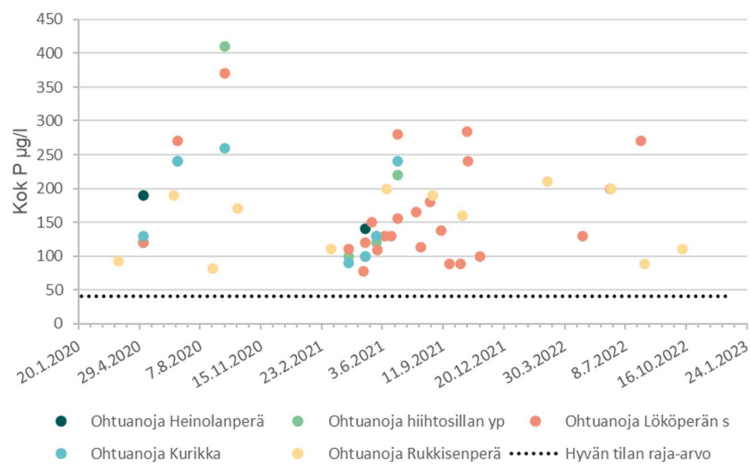
Kuva 17. Kokonaistypen (Kok N), Nitriitti- ja nitraattityypen ($\text{NO}_2\text{N} + \text{NO}_3\text{N}$) sekä ammoniumtypen (NH_4N) pitoisuudet $\mu\text{g/l}$ Ohtuanojan seurantapaikoilla vuosien 2020-2022 seuranta-aikana. Hyvän ekologisen tilan raja-arvo kokonaistyyppipitoisuudelle kokonaistypen kuvassa katkoviivalla.

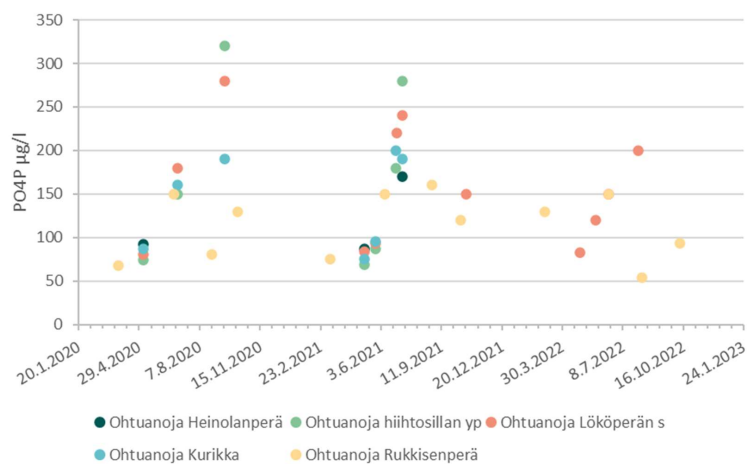




Kuva 18. Kokonaistyyppien, ammoniumtyypin (NH_4N) ja nitriitti-nitraattityypin ($\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{N}$) pitoisuuksien ($\mu\text{g/l}$) vaihtelu Ohtuanojan havaintopaikoilla Heinolanperä, Kurikka ja Rukkisenperä 1967–2022.

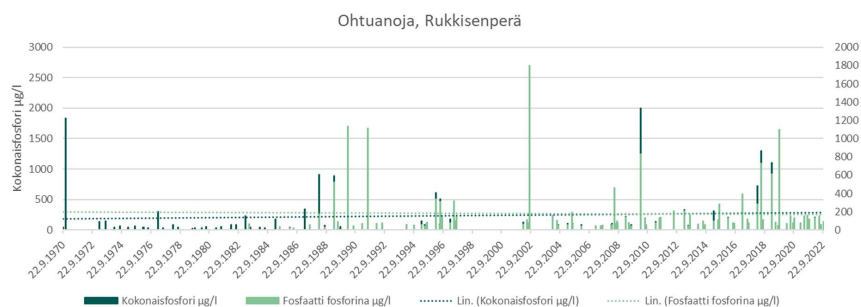
Ohtuanojan kokonaisfosforipitoisuus vaihteli välillä 78–410 $\mu\text{g/l}$ ja fosfaattifosforipitoisuus 54–320 $\mu\text{g/l}$ (Kuva 19). Fosforipitoisuudet olivat Ohtuanojassa kaikilla havaintokerroilla korkeampia kuin hyvän ekologisen tilan raja-arvo, joka on keski suurten turvemaiden jokivesien kokonaisfosforille 40 $\mu\text{g/l}$.





Kuva 19. Kokonaisfosforin (Kok P) ja fosfaattifosforin (PO₄P) pitoisuudet µg/l Ohtuanojan havaintopaikoilla vuosien 2020-2022 seuranta-aikana. Hyvän ekologisen tilan raja-arvo kokonaisfosforipitoisuudelle kokonaisfosforin kuvassa katkoviivalla.

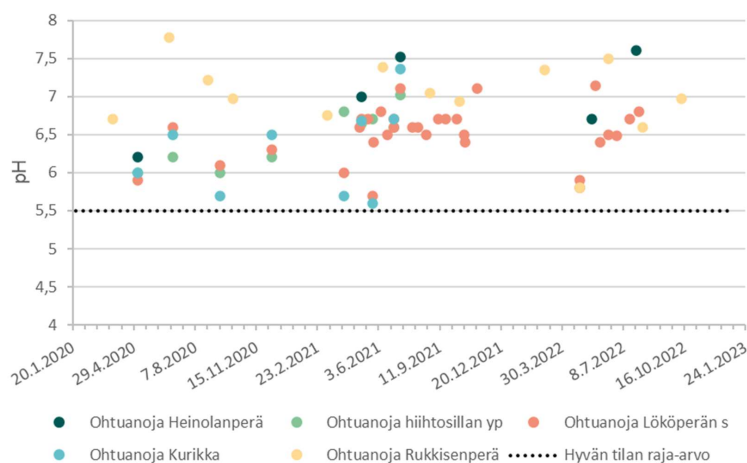




Kuva 20. Kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin pitoisuuksien (µg/l) vaihtelu Ohtuanojan havaintopaikoilla Heinolanperä, Kurikka ja Rukkisenperä 1967–2022.

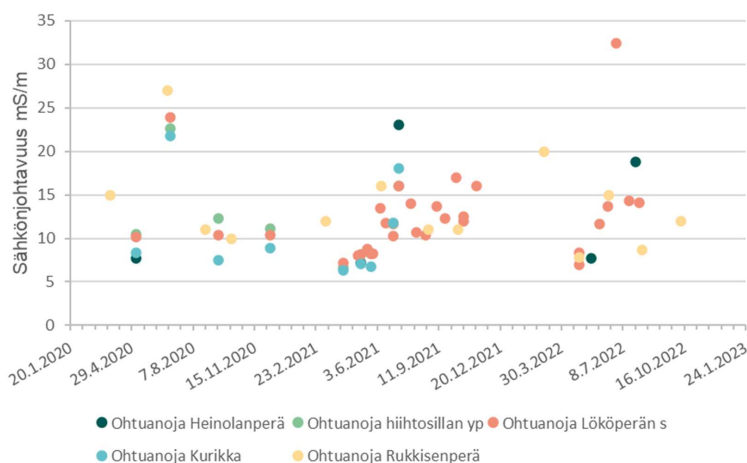
Veden pH-arvo kertoo veden happamuudesta. Suomen jokivesien pH on luontaisesti lievästi hapanta (6,5–6,8) johtuen vesiemme luontaisesta humuspitoisuudesta. Maalaji vaikuttaa usein valumavesien happamuuteen. Turvemaat ovat yleensä kivennäismaita happamampia. Happamat sulfaattimaat, joita esiintyy Ohtuanojan valuma-alueella, lisäävät veden happamoitumisriskiä. Happamoitumisen seurauksena vesistön eliöstö muuttuu happamoitumiselle herkkien lajien hävitessä vesistöstä. Haitallisin tilanne voi syntyä, jos kuivaa kautta seuraa sateinen ajanjakso tai tulva, joka huuhtoo happamasta sulfaattimaasta kuivan kauden aikana muodostuneet happamat yhdisteet ja haitalliset metallit vesistöihin.

Veden pH on Ohtuanojalla ollut pääasiassa lievästi happamalla tasolla, ollen alimmillaan seuranta-aikana 5,6 ja ajoittain etenkin uoman yläosalla kesällä ja loppukesällä vesi on ollut pH-arvoltaan emäksisen puolella. (Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.1). Kesäaikaista veden pH:ta nostaa esimerkiksi yhteyttäminen. Suomen vesieliöstö on pääosin sopeutunut elämään pH-välillä 6–8. Hyvän ekologisen ja tyydyttävän kemiallisen tilan raja-arvoa, veden pH-arvoa 5,5, pidetään kriittisenä rajana vesieliöille, jonka alapuolella esimerkiksi useiden kalalajien lisääntyminen häiriintyy.



Kuva 21. Veden pH Ohtuanojan havaintopaikoilla vuosien 2020–2022 seuranta-aikana. Hyvän ekologisen tilan raja-arvo kuvassa katkoviivalla.

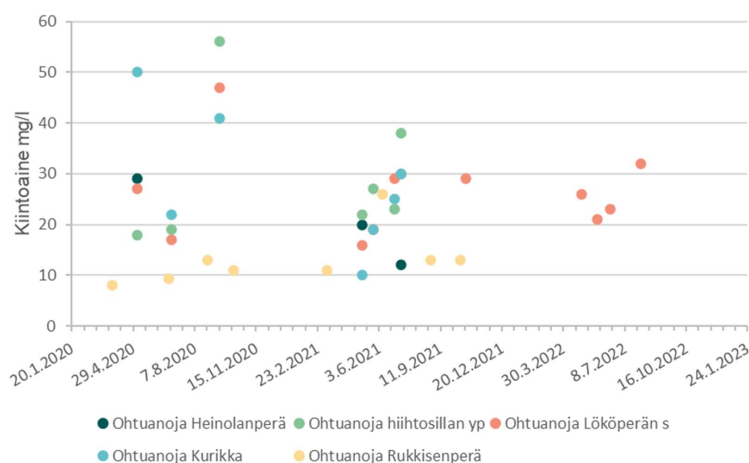
Sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneiden suolojen määrää. Korkea sähkönjohtokyky kertoo veden suuremmasta suolapitoisuudesta. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit. Suomen sisävedet ovat pääsääntöisesti vähäsuolaisia, ja niiden sähkönjohtavuus arvot ovat yleensä välillä 5–10 mS/m. Peltolannoitus, jätevedet ja happamilla sulfaattimailla maaperän sulfidipitoisuudet nostavat suolojen määrää vesissä. Ohtuanojan alaosaalla veden sähkönjohtokyky on vaihdellut seuranta-aikana 6,3–32,4 mS/m välillä (Kuva 22).



Kuva 22. Veden sähkönjohtavuus Ohtuanojan havaintopaikoilla vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

Kiintoaine ja sameus ja kertovat veden pienhiukkas- eli kiintoainepitoisuudesta. Vedessä esiintyviä pienhiukkasia voivat olla esimerkiksi erilaiset mineraalit, savi- ja orgaaninen aines sekä mikroeliöstö. Jokivesien kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti. Kiintoainepitoisuudet ovat pienimmillään talvella ja suurimmillaan ennen ensimmäistä tulvahuippua. Kesällä jokien kiintoainekulkeuma on yleensä vähäistä. Kovien syyssateiden jälkeen kiintoainekulkeuma on miltei yhtä suuri kuin kevään sulamisvesien aikaan.

Ohtuanojan kiintoainepitoisuus on vaihdellut välillä 8–56 mg/l (Kuva 23). Matalimmat pitoisuudet määritettiin uoman yläosilta.



Kuva 23. Veden kiintoainepitoisuus Ohtuanojan havaintopaikoilla vuosien 2020–2022 seuranta-aikana.

Valuma-alueen maaperän laatu ja maankäyttö vaikuttaa metallien huuhtoutumiseen ja siten vesien metallipitoisuuksiin, esimerkiksi rautaa huuhtoutuu turvemailta luonnostaan savimaita enemmän. Alkuaine- ja metallipitoisuuksia tarkasteltiin yhdistämällä kaikkien näytteenottopaikkojen tulokset (Taulukko 3). Rukkisenperän seurantapaikalta ei ollut metallipitoisuustuloksia. Pitoisuudet olivat Ohtuanojalla pääosin turvemaiden jokivesille tyypillisellä tasolla. Metallipitoisuudet olivat selkeästi valtakunnallisesta puroaineistosta vuonna 2006 määritettyjä taustapitoisuuksia korkeampia, joka oli oletettavissakin sekä valuma-alueen maankäytön että happamien sulfaattimaiden esiintymisen perusteella (Tenhola & Tarvainen 2008).

Happamien sulfaattimaiden valumavesille tyypillisiä metalleja ovat alumiini, kadmium, koboltti, mangaani, nikkeli ja sinkki (Fäلتmarsch ym. 2008), joiden pitoisuudet olivat seuranta-aineiston perusteella hieman koholla. Vesipuitedirektiivin johdannaisdirektiivissä on annettu ympäristölaatu normit kadmiumin, lyijyn ja nikkelin liukoille pitoisuuksille pintavedessä (2008/105/EY). Suomen vesistöissä metallipitoisuudet ovat pääsääntöisesti ympäristölaatu normieja pienempiä, mutta esimerkiksi happamien sulfaattimaiden esiintymisalueilla ylityksiä voi esiintyä (Verta ym. 2010). Happamien sulfaattimaiden vesistöille suositellaan käytettäväksi turvemaiden vesien ympäristölaatu normieja, jotka ovat kadmiumille 0,1 µg/l, lyijylle 1,7 µg/l ja nikkeliille 5 µg/l (AA-EQSsovel, Kangas 2018). Ainoastaan nikkelin osalta ympäristölaatu normi ylittyi hieman havaittua maksimipitoisuutta tarkasteltaessa (Taulukko 3). On kuitenkin huomattava, että ympäristölaatu normissa nikkelin osalta tarkoitetaan biosaatavia pitoisuuksia ja tämän hankkeen tulokset ovat kokonaispitoisuuksia, joten ne eivät ole aivan suoraan verrattavissa keskenään.

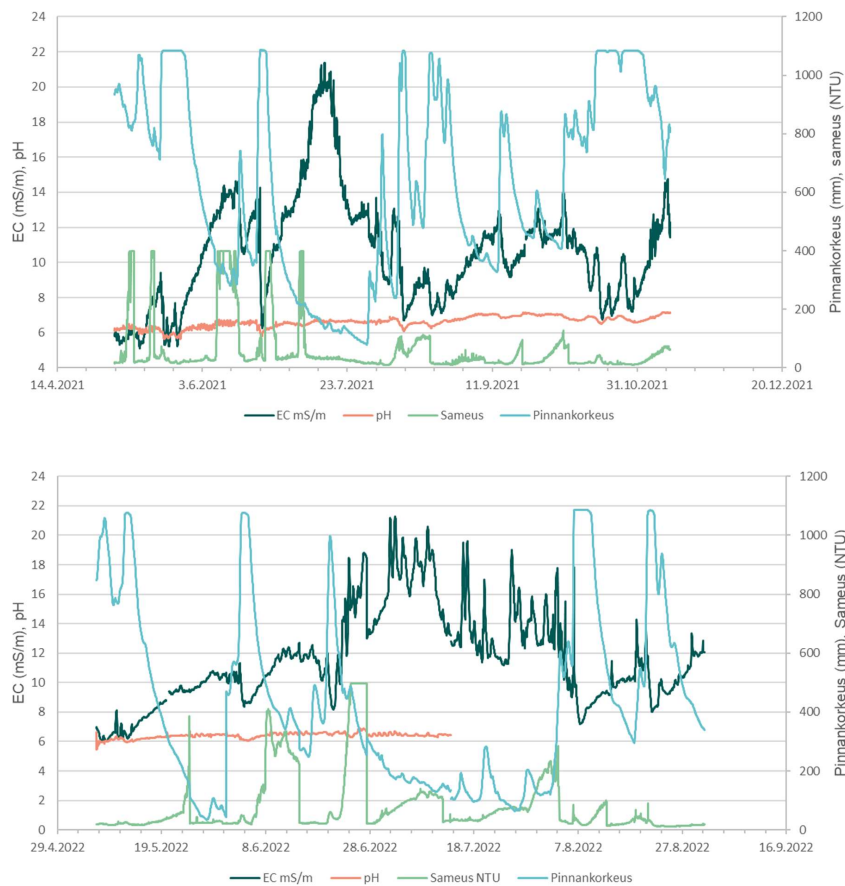
Jokivesissä eroosio ja humusyhdisteet lisäävät veden rautapitoisuutta. Ohtuanojan rautapitoisuus vaihteli välillä 2400–8400 µg/l (Taulukko 3). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kesäaikoina matalan veden aikaan.

Taulukko 3. Alkuaine- ja metallipitoisuuksien havaitut minimi-, maksimi- ja mediaaniarvot Ohtuanojan havaintopaikoilla 2020–2022 seuranta-aikana. Pitoisuudet ovat kokonaispitoisuuksia, n = havaintojen lukumäärä.

Alkuaine	Yksikkö	Min	Max	Med	n
Al	µg/l	120	1000	480	31
Ba	µg/l	17	30	25	24
Ca	mg/l	4,3	11	7	31
Fe	µg/l	2400	8400	4900	26
K	mg/l	2	38	5	32
Mg	mg/l	2	5	3	31
Mn	µg/l	31	350	200	31
Na	mg/l	3	18	4	31
S	µg/l	9,5	8100	4300	24
Sr	µg/l	36	75	48	23
Ti	µg/l	8	30	12	23
Zn	µg/l	5	42	8	32
As	µg/l	0,36	0,9	0,505	32
Cd	µg/l	0,008	0,051	0,022	32
Co	µg/l	0,32	3,5	1,8	31
Cr	µg/l	0,84	3,2	1,65	32
Cu	µg/l	0,76	4,5	1,85	32
Ni	µg/l	1,2	5,8	3,05	32
Pb	µg/l	0,12	0,96	0,28	32
Se	µg/l	0,05	0,05	0,05	20
U	µg/l	0,044	0,21	0,099	31
V	µg/l	2	8	3,2	32

3.3.3 Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta

Ohtuanojan jatkuvatoiminen vedenlaadunseuranta onnistui hyvin molempina mittausvuosina, eikä datassa ole pidempiä katkoja (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**). Jatkuvatoimisen pH mittalaitteen särkyminen lopetti veden pH:n jatkuvatoimisen seurannan heinäkuussa 2022. Ohtuanojan pH pysyi seuranta-ajan hyvällä tasolla ollen suurimman osan aikaa yli kuuden (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**). Veden sameus vaihteli veden pinnankorkeuden mukaan siten, että sadetapahtumien aiheuttamien pinnankorkeushuippujen jälkeen vesi oli sameampaa. Sameusanturilla mittausalue loppui 400 NTU, joten sen ylittäviä pitoisuuksia ei mitattu. Sähkönjohtavuus oli pääasiassa matala (< 20 mS/m) ja oli korkeimmillaan heinäkuun vähävetisenä aikana (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**).



Kuva 24. Ohtuanojan jatkuvatoimisesti mitattu sähköjohtavuus EC (mS/m), sameus (NTU), pH ja veden pinnankorkeus seuranta- ja mittauspaikalla Ohtuanoja Lököperä vuosina 2021 ja 2022.

3.3.4 Ekologinen luokittelu

Ohtuanoja on luokiteltu voimakkaasti muutetuksi keskisuureksi turvemaiden joeksi, jonka ekologinen tila on tyydyttävä. Ekologisen tilan luokittelu perusteena ovat olleet fysikaaliskemialliset ja hydro-morfologiset muuttujat, joiden perusteella Ohtuanoja on luokiteltu välttävään tilaan, sekä biologisista muuttujista kalasto, jonka perusteella Ohtuanoja luokitellaan tyydyttävään tilaan.

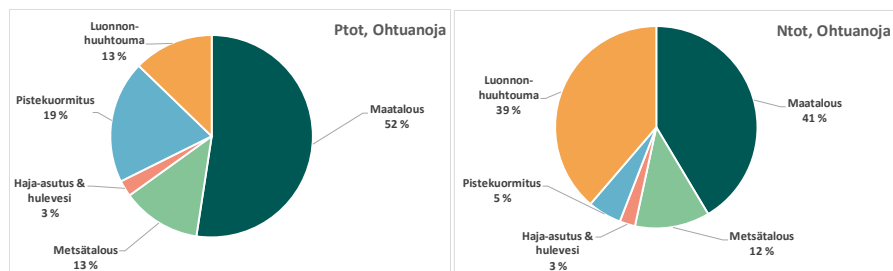
Luokittelussa painotetaan biologisia laatuindikaattoreita. Kemiallisen tilan luokittelussa Ohtuanojalla ylittyy bromattujen difenyylietterien (asiantuntija-arvio) sekä kalaelohopean osalta (ylittyy kaukokulkeuman ja luonnon olosuhteiden perusteella). Kemiallisen tilan painotus Ohtuanojalla on tunnistettu hajakuormitus sekä laskeuma.

3.4 Vesistökuormitus

Ohtuanojan valuma-alueelta Siikajokeen kohdistuvaa ravinnekuormitusta arvioitiin Vemala (Huttunen ym. 2016) ja SWAT (Arnold ym. 1998) valuma-alueemalleilla. Vemalan mukaan kokonaisfosforikuormitus oli jaksolla 2012–2021 keskimäärin 5 100 kgP/v eli 0,45 kgP/ha/v, joka tulee valtaosin (52 %) maataloudesta (Kuva 25). Loppuosa fosforikuormituksesta jakaantuu metsistä tulevan kuormituksen ja pistekuormituksen kesken. Sen sijaan kokonaistyyppikuormituksesta (59 000 kgN/v eli 5,2 kgN/ha/v) jopa puolet tulee metsäalueilta (metsätalous + luonnonhuuhtouma) pistekuormituksen osuuden ollessa vähäisempi (Kuva 25).

Pistekuormitusta tulee Ohtuanojan valuma-alueen yläjuoksulla sijaitsevalta Pohjolan Perunan tuotantolaitokselta. Valuma-alueella muodostuvat yhdyskuntajätevedet johdetaan Ruukin jätevedenpuhdistamolle ja sieltä puhdistettuna Siikajokeen. Ohtuanojan valuma-alueella asuu vakituisesti viemäriverkoston ulkopuolisissa kiinteistöissä 510 henkeä, minkä lisäksi alueella on 79 loma-asuntoa. Siten haja-asutuksen (ja hulevesien) osuus alueelta lähtevästä niin typpi- kuin fosforikuormituksestakin on vähäinen (Kuva 25).

SWAT:illa arvioituna kokonaisfosforikuormitus (0,44 kgP/ha/v) oli hyvin lähellä Vemalan arviota. Kokonaistyyppikuormituksen SWAT arvioi jonkin verran Vemalaa suuremmaksi (5,8 kgN/ha/v).



Kuva 25. Ohtuanojan ravinnekuormituksen jakautuminen keskimäärin jaksolla 2012–2021. (Lähde: Vemala).

4 Vesistökuormituksen muodostuminen

4.1 Maatalouden hajakuormitus

Suomen maatalouden aiheuttama kokonaisfosforikuormitus on Vemala-mallilla tehdyn arvion mukaan keskimäärin noin 2 300 tonnia vuodessa. Kuormitus johtuu maanpinnan rikkomisen ja muokkaamisen (esim. kyntö) aiheuttamasta eroosiosta sekä peltojen 1990-luvun alkuun kestäneen ylilannoituksen seurauksena tapahtuvasta liukoisien fosforin huuhtoutumisesta peltomaasta. Peltojen fosforiluku nousi 1950-luvun noin 5 mg/l:sta 1990-luvun alkuun mennessä tasolle 12,5 mg/l:aan maata (Yli Halla ym. 2001). Tämän ylimääräisen fosforin hidas huuhtoutuminen ylläpitää liukoisien fosforin kuormitusta siitä huolimatta, että lannoitusosat ovat 1990-luvulta lähtien selvästi laskeneet. Tavoitteena on ollut vähentää fosforilannoitteiden käyttöä niin, että viljelymaiden fosforipitoisuus laskisi tasolle välttävä–tydyttävä. Käytännössä kasvinviljelytilat ostavat lannoitteita rehuviljelyyn, mutta ravinteet jäävät pitkälti kotieläintiloille, mikä voi johtaa niiden tarpeettoman suureen fosforin käyttöön, jos maan fosforitila on jo aiemmin kohonnut. Laskennallisesti Suomen kotieläinten lannan fosforimäärällä pystyttäisiin kattamaan koko kasvinviljelyn fosforilannoitustarve, jos viljelykasveina olisivat pelkästään viljat ja nurmet. Käytännössä kuitenkin lannan korkea fosforipitoisuus vaikeuttaa sen kustannustehokasta käyttöä, ts. lannassa on fosforia suhteessa tyypeen runsaammin kuin viljelykasvien tasapainoinen lannoitus edellyttäisi.

Valtaosa maatalouden fosforikuormituksesta ei kuitenkaan huuhtoudu liukoissa muodossa, vaan kulkeutuu vesistöihin eroosioaineksen mukana. Tässä suhteessa kuormittavin pellonmuokkaustapa on kyntö, joka jättää maanpinnan paljaaksi, mikä lisää eroosiota, mutta toisaalta vähentää liukoisien fosforin kuormitusta. Syyskyntö on kuormittavampaa kuin kevätkyntö, joten ajoittamalla kyntö kevääseen on mahdollista vähentää kuormitusriskiä. Jättämällä pelto kasvukauden ulkopuolella sängelle voidaan vähentää eroosiota ja partikkelifosforin kuormitusta, mutta liukoisien fosforin kuormitus saattaa hieman nousta verrattuna syyskyntöön. Suorakylvö vähentää eroosiota ja partikkelifosforikuormitusta, mutta lisää selvästi liukoisien fosforin kuormitusta. Pellon nurmipeite muodostaa kestävä pinnan eroosiota vastaan, mutta sekin lisää liukoisien fosforin kuormitusta. Edellä mainituista syistä johtuen onkin suositeltavaa kyntää pellot esim. muutaman vuoden välein, mutta mieluiten keväällä. Maatalouden vesistökuormitusta voidaan vähentää myös pellon ja valtaojan tai vesistön väliin jätettävillä suojavyöhykkeillä (Uusi-Kämpä 2005), rakentamalla valtaojat ns. 2-tasoumiksi (Västilä ym. 2021) sekä perustamalla kosteikkoja peltovaltaisille valuma-alueille (Koskiahho & Puustinen 2005).

Toinen vesistöjen rehevöitymistä aiheuttava kasvinravinne on typpi, jonka maataloudesta aiheutuva kokonaiskuormitus Suomessa on Vemala-mallilla tehdyn arvion mukaan noin 25 000 tonnia vuodessa. Typen olomuodot ja prosessit poikkeavat monessa suhteessa fosforista. Siinä missä fosforia, joka esiintyy maaperässä ja jota on raaka-ainemääränsä puolesta maapallolla rajallisesti, on kiertossa olevaa tyyppiä käytännössä loputtomasti kaasuna ilmakehässä. Tätä ilmakehän tyyppiä tulee maahan sadeveden mukana, kuivalaskeumana, biologisen typensidonnan välityksellä ja ilmakehän tyypestä valmistettavissa lannoitteissa. Tyyppiä poistuu maasta kaasumaisina yhdisteinä ilmakehään, huuhtoutumalla pinta- ja pohjavesiin sekä viljelykasvien sadonkorjuun mukana. Pääosa vesistöä kuormittavasta tyypestä on liukoista nitraattia. Tyyppikuormitusta syntyy sekä pinta- että salaojavalunnan kautta, valtaosin jälkimmäistä reittiä. Tyyppikuormitusta voidaan vähentää tarpeenmukaisella lannoituksella, lannan multauslevityksellä, huolehtimalla toimivasta pellon vesitaloudesta ja hyvästä peltomaan rakenteesta sekä kevennetyllä muokkaustekniikalla, jossa kyntö korvataan esimerkiksi suorakylvöllä.

Vesistöjen ravinnekuormituksen vähentämisen lisäksi myös ilmastonmuutoksen hidastaminen vaatii peltoviljelyyn liittyviä toimia, jotka vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä, säilyttävät maaperään orgaanisen hiilen varastoja ja lisäävät orgaanisen aineen varastoitumista maaperään. Maan orgaaninen aine, josta noin puolet on hiiltä, koostuu kasvien ja eläinten jätteistä sekä mikrobeista. Orgaanisen aineksen pidentymistä voi tapahtua kemiallisesti ja fysikaalisesti mineraaliyhdisteissä tai biokemiallisesti

hiiliketjuissa. Peltomaan orgaanisen aineen määrällä ja laadulla on suuri merkitys hiilensidonnalle (ilmastonmuutos), pellon ravinnetaloudelle (lannoitustarve), pellon vesitaloudelle ja maan rakenteelle sekä luonnon monimuotoisuudelle. Viileä ja kostea ilmasto sekä maan hienojakoinen kivennäisaines suosivat orgaanisen aineksen kertymistä maahan.

Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta erityisen ongelmallisia ovat ns. turvepellot, joiden maaperässä orgaanisen aineksen osuus ylittää 40 %. Turvepeltoja on Suomen peltopinta-alasta noin kymmenesosa eli 260 000 hehtaaria (Maanavilja 2020). Turvemaista 60 % on syväturpeisia eli turvekerros on yli 60 senttimetrin paksuinen. Kun hajoamiselta välttynyttä eloperäistä ainetta hajoaa joutuessaan hapellisiin oloihin, hiili vapautuu ilmaan hiilidioksidina. Näin tapahtuu, kun turvemaita kuivatetaan. Turvepeltojen maaperän päästöt ilmakehään muodostavat puolet Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Tärkeimmät turvemailta nousevat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O).

Suomalaisilta turvepelloilta on vähemmän ravinnekuormitus- ym. tutkimustuloksia kuin mineraalimailta. Tuoreimpia tuloksia turvepelloilta on saatu Luonnonvarakeskuksen ylläpitämältä Ruukin koekentältä, jossa on tehty vedenlaadun ja -määrän mittauksia vuodesta 2016 alkaen. Ruukin koekentällä kokonaisfosforikuormitus vaihteli välillä 0,14–0,37 kgP/ha/v ja liukoisen fosforin kuormitus välillä 0,02–0,20 kgP/ha/v. Siten Ruukin fosforikuormitusluvut ovat selvästi matalammat kuin Tohmajärven koekentällä 1980–1990-luvuilla tehdyissä tutkimuksissa saadut tulokset: 1,3–2,0 kgP/ha/v (kokonaisfosfori) ja 0,8–1,1 kgP/ha/v (liukoinen fosfori). Myös Syken ns. pienten valuma-alueiden pitkäaikaisissa mittauksissa (Tattari ym. 2017) on maatalousvaltaisilta alueilta huuhtoutunut keskimäärin enemmän (1,1 kgP/ha/v) kokonaisfosforia kuin Ruukin koekentällä.

Sytä siihen, että Ruukissa huuhtoutui fosforia paljon vähemmän kuin Tohmajärven koekentän paksumaiselta pellolta ovat, että i) Ruukissa salaojiin menevä vesi on kontaktissa kivennäismaan kanssa ja Ruukin maassa on paljon rautahydroksidia, joka sitoo tehokkaasti fosforia sekä ii) turpeen paksuuden kasvu lisäsi liuenneen fosforin osuutta Tohmajärvellä.

4.2 Metsätalouden hajakuormitus

Vesistöjen hajakuormitusta tulee maatalousalueiden lisäksi myös metsistä, jotka kattavat 78 % Suomen kokonaismaa-alasta. Uusimman arvion (Finér ym. 2020) mukaan Suomen metsistä ja soilta tulee vuosittain kokonaistyyppä 44 600 tonnia, kokonaisfosforia 1 760 tonnia ja orgaanista hiiltä 1,8 miljoonaa tonnia. *Metsätaloustoimien osuus* metsistä ja soilta tulevasta kokonaistyyppikuormituksesta on 16 % (7 300 tonnia/v) ja kokonaisfosforikuormituksesta 25 % (440 tonnia/v). Uusissa typpi- ja fosforikuormitusarvioissa näkyy selvästi metsäojitusten vaikutus. *Metsätalouden osuus kaikesta ihmistoiminnan aiheuttamasta* typpi- ja fosforikuormituksesta nousee siis Finérin ym. (2020) arviossa 6 %:sta 12 %:iin ja fosforikuormituksesta vastaavasti 8 %:sta 14 %:iin. Luonnonhuuhtouma on suurinta Etelä-Suomessa ja metsätaloustoimien osuus suurinta Pohjanmaalla ja Kainuussa, missä on paljon ojitettuja soita.

Aiemmin 1970- ja 1980-luvuilla ojitus ja lannoitus olivat merkittävimmät vesiä kuormittavat metsätalouden toimenpiteet. Sitten uudistushakkuu ja sitä seuraava muokkaus sekä kunnostusojitus ovat olleet metsätalouden suurimpia vesistökuormituksen aiheuttajia. Aiemmin metsäojituksen on oletettu aiheuttavan ravinnekuormitusta 10 vuoden ajan (Kenttämies & Mattsson 2006), mutta uusimpien tulosten mukaan kuormitus jatkuu tätäkin pidempään (Finér ym. 2020). MetsäVesi -hankkeen tulosten mukaan metsistä tuleva fosforikuormitus on vähentynyt viime vuosiin asti, mutta typen- ja orgaanisen hiilen pitoisuuksissa havaittiin nousevia trendejä vuosina 1978–2018. Samanaikaisesti ilman lämpötilassa, hydrologiassa ja happamassa laskeumassa on tapahtunut muutoksia, jotka voivat selittää pitoisuuksien nousuja. Hankkeen tulosten pohjalta suositeltiin typen ja orgaanisen hiilen kuormituksen hallintaan kehitettäväksi uusia menetelmiä erityisesti turvemaille sekä tulosten sisällyttämistä vesienhoidossa käytettävään Vemala-mallijärjestelmään.

4.3 Haja-asutuksen kuormitus

Suomessa on noin 300 000 vakituisesti asuttua kiinteistöä ja 400 000 kesämökkiä, joita ei ole liitetty viemäriverkostoon. Suomen vesistöjen fosforikuormituksesta n. 7 % ja typpikuormituksesta n. 3 % tulee näiltä kiinteistöiltä, joita kaikkia koskee ympäristönsuojelulaissa 527/2014 asetettu yleinen puhdistamisvelvollisuus. Sen mukaan jätevedet on käsiteltävä niin, ettei ympäristö ole vaarassa pilaantua. Laissa on lisäksi määritelty perustason käsittelyvaatimus, joka tulee täyttää automaattisesti kaikilla kiinteistöillä, jotka sijaitsevat pohjavesialueella tai enintään 100 metrin päässä vesistöstä tai merestä. Jos taas kiinteistö on näiden alueiden ulkopuolella, eli ns. kuivalla maalla, vaatimukset tulee panna täytäntöön viimeistään seuraavan ison remontin yhteydessä, esimerkiksi muutettaessa rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmää. Lisäksi kunta voi asettaa perustasoa tiukemmat puhdistusvaatimukset pilaantumiselle herkillä alueilla.

4.4 Pistekuormitus

Pistekuormitus tarkoittaa vesistökuormitusta, joka on lähtöisin pistemäisistä päästölähteistä, joita voidaan helposti mitata. Pistekuormitusta ovat esimerkiksi yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilta ja teollisuuslaitoksista tulevat päästöt. Myös turvetuotantoalueilta tuleva kuormitus katsotaan pistemäiseksi.

5 Maatalouden vesistökuormituksen vähentämismenetelmiä

5.1 Kosteikot

Kosteikot vähentävät maatalouden vesistökuormitusta ja siten täydentävät pelloilla tehtäviä vesiensuojelutoimenpiteitä. Paikallisesti kosteikko voi parantaa vesien tilaa merkittävästikin, sillä se vähentää ravinteiden ja kiintoaineksen kulkeutumista vesistöihin. Linnut, riista, kalat, ravut ja monet muut eläimet menestyvät kosteikoilla. Hyvin suunnitellut ja rakennetut kosteikot tuovat myös silmäniloa ja elävöittävät maaseutumaisemaa. Kosteikot myös varastoivat vettä ja vähentävät siten alapuolisten alueiden tulvimisriskiä. Lisäksi viljelijät voivat käyttää kosteikkoihin varastoitunutta vettä kasteluun ja siten kierrättää ravinteita takaisin pelloille.

Jotta maatalouden ympäristötukea voidaan myöntää kosteikolle Suomessa, niiden on yhdessä katettava vähintään 0,5 % valuma-alueesta, josta vähintään 10 % on oltava peltoa. Kosteikot toimivat sitä tehokkaammin, mitä korkeammat ovat tulevan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet. Tämän vuoksi kosteikot kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle kuormituslähteitä. Kosteikot tulisi perustaa mahdollisimman pitkälti patoamalla, mutta käytännössä joudutaan aina tekemään kaivutöitä mm. syvännealueiden kohdalla.



Kuva 26. Kosteikko suomalaisessa maaseutumaisemassa. (kuva: Jari Koskiahho).

Kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden osalta kosteikon positiiviset vaikutukset ovat (jonnekin aikaa rakentamistaiheen jälkeen) välittömiä, kun taas liuenneilla ravinteilla saattaa kestää noin 5 vuotta, kunnes ainepoistumat ovat merkittäviä (Koskiahho & Puustinen 2019). Typenpidätysskapasiteetti

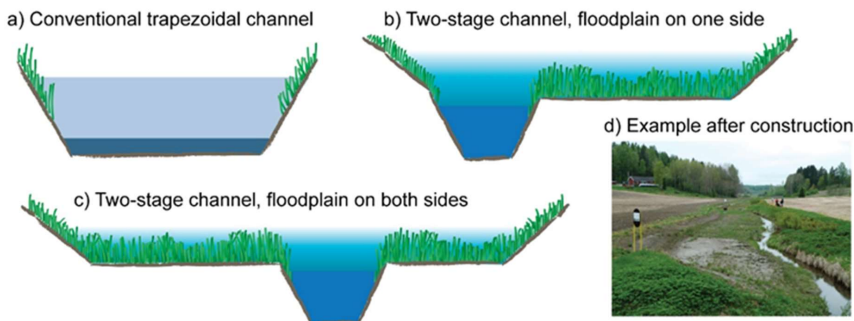
kosteikoilla on rajaton typpikaasun haihtuessa ilmakehään (denitrifikaatio). Kosteikon maaperän fosforinpidätyksen kapasiteetti (adsorptio) on rajallinen, mutta fosforipitoisten maapartikkeleiden sedimentoituminen sekä biologinen fosforin (ja typen) poisto jatkuvat periaatteessa loputtomiin. Tämä edellyttää kuitenkin säännöllistä kosteikkoon kertyneen sedimentin poistoa ja kasvillisuuden niittoa noin 5–10 vuoden välein. Hyvin suunniteltu ja reilusti mitoitettu kosteikko voi korkeimmillaan pidättää jopa 70 % siihen vuoden aikana kulkeutuvasta kiintoaine- ja ravinnekuormituksesta (Koskiahio & Puustinen 2019).

5.2 Kaksitasouomat

Peltojen pitämiseksi hyvässä viljelykunnossa on ylimääräinen vesi poistettava pelloilta ojittamalla. Tasapainoista vesitaloutta tarvitaan myös varmistamaan peltojen riittävä kantokyky, jotta ne kestävät maatalouskoneita ilman liiallista, sekä viljelylle että ympäristölle haitallista maaperän tiivistymistä. Suomen peltojen laajamittainen perusojitus tehtiin toisen maailmansodan jälkeen parempien viljelyolosuhteiden mahdollistamiseksi. Tällä hetkellä yli 70 %:lla Suomen ojitetusta peltoalasta vedenkuljetuskapasiteetti ja kuivatussyvyys eivät ole enää riittäviä ikääntyneen ojaverkoston kunnan heikkenemisen vuoksi.

Tämä "ylläpitovelka", joka kohdistuu tähän korvaamattomaan osaan Suomen maaseutuinfrastruktuuria, on tavalla tai toisella ratkaistava tulevina vuosina. Vaihtoehtona tavanomaiselle valtaojien ruopautavalle on muotoilla ojat uudelleen ns. kaksitasouomiksi, mikä tarjoaa uuden, luonnonmukaisen ratkaisun maatalouden vesienhallintaan. Kaksitasouomat koostuvat kapean, jatkuvasti virtaavan veden peittämän pääuoman sivuille rakennetuista tulvasanteista.

Valtaojat on perinteisesti suunniteltu poikkileikkaukseltaan puolisuunnikkaan muotoisiksi (ks. Kuva 27 a) siten, että niihin johdetaan viereisten peltolohkojen salaojavedet. Näin ne siirtävät vettä alavirtaan mahdollisimman tehokkaasti. Puolisuunnikkaan muotoisista valtaojista puuttuu tulvasanteita, jolloin ne ovat alttiita yhtäältä luiskien eroosiolle ja toisaalta sedimenttien liialliselle kertymiselle, kun oja yrittää palauttaa tasapainon sedimentin irtoamisen, kulkeutumisen ja kasautumisen välillä.



Kuva 27. Tyypilliset poikkileikkaukset perinteisesti ruopatusta puolisuunnikkaan muotoisesta valtaojasta (a), toispuoleisesta kaksitasouomasta (b) sekä molemminpuoleisesta kaksitasouomasta (c). Kuvassa d) on kaksitasouoma rakentamisen jälkeen. (Kuvat: Kaisa Västilä).

Kaksitasouoman alemmassa, ensimmäisessä tasossa suhteellisen kapea alivesiuoma mahdollistaa riittävän nopeuden minimoimaan vedessä olevan kiintoaineen laskeutumista alhaisten virtaamien aikoina. Toinen, vaakasuora korkeampi taso vähentää uoman reunojen erodoitumisriskiä verrattuna perinteiseen ratkaisuun ja voi toimia salaojavesien vastaanottajana, minkä lisäksi se tarjoaa ylimääräistä

veden varastointikapasiteettia tulvajaksolla. Jos kaksitasouoma on oikein suunniteltu ja toteutettu, sen vaatii vain vähän tai ei ollenkaan huoltoa.

Yhdysvaltain keskilännessä ja Suomessa tehdyt tutkimukset osoittavat, että kaksitasouomat voivat parantaa maatalouden valumavesien laatua pidättämällä kiintoainetta, fosforia ja typpeä tulvatasanteelle (esim. Mahl et al. 2015, Västilä ym. 2016). Suomessa kaksitasouoman tehokkuutta on arvioitu perusteellisesti jaksolla 2010–2019 (Västilä & Jilbert, artikkeli valmisteilla). Kiintoaineen nettopoistumaa tulvatasanteella ja alivirtaamakanavassa selvitetiin toistuvilla korkearesoluutioisilla poikkileikkausgeometrian tutkimuksilla. Fosforin, typen ja hiilen kertymisnopeudet laskeutuneessa sedimentissä määritettiin sedimentin pystysuuntaisten massajakaumien perusteella. Yhdeksän vuoden seurannan perusteella pidättyminen 830 metriä pitkällä tulva-alueella käsitti 6 450 kg kiintoainetta, 4,7 kg fosforia, 23,2 kg typpeä ja 228 kg hiiltä keskimäärin yhtä vuotta kohden. Kuormien kokonaismäärästä pidättyi 6,8 % kiintoainetta, 3,5 % fosforia, 0,42 % typpeä ja 0,62 % hiiltä.

Oletuksena on, että kaksitasouoma vähentää sedimentin kertymistä kapean alivesiuoman pohjalle, mikä vähentää huoltotarvetta ja pidentää uoman elinkaarta. Tulvatasanteille muodostuvat uudet elinympäristöt ja luonnonmukaisempi alivesiuoma myös lisäävät biologista monimuotoisuutta.

Perinteisen, puolisuunnikkaan muotoisen kanavan kunnossapito voi olla jatkuva ongelma erityisesti alueilla, joilla on eroosioherkkä maaperä, josta kulkeutuva maa-aines ajan myötä täyttää ojan pohjat. Ylimääräisen kiintoaineen poistaminen kuivatuksen ylläpitämiseksi vaatii raskaan kaluston käyttöä, mikä tulee kalliiksi maanomistajille.

Kaksitasouomien tarvitsemien huoltotoimenpiteiden välisen ajanjakson on arvioitu olevan jopa useita vuosikymmeniä (Paradis & Biron 2017), mikä lisää kaksitasouomien taloudellista kannattavuutta pidemmällä aikavälillä. Vähäisemmän huoltotarpeen uskotaan johtuvan siitä, että kaksitasouomat jäljittelevät luonnollisia olosuhteita ja sedimentaatio- ja tulvaprosesseja. On kuitenkin syytä muistaa, että vanhimmatkin kaksitasouomat ovat olleet olemassa vasta alle 20 vuotta, joten niiden todellisesta elinkaaresta tiedetään vain vähän ja vertaisarvioituja tutkimuksia ei ole vielä saatavilla.

5.3 Kipsi

Kipsin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) avulla peltojen fosforihuuhtoumia saadaan leikattua nopeasti, sillä kipsin vaikutus alkaa heti sen jouduttua maaperään. Vaikutus perustuu maaperän ionivahvuuden kasvuun, mikä puristaa maapartikkeleita ympäröivän sähköisen kerroksen ohuemmaksi. Siten maapartikkelit pääsevät lähemmäksi toisiaan ja muodostavat näin suurempia, helpommin pidättyviä aggregaatteja. Kalsiumionit muodostavat myös "siloja" maapartikkelien välille. Kun lisäksi fosforia kiinnittyy maapartikkelien pintoihin tehokkaammin, myös fosforin vapautuminen veteen vähenee. Fosfori on kuitenkin viljelykasvien saatavilla samassa määrin kuin ilman kipsin lisäystäkin. Kipsi ei ole happoliukoinen eikä muuta maaperän pH:ta. Kipsiä esiintyy luonnossa louhittavana mineraalina, mutta Suomessa kipsiä on saatavilla suuria määriä ainoastaan fosforihappo- eli lannoiteteollisuuden sivutuotteena.

Kipsikäsitteily vähentää merkittävästi sekä valumaveteen liuenneen että maaperään sitoutuneen hiukkasmaisen fosforin huuhtoutumista (Ekholm ym. 2012). Liuennut reaktiivinen fosfori (DRP) on suoraan leville käyttökelpoista, kun taas hiukkasmaisen fosfori (PP) lisää rehevöitymistä vain liuetessaan veteen. Kipsin aiheuttama ionivahvuuden kasvu peltomailla vähentää myös liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) huuhtoutumista. Yleisesti ottaen hiiltä tulisi sitoa maatalousmaihin mahdollisimman paljon paitsi maaperän hyvän rakenteen ylläpitämiseksi, myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Kipsin käyttö maanparannuskeinona voi vähentää peltojen fosforikuormitusta jopa 50 % samalla kun hyödynnetään lannoiteteollisuuden sivuvirtaa. Nykytiedon mukaan peltojen kipsikäsitteilyn vaikutus valumaveden laatuun kestää noin 5 vuotta, jonka jälkeen käsittely tulisi uusia pidempiaikaisten kuormitusvähennemien aikaansaamiseksi.

Maanviljelijälle kipsin levitys on yksinkertainen toimenpide, sillä se voidaan toteuttaa kalkin tai lannan levityslaitteilla, joita löytyy lähes jokaiselta tilalta. Vesiensuojeluvaihtoehtoihin riittävä kipsimäärä

on 4 tonnia hehtaarille. Kipsiä suositellaan levitettäväksi sadonkorjuun jälkeen ennen syysmuokkausta. Kipsi soveltuu kaikkiin viljelymenetelmiin: kyntö, kevennetty muokkaus, suorakylvö jne. Vesiensuojelun kannalta paras tulos saavutetaan käyttämällä kevennettyä muokkausta kipsin levityksen jälkeen, sillä näin kipsi sekoittuu tasaisemmin maahan eikä ole alttiina pintavalunnalle. Vuonna 2016 Suomessa toteutetussa kipsinlevityspilotissa 55 viljelijää tilasi kipsiä paikallisen maatalousjälleenmyyjän kautta. Suurin osa (80 % tiloista) levitystöistä tehtiin ulkopuolisen urakoitsijan toimesta ja loput tilan omalla kalustolla. Kipsikäsittelyn jälkeen pelloista 58 %:lla käytettiin kevennettyä muokkausta ja 33 % kynnettiin. Yhdeksän kymmenestä viljelijästä arvioi, että kipsin levitysprosessin eri vaiheet – kipsin toimitus, varastointi ja siirto tilalla sekä itse levitys – sujuivat hyvin. Yli 70 % viljelijöistä katsoi menetelmän soveltuvan hyvin muiden peltotöiden väliin.

Kipsi soveltuu parhaiten savimaille, joten menetelmälle suositellaan alueellista kohdentamista. Suomessa on arvioitu, että Selkämeren, Saaristomeren ja Suomenlahden valuma-alueille sopiva kipsin levitysala on noin 540 000 hehtaaria, mikä on noin neljännes Suomen koko peltoalasta. Tämä arvio on tehty rajaamalla alueita, joille kipsikäsittelyä ei suositella mm. kipsin sisältämän sulfaatin (SO_4) vuoksi. Kipsiä ei suositella levitettäväksi järvien valuma-alueille, koska SO_4 -pitoisuuden nousu voi lisätä fosforin vapautumista järven pohjasedimentistä ja siten kiihdyttää rehevöitymistä. Mereen päätyessään SO_4 ei aiheuta haittaa, sillä merivedessä sitä on luonnostaan runsaasti. Myös pohjaveden muodostumisalueet on rajattu kipsikäsittelyyn soveliaiden alueiden ulkopuolelle. Kipsiä ei myöskään suositella käytettäväksi happamilla sulfaattimailla, koska siellä fosforin huuhtoutumisriski on muutoinkin vähäinen.



Kuva 28. Kipsin levitystä pellolle. Kuva: Jari Koskiahho.

5.4 Hyvät viljelykäytännöt

5.4.1 Vuoroviljely

Vuoroviljely eli viljelykierto (Jalli & Huusela-Veistola 2009) on maanviljelyä, jossa samalla pellolla viljeltävä kasvi vaihtuu peräkkäisinä vuosina. Vuoroviljelyn tavoitteena on välttää haittoja, joita aiheutuu saman kasvilajin viljelystä samalla paikalla. Vuoroviljelyn avulla voidaan estää tuholaisten pesiytymistä, vähentää rikkakasveja sekä pitää maan ravinnevarannot tasapainoisina. Viljelykierto on keskeinen tekijä maan ravinteisuuden ja rakenteen ylläpitäjänä. Viljelykierrossa käytetään nurmia, viljoja sekä erilaisia juurikasveja.

Monipuolinen viljelykierto on hyväksi peltomaalle, koska kasvintähteiden koostumus ja määrä vaihtelevat, jolloin saadaan ravintoa erityyppisille maan mikrobeille ja ylläpidetään sienijuuriverkostoa. Juurien suurempi määrä ja monipuolisempi juuristorakenne muokkaavat maata eri syvyyksiltä, jolloin syntyy juurikanavia. Paksujuuriset kasvit pystyvät tunkeutumaan tiiviiseenkin maahan tai tiiviiden kerrosten läpi. Viljelykierto on omiaan lisäämään maan orgaanisen aineksen määrää, mikä parantaa paitsi hiilen, myös veden ja ravinteiden sitomiskykyä.

5.4.2 Kerääjäkasvit

Alus- ja kerääjäkasvit ovat viljelykasveja, joita viljellään maan kasvukunnon parantamiseksi, eroosion hillitsemiseksi, rikkakasvien torjumiseksi, mikrobien ruokkimiseksi, typen sitomiseksi, orgaanisen aineksen ja kasvipeitteisyyden lisäämiseksi sekä estämään ravinteiden huuhtoutumista. Kerääjäkasvi voidaan kylvää tuotantokasvin aluskasviksi ja antaa kasvaa sadonkorjuun jälkeen tai kylvää heti tuotantokasvin sadonkorjuun jälkeen. Aluskasviksi sopivia lajikkeita ovat valko- ja puna-apila, persianapila, italianraiheinä ja timotei. Sadenkorjuun jälkeen kylvettäväksi sopivia ovat italianraiheinä, valko- ja keltasinappi, öljyretikka ja viljat.

Kerääjäkasvit haihduttavat maasta vettä syksyllä ja jos kasvusto säilyy talven yli, myös keväällä. Tällöin maa kuivuu haihduttavan kasvuston ansiosta nopeammin, ja toisaalta kasvusto suojaa pintamaata liian nopealta kuivumiselta. Tasaisesti kuivuva pelto on nopeammin muokattavissa, muokkauksen aiheuttaman tiivistymisen riski pienenee ja kylvökosteus säilyy pintamaassa. Kerääjäkasvit ovat tärkeässä roolissa tuottavuuteen, kestävyyteen ja hiilensidontaan pyrkivän maatalan toiminnassa. Jos maatalan viljelykiertoon ei kuulu nurmea, tilan kannattaa hyödyntää kerääjäkasveja, jotka jatkavat yhteyttämistä satokasvin korjuun jälkeen.

Kerääjäkasvit myös vähentävät peltojen lannoituksen tarvetta ja tukevat maan mikrobien omia prosesseja. Yksi maan kasvukuntoon merkittävästi vaikuttavista kerääjäkasvien hyödyistä onkin niiden kyky lisätä maan eliöiden monimuotoisuutta ja määrää. Elävä ympärivuotinen kasvipeite tuottaa ruokaa maan mikrobeille ja suojaa maan pintaa, mikä puolestaan pienentää eroosiota ja siten tilalta lähtevää vesistökuormitusta. Kerääjäkasvit kannattaa kylvää riittävän ajoissa, jotta ne ehtivät tuottaa maan pinnalle suojaavan kasvuston ennen syyssateita. Maan jatkuvaan kasvipeitteisyyteen on syytä pyrkiä eroosion ehkäisemiseksi ja ravinnehuuhtoutumien vähentämiseksi. Kerääjäkasvien avulla on saavutettu huomattavia typpikuormituksen vähenemisiä, mutta fosforikuormituksen aleneminen edellyttää huolellista kasvilajien valintaa. Tämä johtuu suuresta vaihtelusta jäätymis/sulamisprosessien aikana vapautuvan fosforin määrissä eri kasvilajeilla (Riddle & Bergström 2013).

5.4.3 Maanmuokkaus ja ajankohta

Maanviljelyn vuotuisessa kierrossa kyntö, kevennetyt maanmuokkaustavat tai talviaikaista kasvipeitteisyyttä lisäävät käytännöt ajoittuvat kasvukauden loppuun. Tuolloin alkaa myös syyssateiden aiheuttama runsaampien valuntojen kausi. Kyntö jättää pellon pinnan paljaaksi, jolloin pintavalunnan kiintoainepitoisuus on kevyemmin muokattuun tai muokkaamattomaan ja kasvipeitteiseen peltoon verrattuna huomattavasti korkeampi (Sköien ym. 2012). Syyskynnön korvaaminen kevennetyllä muokkauksella, talviaikaisella sänkipeitteellä tai suora- ja kylvöllä alentaa valunnan kiintoaine- ja partikkelifosforipitoisuuksien lisäksi myös typen pitoisuuksia kasvukauden ulkopuolisella jaksolla, jolloin pääosa vuosivalunnasta muodostuu (Puustinen ym. 2010). Tämän vuoksi kyntö kannattaakin mahdollisuuksien mukaan ajoittaa kevääseen.

Merkittävin epäsuotuisa vesistövaikutus muokkausta kevennettäessä on liukoisien fosforin huuhtoutumisriskin kasvaminen (Ulén 2010), mikä johtuu helppoliukoisien fosforin rikastumisesta maan pintaan tai matalaan pintakerrokseen muokkausvyödyteltään matalammassa kevennetyssä muokkauksessa, suora- ja kylvössä tai muokkaamattomassa kasvipeitteisessä maassa (Muukkonen ym. 2006). Tämä lisää maa-veden liukoisien fosforin määrää ohuessa maan pintakerroksessa ja siten nostaa pellolta huuhtoutuvan

veden liukoisien fosforin pitoisuutta. Ilman kyntöä -viljelyyn liittyvää fosforin rikastumista pellon pinta-kerrokseen voi lievittää kyntämällä pelto joinakin vuosina (Baker ym. 2017), mieluiten keväällä.

5.4.4 Säättösalaajitus

Peruskuivatuksessa peltojen kuivatusvedet johdetaan valtaojien tai perattujen luonnonuomien kautta lähimpään vesistöön. Paikalliskuivatus on perinteisesti toteutettu avo-ojilla, mutta nykyisin jo noin 60 % Suomen pelloista on salaajitetu. Säättösalaajituksessa pelloilta tulevaa salaajavaluntaa säädetään säättökaivoihin asennettujen padotuslaitteiden avulla. Näin voidaan parantaa peltojen kasvuolosuhteita ja vähentää niiden ravinnehuuhtoutumia. Salaajien kautta on myös mahdollista johtaa lisävetä pellon maaperään, jolloin kyse on salaajakastelusta. Kuivatusvesien kierrätyksessä vettä johdetaan varastoaltaaseen, josta sitä pumpataan kasvukaudella takaisin salaajiin tai pellolle.

Säättösalaajituksella pohjavedenpintaa voidaan pitää ajoittain korkeammalla kuin tavanomaisessa salaajituksessa. Tällöin maan kosteus kasvaa ja salaajavalunta vähenee. Lisääntynyt maan kosteus parantaa viljelykasvien veden ja ravinteiden ottoa, jolloin sadon määrä kasvaa ja huuhtoutumiselle altis ravinneäärä maassa alenee. Kokonaisvalunnan väheneminen puolestaan johtaa pienempiin ravinne- ja torjunta-ainehuuhtoumiin. Padotettu pohjavesi estää hapen kulkeutumisen syvemmällä oleviin, mahdollisesti happamiin maakerroksiin. Tällöin happamuutta muodostuu vähemmän kuin tavanomaisesti salaajitetulla pellolla, minkä seurauksena myös metalliyhdisteiden liukeneminen vähenee.

Säättösalaajitus soveltuu parhaiten tasaisille, hyvin vettä läpäiseville maille, joilla suuri osa vuotuisesta valunnasta ja ravinnekuormituksesta tulee salaajien kautta.

5.4.5 Ravinteiden kierrätys

Karjanlanta on arvokasta lannoitetta viljelykasveille, joten sen kierrättämiseen ja käyttöön kannattaa panostaa. Kotieläinten kuluttamien rehujen ravinteista alle puolet poistuu eläintuotteiden (liha, maito, ym.) kautta valtaosan erittyessä eläinten lantaan. Jos kotieläinten ruokintaan lisätään ostorehuja, lannan ravinneäärä helposti ylittää tilalla viljeltävien rehukasvien lannoitustarpeen. Erityisesti tämä koskee fosforia sika- ja siipikarjatilalla. Kotieläintiloilla muodostuvan lannan sisältämän fosforimäärän onkin arvioitu olevan lähes yhtä suuri kuin koko Suomen peltoviljelyn fosforin tarve. Kotieläintuotanto on kuitenkin alueellisesti keskittynyttä, jolloin lannan kuljetusmatkat kauempana eläintiloista sijaitseville pelloille muodostuvat liian pitkiksi ja siten taloudellisesti kannattamattomiksi. Muodostuvasta lannasta nykyistä suuremman osan saaminen lannoituskäyttöön edellyttää erilaisten lannan prosessointitekniikoiden hyödyntämistä ja markkinoiden kehittämistä kierrätyslannoitteille.

Merkittävin lannan prosessointimenetelmä on separointi, jossa lietelannasta erotetaan toisistaan kuiva-aine ja neste, joiden ravinnepitoisuudet ovat erilaiset. Siten erotellut jakeet voidaan kohdentaa paremmin peltojen lannoitukseen. Nestemäisessä jakeessa on valtaosa separoidun lannan tyyppistä, kun taas fosfori on kiinteässä jakeessa. Separoinnin jälkeen lannan kuiva- ja nestejakeet voidaan varastoida erillisissä varastoissa, levittää tilan omille pelloille tai kuljettaa/luovuttaa ulkopuolisille tiloille.

Lannan levityksen ajoitus tulee suunnitella hyvin. Lannan levityskertoja suunniteltaessa on huomioitava se, että eri lantalajeista vapautuu ravinteita eri tavoin. Lietelannan ravinteet liukenevat nopeasti kasvien käyttöön, kun taas kiinteästä lannasta ravinteet vapautuvat hitaammin. Erityisesti typen osalta on tärkeää huomata, että runsas lannanlevitys keväällä voi aiheuttaa voimakastakin typen huuhtoutumista vesistöön myöhemmin keväällä/alkukesästä sattuvan rankkasateen seurauksena.

Ravinteiden mahdollisimman tehokkaan hyödyntämisen kannalta lanta kannattaa levittää ennen kylvämistä ja mullata heti. Lantaa voi keväällä alkaa levittämään aikaisintaan 1.4. Runsaan sateen aiheuttaman ravinteiden huuhtoutumisriskin lisäksi maa voi tiivistyä, jos levitys tehdään liian kosteaan maahan. Ravinteiden käytön maksimoimiseksi lantaa kannattaakin levittää mieluiten kasvavaan kasvustoon, jolloin kasvien ravinteiden otto on jo käynnissä. Kun kasvusto on levityshetkellä hyvässä kasvussa, se käyttää lannan ravinteet tehokkaasti ja peittää maan pintaa vähentäen ammoniakkin haihtumista.

Syyslevityksessä ravinteiden huuhtoutumisriski on kevättä suurempi. Mikäli maa ei ole kasvipeiteinen, riski eroosion mukana tapahtuvaan ravinteiden huuhtoutumiseen kasvaa. Lantaa levitettäessä peltomaa ei saa olla lumen peittämä, veden kyllästämä eikä routaantunut. Syksyllä lantaa saa levittää lokakuun loppuun saakka. Marraskuussa lantaa voi kuitenkin levittää poikkeustilanteessa, mutta tästä pitää tehdä ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. Syksyllä pintaan levitetty lietelanta tulee mullata viimeistään vuorokauden sisällä levityksestä. Syyskuun alusta alkaen lannan liukoisien typen määrä saa olla enintään 35 kg/ha. Tämä tarkoittaa yleensä, että kuivikelantaa saa levittää enintään 20 t/ha, naudan lietelantaa 20 t/ha, sian lietelantaa 15 t/ha, siipikarjan ja turkiseläinten lantaa 10 t/ha. Tarkka levitysmäärä lasketaan lanta-analyysin tulosten pohjalta.

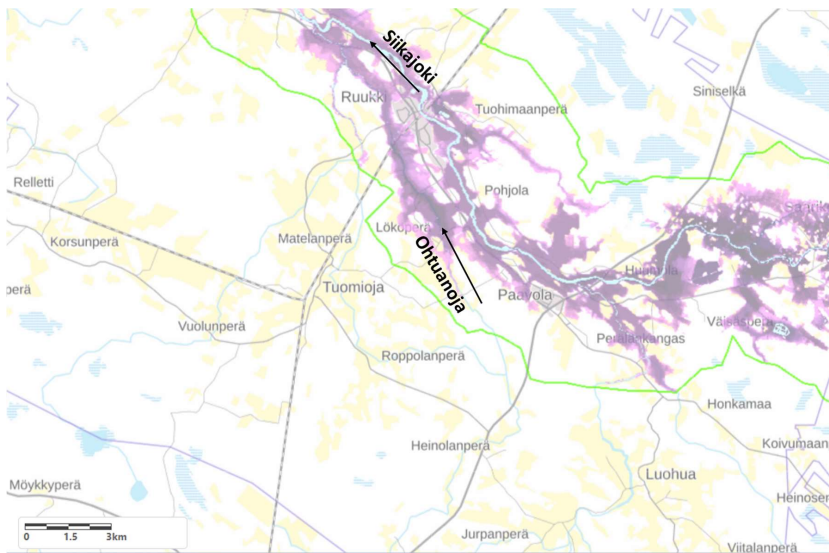
5.4.6 Peltöjen tulvasuojelu

Yleisesti pellot sijaitsevat alueilla, joissa niiden kuivatus saadaan vuodesta toiseen toteutettua niin, että viljelytoimet pystytään suorittamaan ajallaan ja viljakasvit tuottavat hyvän sadon. Osa pelloista on kuitenkin tulvimiselle keskimääräistä alttiimpia, minkä lisäksi ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat ääri-ilmiöt lisäävät peltöjen tulvariskejä. Varsinaisiin tulvasuojelutoimiin (pengerrykset, pumppaukset, tulvahyllyt) joudutaan turvautumaan harvemmin, mutta jokaisen viljelijän olisi syytä tarkistaa omien peltöjensä tulvaherkkyys Tulvakeskuksen ylläpitämässä tulvakarttapalvelussa (<https://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat>). Pilotivaluma-alueista Leppioja ei ole erityisen tulvaherkkää aluetta (Kuva 29), mutta Ohtuanojan alaosan alueella suunnilleen Lököperästä alavirtaan tulvariskeihin kannattaa varautua (Kuva 30).

Jos riskiä omien peltöjen tulvimiselle ilmenee, kannattaa viljelijän harkita suojavyöhykkeiden ja kosteikon perustamista sekä kaksitasuoman rakentamista maatilalleen. Vesiensuojeluhuötyjen lisäksi nämä menetelmät lisäävät veden varastotilavuutta ja suojaavat peltöjä veden nousulta.



Kuva 29. Leppiojan alueen tulvaherkkyyskartta. Ei punertavaa väritystä => ei sanottavaa tulvariskiä. (Lähde: Tulvakarttapalvelu).



Kuva 30. Ohtuanojan alueen tulvaherkkyysskartta. Mitä tummempi väritys, sitä suurempi tulvariski. (Lähde: Tulvakarttapalvelu).

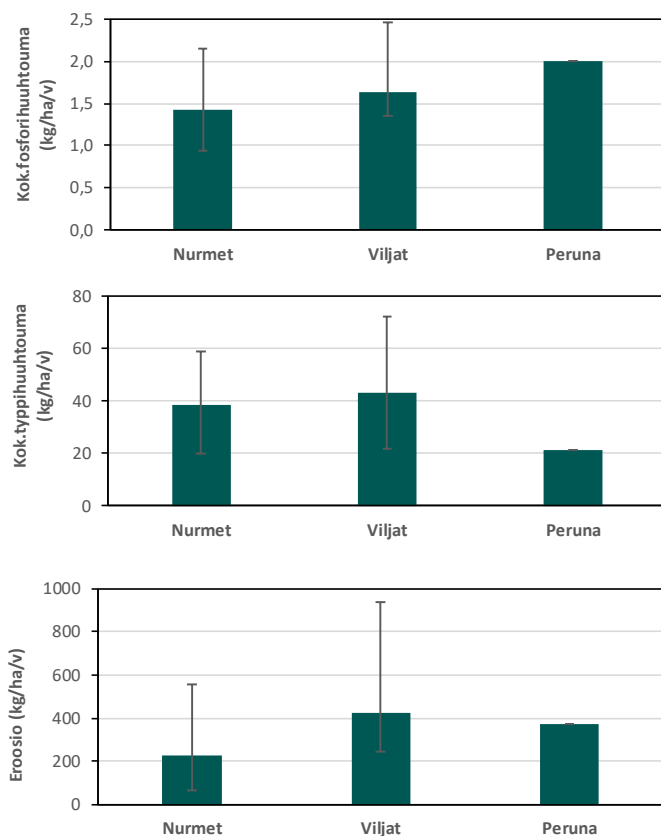
6 Mallinnustulokset pilottivaluma-alueilla

6.1 Peltolohkomallinnukset

Vesiensuojelua edistävien viljelykäytäntöjen vaikutuksia simuloitiin peltolohkotasolla Vemala/ICEC-REAM peltolohkomallilla. Lähtötiedot saatiin ProAgrian pilottitiloilta kokoamilta, vuoden 2020 viljelytoimia kuvaavilta lohkokorteilta, jotka sisälsivät mm. seuraavia tietoja:

- Kasvilajike
- Maanmuokkaustapa (kyntö, kevytmuokkaus, tms.) ja -ajankohta
- Alus/kerääjäkasvi (on/ei)
- Maalaji (multavuus, rakeisuus)
- Lannoitus (ravinnemäärät, levitysjankohdat, väkilannoite vs. lanta (kuiva vs. liete), levitystapa (pintalevitys vs. sijoitus))

Tiedot koottiin 7 pilottitilalta (2 Leppiojalla ja 5 Ohtuanojalla) ja simuloinnit tehtiin 81 lohkolle, joista 29 oli nurmi-, 47 viljan- ja 5 perunan viljelyssä. Näillä lähtötiedoilla laskettu kokonaisfosforikuormitus oli kaikilta tiloilta keskimäärin 1,57 kg/ha/v, kokonaistypikuormitus 39,4 kg/ha/v ja kiintoainekuormitus 336 kg/ha/v. Tulosten tarkastelussa on syytä huomioida, että talvi-kevätkakso oli vuonna 2020 varsin runsasvetinen, minkä vuoksi erityisesti typikuormitus oli poikkeuksellisen korkealla tasolla. Viljelytavoittain tarkasteltuna (Kuva 31) suurin fosforikuormitus tuli perunanviljelystä, kun taas typikuormitus ja eroosio olivat korkeimmillaan viljalohkoilla. Tilojen välinen vaihtelu oli vilja- ja nurmilohkoilla varsinkin eroosion osalta melko suurta johtuen erilaisista kaltevuusoloista ja muokkaustavoista (syyskyntö vs. kevytmuokkaus). Perunanviljelytiloja oli vain yksi, joten vaihtelua ei sille tuotantosuunnalle saatu esiin.



Kuva 31. Keskimääräinen kokonaisfosfori-, (ylin) kokonaistyppi- (keskellä) ja kiintoainekuormitus (alin) (kg/ha/v) Ympäristöviisas viljelijä -hankkeen pilottitiloilla eri kasviryhmillä. Mustat palkit kuvaavat minimi- ja maksimikuormituksia tiloittain.

6.2 Toimenpideskenaariot

Pilottitiloille tehtiin viisi erilaista vesistökuormituksen vähentämiseen tähtäävää skenaariota (ks. Taulukko 4), joita simuloitiin ICECREAM peltolohkomallilla samalle vuodelle 2020 kuin nykytila-arvio, johon skenaarioissa saatuja tuloksia verrattiin. Skenaariossa 1 syyskynnössä olleet pellot jätettiin kokonaan muokkaamatta syksyllä ja skenaariossa 2 kevätkynnössä olleet pellot muokattiin kevyemmällä menetelmällä (pelkkä äestys tms.). Skenaariossa 3 peltolohkokorteista malliin syötetyt typpi- ja fosforilannoitemäärät (väkilannoitus) puolitettiin. Skenaariossa 4 lohkoille lisättiin mallissa kerääjäkasvi (apila). Skenaariossa 5 monokulttuuria (referenssi) edusti rehuohra viitenä vuotena (2016–2020) peräkkäin ja viljelykiertoa seuraava: 2016 Kaura + kerääjäkasvi (timotei-apila) + kevätkyntö; 2017 Ohra + nurmen siemen (mukana apilaa); 2018 Säilörehunurmi; 2019 Säilörehunurmi; 2020 Säilörehunurmi + syyskyltö.

Lisäksi tehtiin erilliset, koko Leppiojan ja Ohtuanojan valuma-alueita koskevat skenaariot, joissa SWAT valuma-aluemallilla simuloitiin Vemala-mallijärjestelmän ehdottamien kosteikkojen vaikutuksia valuma-alueilta lähtevään ravinnekuormitukseen 10 vuoden (2010–2019) mallinnusjaksolla vertaamalla tuloksia ns. 0-skenaarioon, jossa kosteikkoja ei olisi. Kosteikkoskenaarioissa Leppiojan valuma-alueelle sijoitettiin 10 ja Ohtuanojan valuma-alueelle 25 kosteikkoa, jotka mitoitettiin ympäristötukiehtojen minimivaatimuksen mukaisesti, ts. kukin pinta-alaltaan 0,5 % yläpuolisesta valuma-alueestaan. Näin mitoitettujen kosteikkojen yhteenlasketut pinta-alat skenaarioissa 6a ja 6b olivat Leppiojalla 8 ha ja Ohtuanojalla 41 ha. Kaikkien kosteikkojen keskisyvytydeksi malliin asetettiin 50 cm.

Skenaariossa 1 selvästi eniten laski peltöjen kiintoainekuormitus, jopa yli 40 %, mutta myös typellä ja fosforilla aleneminen oli havaittavaa. Skenaarioissa 2 ja 3 ei havaittu vesistökuormitusvaikutuksia kumpaankaan suuntaan, mutta skenaariossa 3 sadon määrä aleni 21 %:lla, mikä oli ainoa satovaikutus simuloituissa skenaarioissa (Taulukko 4). Skenaariossa 4 havaittiin kohtalainen alenema typpikuormituksessa ja lievä alenema kiintoainekuormituksessa ja skenaariossa 5 voimakas, jopa lähes 50 % alenema typpikuormituksessa.

Valuma-alueen kosteikkoskenaarioissa (6a ja 6b) ravinnekuormituksissa havaittiin kohtalaiset alenemat molemmilla pilottivaluma-alueilla (Taulukko 4). Leppiojalla fosforikuormitus aleni keskimäärin 18 % ja typpikuormitus 11 %. Ohtuanojalla sen sijaan typpikuormitusta pidättyi tehokkaammin (19 %) kuin fosforikuormitusta (12 %).

Taulukko 4. Maatalouden toimenpideskenaarioiden vaikutukset vesistökuormitukseen ja satoon Ympäristöviisas viljelijä -hankkeen pilottitiloilla ja -valuma-alueilla ICECREAM peltolohkomallilla arvioituna. Vaikutuksen voimakkuus ja suunta: +++ = voimakas kuormitusta alentava tai satoa lisäävä, ++ = kohtalainen kuormitusta alentava tai satoa lisäävä, + = lievä kuormitusta alentava tai satoa lisäävä, 0 = ei vaikutusta, – = lievä kuormitusta kasvattava tai satoa vähentävä, – – = kohtalainen kuormitusta kasvattava tai satoa vähentävä, – – – = voimakas kuormitusta kasvattava tai satoa vähentävä. e/m = ei mallinnettu.

Skenaario	Kiintoaine	Fosfori	Typpi	Sato
1. Syyskylvä pois viljalohkoilta	+++	++	+	0
2. Kevätkynnon korvaaminen kevennetyllä muokkauksella	0	0	0	0
3. Lannoituksen puolittaminen perunalohkoilla	0	0	0	– –
4. Apila kerääjäkasvina	+	0	++	0
5. Vuoroviljely (vs. monokulttuuri)	0	0	+++	0
6a. Kosteikot, Leppioja	e/m	++	++	e/m
6b. Kosteikot, Ohtuanoja	e/m	++	++	e/m

Kommentoitu [KSM5]: Lannoituksen puolittaminen typellä ja fosforilla tekstin joukkoon.

Tehokkaimmiksi osoittautuneiden peltolohkotason vesiensuojelutoimien (skenaariot 1, 4 ja 5) monistaminen Leppiojan ja Ohtuanojan valuma-alueilla siten, että niitä sovellettaisiin jokaisella tilalla täysimääräisesti, johtaisi kiintoaine- ja typpikuormituksen puolittumiseen ja myös merkittävään fosforikuormituksen alenemaan. Jos tämän lisäksi toteutettaisiin tässä simuloitujen kosteikot, luultavasti myös fosforikuormitus puolittuisi. Näin suuret toimenpidemäärät eivät ainakaan lyhyellä aikavälillä ole realistisia, mutta luvut antavat kuvan toimenpiteiden potentiaalista ja niitä kohden kannattaa pyrkiä.

7 Suositukset

Kommentoitu [KSM6]: Satu Maaria kokoo suositukset

7.1 Suositukset viljelykäytäntöihin

Ympäristöviisas viljelijä -hankkeessa VEMALA-, ICECREAM- ja SWAT-mallinnustyökalujen avulla tehdyt pilottialueiden mallinnukset perustuivat pelloilla tapahtuviin luonnonprosesseihin ja vuoden 2020 viljelytoimenpiteisiin pilottitiloilla sekä alueellisiin kosteikkoskenaarioihin. Kyseinen vuosi oli Leppiojalla sateinen kesällä. Erilaisessa sääolosuhteissa kuormitus olisi todennäköisesti toisenlainen: vähävetisenä vuotena ei vastaavassa määrin pelloilta huuhtoudu ravinteita ja kiintoainesta. Seuraavat suositeltavat viljelykäytännöt kuitenkin tukevat ympäristöviisasta viljelyä oli sateinen tai vähäsateinen vuosi.

Suosittelavat viljelykäytännöt:

- kasvien tarpeen mukaan lannoittaminen
- syyskynnöstä luopuminen
- kerääjäkasvit
- vuoroviljely
- kosteikon perustaminen mahdollisuuksien mukaan

Näiden suositeltujen viljelykäytäntöjen avulla voidaan vähentää ravinne- ja kiintoainehuuhtoumia pelloilta seuraavasti menetelmittäin:

- Syyskynnöstä luopuessa pellot kynnetään keväällä ainakin muutaman vuoden välein, jotta typpi ja erityisesti kiintoaineen huuhtouma vähenisi.
- Kerääjäkasvien ja vuoroviljelyn avulla vähennetään fosfori- ja erityisesti typpi-kuormitusta.
- Oikein mitoitettu ja huolellisesti toteutettu kosteikon avulla voidaan tehokkaasti vähentää ravinne- ja kiintoainekuormitusta.

7.2 Suositukset maankäyttöön happamilla sulfaattimailla

Sekä Leppiojan että Ohtuanojan valuma-alueilla esiintyy happamia sulfaattimaita. Happamat sulfaattimaat ovat muinaista merenpohjaa, joka on maankohoamisen myötä nykyään kuivalla maalla. Happamat sulfaattimaat eivät luonnontilassaan aiheuta ongelmia, mutta kaikenlainen maankuivatus tai -kaivu voi altistaa maan sulfidikerrokset ilman hapelle. Hapen kanssa reagoidessaan sulfidikerroksissa muodostuu rikkihappoa, joka aiheuttaa maaperän ja sen kautta suotautuvien valumavesien happamoitumista. Happamuus liuottaa maaperästä valumaveteen myös metalleja. Happamilla sulfaattimailla toimittaessa onkin tärkeää välttää sulfidipitoisten maakerrosten hapettumista.

Suosittelavat käytännöt happamilla sulfaattimailla:

- Happamien sulfaattimaiden esiintymisalueella toimimisen tunnistaminen
- Kuivatussyvyyden kasvattamisen välttäminen ja minimointi
- Pohjaveden pinnantason hallinta ja ylläpito sekä vedenpidätyskyvyn lisääminen säätösalaajituksen, säätökastelun, kuivatusvesien kierrätyksen ja sekä pohjapatojen avulla
- Kalkkisuodinojen hyödyntäminen
- Ongelmallisimmilla alueilla, joilla sulfidikerros lähellä maan pintaa, siirtyminen pienemmän kuivatussyvyyden vaativien kasvien, kuten nurmen, viljelyyn

Lähteet

- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. & Williams, J.R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part i: Model development1. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* 34: 73–89. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>
- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (Toim.). 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen ympäristökeskus. 177 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/306745>
- Baker, D.B., Johnson, L.T., Confesor, R.B. & Crumrine, J.P. 2017. Vertical Stratification of Soil Phosphorus as a Concern for Dissolved Phosphorus Runoff in the Lake Erie Basin. *Journal of Environmental Quality* 46(6): 1287–1295. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0337>
- Ekholm, P., Valkama, P., Jaakkola, E., Kiirikki, M., Lahti, K. & Pietola, L. 2012. Gypsum amendment of soils reduces phosphorus losses in an agricultural catchment. *Agricultural and Food Science* 21(3): 279–291. <https://DOI.org/10.23986/af-sci.6831>
- Fältmarsch, R., Åström, M. & Vuori, K.-M. 2008. Environmental risks of metals mobilised from acid sulphate soils in Finland: A literature review. *Boreal Environ. Res.* 13:444-456. <https://www.borenav.net/BER/archive/pdfs/ber13/ber13-444.pdf>
- Hadzic, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Korppoo, M., Laamanen, T., Korhonen, A., Räisänen, J., Huttunen, M., Vento, T. & Ihme, R. 2020. Toimintamallit happamuuden ennakoinniseksi ja riskien hallitsemiseksi turvetuotannossa. Sulfa II -hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 16 / 2020. 113 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/314410>
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. 2016. A National-Scale Nutrient Loading Model for Finnish Watersheds—VEMALA. *Environmental Modeling & Assessment* 21: 83–109. <https://DOI.org/10.1007/s10666-015-9470-6>
- Jalli, M. & Huusela-Veistola, E. 2009. Viljelyvarmuutta viljelykierrosta. Maaseudun tiede, liite 9.3.2009. 66. vuosikerta, nro 1. S.15. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015103015730>
- Kangas, A. 2018. Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen. Ympäristöministeriön raportteja 19 / 2018. 169 s. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160990>
- Kenttämies, K. & Mattsson, T. (toim.) 2006. Metsätalouden vesistökuormitus – MESUVE -projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 160 s. <http://hdl.handle.net/10138/40492>
- Koskiahho, J. & Puustinen, M. 2005. Function and potential of constructed wetlands for the control of water pollution by diffuse loading. *Journal of Environmental Science and Health , Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* 40(6–7):1265–1279. <https://DOI.org/10.1081/ESE-200055679>
- Koskiahho, J. & Puustinen, M. 2019. Suspended solids and nutrient retention in two constructed wetlands as determined from continuous data recorded with sensors. *Ecological Engineering* 137: 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.eco-leng.2019.04.006>
- Maanavilja, L. 2020. Turvapelioissa mahdollisuus merkittäviin päästövähennyksiin. *Käytännön Maamies* 10: 26–28. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020110989702>
- Mahl, U.H., Tank, J.L., Roley, S.S. & Davis, R.T. 2015. Two-stage ditch floodplains enhance N-removal capacity and reduce turbidity and dissolved p in agricultural streams. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 51: 923–940. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12340>
- Muukkonen, P., Hartikainen, H., Lahti, K., Särkelä, A., Puustinen, M. & Alakukku, L. 2006. Influence of no-tillage on the distribution and lability of phosphorus in Finnish clay soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.012>
- Paradis, A. & Biron, P.M. 2016. Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec. *Can. Water Resour. J.* 42(1): 54–69. <https://doi.org/10.1080/07011784.2016.1163241>
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiahho, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. 2010. VIHMA- A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 138(3–4): 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.06.003>
- Ramboll 2022: Ohtuanojan valuma-alueen vesienhoidon ja -hallinnan suunnittelu.

- Riddle, M.U. & Bergström, L. 2013. Phosphorus Leaching from Two Soils with Catch Crops Exposed to Freeze–Thaw Cycles. *Agronomy Journal* 105(3): 803 – 811. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0052>
- Skoien, S.E.; Børresen, T.; Bechmann, M. 2012. Effect of tillage methods on soil erosion in Norway. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant* 62: 191–198. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.736529>
- Tattari, S., Koskiahio, J., Kosunen, M., Lepistö, A., Linjama, J. & Puustinen, M. 2017. Nutrient loads from agricultural and forested areas in Finland from 1981 up to 2010 — can the efficiency of undertaken water protection measures seen? *Environmental Monitoring & Assessment* 189:95. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5791-z>
- Tenhola, M. & Tarvainen, T. 2008. Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006. Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportti 172. 60 s. https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_172.pdf
- Ullén, B., Aronsson, H., Bechmann, M., Krogstad, T., Øygarden, L. & Stenberg, M. 2010. Soil tillage methods to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use & Management* 26(2): 94–107. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00266.x>
- Uusi-Kämpä, J. 2005. Phosphorus purification in buffer zones in cold climates. *Ecological Engineering* 24(5): 491–502. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.013>
- Verta, M., Kauppila, T., Londesborough, S., Mannio, J., Porvari, P., Rask, M., Vuori, K.-M. & Vuorinen, P.J. 2010. Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä – Ehdotus laatunormidirektiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010. 45 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/39683>
- Västilä, K.; Järvelä, J.; Koivusalo, H. 2016. Flow–vegetation–sediment interaction in a cohesive compound channel. *J. Hydraul. Eng.* 142: 04015034. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001058](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001058)
- Västilä, K., Väisänen, S., Koskiahio, J., Lehtoranta, V., Karttunen, K., Kuussaari, M., Järvelä, J. & Koikkalainen, K. 2021. Agricultural Water Management Using Two-Stage Channels: Performance and Policy Recommendations Based on Northern European Experiences. *Sustainability* 13: 9349. <https://doi.org/10.3390/su13169349>
- Yli-Halla, M., Nykänen, A., Siimes, K. & Tuhkanen, H.-R. 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT:n julkaisuja Sarja A 77. MTT, Jokioinen. 45 s. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja77.pdf>