

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Esa-Pekka Pirhonen

Pohjois-Karjalan turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttien ja kos-
teikkojen toimivuus vesienpuhdistajina

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
Puh. (013) 260 6900

Tekijä
Esa-Pekka Pirhonen

Nimeke
Pohjois-Karjalan turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttien ja kosteikkojen toimivuus vesienpuhdistajina

Toimeksiantaja
Vapo Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin Vapo Oy:n Pohjois-Karjalassa sijaitsevien turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttien ja kosteikkojen toimivuutta ja pintavalutuskenttien ominaisuuksien vaikutusta niiden puhdistustuloksiin. Työssä esiteltiin myös, kuinka turvetuotannon vesienkäsittely on Pohjois-Karjalan alueella kehittynyt.

Vuoden 2011 ympäristösitoumuksessaan Vapo Oy päätti rakentaa kaikki turvetuotantoalueensa parhaan käyttökelpoisen vesienkäsittelyn (BAT) piiriin vuoden 2014 loppuun mennessä. Parasta käyttökelpoista vesienkäsittelytekniikkaa edustavat kosteikot, pintavalutuskentät ja kemialliset puhdistamot. Opinnäytetyö liittyy osaltaan tähän ympäristöasioiden parantamisen seurantaan.

Aineisto koostui 22 pintavalutuskentästä ja 3 kosteikosta, jotka sijaitsivat Pohjois-Karjalan 10 tuotantoalueella. Rakenteiden toimivuutta arvioitiin puhdistustuloksien, vedenlaatutietojen ja maastohavaintojen avulla, huomioiden rakenteiden mahdolliset muutos- ja korjaustyöt sekä puhdistustuloksien kehittyminen ajan kuluessa. Pintavalutuskenttien ominaisuuksien vaikutusta puhdistustuloksiin arvioitiin tilastollisin menetelmin.

Pintavalutuskentillä saadaan puhdistettua tehokkaasti turvetuotannon valumavesiä. Viiden parhaan pintavalutuskentän koko toiminta-ajan puhdistustulokset olivat: kiintoaine 65–85 %, kokonaisfosfori 32–65 %, kokonaistyppi 30–46 % ja kemiallinen hapenkulutus -50–24 %. Kosteikoista erityisesti ruokohelpikasvillisuuskenttä toimii erinomaisesti, mutta lintujärvityyppisten kosteikkojen toimivuudesta ei ole vielä riittävästi tietoa. Pintavalutuskenttien toimintaan vaikuttivat oleellisesti kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhde, kentän ikä ja kentillä esiintyneet oikovirtaukset ja epätasainen vedenjakaantuminen. Pintavalutuskentät voivat toimia tehokkaina vesienpuhdistajina aiempia arvioita pidempään.

Kieli
Suomi

Sivuja 87
Liitteet 6
Liitesivumäärä 12

Asiasanat
turvetuotanto, valumavesi, vedenpuhdistus, kosteikot, pintavalutus



Karelia
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2014
Degree Programme
in Environmental Technology
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
FINLAND
Tel. (013) 260 6900

Author
Esa-Pekka Pirhonen

Title
Functionality of Overland-Flow Fields and Constructed Wetlands as Water Purifiers in Peat Production Areas of North Karelia

Commissioned by
Vapo Oy

Abstract

This thesis studies how overland-flow fields and constructed wetlands function in peat production areas in North Karelia and how the characteristics of overland-flow fields affect the water purification results. This thesis also describes how water treatment methods in peat production have developed in the area of North Karelia.

In 2011, Vapo Oy made a commitment to put the best available water treatment technologies (BAT) into practice in all of its peat production areas before the end of the year 2014. The best available technologies are constructed wetlands, overland-flow fields and chemical purification. This thesis is part of monitoring the improved environmental techniques of Vapo.

Data consisted of 22 overland-flow fields and 3 constructed wetlands which were situated on the 10 peat production sites of North Karelia. The functionality of these constructions was evaluated by purification data, water quality analyses and by field observations, considering possible changes of these constructions and purification efficiency. The effect of the characteristics of overland-flow fields on the water purification results was studied by statistical methods.

Overland-flow fields are an effective way of treating runoff water from peat production areas. The water purification results of the five best overland-flow fields were: suspended solids 65–85 %, total phosphorus 32–65 %, total nitrogen 30–46 % and chemical oxygen demand -50–24 %. It was found that the field growing reed canary grass functioned remarkably well, but there is still far too little information about the functionality of reservoirs. The most important characteristics of overland-flow fields were the ratio between the area of the field and the catchment area, the age of the field and uneven distribution of water. The results suggest that overland-flow fields can function effectively longer than earlier studies show.

Language
Finnish

Pages 87
Appendices 6
Pages of Appendices 12

Keywords
peat production, runoff water, water purification, constructed wetlands, overland-flow

Nimiö

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Toimeksiantaja.....	6
1.2	Keskeisiä käsitteitä	7
2	Turvetuotannon vesiensuojelu	9
2.1	Turvetuotanto.....	9
2.2	Turvetuotannon vesistövaikutukset.....	10
2.2.1	Kiintoaine	11
2.2.2	Humus ja rauta	12
2.2.3	Kokonaistyyppi ja -fosfori.....	13
2.3	Turvetuotannon vesienkäsittely	15
2.3.1	Pintavalutuskentät	15
2.3.2	Kosteikot.....	18
2.4	Pohjois-Karjalan tuotantoalueiden vesienkäsittelyn kehittyminen	22
2.5	Katsaus aiempiin tutkimuksiin.....	24
3	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen rajaus	25
3.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet.....	25
3.2	Tutkimustehtävät ja aiheen rajaus	25
4	Tutkimusaineisto ja -menetelmät	27
4.1	Tutkimusaineisto	27
4.2	Tutkimusmenetelmät.....	27
4.3	Aineiston käsittely ja analyysit	28
5	Tutkimustulokset ja tuloksien tarkastelu.....	31
5.1	Rakenteiden toiminnan arviointi.....	31
5.1.1	Puohtiinsuon tuotantoalue	31
5.1.2	Mekrijärvensuon tuotantoalue.....	33
5.1.3	Kirkkosuon tuotantoalue	38
5.1.4	Valkeasuon tuotantoalue	42
5.1.5	Rauansuon tuotantoalue.....	48
5.1.6	Tuohtaansuon tuotantoalue	50
5.1.7	Linnansuon tuotantoalue	57
5.1.8	Teyrisuon tuotantoalue	60
5.1.9	Suurisuon tuotantoalue.....	62
5.1.10	Kyyrönsuon tuotantoalue	63
5.2	Rakenteiden keskinäinen vertailu	65
5.3	Kenttien ominaisuuksien vaikutukset puhdistustuloksiin.....	70
5.3.1	Vedenjakotapa ja oikovirtaukset	70
5.3.2	Kentän ikä ja pinta-ala	72
5.3.3	Puhdistustulokset ja kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhde	75
6	Pohdinta.....	81
6.1	Pintavalutuskenttien ominaisuudet	81
6.2	Rakenteiden toiminnan arviointi ja keskinäinen vertailu.....	82
6.3	Johtopäätökset	83
6.4	Virhelähteet.....	84
	Lähteet.....	86

Liitteet

- Liite 1. Vesienkäsittelyrakenteille tulleen ja rakenteilta lähteneen veden pitoisuudet vuoden keskiarvona
- Liite 2. Pintavalutuskenttien reduktioiden keskiarvotarkastelu
- Liite 3. Pintavalutuskenttien keskinäinen vertailu Kruskal-Wallis testillä
- Liite 4. Tilastollinen analyysi oikovirtauksien ja epätasaisen vedenjakautumisen vaikutuksista pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin
- Liite 5. Tilastollinen analyysi eri vedenjakotapojen vaikutuksesta pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin
- Liite 6. Korrelaatioanalyysi pintavalutuskenttien ominaisuuksista

1 Johdanto

Opinnäytetyössä tutkitaan Vapo Oy:n Pohjois-Karjalassa sijaitsevien turvetuotantoalueiden vesienkäsittelyrakenteiden toimivuutta. Kosteikkojen ja pintavalutuskenttien toimivuutta arvioidaan puhdistustuloksien, vedenlaatutietojen ja maastohavaintojen avulla, huomioiden rakenteiden mahdolliset muutos- ja korjaustyöt sekä puhdistustuloksien kehittyminen ajan kuluessa. Työssä tutkitaan pintavalutuskenttien ominaisuuksien vaikutusta puhdistustuloksiin tilastollisin menetelmin. Esittelen työssäni myös kuinka turvetuotannon vesienkäsittely on Pohjois-Karjalan alueella kehittynyt.

Työn tavoitteena on saada uutta tietoa kosteikkojen ja pintavalutuskenttien toimivuudesta sekä toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Toimeksiantaja saa työstä kattavan selvityksen rakenteidensa toimivuudesta.

Opinnäytetyöni on valmisaineistoon pohjautuva tutkimus, ja työ perustuu vesienkäsittelyrakenteista Vapo Oy:ltä saataviin velvoitetarkkailun vesinäytetuloksiin (liite 1) ja muihin tietoihin, sekä kirjallisuuteen. Olen myös suorittanut maastotarkastukset jokaisella vesienkäsittelyrakenteella kesällä 2013, kun toimin Vapo Oy:llä ympäristötarkastajana.

1.1 Toimeksiantaja

Vapo Oy on Suomen ja Itämeren alueen johtava bioenergian kehittäjä, maailman johtava turveteollisuusyrittäjä sekä Euroopan suurimpia sahatuotantoyrityksiä. Vapo työllistää noin 1 200 henkilöä ympäri Itämeren ja noin 800 henkilöä Suomessa. (Vapo 2013a.) Vapo Oy:n liikevaihto vuonna 2012 oli 652,9 miljoonaa euroa (Vapo 2013b).

1.2 Keskeisiä käsitteitä

BAT (Best Available Techniques) eli paras käyttökelpoinen tekniikka turvetuotantoalueiden vesienkäsittelyyn. Määritellään tapauskohtaisesti kunkin tuotantoalueen ja vastaanottavan vesistön ominaisuuksien mukaan. (Vapo 2012, 19.)

Humus on veteen liuennutta eloperäistä ainesta, joka muodostuu eliöiden hajoamistuotteista ja värjää veden ruskeaksi. Humuspitoisuutta määritetään kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) ja väriarvon avulla. (Vapo 2012, 19.)

Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) ilmentää veden sisältämän liuennan orgaanisen aineksen kokonaismäärää, eli se sisältää humuksen lisäksi myös orgaanisen kiintoaineen määrän. Humuksen määrää vedessä mitataan turvetuotannossa kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) avulla.

Kiintoaine on hiukkasmaista (yli $0,45 \mu\text{m}$) orgaanista ainesta, kuten kasvi- tai eläinperäistä ainesta, tai epäorgaanista maa-ainesta, kuten hiesua tai savea. (Vapo 2012, 19; Klöve, Tuukkanen, Marttila, Postila & Heikkinen 2012b, 10.)

Kok.P eli kokonaisfosfori on veden sisältämän fosforin kokonaismäärä (Vapo 2012, 19).

Kok.N eli kokonaistyppi on veden sisältämän typen kokonaismäärä.

Kosteikko perustetaan yleensä vanhalle tuotantolohkolle. Kosteikko rajataan penkoilla ja sille istutetaan kasvillisuutta kuten ruokohelpi. Ajan myötä kosteikolle kasvaa luontainen vesikasvillisuus. Kosteikko voi olla avovesipintainen, lintujärvityyppinen tai kasvillisuuskosteikko. Kosteikossa veden puhdistuminen perustuu kasvien ravinteiden käyttöön ja kiintoaineen laskeutumiseen. (Vapo 2012, 19.)

Pintavalutuskenttä on vesienpuhdistukseen soveltuva turvemaa, jonne turvetuotannon valumavedet ohjataan. Vesi virtaa turpeen pintakerroksessa ja puhdistuu fysikaalisissa, kemiallisissa ja biologisissa prosesseissa. Puhdistusmene-

telmän toimintaa voidaan verrata suoluonnossa tapahtuvaan normaaliin vesien kulkuun ja maaperässä puhdistumiseen. (Väyrynen, Aaltonen, Haavikko, Juntunen, Kalliokoski, Niskala & Tukiainen 2008, 37.)

Reduktio on vesienkäsittelyrakenteessa tapahtuva ainepoistuma (turvetuotannossa yleensä pitoisuuden aleneminen) prosentteina.

Turvetuotanto tarkoittaa turpeen nostamista suosta ja jalostamista energiakäyttöön tai esimerkiksi kuivikkeeksi.

Vesienkäsittelyrakenne on rakennelma, jolla pyritään vähentämään tai poistamaan esimerkiksi turvetuotannon valumavesistä erilaisia vesistöille haitallisia aineita, kuten ravinteita ja kiintoainetta.

2 Turvetuotannon vesiensuojelu

Ympäristönsuojeluasetuksen mukaan yli 10 hehtaarin suuruisille turvetuotantoalueille täytyy hakea ympäristönsuojelulain (YSL) mukainen ympäristölupa. Lupa voi olla tarpeellinen myös alle 10 ha:n tuotantoalueille, jos toiminnasta aiheutuu YSL 28 §:n mukaisia ympäristövaikutuksia. Ympäristölupaa haetaan aluehallintovirastolta, ja se myönnetään, jos toiminta täyttää ympäristönsuojelulaissa esitetyt edellytykset. Yli 150 hehtaarin tuotantoalueilla vaaditaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltamista. Ympäristölupa täytyy muuttaa, tarkistaa tai täsmentää luvassa määrättyä ajankohtana, tai jos toiminta oleellisesti muuttuu. Ympäristöluvan lupamääräyksissä määritetään vaadittu vesienkäsittelyn taso ja tarkkailuvelvoitteet. (Ympäristöministeriö 2013; Suomen ympäristökeskus 2013.) Vapo Oy on siten velvoitettu puhdistamaan valumavesiään ja seuraamaan niiden laatua tuotantoalueillaan.

2.1 Turvetuotanto

Turvetuotannossa suoalue kuivatetaan ojittamalla ja siltä poistetaan pintakasvilisuus (Ympäristöministeriö 2013, 9). Jyrsinturvetuotannossa turvesuon pinta-kerros jyrsitään ja kuivatetaan tuotantokentällä haluttuun kosteuteen, välillä kääntäen. Kuiva turve poistetaan saralta varastoamaan, josta se myöhemmin kuljetaan loppukäyttöön. Palaturvetta tuotetaan erityisellä palannostokoneella, joka nostaa turpeen ja muotoilee siitä halutunmuotoisia ja -kokoisia paloja. Palat kuivataan tuotantokentällä välillä kääntäen haluttuun kosteuteen ja poistetaan saralta varastoamaan. (Väyrynen ym. 2008, 23.)

Pala- ja jyrsinturve käytetään pääasiassa energiantuotantoon. Viime vuosina turpeella tuotetun energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta on ollut noin 6–7 %. (Ympäristöministeriö 2013, 9.) Jyrsinturvetta käyttävät pääasiassa suuret voimalaitokset ja palaturvetta esimerkiksi kunnalliset lämpölaitokset (Väyrynen ym. 2008, 23). Turvetta käytetään myös kuivikkeeksi, kompostointiin, imey-

tykseen sekä kasvualustana. Noin 10 % tuotetusta turpeesta käytetään muuhun kuin energiakäyttöön. (Ympäristöministeriö 2013, 9.)

Vuonna 2011 Suomessa oli turvetuotannossa noin 65 000 ha suota. Lisäksi tuotantokunnossa, mutta ei tuotannossa, oli 4 500 ha ja tuotantoa varten kunnostettavana noin 5 000 ha suota. (Ympäristöministeriö 2013, 9.) Pohjois-Karjalassa turvetuotanto on aloitettu vuonna 1971 Kontiolahden Kyyrönsuolla ja 1972 Tohmajärven Valkeasuolla. Tällöin tuotannossa oli n. 415 ha ja turvetta tuotettiin 20 000–30 000 kuutiota. Vuonna 2013 Pohjois-Karjalassa oli 14 tuotantoaluetta, joiden pinta-ala oli yhteensä noin 3 600 hehtaaria ja tuotantoa oli noin 2 400 hehtaarilla. Turvetta tuotettiin 800 000 kuutiota, joka oli noin 80 % tuotantokauden tavoitteesta. (Koljonen 2013.)

2.2 Turvetuotannon vesistövaikutukset

Suon ojittamisen seurauksena suon vesivarasto tyhjenee osittain, haihdunta pienenee, valuntakynnys alenee ja vedet virtaavat alueelta nopeammin. Näistä syistä johtuen virtaaman vaihtelut lisääntyvät ja alivalumat sekä kesä- ja syyslivalumat kasvavat. (Sallantaus 1986, 63–66.) Turvetuotanto aiheuttaa kiintoaine-, humus-, ravinne- ja rautakuormitusta alapuoliseen vesistöön. Turvetuotannolla voi olla myös vaikutusta valumaveden pH-arvoon. (Ympäristöministeriö 2013, 11.)

Vesistövaikutukset voivat olla paikallisesti tai alueellisesti merkittäviä, erityisesti alueilla joilla turvetuotannon osuus valuma-alueesta on suuri. Turvetuotannon vesistökuormitus vaihtelee vuosittain, vuodenajoittain ja tuotantoalueen sijainnin mukaan. Turvetuotanto kuormittaa vesistöjä ympärivuoden. Vesistökuormitus on suurimmillaan suurten virtaamien aikana esimerkiksi rankkasateiden yhteydessä. (Ympäristöministeriö 2013, 11.) Turvetuotantoalueen maantieteellisellä sijainnilla, alueen ilmasto-olosuhteilla, suotyypillä, suon pohjamaan laadulla ja turpeen ominaisuuksilla on vaikutusta vesistökuormituksen muodostumiseen (Klöve ym. 2012b).

Taulukossa 1 on esitetty Pöyry Finland Oy:n (Kangasluoma, Nikula, Leskelä, Sillanpää & Kainua 2013) tutkimustuloksia luonnontilaisten soiden, metsäojitet-
tujen alueiden ja turvetuotantoalueiden valumavesien keskipitoisuuksista.

Taulukko 1. Luonnontilaisten soiden, metsäojitettujen alueiden ja turvetuotanto-
toalueiden vesien keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.P (µg/l)	Kok.N (µg/l)	n
Luonnontilaiset suot keskiarvo Pohjois-Suomi	1,5	25	16	362	-
Metsäojitetut alueet keskiarvo Pohjois-Suomi	3,8	36	35	670	-
Turvetuotantoalueet ympäri- vuotinen pintavalutus Itä-Suomi	5,3	46	62	1 631	3 173
Turvetuotantoalueet kesäaikainen kasvillisuuskenttä/kosteikko Itä-Suomi	7,5	48	86	1 417	671

2.2.1 Kiintoaine

Kiintoainekuormitusta pidetään turvetuotannon keskeisimpänä ympäristöhaittana. Turvetuotannon kiintoainekuormitus johtuu tuotantoalueella tapahtuvasta eroosiosta ja kiintoaineen kulkeutumisesta alapuoliseen vesistöön. Eroosio on seurausta sateen aiheuttamasta pintavalunnasta ja veden virtauksesta ojissa. (Tuukkanen, Klöve, Marttila, Heikkinen & Karppinen 2011, 4–5.) Klöven (2000) mukaan hänen aikaisemmat tutkimuksensa osoittavat, että suurin osa kiintoainehuuhtoumasta on peräisin ojien pohjalle laskeutuneen kiintoaineen eroosiosta. Valumavesien kiintoainepitoisuus on suurimmillaan voimakkaiden valumien aikaan ja kiintoaineen huuhtoutuminen voimakkaiden sateiden aikana (Ihme, Heikkinen & Lakso 1991, 125–126). Sallantauksen (1983) tutkimusten mukaan korkeimmat kiintoainepitoisuudet ajoittuvat nousevan valunnan ja suurimpien valumahuippujen ajalle. Pääosa vuotuisesta kiintoainekuormituksesta voi tulla varsin lyhyenä aikana. Vaikutuksia kiintoainekuormituksen syntymiselle on tuotantoalueen kaivutöillä, turpeen ominaisuuksilla, sääoloilla ja ojien kaltevuudella. Marttilan (2004) mukaan myös koneiden aiheuttama ojatörmien sortuminen ja turpeen pölyttäminen ojiin aiheuttavat osan kiintoainekuormituksesta.

Kiintoaineeseen on sitoutunut fosforia, typpeä ja rautaa (Ihme ym. 1991). Turvetuotannon kiintoainekuormitus on suurimmaksi osaksi orgaanista kiintoainetta. Epäorgaanista kiintoainekuormitusta voi esiintyä runsaammin, jos ojat yltyvät kivennäismaahan asti. (Sallantaus 1983, 42; Klöve ym. 2012b, 10.) Luonnontilaisen suon valumaveden kiintoaineen keskipitoisuus on 1,5 mg/l, ja turvetuotantoalueen pintavalutuksella puhdistetun veden keskipitoisuus on 5,3 mg/l (Kangasluoma ym. 2013). Turvetuotannon valumavesistä kiintoainepitoisuus määritetään tyypillisesti käyttämällä 1,2 µm suodatinta, mikä voi johtaa hienojakoisimman kiintoaineen kulkeuman aliarviointiin, tosin aihetta käsittelevää tutkimusta on vähän (Klöve ym. 2012b, 10).

Kiintoaineen vesistövaikutukset ovat suurempia pienissä virtavesissä kuin järvissä. Vesistöissä kiintoaine voi aiheuttaa pohjan liettymistä sekä veden samentumista, ja siten vaikuttaa eliöiden kuten kalojen elinoloihin. Orgaaninen kiintoaine aiheuttaa liettymistä enemmän, sen tilavuuspainon ollessa epäorgaanista kiintoainetta pienempi. Biologisesti aktiivinen kiintoaine kuluttaa pohjasta happea hajotessaan ja voi siten aiheuttaa happikatoa. (Ympäristöministeriö 2013, 11–12; Klöve, Saukkoriipi, Tuukkanen, Heiderscheidt, Heikkinen, Marttila, Ihme, Depre & Karppinen 2012a, 8; Sallantaus 1986, 94; Sallantaus 1983, 82.)

2.2.2 Humus ja rauta

Turvetuotantoalueiden valumavesien orgaanisesta aineesta suurin osa on humusaineita. Humukseen on sitoutunut fosforia ja valtaosa kokonaisraudasta. Humukseen sitoutuneen raudan määrä on suurimmillaan pienten virtaamien aikana ja määrä vähenee tulvakausina. Humuksen korkeat rautapitoisuudet voivat lisätä humuksen taipumusta sedimentoitua. (Heikkinen ym. 1994, 63.) Humusaineiden huuhtoutuminen on luonnollista suoalueilla ja turvetuotanto voi lisätä huuhtoutumista. Yksi syy tähän on turvetuotannon seurauksena lisääntynyt turpeen hajoaminen. Ratkaiseva tekijä näyttäisi kuitenkin olevan valunnan määrän lisääntyminen. (Sallantaus 1986, 153–154; Komiteanmietintö 1988, Klöve ym. 2012b mukaan.)

Sallantauksen (1983) tutkimuksen mukaan liukoisen orgaanisen aineen eli humuksen huuhtoumat eivät ole voimakkaasti riippuvaisia valumasta ja pienimmät pitoisuudet on havaittu kevätylivaluman aikaan. Myös Leskelä, Pienimäki & Pekkala (2010) ovat havainneet humuksen pitoisuuden olevan pienin lumien sulamisen aikaan. Heidän mukaansa humuksen pitoisuudet ovat suurimmillaan syksyllä kasvukauden jälkeisten suurten valumien aikaan. Sallantauksen (1983) mukaan orgaanisen kiintoaineen huuhtoumat vaihtelevat huomattavasti humuksen huuhtoumia enemmän. Orgaanisen kiintoaineen osuus orgaanisen aineen kokonaispitoisuudesta on suurimman osan aikaa vähäinen. Tämä tukee Heikkisen ym. (1994) tuloksia humusaineiden suuresta osuudesta orgaanisten aineiden kokonaismäärästä. Luonnontilaisen suon valumaveden liunneen orgaanisen aineksen (COD_{Mn}) keskipitoisuus on 25 mg/l, ja turvetuotantoalueen pinta-valutuksella puhdistetun veden keskipitoisuus on 46 mg/l (Kangasluoma ym. 2013).

Humus tummentaa veden väriä, mikä aiheuttaa valaistun vesikerroksen ohentumista. Humuksen hajoaminen kuluttaa myös vesistöjen happivaroja. Humuksen mukana vesistöihin kulkeutuu ravinteita, joten humuksen määrällä on myös vaikutus vesistön ravinnetalouteen. (Leskelä ym. 2010, 4.)

2.2.3 Kokonaistyyppi ja -fosfori

Tyyppi ja fosfori ovat keskeisimpiä vesistöjä rehevöittäviä ravinteita. Kokonaistyyppien tai -fosforin määrittämisessä huomioidaan kaikki ravinteen orgaaniset ja epäorgaaniset muodot vedessä. Ravinteiden pitoisuudet ovat suuremmat turvetuotantoalueiden valumavesissä, kuin luonnontilaisen suon vesissä. Ravinteiden suuremmat pitoisuudet johtuvat mm. ojituksen seurauksena lisääntyneestä valunnasta pitemmälle maatuneiden turvekerrosten läpi, sekä turpeen kiihtyneestä hajoamisesta ja siitä aiheutuvasta ravinteiden vapautumisesta. Turvesuolla ei myöskään ole kasvillisuutta, joka sitoisi ravinteita. (Klöve ym. 2012a, 9; Klöve ym. 2012b, 12.)

Vedessä fosfori on sitoutuneena kiintoaineen partikkeleihin tai humukseen liukoisena orgaanisena fosforina sekä liukoisessa muodossa fosfaattifosforina (Tuukkanen ym. 2011, 5–6; Klöve ym. 2012a, 9). Humukseen fosfori sitoutuu erityisesti raudan välityksellä (Heikkinen ym. 1994, 14). Fosforin huuhtoutuminen selittyy osaksi luontaista suuremmalla eroosiolla ja osaksi syvempien turvekerrosten suuremmilla fosforipitoisuuksilla. Suurimpia kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuuksien on havaittu olevan pienillä virtaamilla ns. vanhassa, pitkään turvekerroksessa olleessa vedessä (Sallantaus 1983, 61–68; Klöve 2001, Klöve ym. 2012a, 9 mukaan). Sen sijaan runsaiden valumien aikaan fosforipitoisuuksien on havaittu laskevan veden ollessa peräisin suon pintakerroksista. Suurten valumien aikainen kiintoaineen huuhtoutuminen voi joissain tapauksissa nostaa kokonaisfosforipitoisuutta. (Sallantaus 1983; Tuukkanen ym. 2011, 5–6.) Luonnontilaisen suon valumaveden kokonaisfosforin keskipitoisuus on 16 µg/l, ja turvetuotantoalueen pintavalutuksella puhdistetun veden keskipitoisuus on 62 µg/l (Kangasluoma ym. 2013).

Typpi huuhtoutuu liukoisessa muodossa ammonium- ja nitraattityyppinä, liukoisena orgaanisena tyypinä ja kiintoaineeseen sitoutuneena. Toisin kuin luonnontilaisilla soilla, turvetuotannon valumavesissä typpi on suurelta osin epäorgaanista, pääosin ammoniumtyyppiä (Sallantaus 1983, 68–71). Myös nitraattityypin huuhtoutuminen on suurempaa turvetuotantoalueilta (Klöve ym. 2012b). Typpikuormitus on pienimmillään lumen sulamisen aikana, ja ammoniumtyypin osuus on silloin tavallista vähäisempi (Sallantaus 1983). Loppukeväällä tyypin pitoisuus nousee ja kesän pienten valumien aikaan noin puolet typestä esiintyy ammoniumtyypinä ja puolet orgaanisena tyypinä. Typpipitoisuudet kohoavat yleensä syksyä kohti. (Klöve ym. 2012b, 14; Klöve 2000, 8–9.) Klöven (2000) mukaan suurten valuntahuippujen aikana typpipitoisuus on suurin, ja silloin nitraattityypin osuus voi olla jopa puolet kokonaistypestä. Tällöin vesi huuhtoo ylimpiä, vedellä kyllästymättömiä turvekerroksia. Sallantausten (1983) tutkimukset tukevat näitä tietoja. Sen sijaan Klöven ym. (2012b) mukaan Hiljasen (1994) tutkimuksissa suurilla valumilla on havaittu pieniä nitraattityypin pitoisuuksia, eli alueellista vaihtelua on havaittavissa. Luonnontilaisen suon valumaveden kokonaistypen keskipitoisuus on 362 µg/l, ja turvetuotantoalueen pintava-

lutuksella puhdistetun veden keskipitoisuus on 1 631 µg/l (Kangasluoma ym. 2013).

Typen eri muotojen kuormitus vaihtelee valunnan ja vuodenaikojen mukaan. Keskeisimpiä tekijöitä vaihtelun takana ovat nitrifikaatio-, ammonifikaatio- ja denitrifikaatioprosessit, ja niihin vaikuttavat tekijät kuten lämpötila, pH ja hapekkuus tai hapettomuus. (Klöve ym. 2012b, 12–15; Tuukkanen ym. 2011, 5–6.) Tuotantoalueilta tulevaa epäorgaanista typpeä voidaan pitää turvetuotannon aiheuttamana kuormituksena (Klöve ym. 2012b, 13). Epäorgaaninen typpi on vesistöille orgaanista typpeä haitallisempaa mm. happea kuluttavan ominaisuutensa vuoksi (Klöve 2000, 9).

2.3 Turvetuotannon vesienkäsittely

Turvetuotannon vesistökuormitusta vähennetään vesienkäsittelyrakenteiden avulla. Perustasoa vastaavia vesienkäsittelyrakenteita ovat sarkaojien lietesyvennykset ja lietteenpidättimet, virtaamansäätöpadot ja laskeutusaltaat. Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa ovat pintavalutuskentät, kosteikot ja kemialliset puhdistamot.

2.3.1 Pintavalutuskentät

Pintavalutuskenttä on ojitettu tai ojittamaton turvemaa, jonne turvetuotannon valumavedet johdetaan useimmiten pumppaamalla. Kenttä voi olla käytössä roudattomana aikana tai ympärivuoden. Pintavalutuskenttä rajataan yleensä penkoilla (kuva 1), jotta tuotannon ulkopuolinen vesi ei pääse kentälle. Vesi voidaan johtaa kentälle jakoaltaalla, kampaajilla tai paineputken avulla. Vesi puhdistuu kentän turpeen läpi ja virtaa keräilyjojaan (kuva 1), josta se laskee mittapadon läpi laskuojaan. Pintavalutuskenttää ennen vesi esikäsitellään laskeutusaltailla kentälle kohdistuvan kiintoainekuormituksen vähentämiseksi.



Kuva 1. Puohtiinsuon pintavalutuskenttä 4.7.2013, Iломantsi. Kuvassa näkyvät penkka ja keräilyoja. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

Pintavalutuskenttä pidättää kiintoainetta, orgaanisia aineita, ravinteita sekä rautaa. Ravinteet pidättyvät pääasiassa kentän turpeeseen, kemiallisen pidättymisen ja biologisten prosessien, kuten denitrifikaation, avulla. Myös kasvillisuus pidättää hieman ravinteita. Humus ja kiintoaine pidättyvät pääasiassa kentän pinnalle suodattumalla. Rauta pidättyy kentälle humuksen ja kiintoaineen mukana. (Heikkinen, Ihme & Lakso 1994, 52–64; Ihme 1994, 129–130.) Pintavalutuskentän toiminta on tehokkainta lämpimänä aikana, biologisiin prosesseihin osallistuvien mikro-organismien ja kasvillisuuden toimiessa. Kemialliset ja suodattumiseen perustuvat puhdistusmekanismit ovat kuitenkin toiminnassa myös talviaikana. Pintavalutuskentät toimivat parhaiten tasaisilla virtaamilla. Sen sijaan tulvien aikana puhdistustulokset heikkenevät. Humuksen poistumat ovat yleensä pieniä tai humusta huuhtoutuu kentiltä. (Ympäristöministeriö 2013, 42–46.) Pintavalutuskentällä saatavat keskimääräiset pitoisuusreduktiot Itä-Suomessa kesäaikana ovat olleet seuraavia: kiintoaine 75 %, kok.N 36 %, kok.P 34 % ja COD_{Mn} -6 % (Kangasluoma ym. 2013, 38).

Pintavalutuskentän toimintaan vaikuttavat mm. kentän koko ja kaltevuus, käyttöaste, hydraulinen kuormitus, turvepaksuus sekä turpeen laji ja maatuneisuus (Ihme 1994, 116). Pintavalutuskentille on laadittu suunnittelu-, toteutus- ja mitoitushjeet ympäristöministeriön toimesta. Vuoden 2013 ohjeissa on annettu seuraavia arvoja pintavalutuskenttien mitoittamiseen ojittamattomille alueille:

- kentän koko vähintään 4,5 % valuma-alueesta (ympärivuotinen kenttä)
- keskimääräinen hydraulinen kuormitus pienempi kuin $340 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{d}$
- turvekerros rakenteeltaan tasaista sara- tai rahkaturvetta (maatuneisuus H1–H3)
- minimiturvepaksuus 0,5 metriä
- suosituskaltevuus 1 %, kaltevuus sama koko kentän alueella
- kentän korkeuskäyrät kohtisuorassa veden virtaussuuntaan nähden. (Ympäristöministeriö 2013, 42.)

Sen sijaan ojitetuille alueille perustettavan kentän pinta-alan suositellaan olevan n. 5 % valuma-alueesta. Kenttien yhteyteen kaivettavien ojien ei tulisi ylettyä kivennäismaahan, eroosion ja pohjaveteen imeytymisen estämiseksi. (Ympäristöministeriö 2013, 42–46.) Hydraulinen kuormitus on keskeisin puhdistustuloksiin vaikuttava tekijä. Se vaikuttaa veden viipymään, virtausnopeuteen sekä vedenpinnan korkeuteen kentällä. (Ihme 1994, 130.)

Pintavalutuskentän toiminnan kannalta on tärkeää, että vesi jakautuu tasaisesti koko kentän alueelle. Tällöin kentän koko pinta-ala on tehokkaasti käytössä ja veden kontakti turpeen kanssa suurimmillaan. Oikovirtausuomat heikentävät puhdistustuloksia, koska veden kontakti turpeen kanssa vähenee ja viipymä lyhenee. Ojitetuilla alueilla ojat tukitaan oikovirtauksien estämiseksi ennen kentän rakentamista. Vettä voidaan ohjata kentällä penkereillä tai muilla rakenteilla (kuva 2), jotta koko kentän pinta-ala saadaan tehokkaasti käyttöön. (Ympäristöministeriö 2013, 42–46; Ihme 1994; Heikkinen ym. 1994; Ihme ym. 1991.)



Kuva 2. Teyrisuon pintavalutuskenttä 25.7.2013, Polvijärvi. Näkyvissä vedenhjouslevyt. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

2.3.2 Kosteikot

Turvetuotannossa vesiä käsitellään pääsääntöisesti kahdentyyppisillä kosteikoilla: kasvillisuuskentillä ja avovesipintaisilla lintujärvikosteikoilla. Kosteikkoja käytetään vesienkäsittelyssä yleensä alueilla, joilla ei ole sopivaa paikkaa pintavalutukselle ja kemiallinen käsittely ei ole tarpeellista. Kosteikot perustetaan useimmiten vanhalle tuotantolohkolle, ohuen turvekerroksen päälle. (Ympäristöministeriö 2013, 47.)

Kasvillisuuskentän perustamiseksi alueen tulee olla mahdollisimman tasainen ja lievästi virtausta vastaan kalteva. Kenttä rajataan yleensä penkereillä, jolloin saadaan kasvillisuuden peittämä, allasmainen rakenne. Kasvillisuutena käytetään tyypillisesti luontaista sekakasvillisuutta, pajua tai istutettua ruokohelpeä. Kasvillisuuden tulee antaa juurtua kunnolla ennen veden johtamista kentälle. Vesi johdetaan kentälle yleensä paineputkella. Kentän käyttöä rajoittaa sen

kasvillisuus, esimerkiksi ruokohelven juuristo kestää vain roudattomana aikana tapahtuvan veden pumppauksen. (Ympäristöministeriö 2013; Väyrynen ym. 2008; Turveteollisuusliitto 2009.)

Kasvillisuuskentillä (kuva 3) saadaan turvetuotannon valumavesistä poistettua kiintoainetta, ravinteita ja joissain tapauksissa humusta. Kentille ovat tyypillisiä samat puhdistusmekanismit kuin pintavalutuskentille, turpeeseen suotautuminen ja biologiset sekä kemialliset prosessit. Puhdistuminen perustuu kuitenkin pääosin laskeutukseen, jossa vedestä poistuu kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Myös kasvillisuus ja mikro-organismit sitovat ravinteita. Kasvillisuus-
kentän pinta-alan tulisi olla vähintään 6 % valuma-alueesta. (Ympäristöministeriö 2013; Väyrynen ym. 2008; Turveteollisuusliitto 2009.)



Kuva 3. Valkeasuon ruokohelpikenttä 3.7.2013, Tohmajärvi. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

Lintujärvityyppisessä kosteikossa (kuva 4) on pysyvästi avovesipintaa, ja se koostuu syvän ja matalan veden alueista. Lintujärviä rakennetaan turvetuotantoalueiden jälkikäyttöön ja vesienpuhdistukseen. Muun maaston alapuolelle tuo-

tetut vanhat kentät vesittyvät luontaisesti pumppauksen päätyttyä ja pienillä muutostöillä voidaan alueista luoda luonnon monimuotoisuutta rikastuttavia lintujärviä. Pohjaeliöstö, luontainen suo- ja vesikasvillisuus sekä mahdollisesti kalasto levittyvät alueelle muutaman vuoden kuluessa. (Salo & Savolainen 2008; Puustinen ym. 2007; Ympäristöministeriö 2013.) Vapon soilla kosteikonpohjalle istutetaan yleensä ruokohelppi, jonka annetaan juurtua muutaman vuoden ajan ennen vesien johtamista alueelle.

Useimmiten kosteikko rajataan penkereillä ja vedenpinta asetetaan tietylle tasolle padottamalla vettä. Kosteikon alapuolisen pohjamaan laatu täytyy tutkia tarkoin, ettei esimerkiksi sulfaattimaiden aiheuttamaa happamoitumista pääse ilmenemään. Kosteikon alle jäävä turvekerros sisältää runsaasti ravinteita. Turpeen hajotessa nämä ravinteet vapautuvat kosteikon veteen ja sitoutuvat kasvilisuuteen. Muutaman ensimmäisen vuoden ajan kosteikon sisäinen kuormitus onkin suuri, mutta toiminnan vakiintuessa kosteikon vesistökuormitus alittaa yleensä turvetuotannon keskimääräisen kuormituksen. (Salo & Savolainen 2008; Puustinen ym. 2007; Ympäristöministeriö 2013.)



Kuva 4. Tuhtaansuon lintujärvikosteikko 9.7.2013, Rääkkylä. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

Lintujärvikosteikko poistaa vedestä kiintoainetta ja ravinteita. Kiintoaine ja niihin sitoutuneet ravinteet sedimentoituvat kosteikon pohjalle ja pidättyvät tarttumalla kasvillisuuteen. Fosforia ja typpeä pidättyy kasvillisuuteen ja kemiallisesti turpeeseen. Typen kannalta tärkeä biologinen puhdistusmekanismi on denitrifikaatio. Kaikkien puhdistusprosessien kannalta tärkeitä ovat kosteikon mitoitustekijät. Puhdistuminen edellyttää veden riittävää viipymää kosteikolla, ja kosteikko on mitoitettava siten, että ylivirtaamat eivät riko penkereitä, eivätkä huuhto pidättyneitä aineita kosteikolta. (Salo & Savolainen 2008; Puustinen ym. 2007; Ympäristöministeriö 2013.)

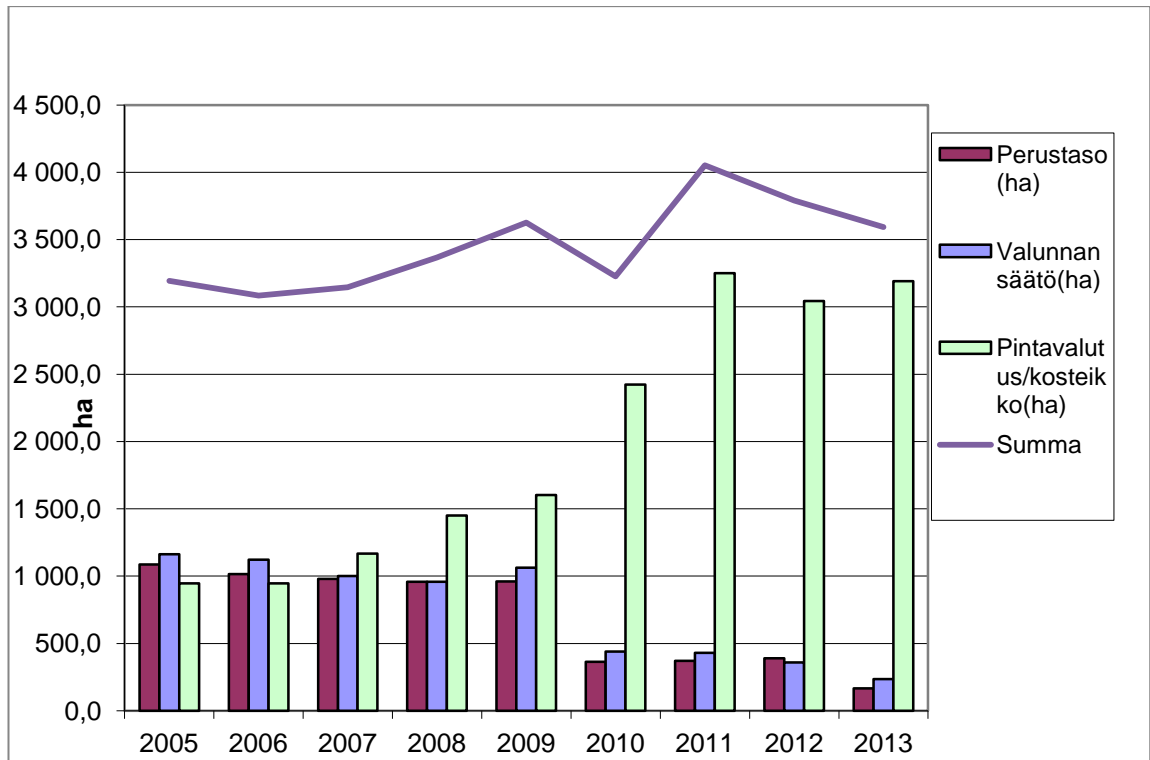
Toistaiseksi kosteikoista on hyvin vähän tutkimustietoa. Ympärivuotisilla kasvilisuuskentillä/kosteikoilla saatavat keskimääräiset pitoisuusreduktiot Itä-Suomessa ovat olleet seuraavia: kiintoaine 45 %, kok.N 30 %, kok.P 34 % ja COD_{Mn} 11 % (Kangasluoma ym. 2013, 38).

2.4 Pohjois-Karjalan tuotantoalueiden vesienkäsittelyn kehittyminen

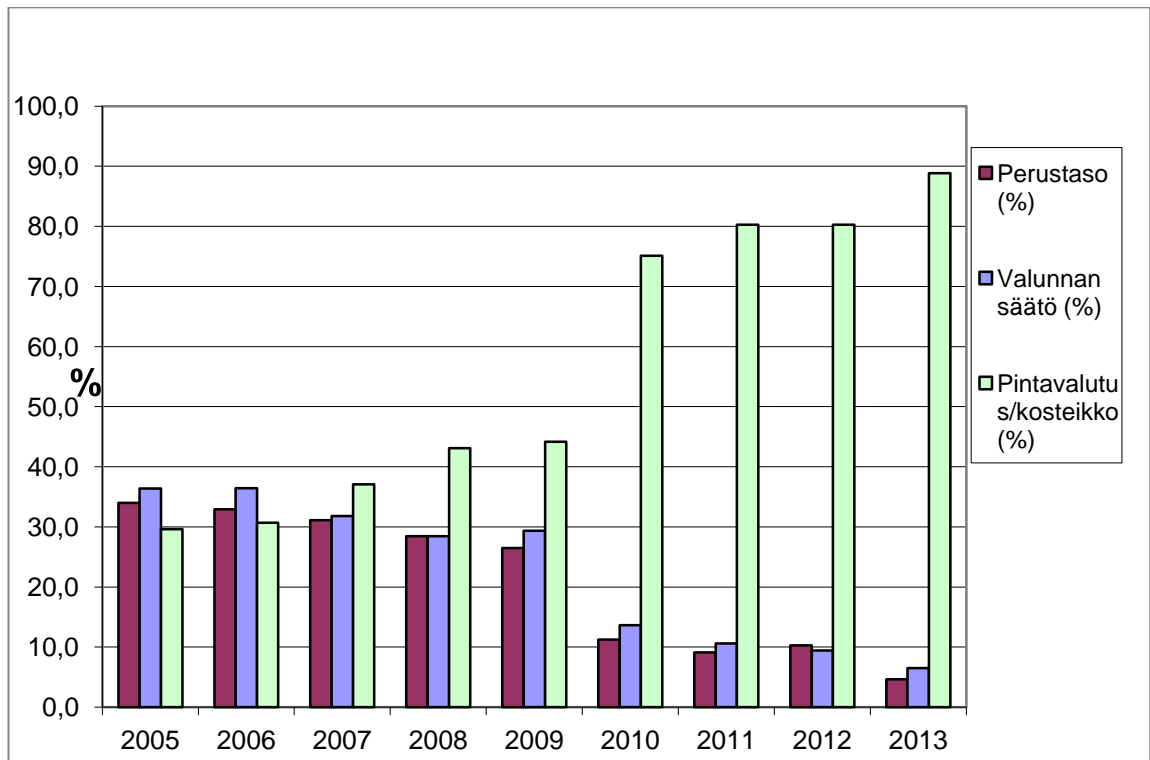
Turvetuotannon alkaessa 1970-luvulla vesienkäsittelyrakenteita ei pääsääntöisesti ollut, ja tavoitteena oli suon mahdollisimman nopea kuivatus. 1980-luvulla yleistyivät laskeutusaltaat ja sarkaojarakenteet eli liettaskut ja lietteenpidättimet. 1980-luvun lopulla alettiin keskittyä kiintoaineen lisäksi ravinteiden poistoon, ja pintavalutusmenetelmää alettiin tutkia. 1990-luvulla vesienkäsittelyä tehostettiin huomioimalla laskeutusaltaiden mitoitus ja valumavesien viipymän merkitys. Käytössä yleistyivät pintavalutuskentät sekä virtaamansäätö. Kuormitus- ja vesistötarkkailu lisääntyi 2000-luvulle tultaessa, ja ympärivuotinen vesienkäsittely otettiin vähitellen käyttöön. Nykyään turvetuotantoalueen perustaminen aloitetaan vesienkäsittelyrakenteiden rakentamisella, ja jo kunnostusvaiheessa valumavedet puhdistetaan ennen vesistöihin päästämistä. (Savolainen 2008; Salo 2013.)

Vuonna 2011 Vapo Oy julkisti ympäristösitoumuksen, jossa yritys päätti rakentaa kaikki tuotantoalueensa parhaan käyttökelpoisen vesienkäsittelyn (BAT) piiriin vuoden 2014 loppuun mennessä. Tämä tarkoittaa käytännössä kosteikon, pintavalutuskentän tai joissain tapauksissa kemiallisen puhdistamon rakentamista kaikille toiminnassa oleville turvetuotantoalueille. Mikäli BATia ei pystytä joillain alueilla toteuttamaan, tuotantoalue suljetaan kokonaan vuoden 2014 loppuun mennessä. Ensimmäinen pintavalutuskenttä on Pohjois-Karjalan alueelle valmistunut jo vuonna 1986 Linnansuolle. Uusia pintavalutuskenttiä sekä kosteikkoja on rakennettu viimeisen viiden vuoden aikana runsaasti, ja tahti on entisestään kiihtynyt vuoden 2011 ympäristölupauksen jälkeen.

Kuvioissa 1 ja 2 on esitetty vesienkäsittelyn kehittyminen Pohjois-Karjalan alueella vuosina 2005–2013. Vuonna 2013 parhaan käyttökelpoisen vesienkäsittelyn piirissä oli 3 192 ha eli 89 % tuotannossa tai valmistelussa olevasta turvetuotantoalasta. Muun vesienkäsittelyn piirissä oli 400 ha eli 11 % tuotantoalasta.



Kuvio 1. Turvetuotannon eri vesienkäsittelymenetelmien jakautuminen hehtaareina Pohjois-Karjalassa 2005–2013



Kuvio 2. Turvetuotannon eri vesienkäsittelymenetelmien jakautuminen prosentteina Pohjois-Karjalassa 2005–2013

2.5 Katsaus aiempiin tutkimuksiin

Turvetuotannon vesistökuormitusta ja erilaisia vesienkäsittelyrakenteita on tutkittu paljon. Vähiten tietoa löytyy kasvillisuuskenttien ja avovesipintaisten koskeikkojen toimivuudesta ja pintavalutuskenttien ikääntymisen vaikutuksista puhdistustuloksiin.

Kantonen (2011) on työssään tutkinut eri vedenjakomenetelmien ja pintavalutuskenttien muiden ominaisuuksien vaikutusta niiden puhdistustuloksiin. Myös Tuukkanen ym. (2011) ovat tutkineet tilastollisin menetelmin pintavalutuskenttien ominaisuuksien vaikutusta niiden puhdistustuloksiin.

Ihme (1994) on tutkimuksissaan arvioinut pintavalutuskenttien toimintaiäksi 10–15 vuotta kiintoaineen ja fosfaattifosforin pidättäjinä. Tässä tutkimuksessa on mukana kaksi pintavalutuskenttää, jotka ovat olleet käytössä 13 vuotta, joten on mahdollista arvioida, miten kenttien puhdistustulokset ovat kehittyneet ja toimivatko kentät yhä.

3 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet, tutkimustehtävät ja aiheen rajaus

3.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä tutkimus Vapo Oy:n turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttien ja kosteikkojen toimivuudesta Pohjois-Karjalan alueella. Tutkimus sisältää tiedot vesienkäsittelyrakenteiden rakentamisen ajankohdasta, rakenteiden toteutustavasta sekä mahdollisista muutos- tai korjaustoimenpiteistä. Tutkimuksessa arvioidaan rakenteiden toimivuutta ja toimivuuden kehittymistä puhdistustuloksien ja vedenlaatutietojen avulla. Opinnäytetyössä tutkitaan myös pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Osassa pintavalutuskenttiä säännöllistä vedenlaatutietoa ei ole, lähinnä purkupisteen (keräilyoja, mittapato) puuttumisen takia. Näitä kenttiä arvioidaan esim. kenttäkasvillisuuden ja sen kehittymisen sekä veden liikkumisen ja virtausten (jakautuminen, oikovirtaukset ym.) perusteella.

Työn tavoitteena on saada uutta tietoa pintavalutuskenttien ja kosteikkojen toimivuudesta ja toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Toimeksiantaja hyötyy työstä saamalla kattavan selvityksen rakenteidensa toimivuudesta. Tavoitteena on myös perehdyttää tutkija kosteikoiden ja pintavalutuskenttien toimintaan ja vedenlaadun muuttujiin.

3.2 Tutkimustehtävät ja aiheen rajaus

Tutkimuksessa selvitetään vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä rakenteet toimivat parhaiten ja miksi?
2. Kuinka rakenteiden toimivuutta voitaisiin parantaa?
3. Kuinka pintavalutuskenttien ominaisuudet vaikuttavat puhdistustuloksiin?
4. Kuinka pintavalutuskenttien ikääntyminen vaikuttaa puhdistustuloksiin?

Aihe on rajattu Pohjois-Karjalan 10 tuotantoalueeseen ja niiden 3 kosteikkoon ja 22 pintavalutuskenttään. Lisäksi rakenteilla on yksi kosteikko (Linnunsuo) sekä kaksi pintavalutuskenttää (Linnunsuo ja Linnansuo), ja suunnitteilla on kolme kosteikkoa (Valkeasuo) sekä kaksi pintavalutuskenttää (Suurisuo ja Mäkelänsuo). Rakenteiden on määrä olla valmiina vuoden 2014 loppuun mennessä.

4 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

4.1 Tutkimusaineisto

Vapo on tuotantoalueidensa ympäristöluvissa veloitettu tarkkailemaan valumavesiensä laatua, ja siksi yrityksellä onkin kattavat vesinäytetiedot lähes jokaiselta vesienkäsittelyrakenteelta. Tutkimus perustui näihin Vapo Oy:ltä saatuihin veloitetarkkailun vesinäytetuloksiin (liite 1). Tiedot sisälsivät mm. rakenteille saapuvan ja rakenteilta lähtevän veden kiintoaineen, kokonaisfosforin, kokonaistypen sekä kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuudet. Lisäksi Vapo luovutti tiedot rakenteiden historiasta, sisältäen rakentamisajankohdan, rakenteen mahdolliset muutos- ja korjaustoimenpiteet sekä muut tutkijan tarvitsemat tiedot. Tutkimuksessa käytettiin monipuolisesti kirjallisuutta taustateorian luomiseen.

Aineisto koostui 22 pintavalutuskentästä ja 3 kosteikosta. Pintavalutuskentistä 6 oli perustettu ojittamattomalle alueelle ja 16 ojitetulle alueelle. Ympärivuotisesti toimi 15 pintavalutuskenttää ja roudattomana aikana 7 kenttää. Kosteikosta kaksi oli ympärivuotisesti käytettäviä lintujärvityyppisiä kosteikoita, ja yksi roudattomana kautena käytettävä ruokohelpikosteikko. Vedenlaatutiedot oli saatavilla kaikilta kosteikoilta ja 15 pintavalutuskentältä.

Työ perustui osittain tutkijan vesienkäsittelyrakenteilla kesällä 2013 suorittamiin maastotarkastuksiin. Maastotarkastuksien havainnot, muistiinpanot ja valokuvat olivat osa aineistoa. Maastotarkastukset olivat osa Vapon omavalvontaa ja niissä tarkasteltiin tuotantoalueiden ympäristöasioiden tilaa.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Veloitetarkkailua suoritti Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy ympäristölupaehtojen mukaisesti. Rakenteille saapuvan veden näytteet otettiin laskeutusaltaan jälkeisestä mittakaivosta ja rakenteilta lähtevän veden näytteet rakenteen

mittapadosta. Joissakin tapauksissa mittapadon puuttuessa lähtevän veden näytteet otettiin rakenteen keräilyojasta.

Maastotarkastuksissa käytiin läpi tuotantoalueen jätteen ja polttoaineen säilytys, yleinen siisteys ja vesienkäsittelyrakenteiden kunto ja toimivuus. Tarkastuksilla kiinnitettiin erityisesti huomioita ympäristölupaehtojen noudattamiseen. Maastotarkastuksilla tutkija kiersi vesienkäsittelyrakenteet kävellen ja arvioi niitä silmä määräisesti. Tarkastuksissa kiinnitettiin huomiota rakenteiden kuntoon, vedenjakautumiseen, kenttäkasvillisuuteen ja yleisilmeeseen. Tarkastuksista tuotettiin pöytäkirja, jossa oli esitetty arvio vesienkäsittelyrakenteiden kunnosta ja toimivuudesta, sekä mahdollisia parannusehdotuksia.

4.3 Aineiston käsittely ja analyysit

Aineistosta laskettiin jokaiselle vesienkäsittelyrakenteelle vuotuiset pitoisuusreduktiot kaavalla

$$R_c = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} * 100 \%$$

missä

R_c = pitoisuusreduktio, %

C_{in} = kentälle tulevan veden pitoisuuden vuoden keskiarvo (mg/l tai µg/l)

C_{out} = kentältä lähtevän veden pitoisuuden vuoden keskiarvo (mg/l tai µg/l).

(Postila ym. 2011, 34.) Laskemiseen käytettiin Excel-taulukko-ohjelmaa.

Rakenteiden puhdistustuloksien tarkastelun avuksi luotiin luokitteluasteikko (taulukko 2). Asteikko perustuu turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeessa määritettyihin tavoitereduktioihin (Ympäristöministeriö 2013, 39), joita käytetään usein myös ympäristöluvuissa. Tavoitereduktioit olivat kiintoaineelle 50 %, kokonaistypelle 20 % ja kokonaisfosforille 50 %. Alimmiksi erinomaisiksi puhdistustuloksiksi valittiin kiintoaineelle 60 %, kokonaistypelle 30 % ja kokonaisfosforille 60 %. Hyvä puhdistustulos määritettiin tavoitereduktion ja erinomaisen puhdistustuloksen väliseksi luokaksi. Luokan hyvä alapuoliset luokat saatiin jakamalla väli kahdella.

Taulukko 2. Pitoisuusreduktioiden luokittelu.

	Heikko (%)	Kohtalainen (%)	Hyvä (%)	Erinomainen (%)
Kiintoaine	0–29	30–49	50–59	60–100
Kok.N	0–9	10–19	20–29	30–100
Kok.P	0–29	30–49	50–59	60–100

Rakenteiden puhdistustuloksien kehittymistä arvioitiin pitoisuusreduktioista Excel-taulukko-ohjelmalla piirrettyjen kuvaajien ja niihin asetettujen trendiviivojen avulla. Lineaarinen trendiviiva luo sovitetun suoran viivan pitoisuusreduktiotiedoista (Microsoft Corporation 2014). Trendiviivaa voidaan pitää luotettavana tapana arvioida puhdistustuloksien kehityksen suuntaa. Kuvaajia piirrettäessä ei yleensä huomioitu rakenteen ensimmäisen toimintavuoden puhdistustuloksia, koska näytteiden määrä oli lähes aina huomattavasti pienempi. Näytteiden pieni määrä vääristää vuotuista pitoisuusreduktiota.

Rakenteita arvioitiin myös rakenteilta lähteneen veden koko seuranta-ajan keskipitoisuuksien avulla. Keskipitoisuudet laskettiin Excel-taulukko-ohjelmalla. Arvioinnissa käytettiin apuna taulukossa 1 esitettyjä alueellisia keskipitoisuuksia.

Vedenjakomenetelmän ja oikovirtausten vaikutusta pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin arvioitiin Mann-Whitneyn U-testillä ja Kolmogorov-Smirnovin testillä. Pintavalutuskenttien keskinäinen vertailu suoritettiin keskiarvotarkastelulla ja Kruskal-Wallis testillä yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Näiden ei-parametristen eli jakauman muodosta riippumattomien testien käyttö oli perusteltua, koska aineisto oli pieni, eikä se noudattanut normaalijakaumaa (ks. Sivonen 2014). Merkitsevyystasona käytettiin 95 %.

Pintavalutuskenttien pinta-alan, pinta-alan ja valuma-alueen suhteen ja kentän iän vaikutusta pitoisuusreduktioihin tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Korrelaatioanalyysillä tarkasteltiin myös eri reduktioiden riippuvuutta toisistaan. Pearsonin korrelaatiokertoimen käyttö oli perusteltua keskiarvotietoa sisältävälle, suhdeasteikolliselle aineistolle (ks. Sivonen 2014).

Laskennassa käytettiin rakenteiden vuosireduktioita ($n = 72$). Oikovirtaustarkastelussa jätettiin pois Rauansuon haihdutus/imeytyskenttä, koska luotettavia ha-

vainoja vedenjakautumisesta ei voitu tehdä. Laskentaan käytettiin IBM SPSS Statistics 21 -taulukko-ohjelmaa.

5 Tutkimustulokset ja tuloksien tarkastelu

5.1 Rakenteiden toiminnan arviointi

5.1.1 Puohtiinsuon tuotantoalue

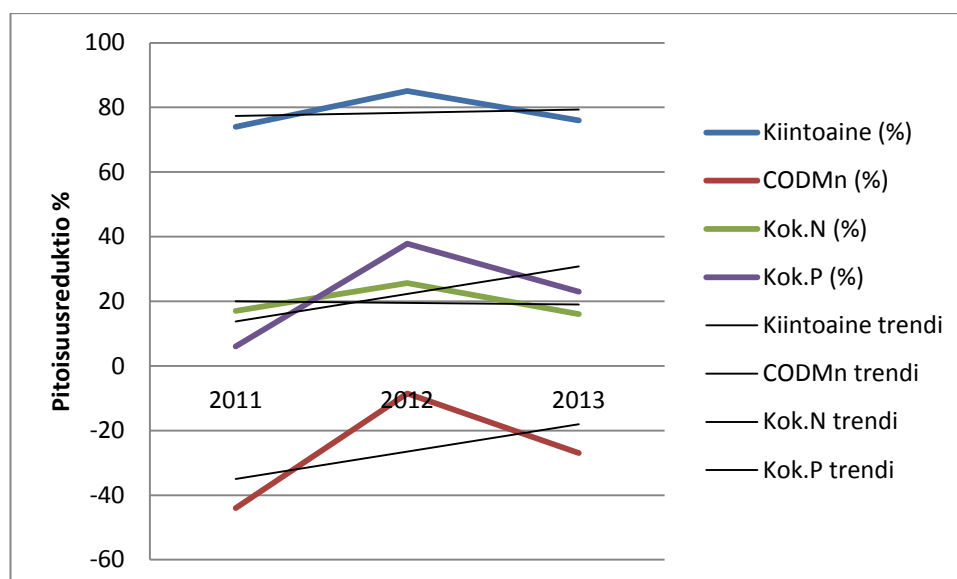
Puohtiinsuon tuotantoalue sijaitsee Iломantsin kunnassa Mekrijärven kylässä. Tuotanto on aloitettu vuonna 1982, ja se jatkuu edelleen 77,7 ha:n alueella. Puohtiinsuolla tuotetaan jrsinturvetta. Puohtiinsuon kuivatusvedet on puhdistettu vuodesta 2010 ympärivuotisesti pintavalutuskentällä, joka on perustettu ojitamattomalle suolle. Pintavalutuskentän pinta-ala on 5 hehtaaria, joka on 5,7 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan kentälle paineputkella.

Taulukko 3. Puohtiinsuon pintavalutuskentän vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	10	91	-62	24	46
2011	21	74	-44	17	6
2012	21	85	-9	26	38
2013	21	76	-27	16	23
Keskiarvo	18	82	-35	21	28

Taulukko 4. Puohtiinsuon pintavalutuskentältä lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
73	3,2	43,0	1 446,2	31,4



Kuvio 3. Puohtiinsuon pintavalutuskentän pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 4.7.2013 kentän havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakaantui koko suoalueelle tasaisesti ja merkittäviä oikovirtauksia ei ollut. Kentän puusto oli kauttaaltaan kuollut tai muuten kärsinyt veden pumppaamisesta kentälle. Koko turvekerros oli vedellä kyllästynyt veden saapuessa keräilyjojaan (kuva 1). Myös veden väri oli mittapadolla huomattavasti eristysojista saapuvaa ulkopuolista vettä kirkaampi.

Kentällä korjattiin vallia ja tehtiin ohjausviiksiä kesällä 2010. Ohjausviikset tehtiin ruokohelpipaaleista estämään reunavirtojen syntymistä. Kesällä 2011 vedenjakautumista parannettiin edelleen asentamalla paineputkeen lisäputkia. Näillä töillä vesi saatiin jakautumaan tasaisemmin koko kentän alueelle. Toukuussa 2012 korotettiin pintavalutuskentän penkkaa sen painumisen vuoksi. Penkan korottamisella ei ole vaikutusta kentän toimintaan.

Kuviosta 3 havaitaan, että kokonaisfosforin puhdistustulos on parantunut hieman kentän ikääntyessä, ja kokonaistypen sekä kiintoaineen puhdistustulokset ovat pysyneet lähes samoina. Humuksen huuhtoutuminen on vähentynyt kentän toiminnan vakiintuessa. Kenttä on toimintansa aikana keskimäärin poistanut kiintoainetta erinomaisesti, kokonaistyppeä hyvin ja kokonaisfosforia heikosti. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat turvetuotantoalueeksi matalia

(vrt. taulukko 1). Pintavalutuskentille tyypillisesti kenttä ei ole pidättänyt humusta.

Pitoisuusreduktioista on vaikea arvioida, onko kentällä tehdyillä toimenpiteillä ollut vaikutusta puhdistustuloksiin, sillä esimerkiksi vuotuiset sääolosuhteet vaikuttavat tuloksiin huomattavasti. Vuonna 2012 puhdistustulokset ovat kuitenkin parantuneet edellisvuoden muutostöiden jälkeen. Oletettavasti kenttä toimisi huonommin, jos vedenjakoa ei olisi parannettu. Vuoden 2010 keskimääräistä paremmat puhdistustulokset selittyvät todennäköisesti näytteiden pienellä määrällä, jolloin esimerkiksi kevättulvan vaikutus ei näy pitoisuusreduktioissa.

5.1.2 Mekrijärvensuon tuotantoalue

Mekrijärvensuon tuotantoalue sijaitsee Ilomantsin kunnassa Mekrijärven kylässä. Tuotanto on aloitettu vuonna 1976, ja se jatkuu edelleen 494,2 ha:n alueella. Mekrijärvensuolla tuotetaan jyrshinturvetta. Mekrijärvensuon kuivatusvedet ovat puhdistettu vuodesta 2010 ympärivuotisesti kahdella pintavalutuskentällä.

Pintavalutuskenttä 1

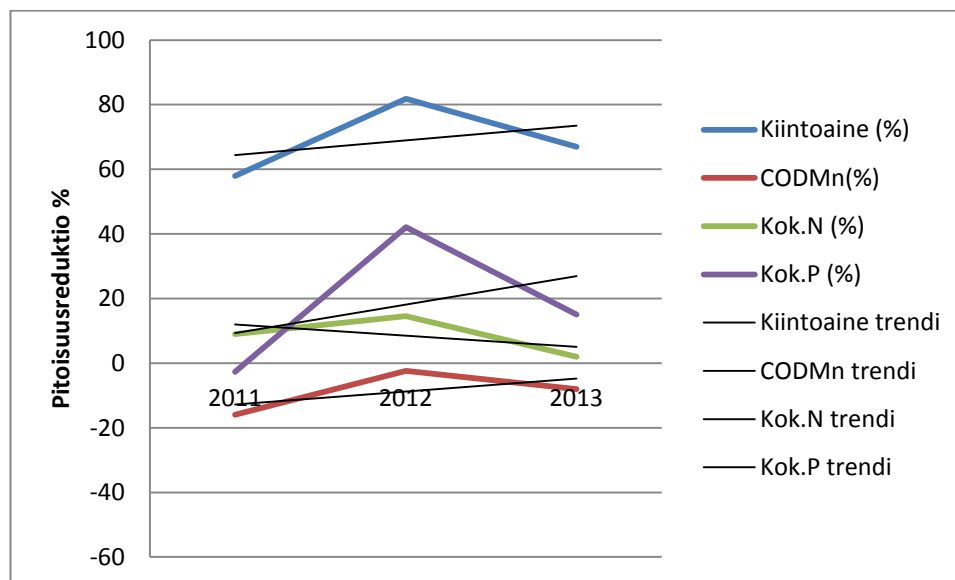
Pintavalutuskentän 1 pinta-ala on 10,8 hehtaaria, joka on 3,3 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojitetulle alueelle perustetulle kentälle paineputkella.

Taulukko 5. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 1 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	10	93	-50	19	39
2011	20	58	-16	9	-3
2012	20	82	-2	15	42
2013	17	67	-8	2	15
Keskiarvo	17	75	-19	11	23

Taulukko 6. Mekrijärvensuon pintavalutuskentältä 1 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
68	4,3	28,9	1 299,3	26,7



Kuvio 4. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 1 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 17.7.2013 havaittiin kentällä olevan paljon oikovirtauksia (kuva 5). Kenttä vaikutti olevan itäreunaa lukuun ottamatta kuiva. Kentän rakenne poikkeaa tyypillisestä pintavalutuskentästä, sillä kentän keskellä on kumppare, josta vesi jaetaan paineputkella mäen kahdella puolella oleville suoalueille (kuva 6).

Rakentamisvuonna 2010 kentän vedenjakautumista parannettiin lisäputkitusten avulla, ja vedenjakautumista parannettiin yhä vuonna 2011. Näillä töillä pyrittiin saamaan vesi jakautumaan tasaisemmin koko kentän alueelle.

Kuviosta 4 havaitaan, että kiintoaineen ja kokonaisfosforin puhdistustulokset ovat parantuneet hieman kentän ikääntyessä. Sen sijaan kokonaistypen pidätyminen on heikentynyt hieman. Humuksen huuhtoutuminen on vähentynyt kentän toiminnan vakiintuessa. Toimintansa aikana kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta erinomaisesti, kokonaistyppeä kohtalaisesti ja kokonaisfosforia

heikosti. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat turvetuotantoalueeksi matalia (vrt. taulukko 1). Pintavalutuskentille tyypillisesti kenttä ei ole pidättänyt humusta.

Pitoisuusreduktioista on vaikea arvioida, onko kentällä tehdyillä toimenpiteillä ollut vaikutusta puhdistustuloksiin, sillä esimerkiksi vuotuiset sääolosuhteet vaikuttavat tuloksiin huomattavasti. Vuonna 2012 puhdistustulokset ovat kuitenkin parantuneet edellisvuoden muutostöiden jälkeen. Oletettavasti kenttä toimisi huonommin, jos vedenjakoa ei olisi parannettu. Vuoden 2010 keskimääräistä paremmat puhdistustulokset selittyvät todennäköisesti näytteiden pienellä määrällä, jolloin esimerkiksi kevättulvan vaikutus ei näy pitoisuusreduktioissa. Kentän heikot kokonaisravinteiden puhdistustulokset selittyvät luultavasti veden huonolla jakautumisella ja kentän koko pinta-alan huonolla hyödyntämisellä eli pienellä käyttöasteella.



Kuva 5. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 1 keräilyjoaan saapuvia oikovirtoja 17.7.2013. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)



Kuva 6. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 1 paineputki mäen päällä 17.7.2013. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

Pintavalutuskenttä 2

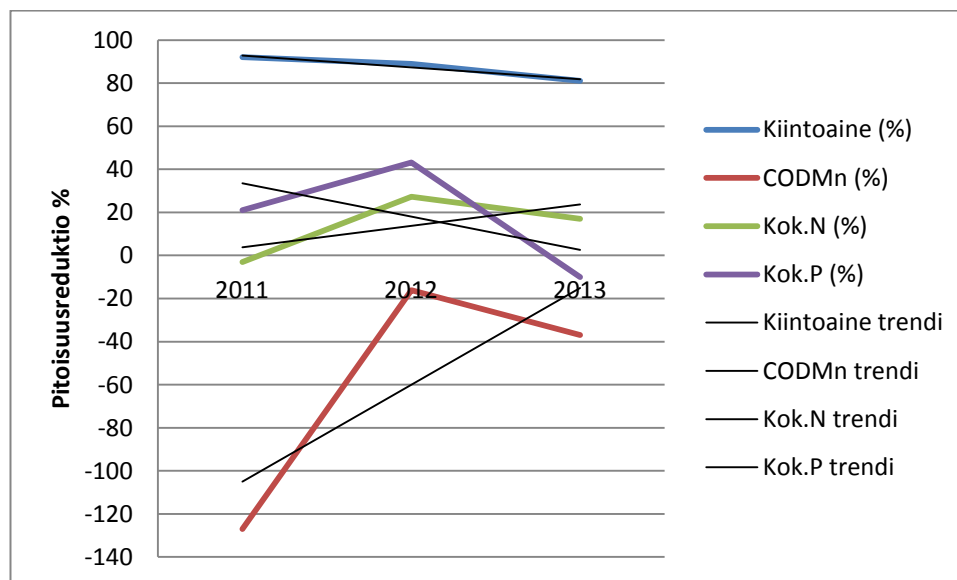
Pintavalutuskentän 2 pinta-ala on 11,4 hehtaaria, joka on 5,5 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojitetulle alueelle perustetulle kentälle paineputkella.

Taulukko 7. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 2 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	10	74	-364	-56	-32
2011	20	92	-127	-3	21
2012	21	89	-16	27	43
2013	21	81	-37	17	-10
Keskiarvo	18	84	-136	-4	6

Taulukko 8. Mekrijärvensuon pintavalutuskentältä 2 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
72	6,4	62,2	2 357,5	69,6



Kuvio 5. Mekrijärvensuon pintavalutuskentän 2 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 17.7.2013 kentän (kuva 7) havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakaantui kentälle tasaisesti, eikä merkittäviä oikovirtoja havaittu. Kentän kasvillisuus koostui luontaisesta suokasvillisuudesta ja matalasta puustosta, joka oli selvästi kärsinyt veden pumppaamisesta alueelle.

Kuviosta 5 havaitaan, että kiintoaineen ja kokonaisfosforin puhdistustulokset ovat heikentyneet hieman kentän ikääntyessä. Sen sijaan kokonaistypen pidätyminen on parantunut hieman. Humuksen huuhtoutuminen on vähentynyt kentän toiminnan vakiintuessa, ja ravinteiden puhdistustulokset ovat parantuneet heikkojen ensimmäisien vuosien jälkeen (taulukko 7). Kenttä on toimintansa aikana keskimäärin pidätynyt kiintoainetta erinomaisesti ja kokonaisfosforia heikosti. Kokonaistyppeä ja humusta on huuhtoutunut kentältä. Vuonna 2012 kenttä toimi tehokkaasti myös ravinteiden puhdistajana mutta reduktiot laskivat jälleen vuonna 2013. Heikoille kokonaisravinteiden puhdistustuloksille on vaikea löytää selitystä. Kentältä lähteneen veden humuksen ja kokonaistypen keskipi-

toisuudet ovat hieman turvetuotantoalueitten tyypillisiä korkeampia ja kokonaisfosforin sekä kiintoaineen lähellä tyypillistä pitoisuutta (vrt. taulukko 1).



Kuva 7. Mekrijärvensuon pintavalutuskenttä 2 ja penkka 17.7.2013. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

5.1.3 Kirkkosuon tuotantoalue

Kirkkosuon tuotantoalue sijaitsee Kiteen kaupungin Haarajärven ja Ruppovaaran kylissä. Tuotanto on aloitettu vuonna 1987, ja se jatkuu edelleen 379,2 ha:n alueella. Kirkkosuolla tuotetaan pala- ja jysinturvetta. Kirkkosuon kuivatusvedet puhdistetaan ympärivuotisesti kahdella pintavalutuskentällä.

Pintavalutuskenttä 1

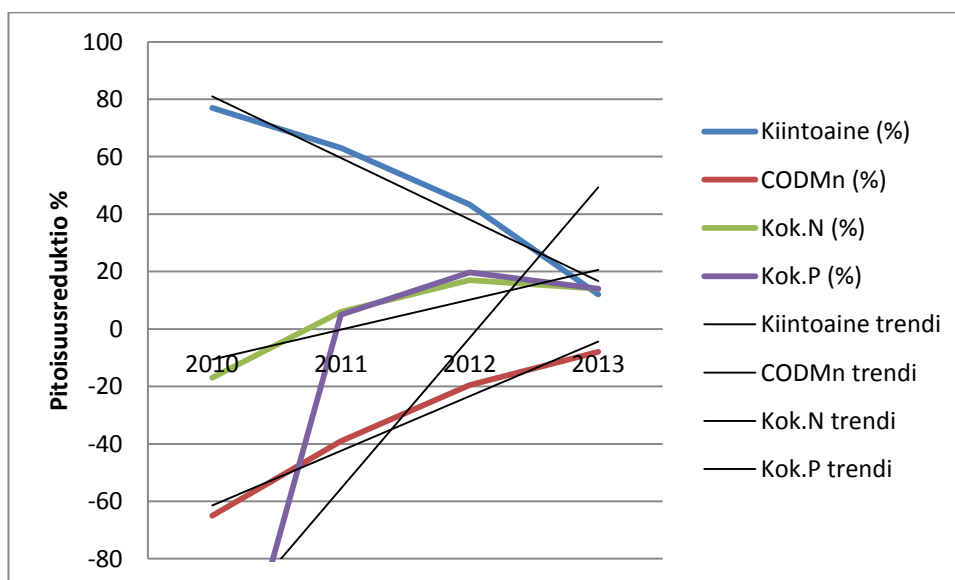
Pintavalutuskenttä 1 on otettu käyttöön vuonna 2009. Sen pinta-ala on 7,2 hehtaaria, joka on 4,9 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojitetulle alueelle perustetulle kentälle jako-ojilla.

Taulukko 9. Kirkkosuon pintavalutuskentän 1 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2009	5	75	-116	-18	-140
2010	18	77	-65	-17	-156
2011	21	63	-39	6	5
2012	22	43	-20	17	20
2013	21	12	-8	14	14
Keskiarvo	17	54	-50	0	-51

Taulukko 10. Kirkkosuon pintavalutuskentältä 1 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
88	6,8	41,6	1 591,4	86,9



Kuvio 6. Kirkkosuon pintavalutuskentän 1 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 17.6.2013 kentällä havaittiin olevan voimakkaat reunavirrat ja kentän keskiosa vaikutti kuivalta. Vesi ei jakaantunut tasaisesti koko ken-

tän alueelle vaan virtasi oikovirtoina kentän reunaajiin. Kentän kasvillisuus koostui luontaisesta suokasvillisuudesta.

Kuviosta 6 havaitaan, että vuonna 2010 kenttä pidätti kiintoainetta erinomaisesti, mutta kokonaisfosforia huuhtoutui kentältä erittäin runsaasti ja kokonaistyppeä hieman. Vuodesta 2011 alkaen kiintoaineen pidätystehokkuus on laskenut mutta ravinteiden pidättyminen on parantunut. Humuksen huuhtoutuminen on vähentynyt kentän ikääntyessä. Keskimäärin kenttä on pidättänyt hyvin kiintoainetta ja kentältä on huuhtoutunut fosforia ja humusta. Kokonaistypen pitoisuus ei ole muuttunut kentällä. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat lähellä Itä-Suomen alueen keskipitoisuuksia (vrt. taulukko 1). Kentän heikot puhdistus tulokset selittyvät luultavasti veden huonolla jakautumisella ja kentän pienellä käyttöasteella.

Pintavalutuskenttä 2

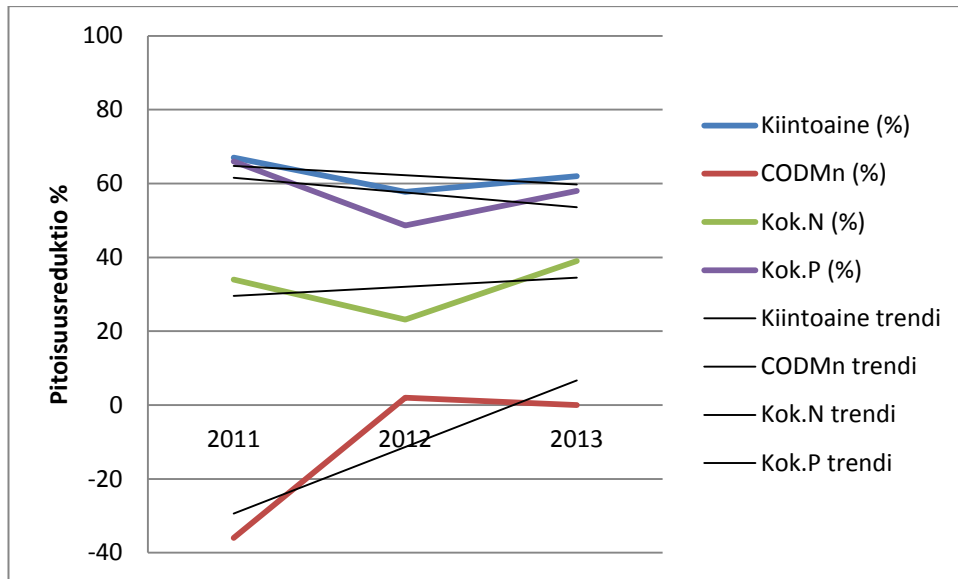
Pintavalutuskenttä 2 on otettu käyttöön vuonna 2010. Sen pinta-ala on 23,3 hehtaaria, joka on 6,3 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojitetulle alueelle perustetulle kentälle paineputkella.

Taulukko 11. Kirkkosuon pintavalutuskentän 2 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	2	86	-165	23	68
2011	17	67	-36	34	66
2012	22	58	2	23	49
2013	21	62	0	39	58
Keskiarvo	16	68	-50	30	60

Taulukko 12. Kirkkosuon pintavalutuskentältä 2 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
63	3,2	71,6	1 670,5	53,7



Kuvio 7. Kirkkosuon pintavalutuskentän 2 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 17.6.2013 paikoitellen kuivalla kentällä (kuva 8) havaittiin olevan voimakkaat reunavirrat, mutta merkittäviä oikovirtauksia ei havaittu. Kentän kasvillisuus koostui luontaisesta suokasvillisuudesta sekä puustosta.

Kuviosta 7 havaitaan, että kiintoaineen ja kokonaisfosforin puhdistustulokset ovat heikentyneet hieman kentän ikääntyessä. Sen sijaan kokonaistypen pidätyminen on parantunut hieman. Humuksen huuhtoutuminen kentältä on vähentynyt kentän toiminnan vakiintuessa. Toimintansa aikana kenttä on keskimäärin pidättänyt kiintoainetta ja kokonaisravinteita erinomaisesti. Kentältä lähteneen veden kokonaisravinteiden keskipitoisuudet ovat lähellä Itä-Suomen alueen tyyppillisiä pitoisuuksia ja kiintoaineen pitoisuus on matala. Humuksen keskipitoisuus on hieman keskimääräistä korkeampi (vrt. taulukko 1).



Kuva 8. Kirkkosuon pintavalutuskenttä 2 ja penkka 17.6.2013. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

5.1.4 Valkeasuon tuotantoalue

Valkeasuon tuotantoalue sijaitsee Tohmajärven kunnan ja Joensuun kaupungin alueilla. Tuotanto on aloitettu vuonna 1973, ja se jatkuu edelleen 845,9 ha:n alueella. Valkeasuolla tuotetaan jyrshinturvetta. Valkeasuon kuivatusvedet puhdistetaan viidellä pintavalutuskentällä ja yhdellä ruokohelpikosteikolla. Lisäksi valkeasuolle on suunnitteilla 3 kosteikkoa, jotka valmistuvat vuoden 2014 aikana.

Taulukko 13. Valkeasuon vesienkäsittelyrakenteiden perustiedot

	Valmistumisvuosi	Vedenjako	Käyttö	Pinta-ala (ha)	Pinta-ala valuma- alueesta (%)
PVK1	1992	O	S	4,2	2,0
PVK2	2001	O	S	9,3	17,2
PVK4	2010	O	S	1,5	6,2
PVK6	2010	P	S	6,4	3,6
PVK7	2012	P	Y	3,7	7,0
Ruokohelpi- kosteikko (PVK8)	2010	P	S	10,0	6,2

Vedenjako sarakkeessa O tarkoittaa jako-ojia tai jakoallasta ja P paineputkea. Käyttö sarakkeessa S tarkoittaa sulan maan aikana käytössä olevaa rakennetta ja Y ympärivuotisesti käytettävää.

Pintavalutuskentät 1, 2 ja 7

Maastotarkastuksella 24.6.2013 havaittiin pintavalutuskentän 1 olevan erittäin rehevän kasvuston peittämä. Runsas puusto vaikeutti luotettavien havaintojen tekemistä, mutta ainakin kentän länsireunalta tuli oikovirtoja keräilyjojan. Kaakkoiskulman purkupisteellä vettä oli kerääntynyt lammeksi. Kenttä oli perustettu ojitetulle alueelle. Kentältä ei ole otettu lähtevän veden näytteitä, joten pitoisuusreduktiotietoja ei ole saatavilla.

Maastotarkastuksella 2.7.2013 pintavalutuskentän 2 havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakautui ojittamattomalle suolle tasaisesti ja hävisi lähes kokonaan, eikä purkupäässä havaittu merkittävää lasku-uomaa. Kentän reunavirrat olivat voimakkaat ja penkka vuoti mahdollisesti hieman länsireunalta jakoaltaan läheltä. Kentältä ei ole otettu lähtevän veden näytteitä, joten pitoisuusreduktiotietoja ei ole saatavilla.

Maastotarkastuksella 3.7.2013 pintavalutuskentän 7 (kuva 9) havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakautui tasaisesti ojitetulle suoalueelle. Merkittäviä oikovirtoja tai muita toimintaa haittaavia tekijöitä ei havaittu. Kentän kasvillisuus koostui luon-

taisesta suokasvillisuudesta. Kenttä ei ole vielä velvoitetarkkailussa, joten pituusreduktiotietoja ei ole saatavilla.



Kuva 9. Valkeasuon pintavalutuskenttä 7 ja paineputki 3.7.2013. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

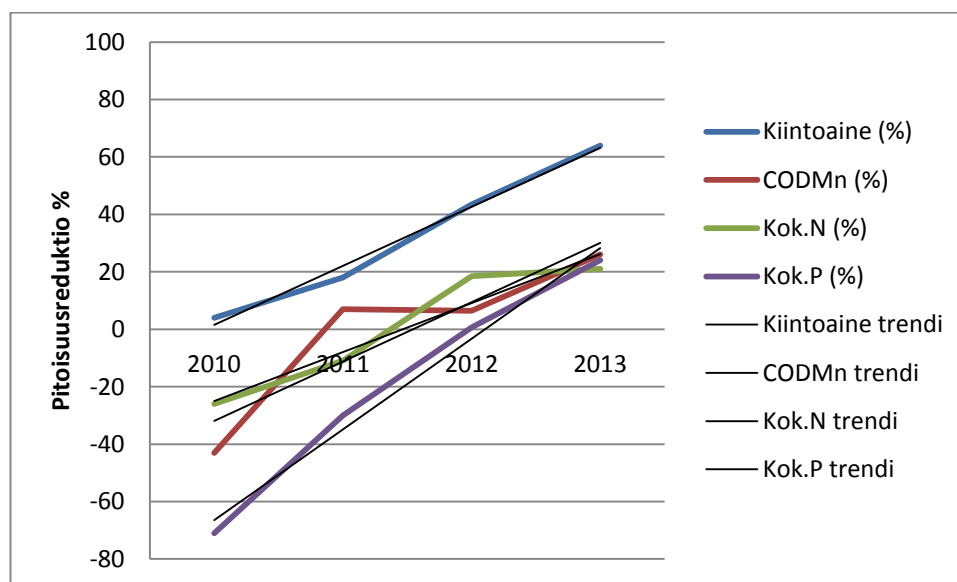
Pintavalutuskenttä 4

Taulukko 14. Valkeasuon pintavalutuskentän 4 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	10	4	-43	-26	-71
2011	14	18	7	-11	-30
2012	14	43	6	18	1
2013	14	64	26	21	24
Keskiarvo	13	32	-1	1	-19

Taulukko 15. Valkeasuon pintavalutuskentältä 4 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
53	9,1	10,6	1 094,0	24,4



Kuvio 8. Valkeasuon pintavalutuskentän 4 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 2.7.2013 veden havaittiin jakaantuvan ojitetulle suoalueelle epätasaisesti. Vesi pumpattiin jakoputkista jako-oihin, mutta vettä tuli lähinnä vain toisesta jakoputkesta, joten kentän toinen laita oli vetisempi ja keräilyjojaan tuli paljon oikovirtoja.

Kuviosta 8 havaitaan, että kentän puhdistustulokset ovat parantuneet tasaisesti kentän ikääntyessä. Kaksi ensimmäistä vuotta kentän toiminta oli erityisen huonoa (taulukko 14). Vuonna 2013 kenttä toimi kuitenkin hyvin ja pidatti kiintoainetta erinomaisesti, kokonaistyppeä hyvin ja kokonaisfosforia heikosti. Koko toimintansa aikana kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta kohtalaisesti ja kokonaistyppeä heikosti. Humusta ja kokonaisfosforia on huuhtoutunut kentältä. Kentältä lähteneen veden kokonaisravinteiden ja humuksen keskipitoisuudet ovat kuitenkin turvetuotantoalueeksi matalia ja kiintoainepitoisuus hieman kohonnut (vrt. taulukko 1). Kentän heikot puhdistustulokset selittyvät luultavasti veden huonolla jakautumisella ja kentän pienellä käyttöasteella.

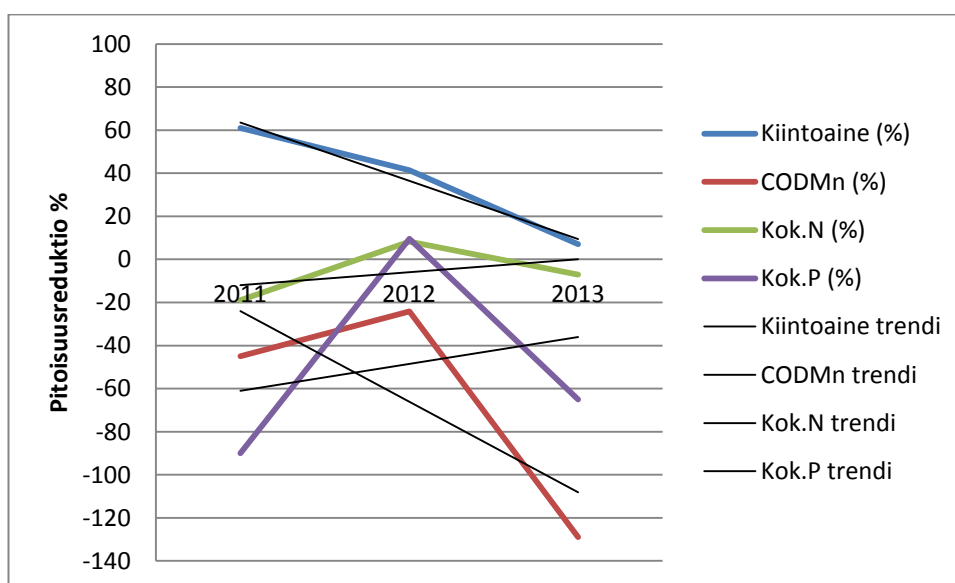
Pintavalutuskenttä 6

Taulukko 16. Valkeasuon pintavalutuskentän 6 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	7	49	-221	-68	-252
2011	14	61	-45	-19	-90
2012	15	41	-24	8	10
2013	15	7	-129	-7	-65
Keskiarvo	13	40	-105	-21	-99

Taulukko 17. Valkeasuon pintavalutuskentältä 6 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
52	8,1	20,4	1 770,8	40,6



Kuvio 9. Valkeasuon pintavalutuskentän 6 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 25.6.2013 havaittiin, että vesi ei jakaantunut tasaisesti koko kentän alueelle ja kenttä oli osittain kuiva. Vesi laski muutamina puroina keräilyjojan. Kenttä oli perustettu ojitetulle alueelle.

Kuviosta 9 havaitaan, että kiintoaineen puhdistustulos on heikentynyt ja ravinteiden huuhtoutuminen kentältä on vähentynyt kentän ikääntyessä. Kenttä on koko toimintansa ajan pidättänyt kiintoainetta, mutta kokonaisravinteita ja hu-

musta on pääsääntöisesti huuhtoutunut kentältä. Kenttä on pidättänyt ravinteita vain yhtenä vuotena, silloinkin heikosti. Keskimäärin kenttä on toimintansa aikana poistanut kiintoainetta kohtalaisesti ja ravinteita sekä humusta on huuhtoutunut kentältä. Kentältä lähteneen veden kiintoaineen ja kokonaistypen keskipitoisuudet ovat hieman kohonneita, ja kokonaisfosforin ja humuksen hieman tyyppillistä matalampia (vrt. taulukko 1). Kentän heikot puhdistustulokset johtuvat todennäköisesti veden epätasaisesta jakautumisesta kentälle sekä kentän pienestä käyttöasteesta.

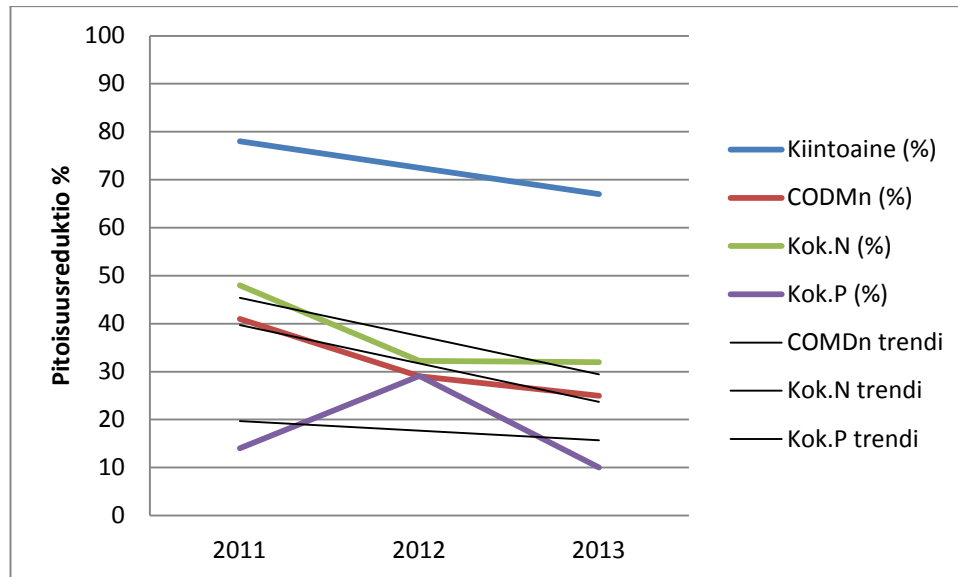
Ruokohelpikosteikko

Taulukko 18. Valkeasuon ruokohelpikosteikon vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	1	55	-31	38	-200
2011	10	78	41	48	14
2012	15	72	29	32	29
2013	15	67	25	32	10
Keskiarvo	10	72	32	37	18

Taulukko 19. Valkeasuon ruokohelpikosteikolta lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
42	4,7	16,8	996,3	19,1



Kuvio 10. Valkeasuon ruokohelpikosteikon pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 3.7.2013 havaittiin, että vesi ei jakautunut koko kosteikon alueelle, vaan virtasi osittain vanhoja sarkaojia pitkin keräilyjojan. Kenttä oli perustettu vanhalle ruokohelpipellolle. Kasvillisuus koostui pääosin ruokohelvestä ja pajuista.

Kuviosta 10 havaitaan, että kosteikon puhdistustulokset ovat heikentyneet hie-man kentän ikääntyessä, mutta pysyneet silti pääosin erinomaisina. Kosteikko on keskimäärin pidättänyt kiintoainetta sekä kokonaistyppeä erinomaisesti ja kokonaisfosforia heikosti. Kosteikko on pidättänyt myös humusta hyvin. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat turvetuotantoalueeksi matalia (vrt. taulukko 1). Vuotta 2010 ei huomioitu keskiarvotarkastelussa näytteiden pienen lukumäärän takia.

5.1.5 Rauansuon tuotantoalue

Rauansuon tuotantoalue sijaitsi Joensuun kaupungissa Suurkankaan kylässä ja oli osa jo aiemmin lopetettua Pärnänsuota. Tuotanto aloitettiin vuonna 1980, ja alue luovutettiin jälkikäyttöön vuonna 2013. Turvetta tuotettiin viimeksi vuonna 2011 yhteensä 76,0 ha:n alalla. Rauansuon kuivatusvedet puhdistettiin roudat-tomana aikana haihdutus/imeytyskentällä vuodesta 2010 alkaen. Sen pinta-ala

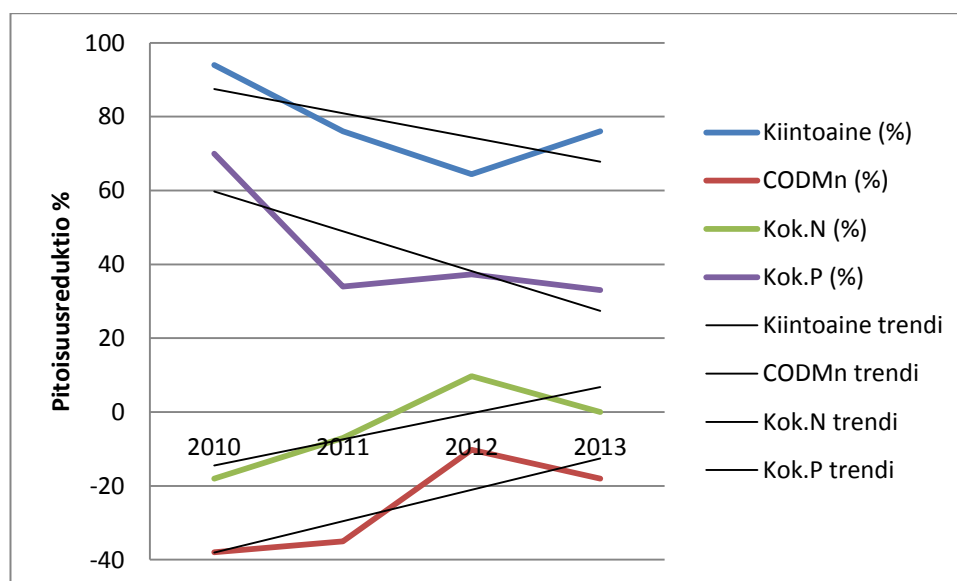
oli 3,6 hehtaaria, joka oli 4,7 % sen valuma-alueesta. Vesi jaettiin ojitetulle alueelle perustetulle kentälle paineputkella. Pumppaus lopetettiin syksyllä 2013.

Taulukko 20. Rauansuon haihdutus/imeytyskentän vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	13	94	-38	-18	70
2011	20	76	-35	-7	34
2012	19	64	-10	10	37
2013	14	76	-18	0	33
Keskiarvo	17	78	-25	-4	44

Taulukko 21. Rauansuon haihdutus/imeytyskentältä lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
66	6,4	9,4	1 383,9	16,0



Kuvio 11. Rauansuon haihdutus/imeytyskentän pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 4.6.2013 kentän toiminnassa ei havaittu ongelmia. Kentän rakenne poikkesi hieman normaalista pintavalutuskentästä, sillä vesi jaettiin paineputkella kentän keskelle, josta se virtasi kasvillisuuden läpi keräilyojiin. Kentän pohjamaana oli savi, joten vesi myös seiso i kentällä ja haihtui lämmön vaikutuksesta. Vedenjaosta ei voitu kuivuuden takia tehdä arviota.

Kuviosta 11 havaitaan, että kentän kiintoaineen ja kokonaisfosforin pidätystehokkuudet ovat laskeneet, ja kokonaistypen sekä humuksen parantuneet. Keskimäärin kenttä on poistanut kiintoainetta erinomaisesti ja kokonaisfosforia kohdallisesti. Kokonaistyppeä sekä humusta on huuhtoutunut kentältä hieman. Kentältä lähteneen veden kokonaisravinteiden ja humuksen keskipitoisuudet ovat matalia ja kiintoaineen lähellä Itä-Suomen alueen keskimääräistä pitoisuutta (vrt. taulukko 1).

5.1.6 Tuohtaansuon tuotantoalue

Tuohtaansuon tuotantoalue sijaitsee Tohmajärven, Kiteen ja Rääkkylän kuntien alueella. Tuotanto on aloitettu vuonna 1979, ja se jatkuu edelleen 785,0 ha:n alueella. Tuohtaansuolla tuotetaan pala- ja jyrshinturvetta. Tuohtaansuon kuivausvedet puhdistetaan kuudella pintavalutuskentällä ja yhdellä kosteikolla.

Taulukko 22. Tuohtaansuon vesienkäsittelyrakenteiden perustiedot

	Valmistumisvuosi	Vedenjako	Käyttö	Pinta-ala (ha)	Pinta-ala valuma-alueesta (%)
PVK1	1992	O	Y	2,0	2,1
PVK2	1993	O	Y	17,3	6,0
PVK3	2012	P	Y	2,5	7,2
PVK4	2009	O	Y	4,8	3,6
PVK5	2011	P	Y	1,3	3,9
PVK6	2001	O	Y	9,8	7,2
Kosteikko	2012	-	Y	14,0	14,3

Vedenjako sarakkeessa O tarkoittaa jako-ojia tai jakoallasta ja P paineputkea. Käyttö sarakkeessa S tarkoittaa sulan maan aikana käytössä olevaa rakennetta ja Y ympärivuotisesti käytettävää.

Pintavalutuskentät 1 ja 2

Maastotarkastuksessa 12.7.2013 pintavalutuskentillä 1 ja 2 ei havaittu ongelmia kenttien toiminnassa. Pintavalutuskentän 1 tiheä kasvillisuus vaikeutti veden jakautumisen havainnointia, mutta penkereitten havaittiin vuotavan paikoitellen. Pintavalutuskentällä 2 vesi hävisi suurelle suoalueelle täysin eikä purkupäässä ollut havaittavissa vettä ainakaan kyseisenä kuivana ajankohtana. Pintavalutuskenttä 1 on 18.7.2011 pidättänyt kiintoainetta 46 %, humusta -2 %, kokonaisuutena 5 % ja kokonaisfosforia 40 %. Molemmat kentät ovat perustettu ojitetuille alueille. Vesi valuu suoraan kentiltä Miilunjokeen, joten säännöllisiä reduktiotietoja ei ole saatavilla.

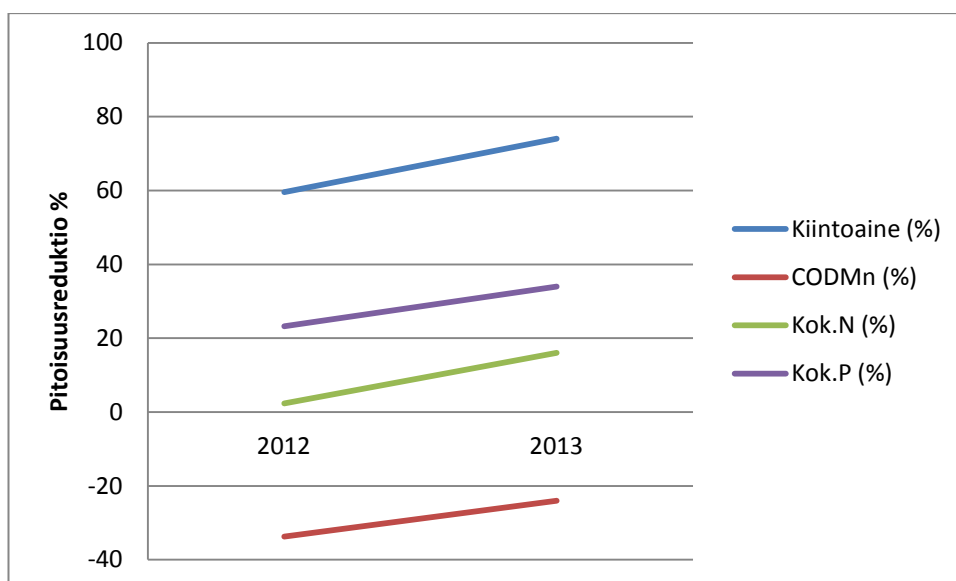
Pintavalutuskenttä 3

Taulukko 23. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 3 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2012	15	60	-34	2	23
2013	21	74	-24	16	34
Keskiarvo	18	67	-29	9	29

Taulukko 24. Tuhtaansuon pintavalutuskentältä 3 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
36	3,2	111,8	2 202,8	115,2



Kuvio 12. Tuohansaunon pintavalutuskentän 3 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 13.7.2013 kentän toiminnassa ei havaittu ongelmia. Vesi jakaantui tasaisesti koko ojitetulle alueelle perustetulle kentälle. Kentän kasvillisuus koostui tyypillisistä metsäisen suon lajeista.

Kuviosta 12 havaitaan kentän puhdistustuloksien parantuneen toisena käyttövuotena hieman. Reduktiot tulevat todennäköisesti paranemaan edelleen kentän ikääntyessä ja toiminnan vakiintuessa. Kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta erinomaisesti ja kokonaisravinteita heikosti. Kentältä lähteneen veden kiintoaineen keskipitoisuus on matala ja muut keskipitoisuudet ovat kohonneita (vrt. taulukko 1).

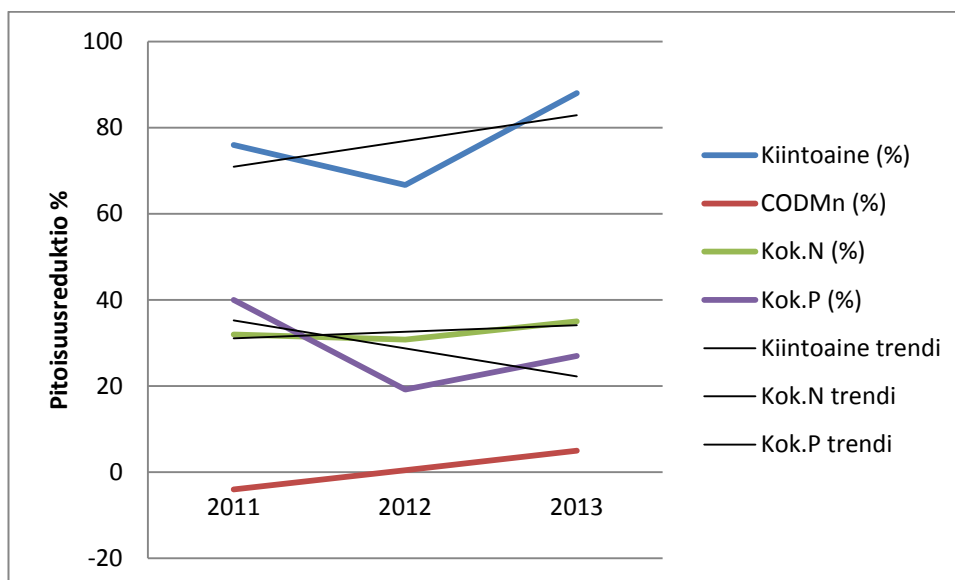
Pintavalutuskenttä 4

Taulukko 25. Tuohansaunon pintavalutuskentän 4 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2010	9	69	-6	33	42
2011	19	76	-4	32	40
2012	22	67	0	31	19
2013	21	88	5	35	27
Keskiarvo	18	75	-1	33	32

Taulukko 26. Tuhtaansuon pintavalutuskentältä 4 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
72	4,6	67,2	1 820,3	137,8



Kuvio 13. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 4 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 10.7.2013 veden havaittiin kulkevan kentän reunoja pitkin ja kentän keskiosa vaikutti kuivalta, eikä keräilyjojaan saapunut juuri vettä. Penkoissa havaittiin mahdollisia vuotokohtia. Kenttä oli perustettu ojitetulle alueelle.

Kentän vallia ja vedenjakoa korjattiin kesällä 2011. Vuonna 2012 puhdistustulokset heikentyivät hieman edellisvuoden muutostöiden jälkeen. Vuonna 2013 reduktiot kuitenkin parantuivat. Pitoisuusreduktioista onkin vaikea arvioida, onko kentällä tehdyillä toimenpiteillä ollut vaikutusta puhdistustuloksiin, sillä esimerkiksi vuotuiset sääolosuhteet vaikuttavat tuloksiin huomattavasti. Oletettavasti kenttä toimisi huonommin, jos vedenjakoa ei olisi korjattu.

Kuviosta 13 havaitaan kiintoaineen, kokonaistypen ja humuksen puhdistustulosten parantuneen hieman kentän ikääntyessä. Kokonaisfosforin pidättyminen on heikentynyt hieman. Kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta ja koko-

naistyyppiä erinomaisesti ja kokonaisfosforia kohtalaisesti. Viime vuosina kenttä on myös pidättänyt hieman humusta. Kentältä lähteneen veden kiintoaineen keskipitoisuus on turvetuotantoalueelle tyypillinen ja humuksen sekä kokonaisravinteiden keskipitoisuudet ovat kohonneita (vrt. taulukko 1).

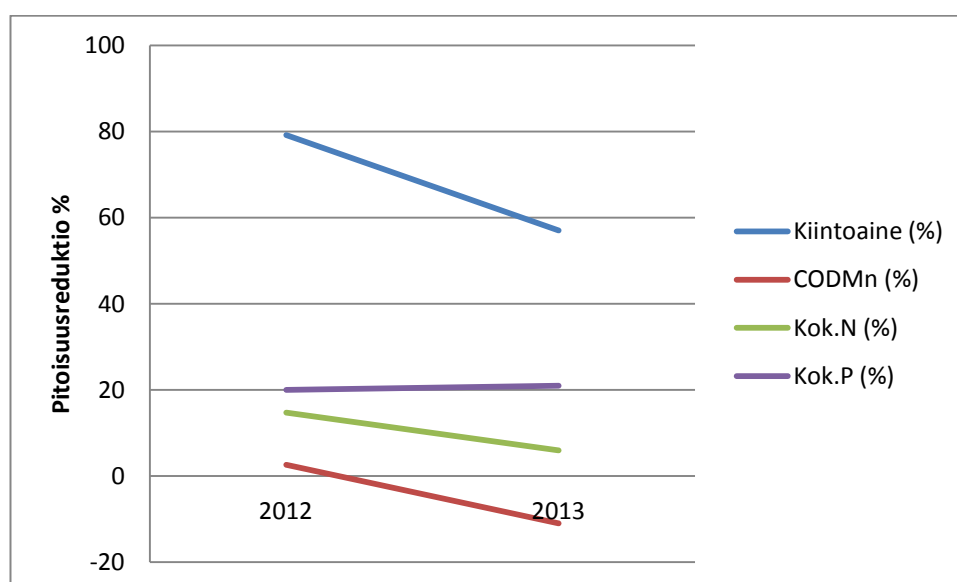
Pintavalutuskenttä 5

Taulukko 27. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 5 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2011	3	81	-27	26	18
2012	10	79	3	15	20
2013	19	57	-11	6	21
Keskiarvo	11	72	-12	16	20

Taulukko 28. Tuhtaansuon pintavalutuskentältä 5 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
32	3,9	66,0	1 589,7	32,7



Kuvio 14. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 5 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 9.7.2013 kentän toiminnassa ei havaittu ongelmia. Vesi jakautui tasaisesti koko ojitetulle alueelle perustetulle kentälle. Keräilyjojaan vesi saapui yhtenä pienenä norona. Kasvillisuus koostui luontaisesta suokasvillisuudesta.

Kuviosta 14 havaitaan kiintoaineen, kokonaistypen ja humuksen reduktioiden heikentyneen kentän ikääntyessä. Kokonaisfosforin reduktiot eivät ole juurikaan muuttuneet. Kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta erinomaisesti, kokonaistyppeä kohtalaisesti ja kokonaisfosforia heikosti. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat Itä-Suomen alueen keskimääräisiä pitoisuuksia matalampia. Humuksen keskipitoisuus on hieman kohonnut (vrt. taulukko 1).

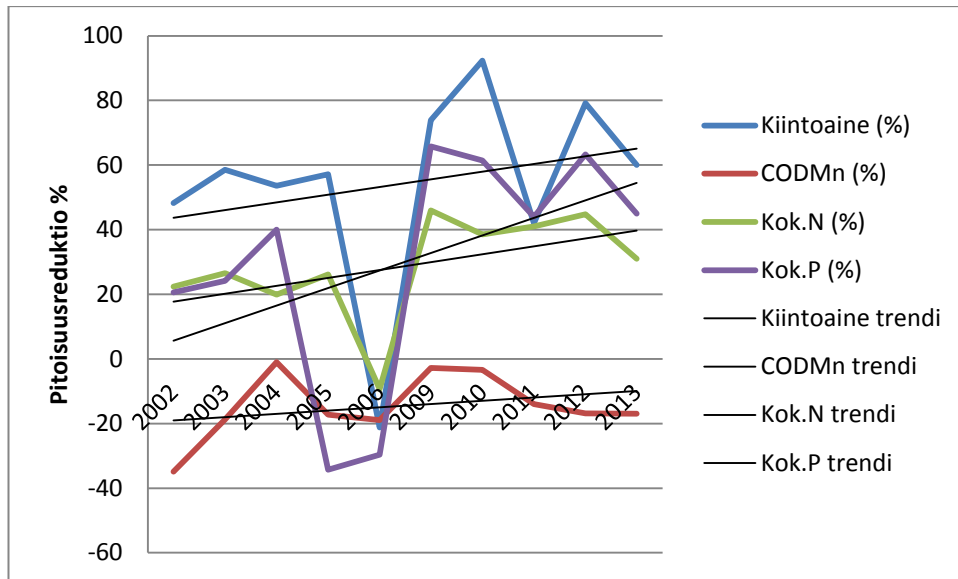
Pintavalutuskenttä 6

Taulukko 29. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 6 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2002	21	48	-35	22	21
2003	22	59	-19	27	24
2004	22	54	-1	20	40
2005	14	57	-17	26	-34
2006	6	-21	-19	-9	-30
2009	4	74	-3	46	66
2010	2	92	-3	39	61
2011	2	42	-14	41	44
2012	10	79	-17	45	63
2013	19	60	-17	31	45
Keskiarvo	12	54	-14	29	30

Taulukko 30. Tuhtaansuon pintavalutuskentältä 6 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
122	7,9	60,5	1 852,0	75,8



Kuvio 15. Tuhtaansuon pintavalutuskentän 6 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 11.7.2013 ojitetulle alueelle perustetun kentän toiminnassa ei havaittu ongelmia. Vesi jakaantui hyvin koko kentän alueelle, vaikka havaittavissa oli märkiä ja kuivia paikkoja. Vesi saapui keräilyjojaan pieninä noroina lähinnä vanhoja ojia pitkin. Penkat vuotivat mahdollisesti etelä- ja länsireunoilta. Kasvillisuus koostui pääosin metsäisen suon lajeista.

Kuviosta 15 havaitaan kaikkien puhdistustuloksien parantuneen kentän ikäännyessä. Vuosien 2006–2012 pienet näytemäärät voivat vääristää pitoisuusreduktioita ja siten aiheuttaa virhelähteen tarkasteluun. Kenttä on keskimäärin pidättänyt kiintoainetta sekä kokonaistyppeä hyvin ja kokonaisfosforia kohtalaisesti. Humusta on huuhtoutunut kentältä hieman. Kentältä lähteneen veden keskipitoisuudet ovat hieman Itä-Suomen alueen keskipitoisuuksia korkeampia (vrt. taulukko 1).

Kosteikko

Taulukko 31. Tuoltaansuon lintujärvikosteikon vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2012	14	47	2	6	13
2013	21	13	-8	7	-15
Keskiarvo	18	30	-3	7	-1

Taulukko 32. Tuoltaansuon kosteikolta lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
35	7,7	50,2	2 385,7	38,0

Maastotarkastuksella 9.7.2013 kosteikolla ei havaittu ongelmia. Koko kosteikkoallas oli avoveden peittämä ja luontainen vesikasvillisuus oli alkanut kehittyä. Valtalajina havaittiin järvikorte.

Taulukosta 31 havaitaan, että kosteikko on keskimäärin pidättänyt kiintoainetta kohtalaisesti ja kokonaistyyppiä heikosti. Humusta ja kokonaisfosforia on huuhtoutunut kosteikolta hieman. Rakenteen toiminta ei ole oletettavasti vielä vakiintunut ja puhdistustulokset tulevat paranemaan lähivuosina. Kosteikon ensimmäisen toimintavuoden kiintoaineen ja kokonaisfosforin paremmat puhdistustulokset selittyvät todennäköisesti näytteiden pienellä määrällä. Kosteikolta lähteneen veden kiintoaineen ja humuksen keskipitoisuudet ovat kuitenkin lähellä tyypillisiä Itä-Suomen kosteikoilta lähteviä pitoisuuksia. Kokonaistyyppien keskipitoisuus on kohonnut ja kokonaisfosforin keskimääräistä matalampi (vrt. taulukko 1).

5.1.7 Linnansuon tuotantoalue

Linnansuon tuotantoalue sijaitsee Joensuun kaupungissa Koveron kylässä. Tuotanto on aloitettu vuonna 1978, ja se jatkuu edelleen 492,1 ha:n alueella. Linnansuolla tuotetaan pala- ja jyrshinturvetta. Linnansuon kuivatusvedet puhdis-

tetaan ympärivuotisesti kahdella ja roudattomana aikana kolmella pintavalutus-kentällä. Neljäs pintavalutuskenttä valmistuu vuoden 2014 aikana.

Taulukko 33. Linnansuon vesienkäsittelyrakenteiden perustiedot

	Valmistumisvuosi	Vedenjako	Käyttö	Pinta-ala (ha)	Pinta-ala valuma- alueesta (%)
PVK1	2001	P	S	6,3	7,8
PVK2	2006	O	Y	16,3	6,9
PVK3	2006	O	Y	12,3	6,8

Vedenjako sarakkeessa O tarkoittaa jako-ojia tai jakoallasta ja P paineputkea. Käyttö sarakkeessa S tarkoittaa sulan maan aikana käytössä olevaa rakennetta ja Y ympärivuotisesti käytettävää.

Pintavalutuskentät 2 ja 3

Maastotarkastuksella 6.8.2013 pintavalutuskentän 2 havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakaantui ojittamattomalle suoalueelle tasaisesti, ja kenttä oli kauttaaltaan märkä. Kasvillisuus koostui luontaisesta suokasvillisuudesta, järvikortteesta ja osmankäämistä. Kentältä ei ole otettu lähtevän veden näytteitä, joten pitoisuusreduktiotietoja ei ole saatavilla.

Maastotarkastuksella 5.8.2013 ei pintavalutuskentän 3 toiminnassa havaittu ongelmia. Vesi jakaantui ojittamattomalle suoalueelle ja hävisi kentälle tehokkaasti. Kenttä oli pääosin kuiva eikä purkupäässä havaittu poistuvaa vettä. Kentältä ei ole otettu lähtevän veden näytteitä, joten pitoisuusreduktiotietoja ei ole saatavilla.

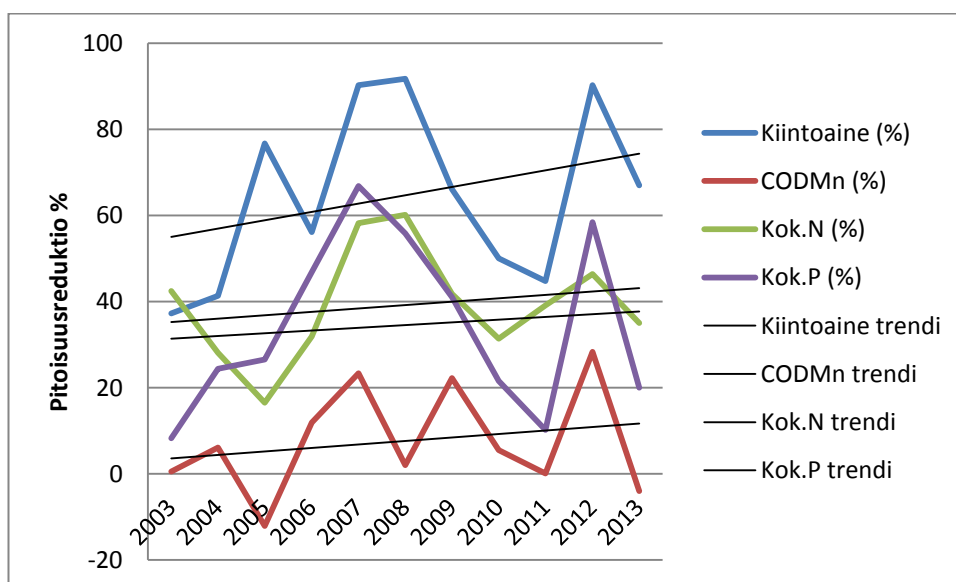
Pintavalutuskenttä 1

Taulukko 34. Linnansuon pintavalutuskentän 1 vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2003	22	37	1	42	8
2004	27	41	6	28	24
2005	13	77	-12	17	27
2006	16	56	12	32	47
2007	16	90	23	58	67
2008	15	92	2	60	56
2009	12	66	22	42	41
2010	10	50	5	31	22
2011	14	45	0	39	10
2012	15	90	28	46	58
2013	14	67	-4	35	20
Keskiarvo	16	65	8	39	35

Taulukko 35. Linnansuon pintavalutuskentältä 1 lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
183	4,9	27,0	742,2	21,9



Kuvio 16. Linnansuon pintavalutuskentän 1 pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksessa 6.8.2013 kentän havaittiin toimivan hyvin. Vesi jakaantui ojittamattomalle suoalueelle tasaisesti eikä merkittäviä oikovirtoja havaittu. Koko turvekerros oli vedellä kyllästynyt veden saapuessa keräilyjojaan.

Kuviosta 16 havaitaan kaikkien puhdistustuloksien parantuneen hieman kentän ikääntyessä. Puhdistustulokset ovat vaihdelleet paljon eri vuosien välillä. Keskimäärin kenttä on pidättänyt kiintoainetta sekä kokonaistyppeä erinomaisesti ja kokonaisfosforia kohtalaisesti. Kenttä (kuva 10) on myös pidättänyt hieman humusta. Kiintoaineen keskipitoisuus on turvetuotantoalueille tyypillinen ja kokonaisravinteiden sekä humuksen keskipitoisuudet ovat matalia (vrt. taulukko 1).



Kuva 10. Linnansuon pintavalutuskenttä 1 ja keräilyjoja 13.5.2014. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

5.1.8 Teyrisuon tuotantoalue

Teyrisuon tuotantoalue sijaitsee Polvijärven kunnassa. Tuotantoon valmistelu aloitettiin vuonna 2010, ja tuotantoala tulee olemaan 71,5 ha. Teyrisuon kuiva-

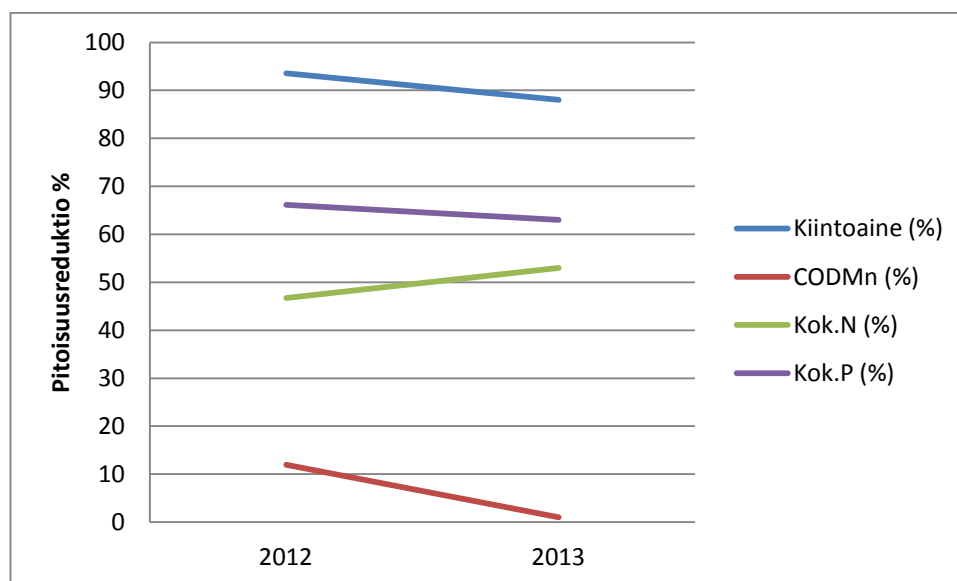
tusvedet ovat puhdistettu vuodesta 2010 ympärivuotisesti pintavalutuskentällä. Sen pinta-ala on 5,0 hehtaaria, joka on 4,8 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojittamattomalle alueelle perustetulle kentälle paineputkella.

Taulukko 36. Teyrisuon pintavalutuskentän vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2011	6	53	60	37	67
2012	21	94	12	47	66
2013	20	88	1	53	63
Keskiarvo	16	78	24	46	65

Taulukko 37. Teyrisuon pintavalutuskentältä lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
47	8,9	58,5	1 290,6	78,9



Kuvio 17. Teyrisuon pintavalutuskentän pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 25.7.2013 kentän toiminnassa ei havaittu ongelmia. Vesi jakaantui kentälle tasaisesti vedenohjauslevyjen (kuva 2) avulla. Kuivaan purkupäähän tuli vettä vain reunaojaa pitkin. Kentän kasvillisuus koostui suokasvillisuudesta ja matalasta puustosta.

Kuviosta 17 havaitaan puhdistustuloksien pysyneen lähes samoina vuosina 2012 ja 2013. Ainostaan humuksen pidättyminen on heikentynyt hieman. Keskimäärin kenttä on pidättänyt kiintoainetta ja kokonaisravinteita erinomaisesti. Kenttä on pidättänyt myös humusta hyvin. Veden kiintoaineen, kokonaisfosforin ja humuksen keskipitoisuudet ovat hieman Itä-Suomen alueen keskipitoisuuksia korkeampia. Kokonaistypen keskipitoisuus on matala (vrt. taulukko 1).

5.1.9 Suurisuon tuotantoalue

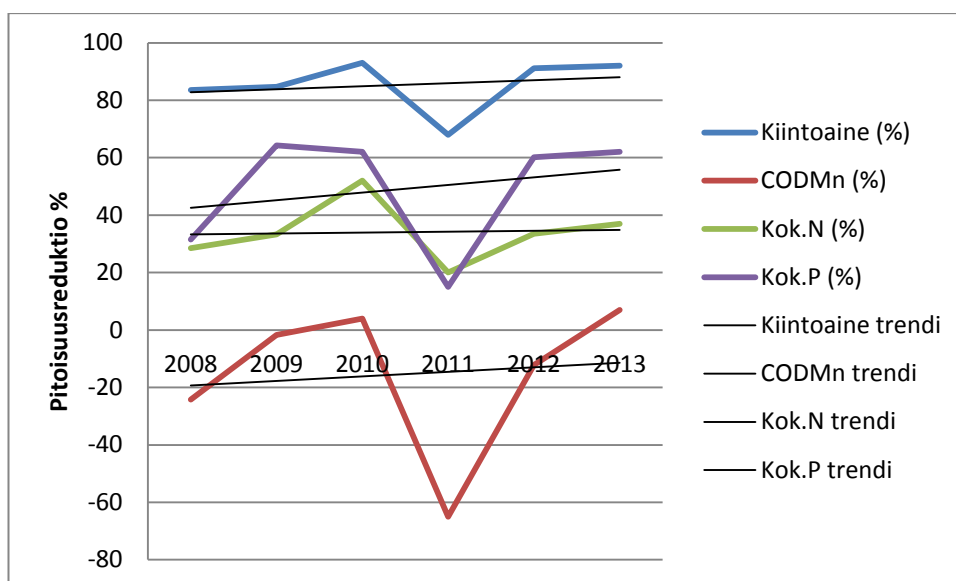
Suurisuon tuotantoalue sijaitsee Valtimon kunnassa Puukarin kylässä. Tuotanto on aloitettu vuonna 1982, ja se jatkuu edelleen 138,0 ha:n alueella. Suurisuolla tuotetaan pala- ja jyrshinturvetta. Suurisuon kuivatusvedet ovat puhdistettu vuodesta 2008 roudattomana aikana pintavalutuskentällä. Sen pinta-ala on 4,5 hehtaaria, joka on 3,3 % sen valuma-alueesta. Vesi jaetaan ojitetulle alueelle perustetulle kentälle jako-ojilla. Lisäksi suurisuolle on suunnitteilla toinen pintavalutuskenttä, joka valmistuu vuoden 2014 aikana.

Taulukko 38. Suurisuon pintavalutuskentän vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2008	7	84	-24	29	32
2009	14	85	-2	33	64
2010	9	93	4	52	62
2011	11	68	-65	20	15
2012	11	91	-12	34	60
2013	6	92	7	37	62
Keskiarvo	10	85	-15	34	49

Taulukko 39. Suurisuon pintavalutuskentältä lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
58	3,2	65,9	1 772,2	50,7



Kuvio 18. Suurisuon pintavalutuskentän pitoisuusreduktioiden kehittyminen

Maastotarkastuksella 15.7.2013 veden havaittiin kulkevan kentän reunoja pitkin ja kentän keskiosa vaikutti kuivalta. Kentän kasvillisuus koostui metsäisen suon lajeista.

Kuviosta 18 havaitaan kiintoaineen ja kokonaisfosforin puhdistustuloksien parantuneen hieman kentän ikääntyessä. Kokonaistypen reduktio on pysynyt lähes samana, ja humuksen huuhtoutuminen kentältä on vähentynyt hieman. Kenttä on keskimäärin poistanut kiintoainetta ja kokonaistyyppiä erinomaisesti sekä kokonaisfosforia kohtalaisesti. Lähteneen veden kiintoaineen keskipitoisuus on matala ja humuksen sekä kokonaistypen lievästi kohonneet. Kokonaisfosforin keskipitoisuus on hieman Itä-Suomen alueen keskimääräistä matalampi (vrt. taulukko 1).

5.1.10 Kyyrönsuon tuotantoalue

Kyyrönsuon tuotantoalue sijaitsee Kontiolahden kunnassa. Tuotanto on aloitettu vuonna 1973, ja se jatkuu edelleen 66,7 ha:n alueella. Kyyrönsuolla tuotetaan jyrshinturvetta. Kyyrönsuon kuivatusvedet ovat puhdistettu vuodesta 2013 ympärivuotisesti kosteikolla. Sen pinta-ala on 7,3 hehtaaria, joka on 11,3 % sen valuma-alueesta.

Taulukko 40. Kyyrönsuon kosteikon vuosireduktiot. n = näytteiden lukumäärä.

Vuosi	n	Kiintoaine (%)	COD _{Mn} (%)	Kok.N (%)	Kok.P (%)
2013	13	-38	-206	0	-120

Taulukko 41. Kyyrönsuon kosteikolta lähteneen veden keskipitoisuudet. n = näytteiden lukumäärä.

n	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
13	22,4	35,6	1 383,1	78,0

Maastotarkastuksella 28.5.2013 kosteikon toiminnassa ei havaittu ongelmia. Kosteikko oli perustettu luontaiselle kosteikkoalueelle ja osittain soiselle metsämaalle. Alue koostui monipuolisista matalan ja syvän veden alueista.

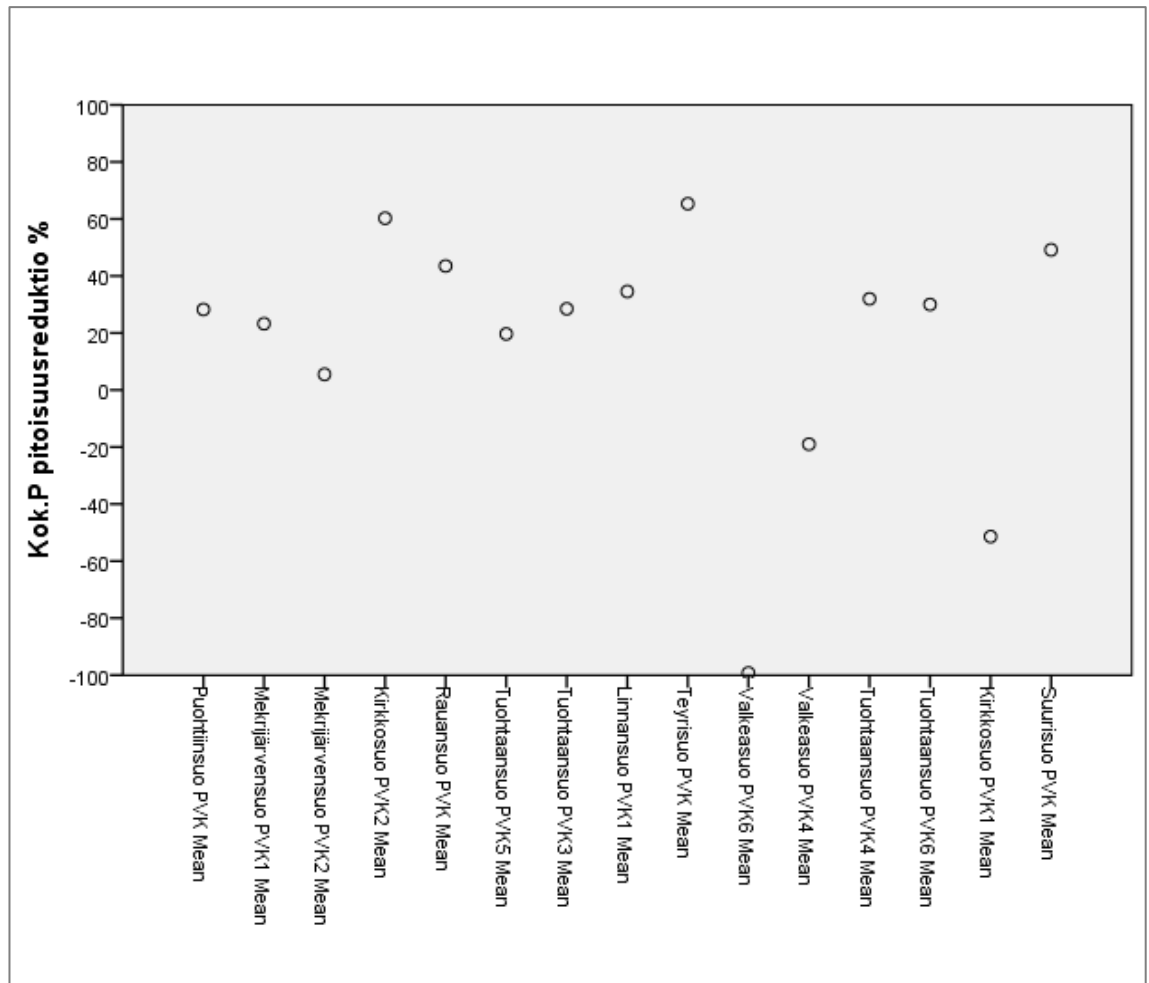
Taulukosta 40 havaitaan, että ensimmäisenä toimintavuotenaan kosteikko ei pidättänyt kiintoainetta eikä ravinteita, vaan niitä huuhtoutui. Kosteikolta lähteneen veden laatu oli kuitenkin hyvä, ja pitoisuudet olivat lähellä Itä-Suomen alueen tyypillisiä pitoisuuksia (vrt. taulukko 1). Ainoastaan kiintoaineen keskipitoisuus oli kohonnut. Oletettavasti pitoisuudet tulevat laskemaan kosteikon (kuva 11) toiminnan vakiintuessa.



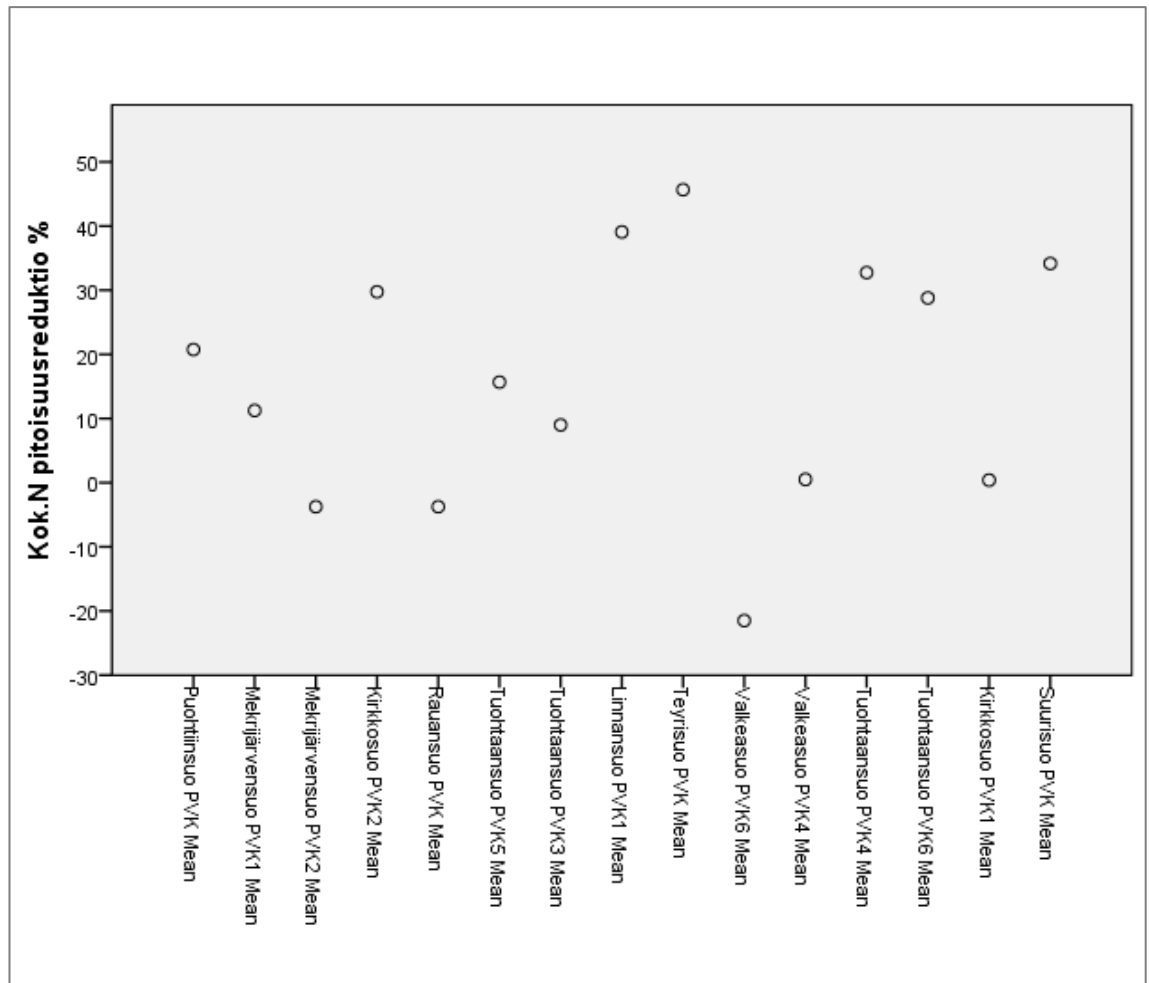
Kuva 11. Kyyrönsuon lintujärvikosteikko 7.5.2014. (Kuva: Esa-Pekka Pirhonen.)

5.2 Rakenteiden keskinäinen vertailu

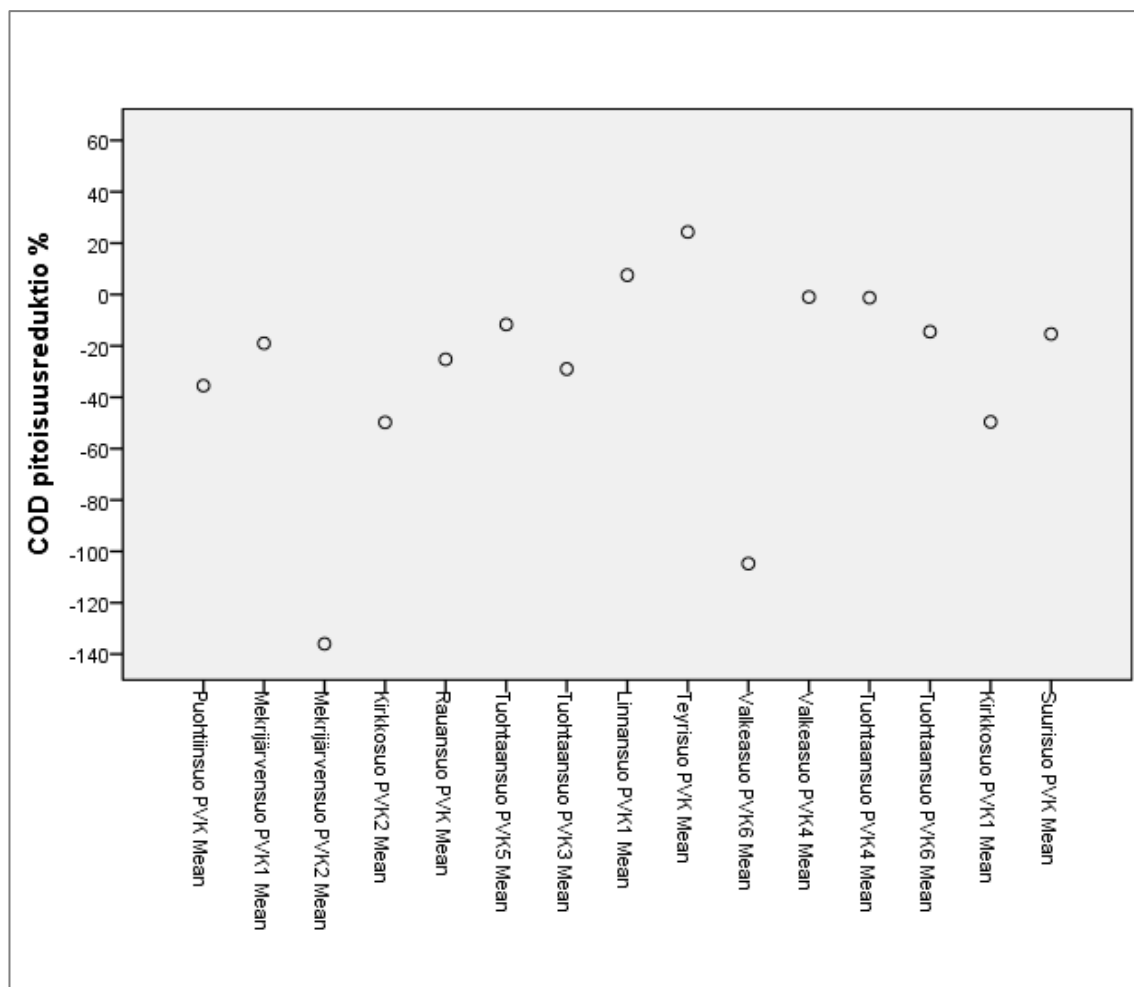
Pintavalutuskenttiä vertailtiin tilastollisesti kenttien koko toiminta-ajan puhdistustuloksien keskiarvojen avulla (liite 2) ja vertailu on havainnollistettu kuvioissa 19–22. Kenttiä vertailtiin myös Kruskal-Wallisin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (liite 3).



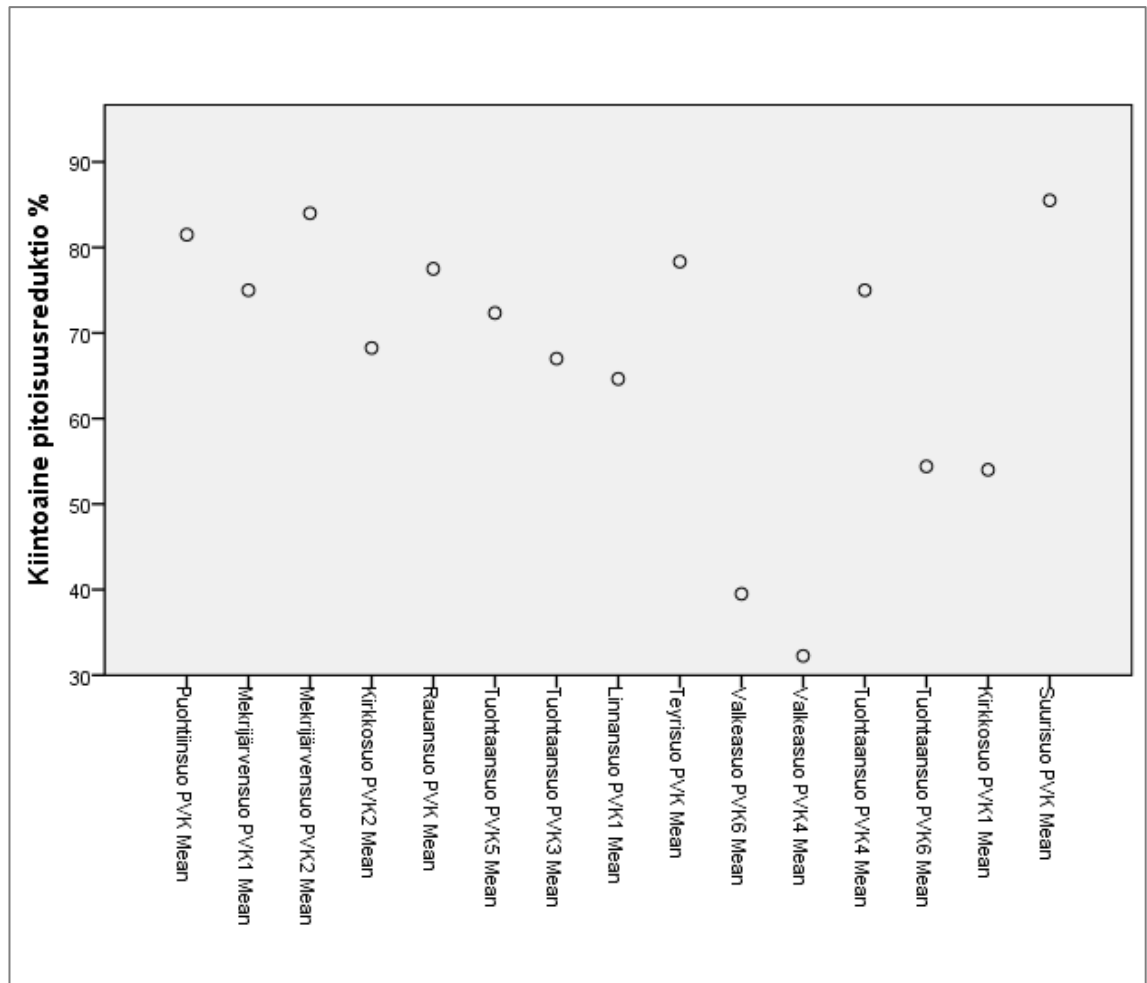
Kuvio 19. Pintavalutuskenttien kokonaisfosforin reduktioiden keskiarvot



Kuvio 20. Pintavalutuskenttien kokonaistypen reduktioiden keskiarvot



Kuvio 21. Pintavalutuskenttien liukoisen orgaanisen aineen reduktioiden keskiarvot



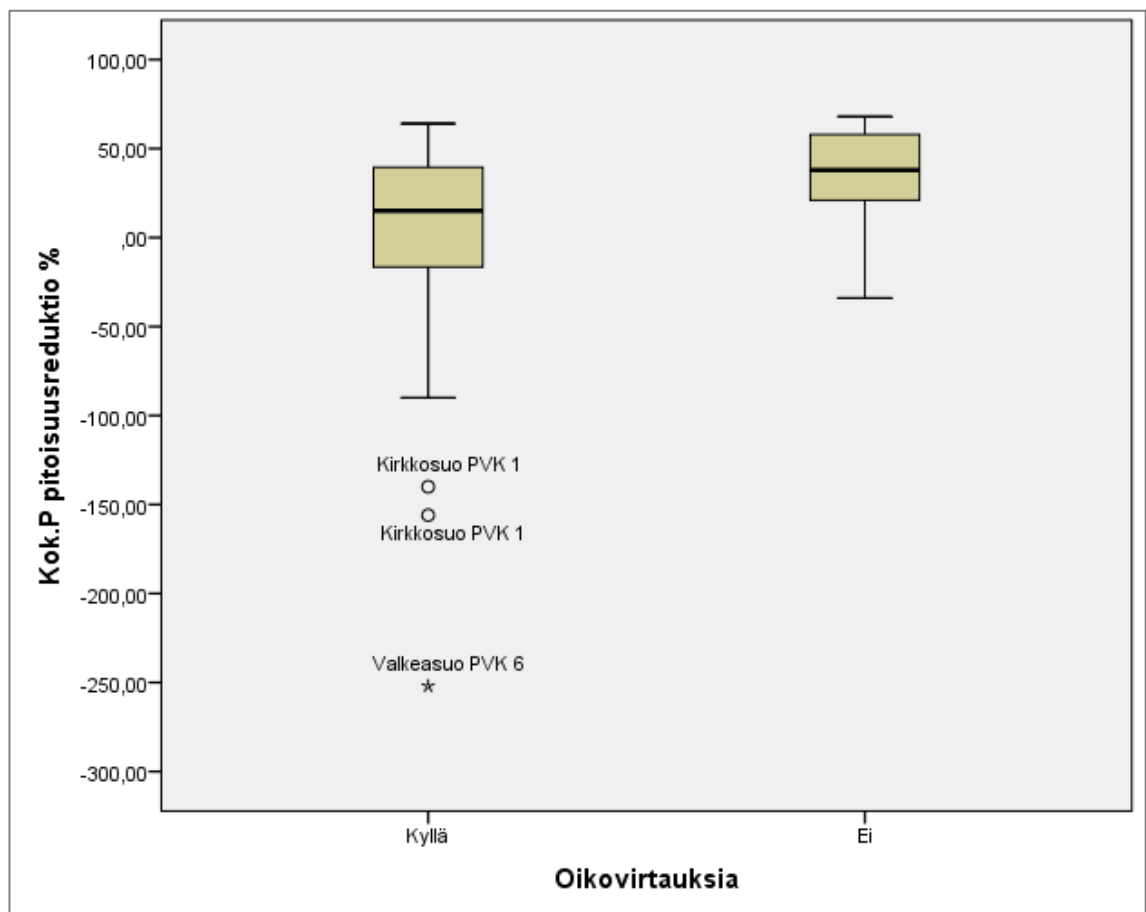
Kuvio 22. Pintavalutuskenttien kiintoaineen reduktioiden keskiarvot

Kuvioista 19–22 havaitaan, että suurin osa kentistä toimi hyvin tai kohtalaisesti. Kaikki kentät pidättivät kiintoainetta, mutta ravinteiden, erityisesti kokonaistypen, puhdistustulokset vaihtelivat runsaasti. Kentät eivät pidättäneet humusta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Heikosti kaikkia aineita pidättivät: Mekkijärvensuon PVK2, Valkeasuon PVK6 ja PVK4 sekä Kirkkosuon PVK1. Sen sijaan hyvin kaikkia aineita pidättivät: Teyrisuon PVK, Suurisuo PVK, Kirkkosuon PVK2, Tuhtaansuon PVK4 ja Linnansuon PVK1. Varianssianalyysissä havaittiin, että ainakin yksi pintavalutuskenttä poikkeaa muista puhdistustuloksiltaan, mikä tukee kuvioiden 19–22 havaintoja (liite 3).

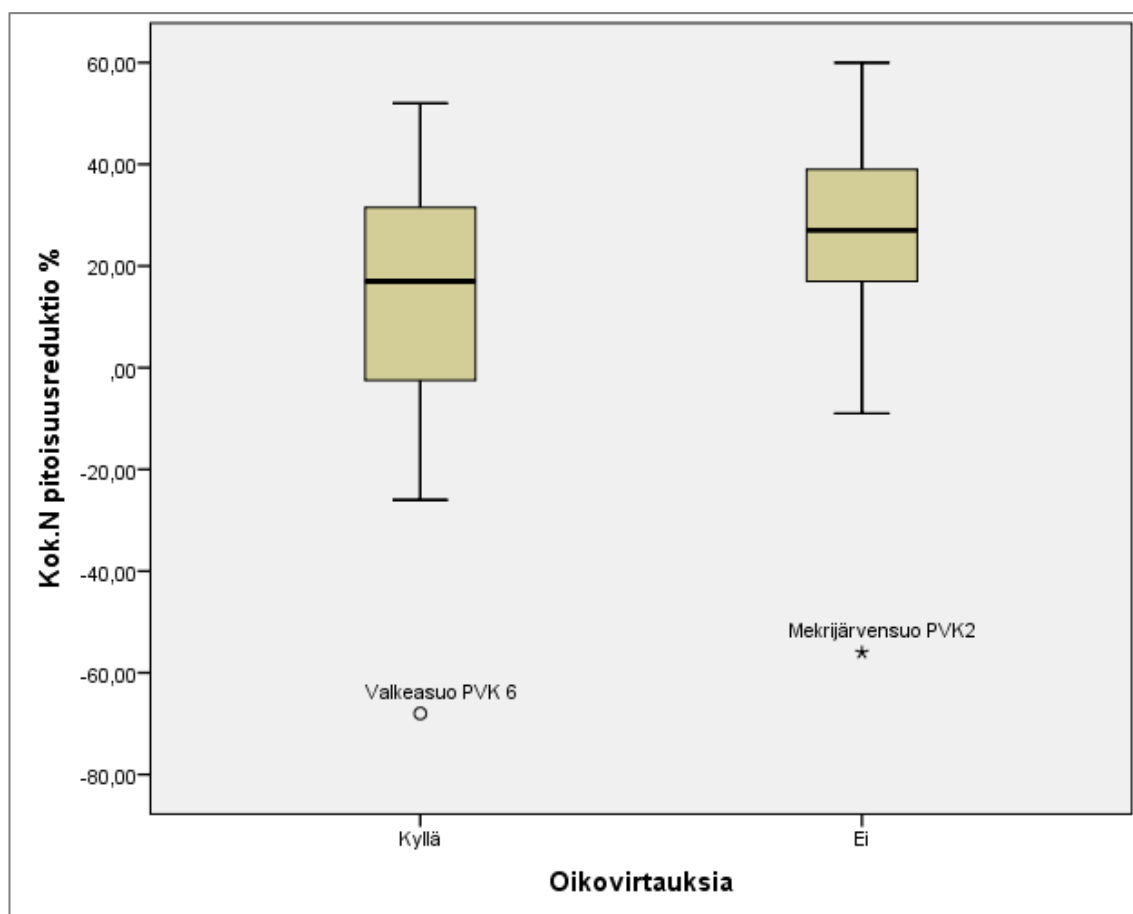
5.3 Kenttien ominaisuuksien vaikutukset puhdistustuloksiin

5.3.1 Vedenjakotapa ja oikovirtaukset

Pintavalutuskenttien oikovirtauksilla ja epätasaisella veden jakaantumisella oli Mann-Whitneyn testin perusteella tilastollisesti merkitsevä vaikutus kokonaisravinteiden puhdistustuloksiin (liite 4). Kolmogorov-Smirnovin testin perusteella merkitsevyys oli melkein merkitsevä. Kiintoaineen ja humuksen reduktioihin oikovirtauksilla ei ollut vaikutusta. Vedenjakotavalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta pintavalutuskenttien vuosittaisiin puhdistustuloksiin (liite 5).



Kuvio 23. Oikovirtauksien ja epätasaisen vedenjakautumisen vaikutus kokonaisfosforin puhdistustuloksiin



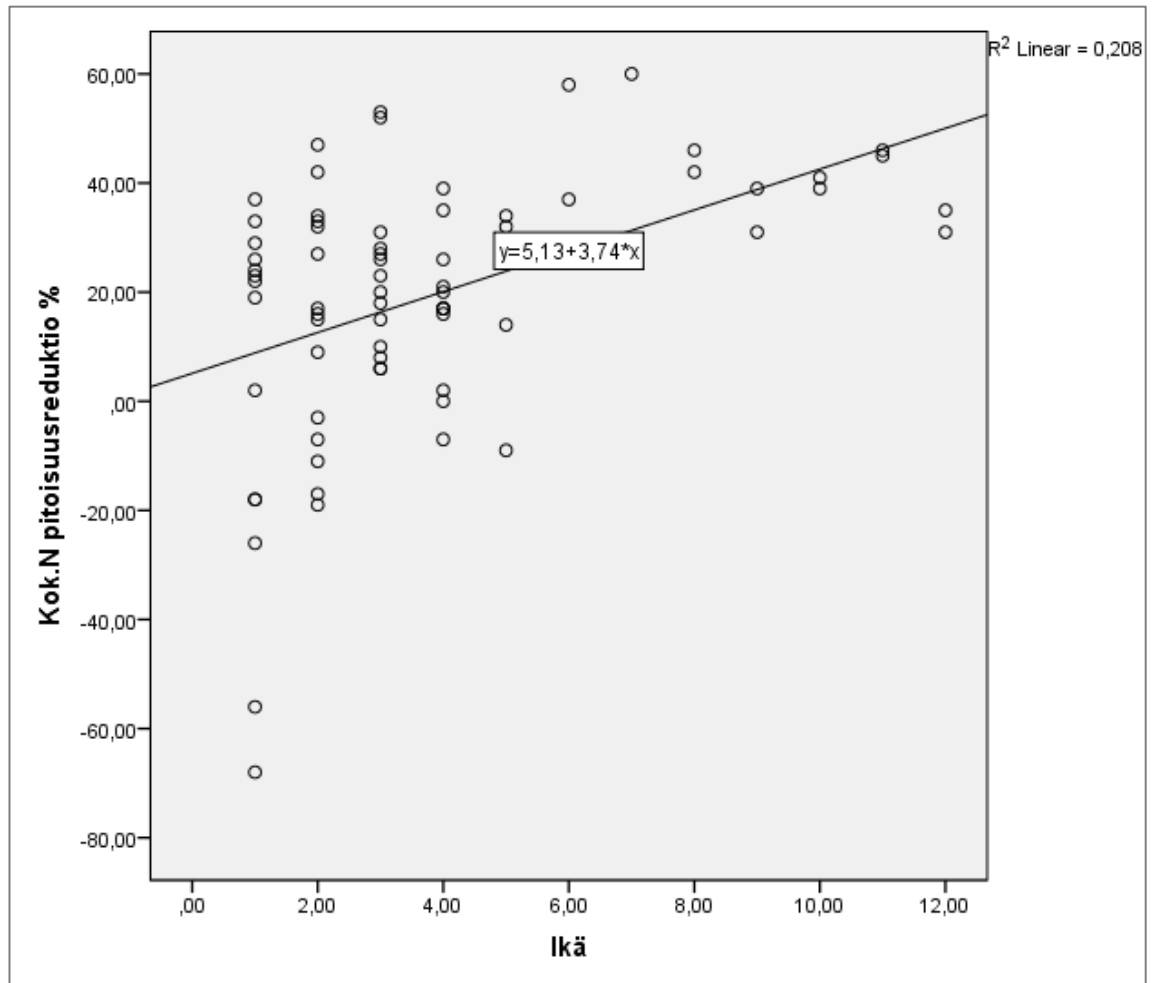
Kuvio 24. Oikovirtauksien ja epätasaisen vedenjakautumisen vaikutus kokonaisravinteiden puhdistustuloksiin

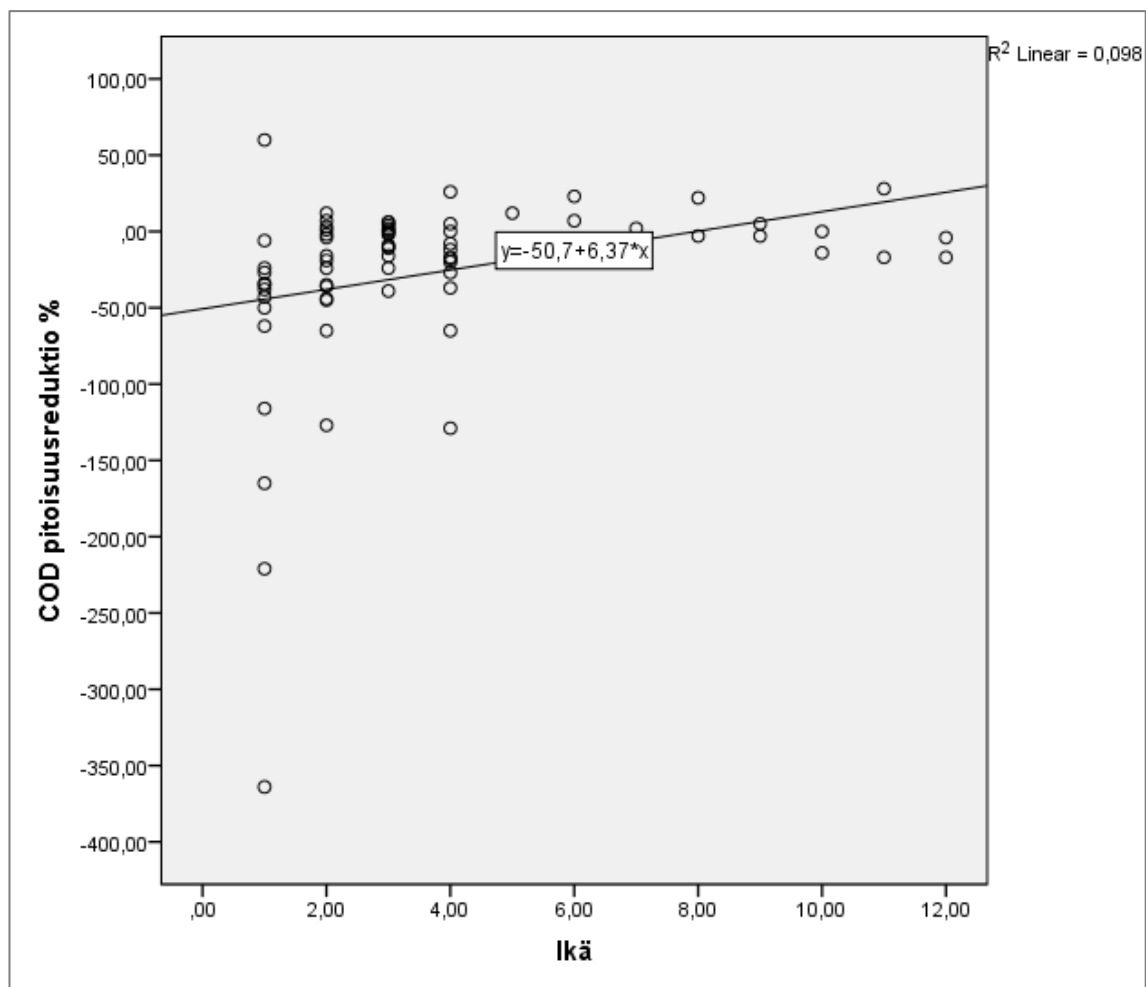
Kuvioista 23 ja 24 havaitaan, että kentillä joilla oli oikovirtauksia ja/tai epätasais- ta vedenjakautumista, oli myös heikommat kokonaisravinteiden reduktiot ja ne vaihtelivat enemmän. Kentillä joilla vesi jakaantui tasaisesti, oli paremmat kokoi- naisravinteiden puhdistustulokset ja ne vaihtelivat eri vuosien ja kenttien välillä vähemmän. Kuviosta 23 havaitaan, että kentiltä joilla havaittiin oikovirtauksia, huuhtoutui useammin suuria määriä fosforia.

Veden oikovirtauksien ja epätasaisen jakautumisen seurauksena kentän koko turvekerros ei ole tehokkaasti käytössä, jolloin puhdistuksen edellyttämä huo- kostilavuus on pieni, ja monipuolisia hapekkaita ja hapettomia olosuhteita on vähän. Tämän seurauksena biologiset ja kemialliset prosessit eivät toimi tehok- kaasti ja ravinteiden pidättyminen heikkenee. Voimakkaat oikovirtaukset voivat myös huuhtoa ravinteita kentältä.

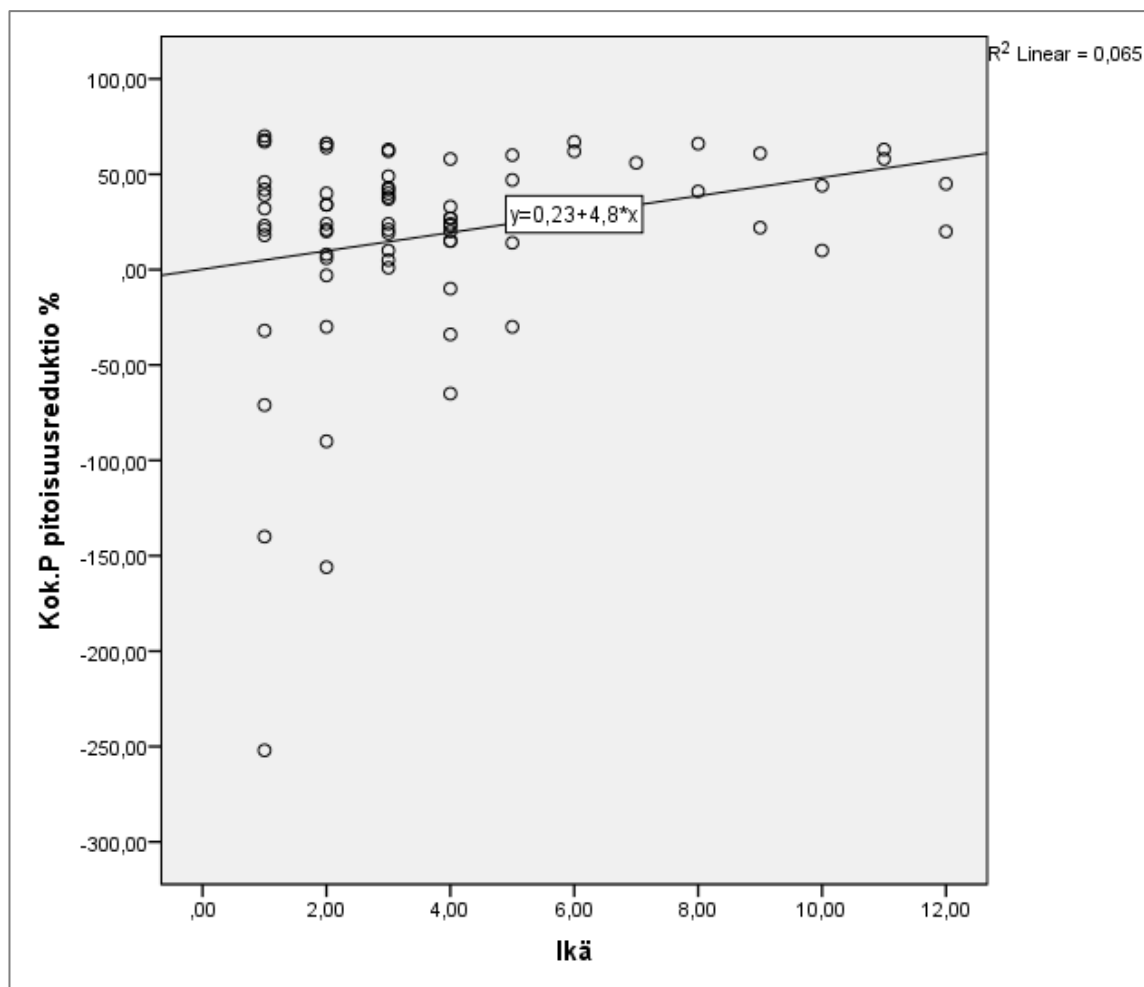
5.3.2 Kentän ikä ja pinta-ala

Pintavalutuskentän iällä oli tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio huumuksen ja kokonaistypen vuosireduktioihin. Iällä oli myös tilastollisesti melkein merkitsevä positiivinen korrelaatio kokonaisfosforin reduktioihin. Sen sijaan kiintoaineen puhdistustuloksiin kentän ikääntyminen ei vaikuttanut (ks. liite 6).





Kuvio 26. Pintavalutuskentän iän vaikutus liukoisen orgaanisen aineen puhdistuloksiin (Pearsonin $r = 0,313$, p -arvo = $0,007$)

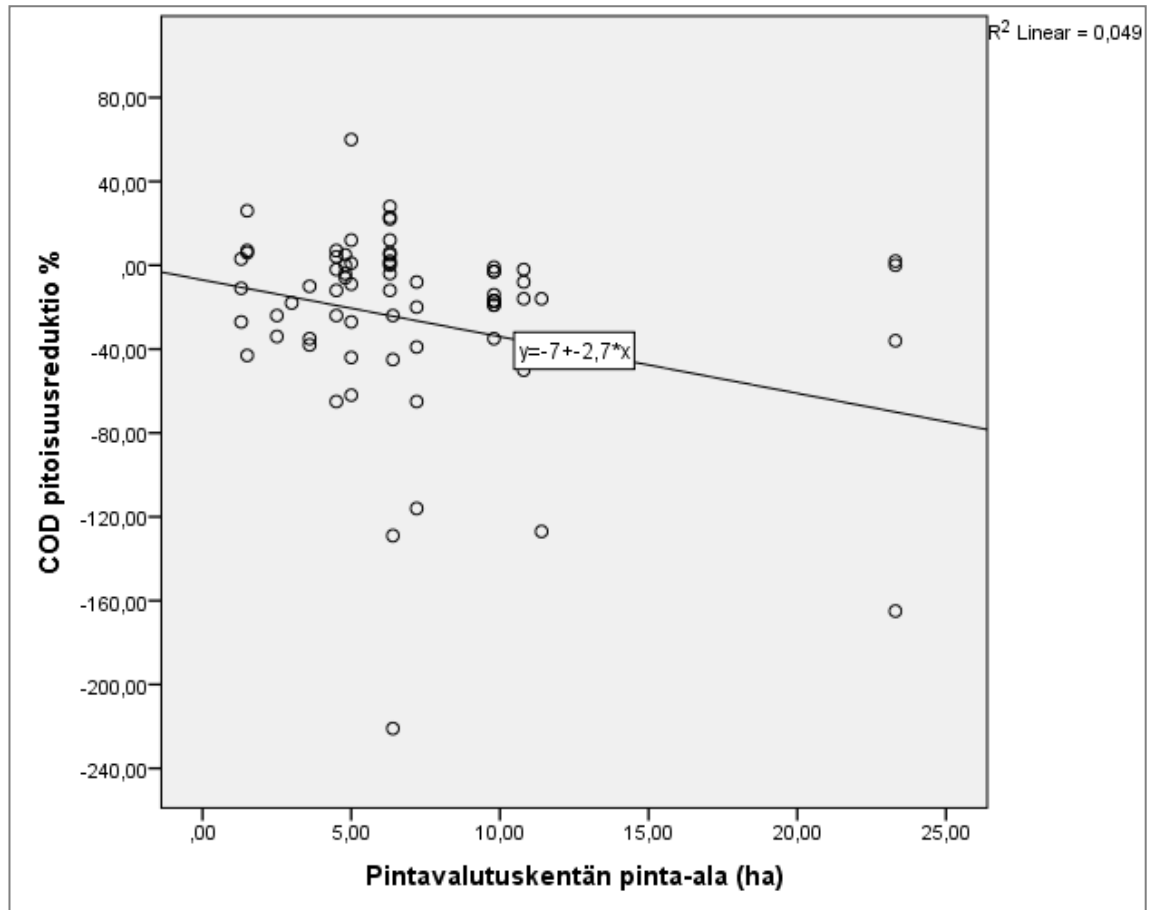


Kuvio 27. Pintavalutuskentän iän vaikutus kokonaisfosforin puhdistustuloksiin (Pearsonin $r = 0,255$, p -arvo = $0,030$)

Kuvioista 25–27 havaitaan kokonaisravinteiden ja humuksen puhdistustuloksien parantuneen kenttien ikääntyessä. Puhdistustuloksien paraneminen johtuneen veden kulkureittien kehittymisestä ja turpeen vettymisestä sekä uusiin kosteusolosuhteisiin sopeutuneiden kasvien ja mikro-organismien toiminnan eli biologisten prosessien kehittymisestä. Kiintoaine sen sijaan pidättyy pääasiassa mekaanisesti turpeen huokosiin ja kasvillisuuteen, joten sen puhdistustulokset eivät muutu merkittävästi kentän ikääntyessä. Mikro-organismit hajottavat pidättynyttä kiintoainetta ja uutta pidättävää turvekerrosta kasvaa kentälle. Kuvioista 25–27 havaittavat poikkeavat arvot olivat yleensä kenttien ensimmäisten toimintavuosien reduktioita, joita ei voida pitää luotettavina jos näytteitä oli vähän.

Kentän pinta-alan ja humuksen reduktioiden välillä oli tilastollista merkitsevyyttä (ks. liite 6). Kentän pinta-alan kasvaessa humuksen pidättyminen heikentyy,

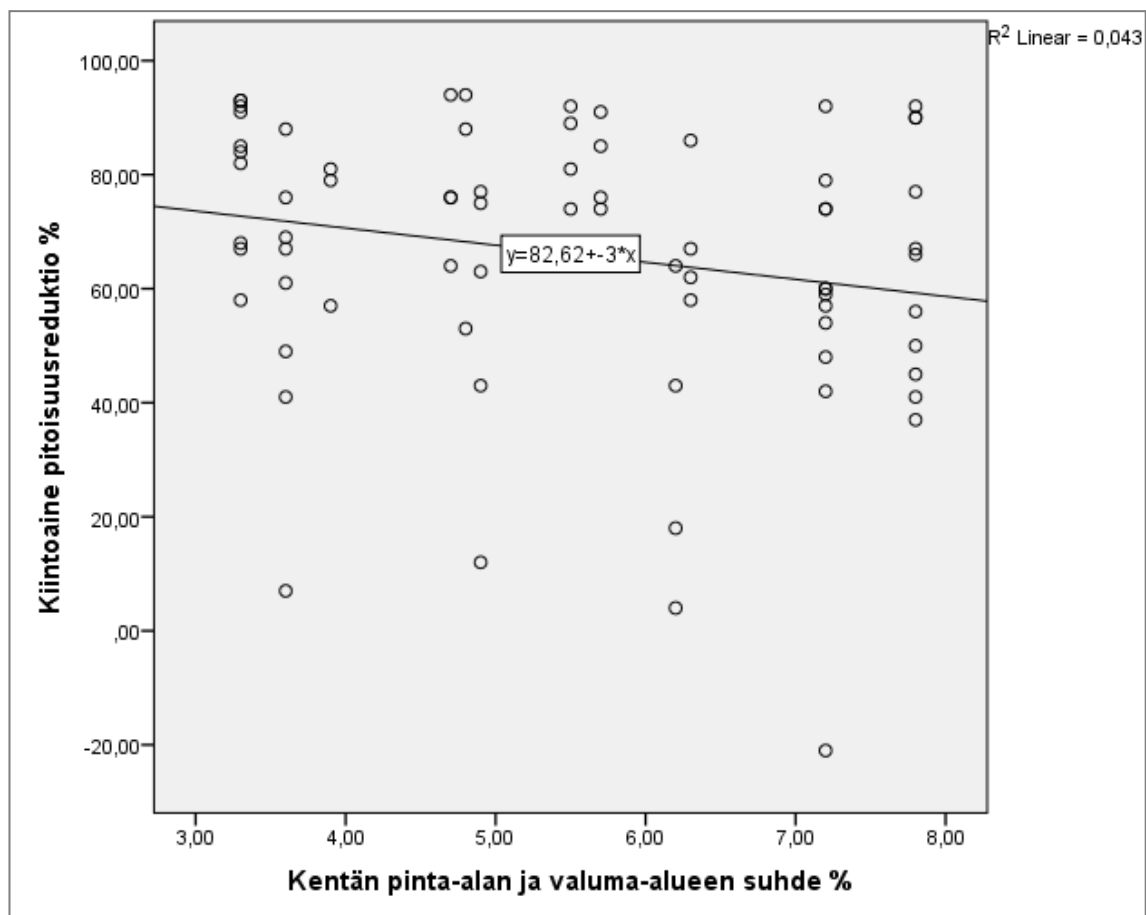
todennäköisesti koska vesi virtaa suuremman alueen läpi, jolloin humusta huuhtoutuu enemmän (kuvio 28). Tulos voi kuitenkin olla sattumaa, sillä kuviosta 28 havaitaan, ettei selkeää lineaarista riippuvuutta ole ja suurin osa aineistosta sijoittuu varsin pienelle alueelle.



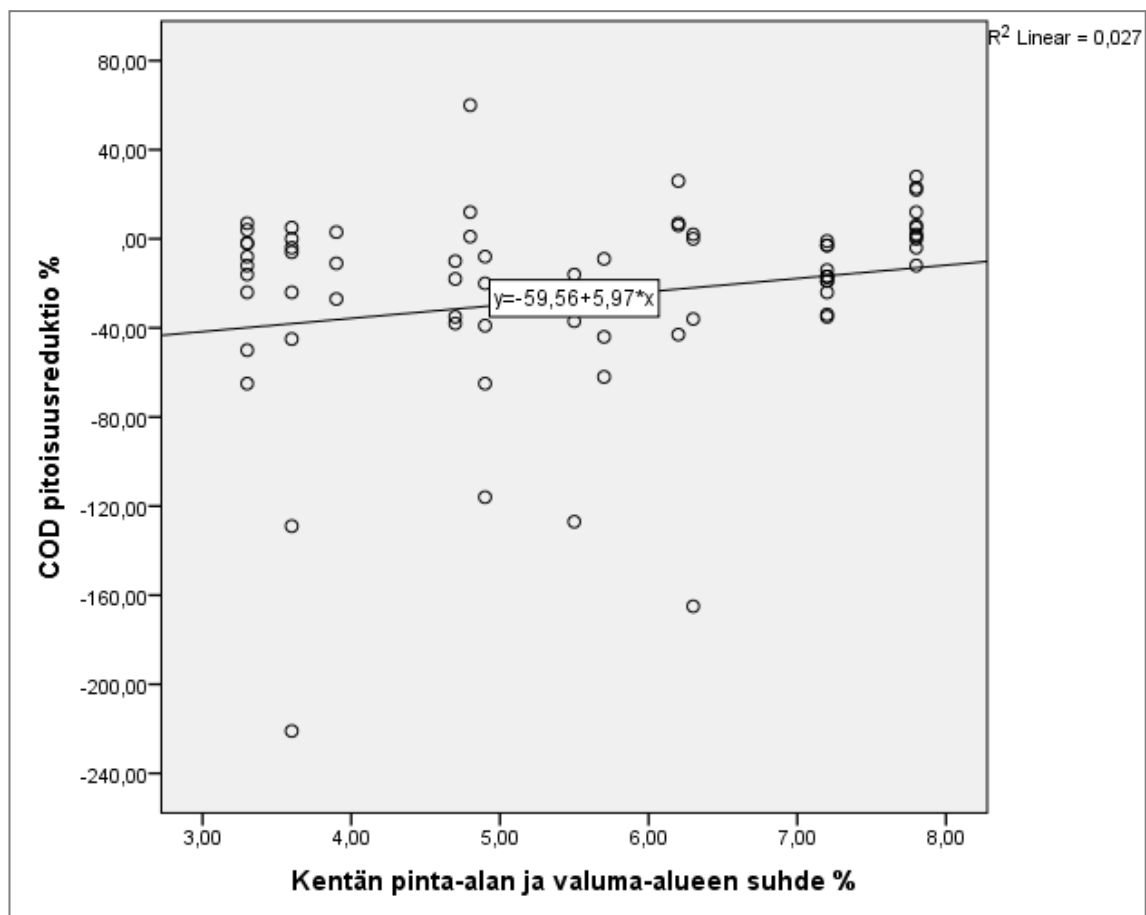
Kuvio 28. Kentän pinta-alan vaikutus liukoisen orgaanisen aineksen puhdistustuloksiin (Pearsonin $r = -0,222$, p -arvo = 0,060)

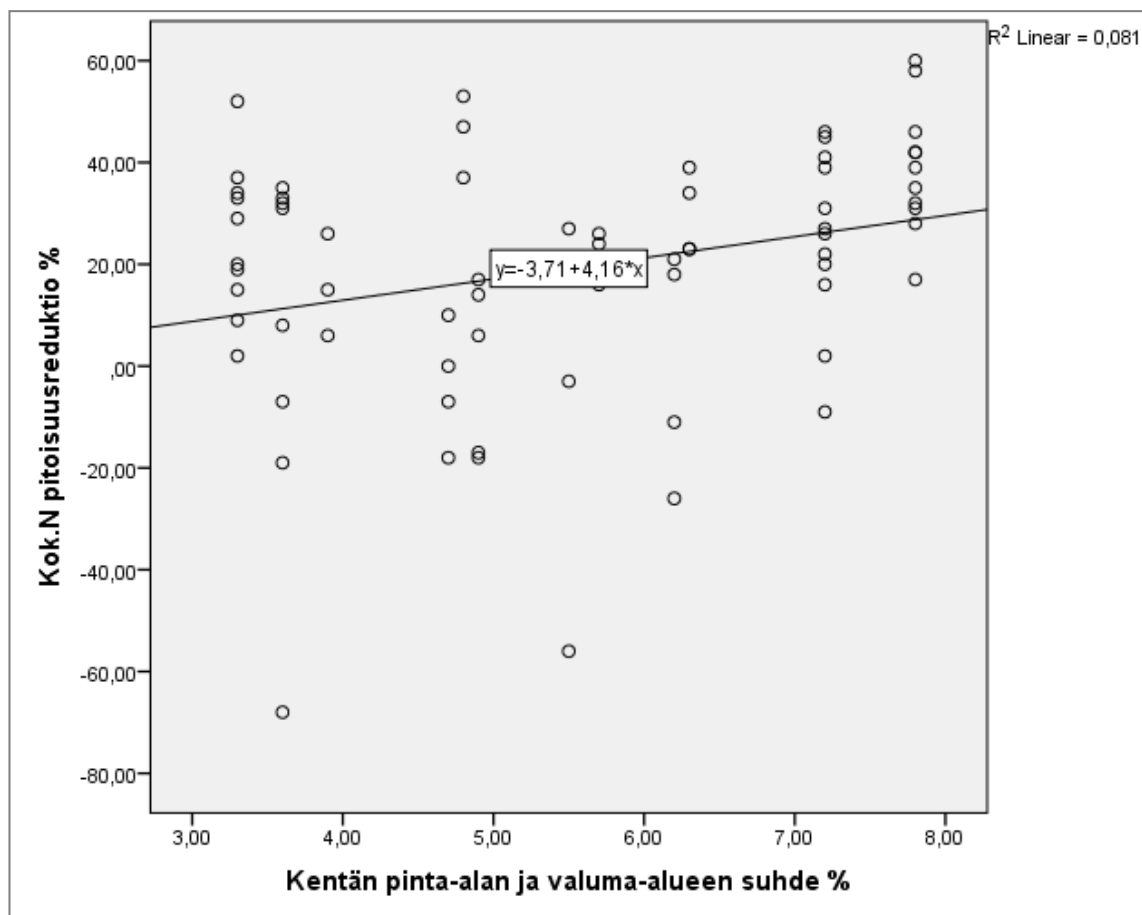
5.3.3 Puhdistustulokset ja kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhde

Pintavalutuskentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteella oli tilastollisesti melkein merkitsevä positiivinen korrelaatio kokonaistypen reduktioihin. Pinta-alojen suhteella oli tilastollista merkitsevyyttä myös muihin puhdistustuloksiin (ks. liite 6).

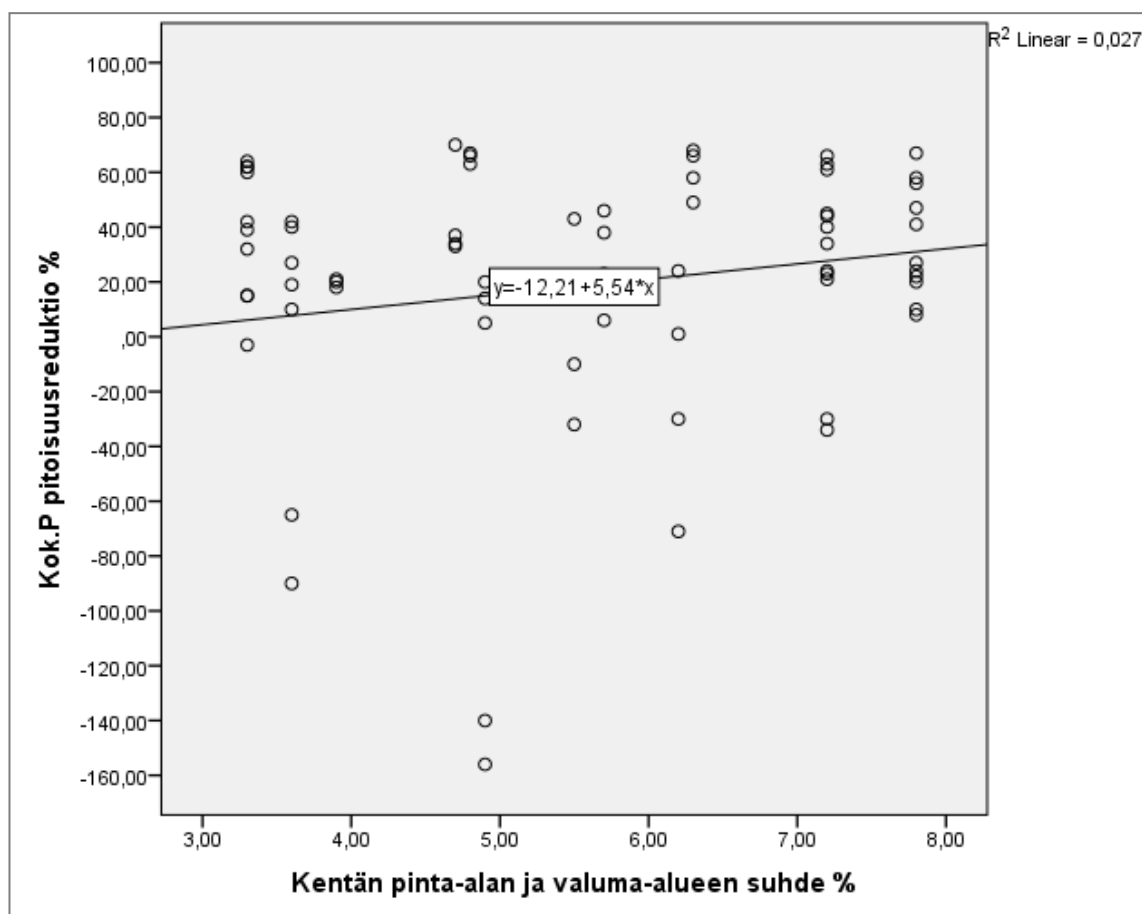


Kuvio 29. Kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteen vaikutus kiintoaineen puhdistustuloksiin (Pearsonin $r = -0,208$, p -arvo = $0,080$)





Kuvio 31. Kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteen vaikutus kokonaistypen puhdistustuloksiin (Pearsonin $r = 0,285$, p -arvo = $0,015$)



Kuvio 32. Kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteen vaikutus kokonaisfosforin puhdistustuloksiin (Pearsonin $r = 0,165$, p -arvo = $0,165$)

Kuvioista 29–32 havaitaan, että pintavalutuskentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteen kasvaessa kokonaisravinteiden ja humuksen puhdistustulokset paraniivat ja kiintoaineen laskivat. Kun kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhde kasvaa, veden viipymä kentällä pitenee ja hydraulinen kuormitus pienenee. Vettä virtaa hitaammin ja vähemmän kentän läpi, jolloin erityisesti ravinteiden puhdistukselle tärkeitä olosuhteita on enemmän ja humuksen huuhtoutuminen on vähäisempää. Kiintoaineen puhdistustuloksien heikentymisen syitä tulisi tutkia tarkemmin.

Kiintoaineen ja kokonaisravinteiden reduktioiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio. Vastaava korrelaatio havaittiin myös kemiallisen hapenkulutuksen ja kokonaisravinteiden reduktioiden välillä, sekä kokonaistypen ja -fosforin reduktioiden välillä (ks. liite 6).

Tuloksien perusteella voidaan olettaa, että jos kenttä pidättää hyvin kiintoainetta tai humusta, pidättää se myös kokonaisravinteita. Jos kenttä pidättää hyvin kokonaisfosforia, pidättää se todennäköisesti myös kokonaistyppeä.

6 Pohdinta

6.1 Pintavalutuskenttien ominaisuudet

Tutkimuksen tulokset tukevat osittain aikaisempaa tutkimustietoa, mutta myös uutta tietoa havaittiin. Tuukkanen ym. (2011) havaitsivat kentän pinta-alan ja valuma-alueen suhteella olevan samansuuntaista tilastollista merkitsevyyttä humuksen ja kokonaistypen puhdistustuloksiin, mutta ei muiden aineiden puhdistustuloksiin. Kantosen (2011) tutkimuksessa vedenjakotavalla oli tilastollisesti melkein merkitsevä vaikutus kesä- ja talviaikaisiin kemiallisen hapenkulutuksen reduktioihin.

Erot tutkimusten tuloksissa voivat johtua aineistosta ja sen käsittelystä. Tuukkanen ym. (2011) tutkimuksessa oli mukana pääosin roudattomana aikana toimivia kenttiä ja pitoisuusreduktiot laskettiin kenttien tarkkailujakson keskiarvoksi, eikä vuosireduktioiksi kuten tässä tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan oli 10 ojittettua kenttää ja 10 ojittamatonta kenttää, kun taas tässä tutkimuksessa oli mukana 3 ojittamatonta ja 12 ojittettua pintavalutuskenttää. Kantosen (2011) tutkimuksessa pitoisuusreduktiot olivat laskettu eri vuodelle. Tutkimuksessa oli mukana ympärivuotisesti toimivia ojitetuista ja ojittamattomia pintavalutuskenttiä. Aikaisemmissa tutkimuksissa kenttiä on ollut kattavasti lähes koko Suomen alueelta, mutta tässä tutkimuksessa oli mukana vain Pohjois-Karjalan alueen kenttiä. Aikaisempien tutkimusten tuloksia täytyykin verrata varovaisesti tämän tutkimuksen tuloksiin.

Tässä tutkimuksessa mukana olleiden kenttien kokonaisravinteiden ja kemiallisen hapenkulutuksen puhdistustulokset paranivat kenttien ikääntyessä tilastollisen tarkastelun perusteella. Aikaisemmissa tutkimuksissa (Ihme 1994) pintavalutuskentän on arvioitu pidättävän kiintoainetta ja fosfaattifosforia 10–15 vuotta. Tuhtaansuon PVK6 ja Linnansuon PVK1 puhdistustulokset ovat edelleen hyviä 13 toimintavuoden jälkeen, ja kaikkien tarkasteltujen aineiden pitoisuusreduktiot ovat parantuneet kenttien ikääntyessä. Kentät voivatkin toimia tehokkaina vesienpuhdistajina aiempaa arviota pidempään.

Tuukkanen ym. (2011) tutkimuksessa havaittiin vastaavat korrelaatiot kokonaisravinteiden reduktioiden, sekä kiintoaineen ja kokonaisravinteiden reduktioiden välillä, kuin tässä tutkimuksessa. Tulokset tukevat aiempaa tutkimustietoa, jonka mukaan kiintoaineen mukana saadaan pidätettyä ravinteita (Klöve ym. 2012a; Ihme ym. 1991). Aiempaa tutkimustietoa on myös humuksen ja ravinteiden välisestä yhteydestä (Heikkinen ym. 1994; Leskelä ym. 2010). Tuukkanen ym. (2011) eivät kuitenkaan havainneet korrelaatiota humuksen ja kokonaisravinteiden reduktioiden välillä, kun taas tässä tutkimuksessa havaittiin voimakas korrelaatio. Erilaiset tulokset samantyyppisillä aineistolla voivat selittyä alueellisilla eroilla tai sattumalla.

Tulokset heikommista kokonaisravinteiden puhdistustuloksista kentillä, joilla esiintyy oikovirtauksia tai epätasaista vedenjakautumista, tukevat yleistä käsitystä niiden haitallisuudesta. Ihme (1994) on myös havainnut oikovirtauksien ja epätasaisen vedenjakautumisen vaikuttavan puhdistustuloksia heikentävästi ja turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeen suosituksissa oikovirtaukset kehoitetaan estämään.

6.2 Rakenteiden toiminnan arviointi ja keskinäinen vertailu

Hyvin kaikkia aineita pidättäneiden pintavalutuskenttien välillä ei ollut muita selkeitä yhdistäviä tekijöitä kuin, että suurimmalla osalla vesi jakaantui hyvin koko kentän alueelle. Heikosti toimineita pintavalutuskenttiä yhdistivät ainoastaan ongelmat veden tasaisessa jakaantumisessa. Tutkimuksessa tarkasteltiin kuitenkin vain suppeaa joukkoa ominaisuuksia, joten tarkemmissa tutkimuksissa yhdistäviä tekijöitä olisi voinut löytyä. Kaikkien pintavalutuskenttien voidaan kuitenkin katsoa toimineen, sillä ne kaikki pidättivät vähintään kiintoainetta.

Kosteikoista hyvin toimi Valkeasuon ruokohelpikosteikko. Ruokohelpikosteikon heikkoutena on sen soveltumattomuus ympärivuotiseen puhdistukseen. Sen sijaan lintujärvityyppiset kosteikot eivät ainakaan ensimmäisinä toimintavuosiin pidättäneet merkittävästi aineita. Salon ja Savolaisen (2008) mukaan kos-

teikkojen toiminta tulee kuitenkin paranemaan niiden toiminnan vakiintuessa ja kasvillisuuden kehittyessä. Kosteikoilla on ensimmäisinä vuosinaan suuri sisäinen kuormitus, joka heikentää lähtevän veden laatua.

Suurimmalla osalla rakenteista lähteneen veden keskipitoisuudet olivat matalat tai lähellä Itä-Suomen turvetuotantoalueiden keskimääräisiä pitoisuuksia (taulukko 1). Vain muutamilla rakenteilla lähtevän veden pitoisuudet olivat hieman kohonneita. Jos rakenteille saapuvan veden pitoisuudet ovat matalat, on luonnossa toimivilla menetelmillä vaikea saada hyviä pitoisuusreduktioita (Kantonen 2011). Heikosti pitoisuusreduktioiden perusteella toimineilta rakenteilta laski usein hyvälaatuista vettä.

Tutkimuksessa keskityttiin ainoastaan pitoisuusreduktioihin vaikuttaviin tekijöihin. Tutkimuksessa esitetyt reduktiot ovat vain kyseisen rakenteen puhdistustuloksia ja vettä on puhdistettu jo ennen tutkituille rakenteille saapumista laskeutusaltailla, virtaamansäädöllä ja sarkaojarakenteilla. Pitoisuusreduktiot olisivatkin suurempia, jos koko vesienkäsittelyjärjestelmä huomioitaisiin. Pitoisuusreduktiot eivät yksinään kerro rakenteiden toiminnasta, vaan myös lähtevän veden laatu täytyy ottaa huomioon. Parhaiten vesistövaikutuksia voidaan arvioida tuotantoalueelta lähtevän kuormituksen perusteella.

6.3 Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että pintavalutuskentän pinta-alan ja valuma-alueen suhde on tärkeä mitoitustekijä. Sen sijaan kenttien pinta-alaa kasvattamalla puhdistustuloksia ei saada paranemaan. Pintavalutuskentän vedenjakotavalla ei ole merkitystä kentän toiminnalle, kunhan vesi jakaantuu tasaisesti koko kentän alueelle ja oikovirtauksia ei esiinny merkittävästi. Ravinteet pidättyvät kiintoaineen ja humuksen mukana, ja ravinteiden puhdistustulokset riippuvat toisistaan. Pintavalutuskenttien ravinteiden ja liukoisen orgaanisen aineksen reduktiot paranevat kenttien ikääntyessä ja tutkimuksen perusteella kenttien käyttöikä voikin olla aiempia arvioita pidempi.

Pintavalutuskentillä saadaan puhdistettua tehokkaasti turvetuotantoalueiden valumavesiä. Viiden parhaan pintavalutuskentän koko toiminta-ajan keskireduktiot olivat kiintoaineelle 65–85 %, kokonaisfosforille 32–65 %, kokonaistypelle 30–46 % ja liukoiselle orgaaniselle aineelle -50–24 %. Kosteikoista erityisesti ruokohelpikosteikkoja tulisi suosia jatkossa. Lintujärvityyppisten kosteikkojen toimivuudesta ei tämän tutkimuksen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä. Kuitenkin voidaan todeta, että turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeessa annettuja mitoitusohjeita ja muita suosituksia noudattamalla voidaan rakentaa hyvin toimivia vesienkäsittelyrakenteita.

Heikosti puhdistavien rakenteiden parantaminen voi osoittautua vaikeaksi, mutta vedenjaon parantaminen ja oikovirtauksien estäminen voivat kuitenkin olla hyödyksi. Muilla kuin tässä tutkimuksessa tarkastelluilla ominaisuuksilla voi olla merkittävä vaikutus rakenteiden toimintaan, ja kaikkia rakenteita ei välttämättä saada pidättämään hyvin niiden ominaisuuksien, tai esimerkiksi tulevan veden matalien pitoisuuksien takia.

Tutkimuksessa oli mukana pääosin ympärivuotisesti toimivia pintavalutuskenttiä mutta myös muutamia roudattoman ajan kenttiä. Tuloksia voidaan yleistää varauksella erityisesti ympärivuotisiin kenttiin.

6.4 Virhelähteet

Pitoisuusreduktioiden laskemiseen käytettiin velvoitetarkkailun vesinäytetuloksia. Näytteet otetaan säännöllisesti ympärivuoden, mutta näytteenotto ei välttämättä ajoitu tulviin tai muihin tilanteisiin, jolloin suurin kuormitus aiheutuu. Vesinäytteet otetaan rakenteen yläpuolisesta mittakaivosta ja alapuolelta mittapadosta tai keräilyojasta. Vesi kuitenkin viipyy rakenteessa pienillä virtaamilla jopa päiviä, jolloin rakenteelle tulevan ja rakenteelta lähtevän veden näytteet eivät välttämättä edusta samaa vettä. Rakenteiden pidätystehokkuuksia ei siten voida pitää täysin luotettavina.

Rakenteilta otettujen näytteiden ja seurantavuosien sekä -kuukausien määrät vaihtelivat aineistossa paljon. Myös tarkastellut kenttien ominaisuudet, kuten pinta-ala, ikä ym. vaihtelivat paljon, ja pienessä aineistossa sattuman vaikutus korostuu. Aineiston pieni koko ja epätasaisuus täytyy huomioida tuloksien tarkastelussa. Jotkin ominaisuudet, kuten kenttien pinta-alan ja valuma-alueen suhteet ja tuotannossa olevan alan määrät ovat voineet muuttua kentän toiminnan aikana. Mittauksissa voi myös olla epätarkkuutta.

Luotettavan vuosittaisen pitoisuusreduktion laskemiseen tarvitaan riittävä määrä vesinäytteitä, jotta kaikki vuodenaikat ovat edustettuna reduktiossa. Rakenteiden ensimmäisenä toimintavuonna näytteitä oli usein vähän, joten niiden puhdistustuloksia ei yleensä huomioitu rakenteiden toiminnan tarkastelussa. Tilastollisissa analyyseissä huomioitiin kuitenkin kaikki puhdistustulokset. Joukossa olevat epäluotettavat ja merkittävästi poikkeavat reduktiot voivat vääristää tutkimuksen tuloksia.

Rakenteilla tehtyjen maastotarkastuksien havainnot edustavat yhden päivän havaintoja ja tutkijan omaa näkemystä, joten havaintoja täytyy arvioida kriittisesti. Esimerkiksi vedenjakautuminen ja oikovirtaukset riippuvat virtaamasta ja tilanne voi olla erilainen eri aikoina, siksi tilastollisissa analyyseissä jätettiin pois havaintojankohtana epäselvät tapaukset.

Aiemmissä tilastollisissa tutkimuksissa on käsitelty pääosin sulana aikana toimivia kenttiä tai kenttiä on tarkastelu vuodenaikojen mukaan. Tässä tutkimuksessa keskityttiin vain vuotuisiin pitoisuusreduktioihin, joiden avulla kenttien toimintaa yleensä arvioidaan ympäristöluvissa. Aikaisempien tilastollisten tutkimusten tuloksia täytyykin vertailla varauksella tämän tutkimuksen tuloksiin. Tutkimuksen tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina.

Lähteet

- Heikkinen, K., Ihme, R. & Lakso, E. 1994. Ravinteiden, orgaanisten aineiden ja raudan pidättymiseen johtavat prosessit pintavalutus kentällä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. Helsinki.
- Ihme, R. 1994. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.
- Kangasluoma, M., Nikula, A., Leskelä, A., Sillanpää, J. & Kainua, K. 2013. Turvetuotantoalueiden vesistökuormituksen arviointi – Vedenlaatu- ja kuormitustarkastelu vuosien 2003-2011 tarkkailuaineistojen perusteella. Pöyry Finland Oy. http://www.vapo.fi/filebank/1706-Poyry_Ominaiskuormitusselvitys_230413.pdf. 12.2.2014.
- Kantonen, S. 2011. Turvetuotannon valumavesien ympärivuotinen käsittely pintavalutus kentällä ja muilla kosteikoilla. Oulun yliopisto. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. <http://www oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/sarikantonen.pdf>. 19.2.2014.
- Klöve, B. 2000. Turvetuotanto-alueen vesistökuormituksen synty: virtaaman säädön käyttö ja soveltaminen vesiensuojeluun. Jordforsk 64/2000.
- Klöve, B., Saukkoriipi, J., Tuukkanen, T., Heiderscheidt, E., Heikkinen, K., Marttila, H., Ihme, R., Depre, L. & Karppinen, A. 2012a. Turvetuotannon vesistökuormituksen ennakointi ja uudet hallintamenetelmät. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima oy.
- Klöve, B., Tuukkanen, T., Marttila, H., Postila, H. & Heikkinen, K. 2012b. Turvetuotannon kuormitus- kirjallisuuskatsaus ja asiantuntija-arvio turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä. TASO-hanke. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94168/Erillisjulkaisu%20turvetuotannon%20kuormitus%202012.pdf?sequence=%202>. 7.2.2014.
- Koljonen, M. 2013. Puhelinkeskustelu 23.1.2014.
- Leskelä, A., Pienimäki, M. & Pekkala, M. 2010. Selvitys turvetuotannon humuspäästöistä ja humuksen merkityksestä vesistöissä. Pöyry Finland Oy. http://www.turveinfo.fi/sites/default/files/ymparisto/5036-humusselvitys_080610.pdf. 6.2.2014.
- Marttila, H. 2004. Virtaaman säätö ja kiintoaineen kulkeutuminen turvetuotantoalueen uomissa. Oulun yliopisto. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. <http://www oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/hannumarttila.pdf>. 7.2.2014.
- Microsoft Corporation. 2014. Trendin tai keskiarvoviivan lisääminen kaavioon. <http://office.microsoft.com/fi-fi/excel-help/trendin-tai-keskiarvoviivan-lisaaminen-kaavioon-HA102809798.aspx>. 10.3.2014.
- Puustinen, M., Koskiaho, Jari., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikko-la-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. & Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38401/SY_21_2007.pdf?sequence=3. 14.2.2014.
- Sallantausta, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. Helsingin yliopisto limnologian laitos. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Helsinki.

- Sallantaus, T. 1986. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset - kirjallisuuskatsaus. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- Salo, H. & Savolainen, V. 2008. Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö – opas alan-toimijoille. Turveteollisuusliitto ry.
http://www.turveteollisuusliitto.fi/user_files2/files/Turvetuotantoalueiden_jalkikaytto_laaja_opas_print_small.pdf. 14.2.2014.
- Salo, H. 2013. Turvetuotannon vesiensuojelun toteutuminen.
http://www.vesiensuojelu.fi/pohjanmaa/wp-content/uploads/2013/07/Hannu_Salo_Turvetuotannon_vesiensuojelun_toteutuminen.pdf. 18.2.2014.
- Savolainen, V. 2008. Ympäristöasiat ohjaavat nykyaikaista turvetuotantoa. Jenergia 2/2008. Jyväskylän Energia-yhtiöiden asiakaslehti. Julkaistu 29.5.2008.
<http://www.jenergialehti.fi/index2.php?id=18&articleId=408&type=4>. 18.2.2014.
- Sivonen, K. 2014. Apua opinnäytetyöhön. Email Esa-Pekka.1.Pirhonen@edu.karelia.fi. 20.2.2014.
- Suomen ympäristökeskus. 2013. Turvetuotannon vesiensuojelu.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Vesien_ja_merensuojelu/Turvetuotanto. 21.1.2014.
- Turveteollisuusliitto ry. 2009. Turvetuotannon vesienpuhdistusmenetelmät.
http://www.turveteollisuusliitto.fi/user_files2/Turvetuotannon%20vesienkasittelymenetelmat,%20paivitettava%20versio%202012_2.pdf. 14.2.2014.
- Tuukkanen, T., Klöve, B., Marttila, H., Heikkinen, K. & Karppinen, A. 2011. Tilastollinen analyysi turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä. Oulun yliopisto ja Suomen Ympäristökeskus.
<http://www oulu.fi/poves/pdf/tuveku.pdf>. 3.2.2014.
- Ympäristöministeriön työryhmä. 2013. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje. Ympäristöministeriö.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B0A662948-2998-46D6-81FC-659DD191EA09%7D/56795>. 21.1.2014.
- Vapo Oy. 2012. Turvetuotanto ja vesistövaikutukset.
http://www.vapo.fi/filebank/1407-Vapo_turvetuotanto_ja_vesistovaikutukset_final_2012.pdf. 18.10.2013.
- Vapo Oy. 2013a. Johtava bioenergian kehittäjä Suomessa ja Itämeren alueella.
<http://www.vapo.fi/konserni/vapo-tyonantajana>. 4.9.2013.
- Vapo Oy. 2013b. Taloustietoa Vaposta.
<http://www.vapo.fi/avainluvut>. 4.9.2013.
- Väyrynen, T., Aaltonen, R., Haavikko, H., Juntunen, M., Kalliokoski, K., Niskala, A. & Tukiainen, O. 2008. Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Taulukko 1. Vesienkäsittelyrakenteille tulleen ja rakenteilta lähteneen veden pitoisuudet vuoden keskiarvona. n = näytteiden lukumäärä.

Kirkkosuo PVK1											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2009	5	17,8	29,8	1780,0	69,8	2009	5	4,4	64,4	2100,0	167,4
2010	18	22,2	36,4	1506,7	56,8	2010	18	5,1	60,1	1765,0	145,5
2011	21	17,9	27,2	1604,8	71,3	2011	21	6,6	37,9	1513,3	67,9
2012	22	11,3	29,0	1839,5	75,7	2012	22	6,4	34,7	1526,8	60,8
2013	21	10,8	29,8	1681,0	73,0	2013	21	9,5	32,1	1452,4	62,7
Kirkkosuo PVK2											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	2	11,0	41,0	2000,0	150,0	2010	2	1,5	108,5	1550,0	47,5
2011	17	8,3	64,7	2189,4	118,8	2011	17	2,6	81,5	1419,4	40,7
2012	22	8,5	67,2	2521,8	115,8	2012	22	3,6	65,9	1938,2	59,5
2013	21	9,1	66,4	2646,2	138,6	2013	21	3,5	66,1	1604,8	58,8
Kyyrönsuo kosteikko											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2013	13	16,7	13,3	1385,9	38,5	2013	13	22,4	35,6	1383,1	78,0
Linnansuo PVK1											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2003	22	5,2	35,7	1464,5	26,4	2003	22	3,3	35,5	843,2	24,2
2004	27	10,2	39,1	1299,3	32,0	2004	27	6,0	36,7	934,4	24,2
2005	13	35,7	29,2	1033,1	50,5	2005	13	8,3	32,8	862,3	37,1
2006	16	16,4	30,9	1462,5	57,3	2006	16	7,2	27,2	995,6	30,4
2007	16	20,2	36,9	1350,0	45,0	2007	16	2,0	28,3	564,4	14,9
2008	15	16,9	22,9	1027,3	32,0	2008	15	1,4	22,4	409,3	14,1
2009	12	38,2	38,3	1380,0	52,8	2009	12	13,0	29,8	803,3	31,1
2010	10	13,1	19,1	976,0	26,4	2010	10	6,55	18,05	670	20,7
2011	14	11,5	20,7	1170,0	21,7	2011	14	6,4	20,7	712,9	19,5
2012	15	9,2	25,9	988,0	22,1	2012	15	0,9	18,5	529,3	9,2
2013	14	8,2	19,2	913,6	23,4	2013	14	2,8	20,0	590,7	18,7
Mekrijärvensuo PVK1											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	10	27,8	25,9	1957,0	45,9	2010	10	2,0	38,8	1580,0	27,8
2011	20	13,0	25,7	1468,0	30,0	2011	20	5,5	29,9	1336,5	30,8
2012	20	25,9	27,4	1427,0	42,5	2012	20	4,7	28,1	1220,0	24,6
2013	17	13,0	20,9	1261,8	27,7	2013	17	3,9	22,9	1165,9	24,1
Mekrijärvensuo PVK2											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	10	12,4	27,7	2550,0	59,0	2010	10	3,3	128,4	3990,0	78,1
2011	20	86,7	29,8	2434,0	91,6	2011	20	6,7	67,5	2505,0	72,7
2012	21	63,9	39,2	2604,8	102,7	2012	21	7,1	45,6	1895,2	58,3
2013	21	36,5	30,8	2295,2	67,0	2013	21	6,9	42,3	1901,9	73,9
Puohtinsuo PVK											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	10	35,2	26,7	1920,0	59,0	2010	10	3,1	43,2	1458,0	31,6
2011	21	13,3	32,4	1809,5	38,1	2011	21	3,0	46,6	1509,0	35,8
2012	21	20,1	36,9	1852,4	46,2	2012	21	3,0	40,0	1378,1	28,7
2013	21	14,4	33,3	1714,3	38,4	2013	21	3,5	42,4	1445,7	29,6
Rauansuo haihdutus/meytyskenttä											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	13	116,5	15,1	1758,5	88,0	2010	13	7,5	19,7	2046,2	25,2
2011	20	23,5	6,1	1370,5	21,4	2011	20	5,8	8,2	1465,5	14,1
2012	19	23,9	5,0	1145,3	23,6	2012	19	8,5	5,6	1034,2	14,8
2013	14	13,7	5,9	1122,9	18,1	2013	14	3,4	7,0	1127,1	12,1
Suurisuo PVK											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2008	7	27,4	70,9	3757,1	104,1	2008	7	4,5	88,0	2685,7	71,3
2009	14	23,0	48,2	2142,9	118,6	2009	14	3,5	50,9	1435,0	42,6
2010	9	31,7	49,7	2711,1	76,4	2010	9	2,1	47,7	1305,6	28,8
2011	11	18,5	57,7	2581,8	106,5	2011	11	4,9	95,3	2052,7	90,1
2012	11	19,5	61,9	2672,7	89,5	2012	11	1,7	69,5	1776,4	35,6
2013	6	21,0	45,3	2666,7	88,7	2013	6	1,8	42,2	1671,7	33,8
Teyrisuo PVK											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2011	6	50,2	102,2	2683,3	401,7	2011	6	23,7	41,0	1700,0	131,2
2012	21	119,9	71,7	2509,5	264,3	2012	21	7,7	63,1	1337,1	89,5
2013	20	49,4	59,7	2390,0	141,2	2013	20	5,8	58,9	1119,0	52,2
Tuhtaansuo PVK3											
Tuleva vesi					Lähtävä vesi						
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2012	15	6,4	89,7	2280,0	146,7	2012	15	2,6	119,9	2226,7	112,5
2013	21	13,9	85,8	2595,2	178,2	2013	21	3,6	106,0	2185,7	117,1

Tuoltaansuo PVK4											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	9	10,6	65,2	2144,4	186,6	2010	10	3,3	69,2	1443,3	109,0
2011	19	8,1	59,5	2073,7	149,1	2011	19	1,9	61,9	1414,2	89,3
2012	22	6,1	66,1	2790,9	184,5	2012	22	2,0	65,8	1931,8	149,1
2013	21	15,6	72,3	2861,9	179,8	2013	21	2,0	68,5	1861,9	131,7
Tuoltaansuo PVK5											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2011	3	13,0	41,3	1666,7	30,7	2011	3	2,5	52,7	1233,3	25,0
2012	10	11,8	68,0	1860,0	41,4	2012	10	2,3	66,2	1556,0	32,1
2013	19	11,5	61,5	1768,4	43,2	2013	19	4,9	68,1	1663,7	34,2
Tuoltaansuo PVK6											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2002	21	18,4	46,8	2761,9	121,0	2002	21	9,5	63,1	2142,9	96,1
2003	22	17,9	51,7	2513,6	81,0	2003	22	7,4	61,4	1845,5	61,4
2004	22	26,5	65,7	2404,5	130,0	2004	22	12,3	66,3	1925,5	78,0
2005	14	16,0	50,9	2264,3	78,8	2005	14	6,9	59,7	1671,4	105,8
2006	6	5,5	49,2	1966,7	69,2	2006	6	6,7	58,5	2150,0	89,7
2009	4	28,8	54,0	2500,0	162,3	2009	4	7,5	55,5	1350,0	55,5
2010	2	13,0	60,0	2100,0	280,0	2010	2	1,0	62,0	1290,0	108,0
2011	2	10,0	46,0	2350,0	120,0	2011	2	5,5	58,5	1400,0	66,0
2012	10	19,4	48,0	2860,0	129,4	2012	10	4,1	56,1	1580,0	47,5
2013	19	11,9	45,4	2652,6	84,8	2013	19	5,9	54,2	1847,4	57,8
Tuoltaansuo kosteikko											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2012	14	16,2	52,6	2650,0	39,4	2012	14	8,6	51,6	2485,7	34,4
2013	21	8,0	45,8	2476,2	35,6	2013	21	7,1	49,2	2319,0	40,4
Valkeasuo PVK4											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	10	12,2	8,9	931,0	18,0	2010	10	11,7	12,7	1172,0	30,8
2011	14	15,1	13,1	1264,3	21,9	2011	14	12,4	12,1	1405,0	28,4
2012	14	15,1	10,0	1167,1	22,4	2012	14	8,6	9,3	951,4	22,2
2013	14	13,6	11,1	1117,9	24,3	2013	14	4,8	8,7	880,0	18,1
Valkeasuo PVK6											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	7	8,7	10,2	1312,9	15,9	2010	7	4,4	32,6	2200,0	55,9
2011	14	24,0	17,4	1735,0	29,6	2011	14	9,4	25,2	2064,3	56,3
2012	15	11,5	9,9	1633,3	28,7	2012	15	6,7	12,3	1500,0	26,0
2013	15	10,6	8,0	1425,0	19,8	2013	15	9,8	18,2	1529,3	32,7
Valkeasuo ruokohelpikosteikko											
Tuleva vesi						Lähtevä vesi					
Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)	Vuosi	n	Kiintoaine (mg/l)	CODMn (mg/l)	Kok.N (µg/l)	Kok.P (µg/l)
2010	1	11,0	13,0	1100,0	15,0	2010	1	5,0	17,0	680,0	45,0
2011	10	16,7	25,8	1710,0	22,0	2011	10	3,7	15,2	897,0	18,9
2012	15	22,0	26,7	1628,0	27,9	2012	15	6,1	19,0	1082,0	19,9
2013	15	11,8	20,7	1410,7	18,9	2013	15	3,8	15,5	955,0	17,1

Taulukko 2. Pintavalutusenttien reduktioiden keskiarvotarkastelu.

Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Kiintoaine *	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Luokittelija						
COD * Luokittelija	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Kok.N * Luokittelija	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Kok.P * Luokittelija	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%

Report

Luokittelija		Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Puohtiinsuo PVK	Mean	81,5000	-35,5000	20,7500	28,2500
	N	4	4	4	4
Mekrijärvensuo PVK1N	Mean	75,0000	-19,0000	11,2500	23,2500
	N	4	4	4	4
Mekrijärvensuo PVK2N	Mean	84,0000	-136,0000	-3,7500	5,5000
	N	4	4	4	4
Kirkkosuo PVK2	Mean	68,2500	-49,7500	29,7500	60,2500
	N	4	4	4	4
Rauansuo PVK	Mean	77,5000	-25,2500	-3,7500	43,5000
	N	4	4	4	4
Tuohtaansuo PVK5N	Mean	72,3333	-11,6667	15,6667	19,6667
	N	3	3	3	3
Tuohtaansuo PVK3N	Mean	67,0000	-29,0000	9,0000	28,5000
	N	2	2	2	2
Linnansuo PVK1	Mean	64,6364	7,5455	39,0909	34,5455
	N	11	11	11	11
Teyrisuo PVK	Mean	78,3333	24,3333	45,6667	65,3333
	N	3	3	3	3
Valkeasuo PVK6	Mean	39,5000	-104,7500	-21,5000	-99,2500
	N	4	4	4	4
Valkeasuo PVK4	Mean	32,2500	-1,0000	,5000	-19,0000
	N	4	4	4	4
Tuohtaansuo PVK4N	Mean	75,0000	-1,2500	32,7500	32,0000
	N	4	4	4	4
Tuohtaansuo PVK6N	Mean	54,4000	-14,5000	28,8000	30,0000
	N	10	10	10	10
Kirkkosuo PVK1	Mean	54,0000	-49,6000	,4000	-51,4000
	N	5	5	5	5
Suurisuo PVK	Mean	85,5000	-15,3333	34,1667	49,1667
	N	6	6	6	6
Total	Mean	66,0556	-26,5556	19,3194	18,4444
	N	72	72	72	72

Taulukko 3. Pintavalutusenttien keskinäinen vertailu Kruskal-Wallis testillä.

Kruskal-Wallis Test**Ranks**

	Luokittelija	N	Mean
	Puohtiinsuo PVK	4	50,75
	Mekrijärvensuo PVK1	4	44,38
	Mekrijärvensuo PVK2	4	54,38
	Kirkkosuo PVK2	4	34,75
	Rauansuo PVK	4	47,50
	Tuohtaansuo PVK5	3	40,17
	Tuohtaansuo PVK3	2	32,00
Kiintoaine	Linnansuo PVK1	11	32,73
	Teyrisuo PVK	3	48,67
	Valkeasuo PVK6	4	12,63
	Valkeasuo PVK4	4	11,75
	Tuohtaansuo PVK4	4	43,38
	Tuohtaansuo PVK6	10	26,25
	Kirkkosuo PVK1	5	26,40
	Suurisuo PVK	6	57,50
	Total	72	
	Puohtiinsuo PVK	4	20,63
	Mekrijärvensuo PVK1	4	33,38
	Mekrijärvensuo PVK2	4	13,88
	Kirkkosuo PVK2	4	32,13
	Rauansuo PVK	4	25,38
COD	Tuohtaansuo PVK5	3	39,17
	Tuohtaansuo PVK3	2	22,00
	Linnansuo PVK1	11	58,32
	Teyrisuo PVK	3	64,33
	Valkeasuo PVK6	4	10,25
	Valkeasuo PVK4	4	52,50

	Tuohtaansuo	4	50,00
	PVK4		
	Tuohtaansuo	10	34,45
	PVK6		
	Kirkkosuo PVK1	5	19,00
	Suurisuo PVK	6	40,00
	Total	72	
	Puohtiinsuo PVK	4	32,50
	Mekrijärvensuo	4	21,75
	PVK1		
	Mekrijärvensuo	4	21,00
	PVK2		
	Kirkkosuo PVK2	4	46,63
	Rauansuo PVK	4	12,25
	Tuohtaansuo	3	26,33
	PVK5		
	Tuohtaansuo	2	19,50
	PVK3		
Kok.N	Linnansuo PVK1	11	56,36
	Teyrisuo PVK	3	65,17
	Valkeasuo PVK6	4	8,38
	Valkeasuo PVK4	4	18,75
	Tuohtaansuo	4	50,88
	PVK4		
	Tuohtaansuo	10	45,95
	PVK6		
	Kirkkosuo PVK1	5	15,50
	Suurisuo PVK	6	51,50
	Total	72	
	Puohtiinsuo PVK	4	35,63
	Mekrijärvensuo	4	31,25
	PVK1		
	Mekrijärvensuo	4	24,25
	PVK2		
	Kirkkosuo PVK2	4	62,63
	Rauansuo PVK	4	48,38
	Tuohtaansuo	3	25,00
	PVK5		
	Tuohtaansuo	2	36,00
	PVK3		
Kok.P	Linnansuo PVK1	11	40,27
	Teyrisuo PVK	3	66,67
	Valkeasuo PVK6	4	7,13
	Valkeasuo PVK4	4	15,38
	Tuohtaansuo	4	38,38
	PVK4		
	Tuohtaansuo	10	41,75
	PVK6		
	Kirkkosuo PVK1	5	12,60

Suurisuo PVK	6	50,92
Total	72	

Test Statistics^{a,b}

	Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Chi-Square	28,889	40,714	50,373	38,650
df	14	14	14	14
Asymp.	,011	,000	,000	,000

- a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: Luokittelija

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Kiintoaine is the same across categories of Luokittelija.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,011	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of COD is the same across categories of Luokittelija.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of Kok.N is the same across categories of Luokittelija.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of Kok.P is the same across categories of Luokittelija.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Taulukko 4. Tilastollinen analyysi oikovirtauksien ja epätasaisen vedenjakaantumisen vaikutuksista pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin.

Mann-Whitney Test**Ranks**

	Oikovirtauksia	N	Mean	Sum of Ranks
Kiintoaine	Kyllä	27	33,00	891,00
	Ei	41	35,49	1455,00
	Total	68		
COD	Kyllä	27	31,69	855,50
	Ei	41	36,35	1490,50
	Total	68		
Kok.N	Kyllä	27	26,13	705,50
	Ei	41	40,01	1640,50
	Total	68		
Kok.P	Kyllä	27	26,41	713,00
	Ei	41	39,83	1633,00
	Total	68		

Test Statistics^a

	Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Mann-Whitney U	513,000	477,500	327,500	335,000
Wilcoxon W	891,000	855,500	705,500	713,000
Z	-,508	-,953	-2,834	-2,739
Asymp. Sig. (2-tailed)	,612	,341	,005	,006

a. Grouping Variable: Oikovirtauksia

Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**Frequencies**

Oikovirtauk-	N
Kyllä	27
Kiintoaine Ei	41
Total	68

COD	Kyllä	27
	Ei	41
	Total	68
Kok.N	Kyllä	27
	Ei	41
	Total	68
Kok.P	Kyllä	27
	Ei	41
	Total	68

Test Statistics^a

		Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Most Extreme Differences	Absolute	,162	,211	,374	,360
	Positive	,057	,027	,000	,000
	Negative	-,162	-,211	-,374	-,360
Kolmogorov-Smirnov Z		,652	,853	1,509	1,454
Asymp. Sig. (2-tailed)		,788	,461	,021	,029

a. Grouping Variable: Oikovirtauksia

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Kiintoaine is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,612	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of Kiintoaine is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,788	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of COD is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,341	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of COD is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,461	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of Kok.N is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,005	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of Kok.N is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,021	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of Kok.P is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,006	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of Kok.P is the same across categories of Oikovirtauksia.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,029	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Taulukko 5. Tilastollinen analyysi eri vedenjakotapojen vaikutuksesta pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin.

Mann-Whitney Test**Ranks**

	Vedenjakotapa	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kiintoaine	Paineputki	43	38,79	1668,00
	Jakoallas/ojat	29	33,10	960,00
	Total	72		
COD	Paineputki	43	35,78	1538,50
	Jakoallas/ojat	29	37,57	1089,50
	Total	72		
Kok.N	Paineputki	43	34,97	1503,50
	Jakoallas/ojat	29	38,78	1124,50
	Total	72		
Kok.P	Paineputki	43	37,84	1627,00
	Jakoallas/ojat	29	34,52	1001,00
	Total	72		

Test Statistics^a

	Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Mann-Whitney U	525,000	592,500	557,500	566,000
Wilcoxon W	960,000	1538,500	1503,500	1001,000
Z	-1,131	-,356	-,758	-,660
Asymp. Sig. (2-tailed)	,258	,722	,448	,509

a. Grouping Variable: Vedenjakotapa

Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Frequencies

	Vedenjakotapa	N
	Paineputki	43
Kiintoaine	Jakoallas/ojat	29
	Total	72
	Paineputki	43
COD	Jakoallas/ojat	29
	Total	72
	Paineputki	43
Kok.N	Jakoallas/ojat	29
	Total	72
	Paineputki	43
Kok.P	Jakoallas/ojat	29
	Total	72

Test Statistics^a

		Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P
Most Extreme Differences	Absolute	,160	,177	,213	,136
	Positive	,000	,177	,213	,079
	Negative	-,160	-,107	-,079	-,136
Kolmogorov-Smirnov Z		,664	,738	,884	,567
Asymp. Sig. (2-tailed)		,770	,648	,415	,904

a. Grouping Variable: Vedenjakotapa

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Kiintoaine is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,258	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of Kiintoaine is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,770	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of COD is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,722	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of COD is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,648	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of Kok.N is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,448	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of Kok.N is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,415	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of Kok.P is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,509	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of Kok.P is the same across categories of Vedenjakotapa.	Independent-Samples Kolmogorov-Smirnov Test	,904	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Taulukko 6. Korrelaatioanalyysi pintavalutuskenttien ominaisuuksista. Tilastollisesti merkitsevät arvot merkitty vihreällä, tilastollisesti melkein merkitsevät keltaisella ja arvot joilla on tilastollista merkittävyyttä oranssilla.

		Correlations						
		Kiintoaine	COD	Kok.N	Kok.P	Akenttä	Asuhde	Ikä
Kiintoaine	Pearson Correlation	1	,002	,329**	,387**	,028	-,208	-,021
	Sig. (2-tailed)		,984	,005	,001	,813	,080	,860
	N	72	72	72	72	72	72	72
COD	Pearson Correlation	,002	1	,692**	,518**	-,222	,165	,165
	Sig. (2-tailed)	,984		,000	,000	,060	,167	,007
	N	72	72	72	72	72	72	72
Kok.N	Pearson Correlation	,329**	,692**	1	,753**	,089	,285*	,456**
	Sig. (2-tailed)	,005	,000		,000	,459	,015	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72
Kok.P	Pearson Correlation	,387**	,518**	,753**	1	,128	,165	,255**
	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000		,284	,165	,030
	N	72	72	72	72	72	72	72
Akenttä	Pearson Correlation	,028	-,222	,089	,128	1	,200	,061
	Sig. (2-tailed)	,813	,060	,459	,284		,092	,612
	N	72	72	72	72	72	72	72
Asuhde	Pearson Correlation	-,208	,165	,285*	,165	,200	1	,490**
	Sig. (2-tailed)	,080	,167	,015	,165	,092		,000
	N	72	72	72	72	72	72	72
Ikä	Pearson Correlation	-,021	,313**	,456**	,255**	,061	,490**	1
	Sig. (2-tailed)	,860	,007	,000	,030	,612	,000	
	N	72	72	72	72	72	72	72

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

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