

Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden vesiensuojelullisesta merkityksestä metsätalouskuormitteisilla alueilla

Taina Hammar, Antti Haapala, Pekka Eronen ja Jouko Hämäläinen



Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden vesiensuojelullisesta merkityksestä metsätalouskuormitteisilla alueilla

Taina Hammar, Pohjois-Savon ympäristökeskus
Antti Haapala, Kaakkois-Suomen ympäristökeskus
Pekka Eronen, Metsäkeskus Pohjois-Savo
Jouko Hämäläinen, Metsäkeskus Pohjois-Savo



**POHJOIS-SAVON
YMPÄRISTÖKESKUS**

POHJOIS-SAVON YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 5 | 2006
Pohjois-Savon ympäristökeskus

Taitto: Leena Tiukka
Valokuvat: Pekka Eronen

Julkaisu on saatavana internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 952-2361-3 (PDF)
ISSN 1796-1866 (verkköj.)

SISÄLLYS

1 Johdanto	5
2 Vesiensuojelukosteikoiden ja laskeutusaltaiden toimivuuteen vaikuttavat tekijät	6
2.1 Kosteikot.....	6
2.1.1 Kosteikon koko ja muoto.....	6
2.1.2 Kiintoaineen poistaminen.....	7
2.1.3 Fosforin poistaminen.....	7
2.1.4 Typen poistaminen.....	8
2.2 Laskeutusaltaat.....	9
3 Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden sekä yläpuolisten valuma-alueiden kuvaukset	10
3.1 Kaikonpuro.....	10
Valuma-alueen puustokuvaus.....	10
Allas ja kosteikko.....	11
3.2 Lähdekorvenpuro.....	13
Valuma-alueen puustokuvaus.....	13
Allas.....	14
3.3 Ukonpuro.....	15
Valuma-alueen puustokuvaus.....	15
Kosteikko.....	16
4 Tutkimusohjelma	18
4.1 Ohjelman laatimisen periaatteet.....	18
4.2 Näytteenotto ja analysointi.....	19
4.3 Sääolosuhteet.....	20
5 Tulokset	21
5.1 Kaikonpuro.....	21
5.2 Lähdekorvenpuro.....	22
5.3 Ukonpuro.....	23
6 Tulosten tarkastelu	25
6.1 Valumavesien pitoisuustasot.....	25
6.2 Vesiensuojeluratkaisujen vaikutus laskennallisiin kuormituslukuihin.....	25
7 Johtopäätökset	29
Lähteet	33
Liitteet	34
Liite 1. Kaikonpuron laskeutusallas ja kosteikko, suunnitelmapakartta.	
Liite 2. Näytteenottoajankohdat ja analysoidut muuttujat tutkimuskohteilla vuosina 2003-2005.	
Liite 3. Tulokset Kaikonpuron kosteikon ja laskeutusaltaan ylä- ja alapuoliselta havaintopaikalta.	
Liite 4. Tulokset Lähdekorvenpuron laskeutusaltaan ylä- ja alapuoliselta havaintopaikalta.	
Liite 5. Tulokset Ukonpuron kosteikon ylä- ja alapuoliselta havaintopaikalta	
Kuvailulehti	41

1 Johdanto

Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden rakentamisen tarkoituksena on vähentää valuma-alueelta alapuoliseen vesistöön kulkeutuvan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia ja vähentää näin vesistöjen liettymistä ja rehevöitymistä. Vesiensuojelukosteikolla tarkoitetaan vesistökuormitusta vähentävää ojan, puron, joen tai muun vesistön osaa ja sen ranta-alueita, joka suuren osan vuodesta on veden peitossa ja muunkin ajan pysyy kosteana (Puustinen ym. 2001). Laskeutusaltaissa pääasiallisena vedenlaatua parantavana mekanismina on ravinteita sisältävien hiukkasten painuminen pohjalle. Kosteikoissa mekanismeja on useampia, edellisen lisäksi hiukkasten suodattuminen vettä läpäisevän maan ja/tai kasvillisuuden kautta, biologinen liuenneiden ravinteiden otto kosteikon maaperästä ja valumavedestä (pääasiassa kasvien toimesta), liuenneen fosforin sitoutuminen maahiukkasten pinnalle sekä typen poistuminen kaasuna ilmakehään mikrobien toiminnan kautta (= denitrifikaatio) (Puustinen ja Jormola 2005). Puhdistusprosesseja voidaan tehostaa pidentämällä veden viipymää kosteikossa (Puustinen ym. 2001). Kosteikon mekanismeja tarkastellaan lähemmin seuraavassa luvussa.

Kosteikkotutkimukset ovat keskittyneet paljolti maatalousympäristöön. Turvetuotantoalueiden kosteikoita on tutkittu jonkin verran ja metsätaloukskosteikoita varsin vähän.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia vähentää metsätalouden vesistökuormitusta rakentamalla kosteikoita, laskeutusaltaita tai näiden yhdistelmiä. Tutkimusalueita oli kolme:

- Kaikonpuro (Kiuruvesi), laskee Yläjärveen, vesiensuojeluratkaisuna kosteikon ja laskeutusaltan yhdistelmä
- Lähdekorvenpuro (Iisalmi), laskee Niemiseen, vesiensuojeluratkaisuna kaksiosainen laskeutusallas
- Ukonpuro (Suonenjoki), laskee Suurijärveen, vesiensuojeluratkaisuna kosteikko.

2 Vesiensuojelukosteikoiden ja laskeutusaltaiden toimivuuteen vaikuttavat tekijät

2.1

Kosteikot

Kosteikon toimivuuden kannalta on oleellista, että valumavedet ovat selvästi luonnontilaisia vesiä kuormittuneempia, sillä typen ja fosforin pidättyminen on sitä tehokkaampaa, mitä korkeampia näiden aineiden pitoisuudet ovat kosteikkoon tulevassa vedessä (Puustinen ym. 2001). Kosteikkoa suunniteltaessa on tärkeitä luoda fysikaalisesti, kemiallisesti ja biologisesti suotuisa ympäristö ravinteiden poistolle. Maatalousalueella maan ravinteikkaan pintakerroksen poisto on tärkeitä, jotta maaperä pidättäisi ravinteita eikä toimisi niiden lähteenä. (Liikanen ym. 2004).

2.1.1

Kosteikon koko ja muoto

Kosteikon koon suhde valuma-alueen kokoon on hyvin olennainen ravinteiden ja kiintoaineen pidättämisessä, koska veden puhdistuminen vaatii aikaa ja veden viipymä kosteikossa kasvaa tämän suhteen myötä. Puustinen ym. (2001) ovat esittäneet kosteikon pinta-alan alarajaksi 2% valuma-alueen pinta-alasta. Kosteikon ja valuma-alueen koon sekä keskimääräisen valunnan pohjalta arvioitu teoreettinen veden viipymä ei kuitenkaan välttämättä kuvaa todellista viipymää kosteikossa, koska vesi voi kulkea tietyissä uomissa hyödyntämättä kosteikon aluetta kokonaisuudessaan. Mitä pienempi kosteikko on suhteessa valuma-alueen pinta-alaan, sitä merkityksellisempää on suunnitella hyvin kosteikon hydraulista tehokkuutta (Koskiaho 2003, Koskiaho & Puustinen 2005). Erilaiset niemekkeet, saarekkeet sekä kosteikon alussa oleva syvä veden alue (noin 1,5 m) pidentävät veden viipymää kosteikossa ja jakavat vettä tasaisesti kosteikon eri osiin (Puustinen & Jormola 2005). Kosteikon yläpuolelle rakennettava mitoitukseltaan pienehkö laskeutusallas on aiheellinen silloin kun kosteikkoon oletetaan kulkeutuvan myös karkeita maalajeja, sillä allas hidastaa kosteikon tukkeutumista ja pidentää sen käyttöikä, minkä lisäksi kiintoaine on huomattavasti helpompi poistaa altaasta kuin kosteikosta (Häikiö 1998). Jos kosteikosta pitää tehdä hyvin pieni valuma-alueen pinta-alaan verrattuna, pitkänomainen, alkuosasta syvennetty kosteikkomuoto on suositeltava, koska tällöin oikovirtausten mahdollisuus pienenee (Koskiaho 2003). Toisaalta Puustinen ym. (2001) ovat esittäneet, että tässä tapauksessa ylimmät tulvavedet tulisi johtaa ohijuoksutuksella kosteikon ohi pohjalle laskeutuneen aineksen resuspension (uudelleen veteen sekoittumisen) estämiseksi. Kosteikon tulisi käsittää myös tulva-alue, jolloin viipymä ei lyhene suoraviivaisesti virtaaman kasvaessa (Puustinen ym. 2001).

2.1.2

Kiintoaineen poistaminen

Valumavedessä kulkevan kiintoaineen laskeutuminen (sedimentoituminen) riippuu veteen sekoittuneen kiintoaineen määrästä ja ominaisuuksista sekä veden viipymästä kosteikossa (Puustinen ym. 2001). Lyhytviipymäisessä altaassa vain karkein kiintoaine ehtii laskeutua. Jos valuma-alueella vallitsevat karkeat maalajit, kuten hiesu tai hiekka, valumaveteen sekoittuneet hiukkaset eivät tarvitse niin pitkää aikaa laskeutuakseen kuin sellaisella valuma-alueella, joilla on hienojakoisempia maalajeja, kuten savea (Koskiaho & Puustinen 2005). Näin ollen pienikin laskeutusallas voi olla hyvä vesiensuojelukeino valuma-alueella, jossa on karkeita maalajeja ja eroosio on ongelmana (Koskiaho & Puustinen 2005).

Pohjalle laskeutunut aines voi lähteä myös uudelleen liikkeelle (resuspensio). Tämä tapahtuu sitä herkemmin, mitä lyhyemmäksi veden viipymä jää tai mitä voimakkaampia oikovirtauksia kosteikossa esiintyy (Puustinen ym. 2001) ja mitä löyhempää pohjalle päätynyt maa-aines on. Runsasvetisinä aikoina kosteikko voi näin ollen lisätä kiintoaineskuormitusta (Puustinen ym. 2001).

Kosteikot poistavat kiintoainesta laskeutusaltaita tehokkaammin, koska kasvilisuus hidastaa veden virtausta ja suodattaa vedestä kiintoainesta kun hiukkaset tarttuvat kasvien pintaan (Puustinen ym. 2001).

2.1.3

Fosforin poistaminen

Kosteikot poistavat fosforia biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten prosessien kautta. Hiukkasmaisen fosforin vajoaminen sedimenttiin on fysikaalinen tapahtuma. Liuennot epäorgaaninen fosfori puolestaan poistuu vedestä biologisten ja kemiallisten prosessien kautta. Biologiset prosessit (lähinnä sitoutuminen vesikasvien ja mikroorganismien biomassaan) ovat suureksi osaksi palautuvia eli eliöiden hajotessa fosfori palaa takaisin liukoiseen muotoon. Nämä prosessit toimivat pääosin kesällä, mikä on ongelmallista sikäli, että suurin fosforikuormitus tulee keväällä veden lämpötilan ollessa vielä reilusti alle kahdeksanasteista. Lisäksi kasvillisuus voi jopa lisätä fosforikuormitusta ottamalla fosforia veden asemesta kosteikon maaperästä (Koskiaho ja Puustinen 2005). Toinen fosforikuormitusriski on keväällä, jolloin fosforia voi kasvilisuuden sulaessa vapautua jään rikkomista soluista (Koskiaho & Puustinen 2005).

Biologisista prosesseista poiketen kemialliset prosessit, eli fosforin sitoutuminen lähinnä rauta- ja alumiinioksidiin, varastoivat fosforin pitkäaikaisesti ja sitoutumista tapahtuu ympäri vuoden (Liikanen ym. 2004). Rautaan sitoutunut fosfori voi tosin vapautua vesimassaan hapettomissa olosuhteissa, mutta osa tästä fosforista saattaa sitoutua uudelleen alumiinioksidiin. Jotta fosfori poistuisi kosteikossa pitkäaikaisesti, on tärkeätä, että kosteikon maapohjassa on runsaasti sitoutumiskohtia fosforille. Tästä syystä kivennäismaalle rakennetut kosteikot voivat poistaa fosforia tehokkaammin kuin luonnolliset kosteikot, joissa suuri eloperäisen aineen määrä usein pienentää näiden aktiivisten sitoutumisyhdisteiden määrää (Liikanen ym. 2004). Fosforin tehokas sitoutuminen sedimenttiin vaatii myös kohtuullista kontaktiaikaa, joten viipymän pitää olla riittävän pitkä.

Maaperän fosforille on tietty tasapainotila, jossa fosforia ei enää pysty sitoutumaan mutta ei myöskään vielä vapaudu veteen. Edellä mainittuja fosforinsitoutumiskohtia ei siis enää ole vapaina. Jos tämä tasapainopitoisuus on korkea verrattuna valumave-

den fosforipitoisuuteen, kosteikko on todennäköisesti fosforin kuormituslähde. Eri-tyisen suuri fosforin vapautumisriski siis syntyy, jos laimeita valumavesiä ryhdytään käsittelemään kosteikossa, jonka maaperä on fosforirikasta (Puustinen ym. 2001).

Kosteikkokasvillisuuden vaikutus fosforin pidättymiseen on suuremmassa mitassa välillistä kuin suoraa biologista ravinteiden ottoa (Liikanen ym. 2004). Kasvillisuus hidastaa veden virtausta ja voi siten edistää myös kemiallista sitoutumista, mutta se voi myös stabiloida maata ja lisätä hiukkaspinta-alaa, johon sitoutuminen tapahtuu. Kasvillisuus myös edistää kiintoaineen sedimentaatiota ja vähentää eroosio- ja resuspensoriskiä. Lisäksi kasvillisuuden ravinteiden otto kosteikon pohjasedimentistä voi viivästyttää fosforin sitomiskapasiteetin loppumista (Koskiaho ja Puustinen 2005). Jotkut kosteikkokasvit, kuten osmankäämi ja järviruoko, pystyvät kuljettamaan ilmakehän happea juuriensa kautta kosteikon maaperään, joka parantaa pintamaan happitilannetta ja edistää fosforin sitoutumista vedestä sedimenttihiukkasiin.

2.1.4

Typen poistaminen

Kosteikon olosuhteet ovat usein edulliset denitrifikaatiolle (typpikaasun vapautuminen ilmakehään mikrobitoiminnan seurauksena), jota yleisesti pidetään kosteikon merkittävimpana typenpoistoprosessina (Puustinen ym. 2001). Kosteikkokasvillisuus lisää denitrifikaatiolle edullisia mikroympäristöjä kasvillisuuden pinnalle ja kosteikon pohjaan (Puustinen ym. 2001).

Typpeä jää kosteikkoon jonkin verran myös pohjalle laskeutuvan eloperäisen aineksen mukana. Kosteikkokasvillisuus lisää sedimentoitumista muun muassa virtaamaa hidastamalla (Puustinen ym. 2001). Sedimentoitumisen kautta tullut poistuma ei ole kokonaan lopullista, koska laskeutunut aines voi sekoittua uudelleen veteen ja eloperäisen aineksen hajotessa veteen vapautuu liuenneita ravinteita.

Pohjoisamerikkalaisessa tutkimuksessa (Hunt ym. 1999) todettiin kosteikon, joka syvyydeltään vaihteli 0,2-2m ja jonka pinta-ala (3,3 ha) oli alle 1% valuma-alueen pinta-alasta, poistavan tehokkaasti typpeä. Vuotuinen kokonaistypen poistuma kosteikon vaikutuksesta oli 37% tulovirtaaman typpipitoisuuksista. Typen väheneminen korreloi positiivisesti lämpötilan kanssa. Tutkimusalue sijoittui kasvillisuudeltaan ja ilmastovyöhykkeeltään maamme oloista huomattavasti poikkeavaan Yhdysvaltain eteläosaan, joten Suomen oloissa nämä prosessit toimivat tehokkaasti vähemmän aikaa vuodesta.

Laskeutusaltaat

Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastumiseen ja veden mukana kulkeutuvan kiintoaineen laskeutumiseen altaan pohjalle. Laskeutusaltailla voidaan käytännössä pysäyttää vain hietaa ja karkeampia maalajeja.

Häikiön (1998) mukaan allasrakenne, joka mahdollistaa kasvillisuuden levittäytymisen altaan loppupäähän, on todennäköisesti edullinen ravinteiden pidätyskyvyn kannalta ja tiheä kasvillisuus voi myös parantaa altaan kykyä pidättää hitaasti laskeutuvia partikkeleita. Häikiö (1998) suositteli syvyydeltään kaksiosaista allasta. Ensimmäinen osa on syvää laskeutukseen tarkoitettua osaa (syvyys pienen virtaaman aikana noin 1 m ja suuren virtaaman aikana noin 1,5 m) ja toinen kasvillisuuden tehokkaan levittäytymisen kannalta riittävän matalaa osaa (syvyys pienen virtaaman aikana noin 0,1-0,5 m ja suuren virtaaman aikana noin 0,5-1 m). Altaan laskeutusosan osuus koko pinta-alasta tulisi harkita erikseen alueen pohjamaalajin ja perustamispaikan olosuhteiden perusteella: kun kulkeutuva aines on hienohkoa ja keskikarkeata laskeutusosa on suunniteltava suuremmaksi kuin karkeilla materiaaleilla (Häikiö 1998). Laskeutusosan tilavuus on suunniteltava sellaiseksi, että se riittää pidättämään halutun tyhjennysvälin aikana altaaseen saapuvan karkean kiintoaineen (Häikiö 1998). Altaan poistorakenne kannattaa Häikiön mukaan suunnitella padottavaksi, sillä muussa tapauksessa virtauksen pohjanopeus saattaa ylittää kriittisen pohjanopeuden arvon altaan matalassa osassa ja vesi voi irrottaa mukaansa altaaseen sedimentoitunutta hienoa materiaalia.

Myös Koskiahon (suullinen tiedonanto) mukaan kaksiosainen allasrakenne on suositeltava ja vielä niin, että väliin jää tasainen poikittainen, ainakin tulvan aikaan vedenalainen harjanne. Harjanteen tulisi olla mahdollisimman homogeeninen niin ettei siinä olisi aukkoja, joista menee nopeampaa oikovirtausta ja umpinaisten kohtien ympärille jäisi hitaamman virtauksen alueita. Hydraulisen tehokkuuden ja virtauksen hidastumisen kannalta optimaalinen muoto olisi pituuden ja leveyden suhteena 4:1 – 5:1. Hydraulista muotoakin tärkeämpi tekijä on kuitenkin altaan pinta-ala suhteessa valuma-alueeseen. Altaan tulisi olla pinta-alaltaan vähintään 1% valuma-alueen pinta-alasta. Tosin valuma-alueen maalajin ollessa suhteellisen karkeaa, kiintoainetta ja kokonaisfosforia saattaa pidättyä melko hyvin, vaikka mainittu pinta-alakriteeri ei täytyisikään.

3 Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden sekä yläpuolisten valuma-alueiden kuvaukset

3.1

Kaikonpuro

Kaikonpuron kosteikkoalueelle tulee vesiä noin 620 hehtaarin laajuiselta valuma-alueelta. Valuma-alueen peltopinta-ala on vain noin 20 ha peltoprosentin ollessa kolmen luokkaa. Metsätalousmaan osuus on 506 ha, josta turvemaita n. 295 ha ja kangasmaita n. 211 ha. Kaikki turvemaat on ojitettu ja osalle on tehty myös kunnostusojitus. Valuma-alueella on yksi toiminnassa oleva turvetuotantoalue, jonka pinta-ala on 85 ha. Alueella on yksi lampi, Kaikonlampi, jonka pinta-ala on 9 ha.

Valuma-alueen maaperästä lehtomaista kangasta tai viljavuudeltaan vastaavaa suota on 2 %, tuoretta kangasta tai sitä vastaavaa suota 49 %, kuivahkoa kangasta tai sitä vastaavaa suota 29 %, kuivaa kangasta tai sitä vastaavaa suota 9 %, karukko-kankaita 2%, kitu- ja joutomaata 3 %, turvetuotannossa 13 % ja loput noin 3 % on maatalousmaata.

Valuma-alueen puustokuvaus

Puustotiedot perustuvat Luotsi-tietokannassa oleviin tietoihin, jotka on kerätty maastokaudella 2003.

Valuma-alueen pääpuulaji on mänty, mutta myös kuusen osuus on merkittävä (taulukko 1). Alueella esiintyy yleisesti koivua, mutta muiden puulajien osuus on merkityksättömän vähäinen.

Taulukko 1. Valuma-alueen puulajien pinta-alaosuus sekä puustomäärä.

Puulaji	Pinta-ala, %	Puusto, m ³
Mänty	64	11310
Kuusi	22	2576
Rauduskoivu	2	3
Hieskoivu	12	2675

Valuma-alueella on suoritettu pääasiassa harvennushakkuita. Taimikoiden ja aukeiden osuus on noin viidennes alueen pinta-alasta (taulukko 2). Puustosta 24 % on alle 20-vuotiaita. Alueella on runsaasti nuoria ja varttuneita kasvatusmetsiä. 5 % puustosta on saavuttanut yli 80 vuoden iän ja yli satavuotiaista metsää ei käytännössä ole.

Taulukko 2. Puusto kehitysluokittain.

Kehitysluokka	Pinta-ala, %	Pääpuulaji
Aukeat ja taimikot (pituus alle 8 m)	22	Mänty
Nuori kasvatusmetsä (alle 16 m tai rinnankorkeusläpimitta alle 16 cm)	34	Mänty
Varttunut kasvatusmetsä	24	Mänty
Uudistuskypsä metsä	8	Kuusi
Muu metsätalousmaa (sis. mm. kitu- ja joutomaat)	12	Mänty

Allas ja kosteikko

Allas ja kosteikko sijaitsevat Luupuveteen liittyvän Yläjärven rantaluhdalla. Rantaluhdan maaperä on sara- ja rahkaturvetta.

Kaikonpuro perattiin noin 120 metrin matkalta ennen allasta ja peratun uoman päähän rakennettiin pohjapato estämään vesien virtaus kaivetun altaan ohi. Allas on 144 m pitkä ja 23 m leveä. Altaan keskellä on neliön muotoinen kosteikko, laskeutusallas ympäröi sitä kehänä ja lisäksi länsireunalta allasta on kaivettu 20-30 metrin pituudelta pohjois- ja eteläsuuntaan (liite 1). Koko altaan pinta-ala keskimääräisen tulvan aikaan on 3312 m², josta kosteikkoa altaan keskellä ja reunoilla on yhteensä 750 m². Keskimääräisen tulvan aikaan keskisyvyys altaassa on 2,46 m ja kosteikon alueella 25 cm. Vesitilavuus keskimääräisen tulvan aikaan on 4667 m³ ja lietepesän tilavuus 390 m³. Altaan pintakuorma, joka kuvaa ihanteellisissa olosuhteissa pienimmän altaaseen täysin laskeutuvan maalajin laskeutumisenopeutta, on 1,14 m/h eli hienojakeisimmat hietajakeet ehtivät laskeutua kosteikossa silloin kun oikovirtauksia, turbulenssia tai muita laskeutumista häiritseviä tekijöitä ei esiinny. Tulva-ajan viipymä on 1,23 h.

Kosteikkoa/laskeutusallasta kaivettaessa poistettiin 0,5-2 metrin syvyydeltä turveta ja alta löytyi vetelää savea. Altaan pohja nykyisellään on siis savea.

Altaan pinta-ala (0,33 ha) on 0,05% valuma-alueen pinta-alasta. Altaan alapuolella on pintavalutuskenttä, jonka vaikutusta Kaikonpurosta Yläjärveen tulevan veden laatuun ei voida huomioida. Pintavalutuskenttä voi huipputulvan aikana jäädä kokonaan veden alle (altaan ja Yläjärven vedenpintojen ero on 40 cm).



Kuva 1. Kaikonpuron altaan ylisyoösyypato (kuvattu keväällä 2005).

Kuva 2. Näkymä Kaikonpuron altaan ylisyoösyypadolta pintavalutuskentän suuntaan (kuvattu keväällä 2005).



Lähdekorvenpuro

Lähdekorvenpuron valuma-alueen laajuus on 182 ha, josta peltoa on noin 13 ha (7%). Metsäpinta-ala on 169 ha, josta noin 40 ha on 70-luvulla ojitettua suota. Järviä ja lampia alueella ei ole.

Maaperästä on lehtomaista kangasta tai viljavuudeltaan vastaavaa suota 5 %, tuoretta kangasta tai sitä vastaavaa suota 65 %, kuivahkoa kangasta tai sitä vastaavaa suota 9 %, kuivaa kangasta tai sitä vastaavaa suota 12 %, kitu- ja joutomaata 2 % ja loput 7 % maatalousmaata.

Valuma-alueen puustokuvaus

Puustotiedot perustuvat Luotsi-tietokannassa oleviin tietoihin, jotka on kerätty valtaosin maastokaudella 2005.

Valuma-alueen pääpuulaji on mänty, mutta myös kuusen osuus on merkittävä (taulukko 3). Alueella esiintyy yleisesti koivua, mutta muiden puulajien osuus on merkityksettömän vähäinen.

Taulukko 3. Valuma-alueen puulajien pinta-alaosuus sekä puustomäärä.

Puulaji	Pinta-ala, %	Puusto, m ³
Kuusi	31	2552
Mänty	51	5157
Rauduskoivu	8	366
Hieskoivu	9	131

Valuma-alueella on suoritettu hakkuita runsaasti viimeisen 20 vuoden aikana. Taimikoiden ja aukeiden osuus on yli kolmannes alueen pinta-alasta (taulukko 4). Puustosta 46% on alle 20-vuotiaita. 8 % puustosta on saavuttanut yli 80 vuoden iän ja vain 1 % on yli satavuotiaista kuusikkoja. Inventoinnin jälkeen on tapahtunut hakkuita ja vanhojen metsien osuus on edelleen laskenut.

Taulukko 4. Puusto kehitysluokittain.

Kehitysluokka	Pinta-ala, %	Pääpuulaji
Aukeat ja taimikot (pituus alle 8 m)	34	Mänty
Nuori kasvatusmetsä (alle 16 m/ tai rinnankorkeus- läpimitta alle 16 cm)	34	Mänty
Varttunut kasvatusmetsä	12	Mänty
Uudistuskypsä metsä	11	Kuusi
Muu metsätalousmaa (sis. mm. kitu- ja joutomaat)	8	

Allas

Lähdekorvenpuron allas sijaitsee entisellä pellolla ja vedet purkautuvat Niemisen järven rantaluhtaan. Altaan alue on vanhaa järvenpohjaa ja maaperä hienojakoista, lähinnä mutaa. Allas on kaksiosainen ja välissä on kapea kannas. Altaan pintaleveys on 15 m, pohjaleveys 9 m, pituus 2x 30 m ja vesisyvyys 1,5 m. Altaan pintakuorma, joka kuvaa ihanteellisissa olosuhteissa pienimmän altaaseen täysin laskeutuvan maalajin laskeutumisenopeutta, on 0,87 m/h eli karkeimmat hiesujakeet ehtivät laskeutua kosteikossa silloin kun oikovirtauksia, turbulenssia tai muita laskeutumista häiritseviä tekijöitä ei esiinny. Tulva-ajan viipymä on 1,2 h.

Altaan pinta-ala (0,09 ha) on 0,05% valuma-alueen pinta-alasta. Altaan alapuolella on kosteikko, jonka vaikutusta vedenlaatuun ei tässä selvityksessä ole huomioitu.



Kuva 3. Lähdekorvenpuron altaan eteläpää. Niemisen järvi hämmöttää taustalla.



Kuva 4. Lähdekorvenpuron allas kuvattuna pohjoispäästä tielle päin. Altaat erottaa kapea kannas.

3.3

Ukonpuro

Ukonpuron valuma-alueen pinta-ala on 510 ha. Metsäpinta-ala on noin 380 ha (74 % valuma-alueen kokonaisalasta), josta vajaa puolet (160 ha) on 1960-luvulla ojitettua suota. Peltoja alueella on 74 ha (14,4% valuma-alueen pinta-alasta) ja turvetuotanto-alueita 58 ha (11,6%). Alueella on yksi pieni lampi.

Metsätalousmaasta on lehtomaista kangasta tai viljavuudeltaan vastaavaa suota 16 %, tuoretta kangasta tai sitä vastaavaa suota 44 %, kuivahkoa kangasta tai sitä vastaavaa suota 12 %, kuivaa kangasta tai sitä vastaavaa suota 1 % ja karukkokangasta tai sitä vastaavaa suota 1 %.

Valuma-alueen puustokuvaus

Puustotiedot perustuvat Luotsi-tietokannassa oleviin tietoihin, jotka on kerätty maastokaudella 1997. Tietoja on päivitetty ilmakuvatulkinnan avulla.

Valuma-alueen pääpuulaji on kuusi, mutta myös männyn osuus on merkittävä (taulukko 5). Alueella esiintyy yleisesti koivua, mutta muiden puulajien osuus on merkityksättömän vähäinen. Rauduskoivun osuus puustomäärästä on vähäinen, koska se on pääasiassa nuorta taimikkoa tai kasvatusmetsää.

Taulukko 5. Valuma-alueen puulajien pinta-alaosuus sekä puustomäärä.

Puulaji	Pinta-ala, %	Puusto, m ³
Kuusi	48	30569
Mänty	41	16914
Rauduskoivu	5	338
Hieskoivu	6	4299

Valuma-alueella on suoritettu hakkuita runsaasti viimeisen 20 vuoden aikana. Taimikoiden ja aukeiden osuus on noussut viime vuosien aikana lähes kolmannekseen alueen pinta-alasta (taulukko 6). Alueella on silti runsaasti uudistuskypsiä metsiä sekä varttuneita kasvatusmetsiä. Puustosta 27 % on alle 20-vuotiaita, mutta toisaalta reilu viidennes puustosta on saavuttanut yli 80 vuoden iän. Alueen puustosta kaksi prosenttia on yli satavuotiasta kuusikkoa.

Taulukko 6. Puusto kehitysluokittain.

Kehitysluokka	Pinta-ala %	Pääpuulaji
Aukeat ja taimikot (pituus alle 8 m)	32	Mänty
Nuori kasvatusmetsä (alle 16 m/ tai rinnankorkeus-läpimitta alle 16 cm)	20	Mänty
Varttunut kasvatusmetsä	27	Kuusi
Uudistuskypsä metsä	21	Kuusi
Muu metsätalousmaa (sisältää mm. kitu- ja joutomaat)		Koivu

Kosteikko

Pohjois-Savon ympäristökeskus rakensi joulukuussa 1997 Ukonpuron kosteikon metsäluonnonhoitohankkeena. Myös Vapo Oy osallistui rakentamiskustannuksiin, koska kosteikko palvelee samalla yläpuolisen Nuutilan turvetuotantoalueen vesiensuojelua (Suurijärven kunnostus – loppuraportti 2002). Pohjois-Savon riistanhoitopiiri antoi kosteikon rakentamiseen riistanhoidollista neuvonta-apua.

Rakennetun kosteikon kohdalla Ukonpuro oli alkuaan noin 2,5 m leveä. Puron molemmilta puolilta oli nostettu turvetta maatalouskäyttöön. Mutahautoja oli 300 metrin matkalla, välillä kaivamattomia maakannaksia. Kosteikkoalueen yläosa oli laidunalueena käytettyä niittyä (noin 0,5 ha) sekä metsitettyä peltoa (noin 0,5 ha). Niittyä oli laidunnettu ja lannoitettu viimeksi vuonna 1996 (Suurijärven kunnostus – loppuraportti 2002).

Kosteikkoalueen pituus on noin 400 m. Kosteikon yläosa on leveydeltään noin 100 m alaosan ollessa 50-75 m leveä. Kosteikon pinta-ala on noin 3,6 ha (0,71% valuma-alueesta).

Vesisyvyys vaihtelee 0 – 100 cm, keskisyvyyden ollessa 50 cm. Alue on syvimmillään noin 2 metriä padon läheisyydessä.

Kosteikon pohjamaaperä on hiesua ja sen päällä on kerros saraturvetta. Entisen pelto- ja niittyalueen maaperä kosteikon koillisosassa on hietamoreenia.

Kosteikon keskivaiheille on vesilinnuston suojaksi jätetty pajupensaita. Allasalueelle on jätetty myös pieniä saaria linnuston pesimä- ja levähdyspaikoiksi (Suurijärven kunnostus – loppuraportti 2002).



Kuva 5. Ukonpuron kosteikon pohjapato noin vuoden kuluttua rakentamisesta.

Kuva 6. Ukonpuron kosteikon alajuoksua patopenkereeltä kuvattuna. Kosteikko jatkuu keskellä olevan metsäisen niemekkeen taakse.



4 Tutkimusohjelma

4.1

Ohjelman laatimisen periaatteet

Tutkimusohjelma pyrittiin laatimaan siten, että veden laatu saataisiin määritetyksi jotakuinkin samasta vesimassasta ennen ja jälkeen vesiensuojelurakenteita (kosteikko ja/tai laskeutusallas). Tämä edellyttää kosteikon viipymän huomioon ottamista näytteenotossa. Viipymä luonnollisesti vaihtelee eri vuodenaikoina, joten tulva-aikana näytteenotto altaiden ylä- ja alapuolelta toteutettiin lyhyemmän ajanjakson sisällä kuin alivirtaamakausina.

Näytteenoton ajoituksessa pyrittiin siihen, että tutkimus antaisi kuvan vesiensuojeluratkaisun toimivuuteen vaikuttavista eri tekijöistä. Kevät- ja syysvalumahuippujen aikainen näytteenotto ilmentää kustannustehokkaimmin ja vähimmällä vaivalla kuormituksen suuruusluokkaa, sillä näinä aikoina vesistöihin tuleva hajakuormitus on suurimmillaan. Loppukesän ja loppupalven aikainen näytteenotto antaa kuvan kosteikoiden biologisesta toimivuudesta: loppukesällä kosteikko voi sitoa ravinteita biomassansa ja tyypeä voi poistua denitrifikaation kautta, kun taas kevättalvella näytteissä voi näkyä hajoavasta kasvimassasta vapautuneet ravinteet ja happea kulltava kuormitus sekä mahdollisesta hapettomuudesta aiheutuneet pitoisuuksien nousut.

Tutkimusalueiden viipymien laskemisessa tarvittiin tietoja valuma-alueiden pinta-aloista ja allastilavuuksista sekä vesimääristä. Tutkimusalueilta ei ollut käytettävissä virtaama- eikä valumatietoja. Tämän vuoksi suuntaa antavina valuma-arvioina käytettiin ympäristöhallinnon pienten valuma-alueiden havaintoverkosta Ruunapuroa Laukaassa ja Mustapuroa Outokummussa. Mustapuroilta oli tietoja vuosilta 1990-96 ja Ruunapuroilta 1990-1999. Näiden kahden puron yhdistetystä aineistosta laskettiin valuma-arvojen keskiarvot hajakuormituksen vuosijakaumaa kuvaavilta ajanjaksoilta (taulukko 7). Viipymä osoittautui pisimmäksi Ukonpuron kosteikossa ja lyhimmäksi Lähdekorvenpuron laskeutusaltaassa (taulukko 8). Allastilavuuksina käytettiin keskimääräisen tulvan aikaista tilavuutta, joten muina kuin kevään havaintokerroilla viipymä tuli tämän vuoksi arvioitua hieman todellista pidemmäksi.

Taulukko 7. Valunta-arvot Ruunapuron ja Kuokkalanojan yhdistetystä aineistosta 1990-luvulta.

Ajanjakso	Valunta (l/s/km ²)
01.01.-15.03.	3,2
17.04.-08.05.	45
elokuu	3,5
lokakuu	9

Taulukko 8. Tutkimusalueiden viipymä eri vuodenaikoina ja sen laskemisessa käytetyt aluekohtaiset arvot.

	Kaikonpuro	Lähdekorvenpuro	Ukonpuro
Laskeutusaltaan/kosteikon tilavuus, m ³	4667	942	23400
Valuma-alueen pinta-ala, km ²	7,05	1,82	5,07
Viipymä, vrk	01.01.-15.03.: 2,4	17.04.-08.05.: 0,09 (2,2h)*	01.01.-15.03.: 16,5
	17.04.-08.05.: 0,1 (2,5 h)*		17.04.-08.05.: 1,2 (28 h)
	elokuu: 2,2		elokuu: 15,25
	lokakuu: 0,8	lokakuu: 0,7	lokakuu: 6

* Kaikonpuroilta ja Lähdekorvenpuroilta oli myös virtaama-arvioita. Kevättulva-ajan viipymä laskettiin sekä taulukossa 7 esitetyn valunnan että keskiylivirtaaman perusteella, näiden keskiarvona.

4.2

Näytteenotto ja analysointi

Tulosten edustavuuden varmistamiseksi kunakin tutkimusajanjaksona (talvi (vuosina 2004-2005), kevätvalumahuippu, kesä, syksy) otettiin kolmena eri päivänä näytteet kosteikoiden ylä- ja alapuolelta, siten että ylä- ja alapuolisten näytteiden ottoaikojen väli oli kyseiselle havaintopaikalle laskettu teoreettinen viipymä (taulukko 8). Lähdekorvenpuron laskeutusaltaan osalta havaintoajankohtina oli vain kevät ja syksy. Keväällä näytteenotto ajoitettiin kolmelle peräkkäiselle viikolle, jotta voitaisiin kattavammin saada esille purovesissä lyhyenä aikana tapahtuvat suuret määrälliset ja laadulliset muutokset ja ennen kaikkea saada tulvahuippu mukaan. Muina tutkimusajankohtina muutokset eivät ole yhtä suuria, joten saman viikon aikanakin otetut näytteet arvioitiin riittävän edustaviksi. Kesänäytteenotossa pyrittiin kuitenkin välttämään sateisia ajanjaksoja, ja syksyllä näytteenotto taas pyrittiin saamaan sateiselle ajalle.

Metsäkeskus otti näytteet ja toimitti ne Pohjois-Savon ympäristökeskukseen pakastettuina. Näytteenotto toteutettiin muuten ohjelman mukaisesti, mutta Lähdekorvenpuron syksyn havaintokerroilla näytteet otettiin laskeutusaltaan ylä- ja alapuolelta 2 tunnin välein kun ohjelman mukainen näytteidenottoväli oli 17 tuntia. Lisäksi Kaikonpuron talvi- ja kesänäytteet jäivät ottamatta vuonna 2005 (liite 2).

Näytteet määritettiin vuonna 2003 Pohjois-Savon ympäristökeskuksen laboratoriossa ja vuosina 2004-2005 Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen laboratoriossa ympäristöhallinnossa käytössä olevien standardien mukaan.

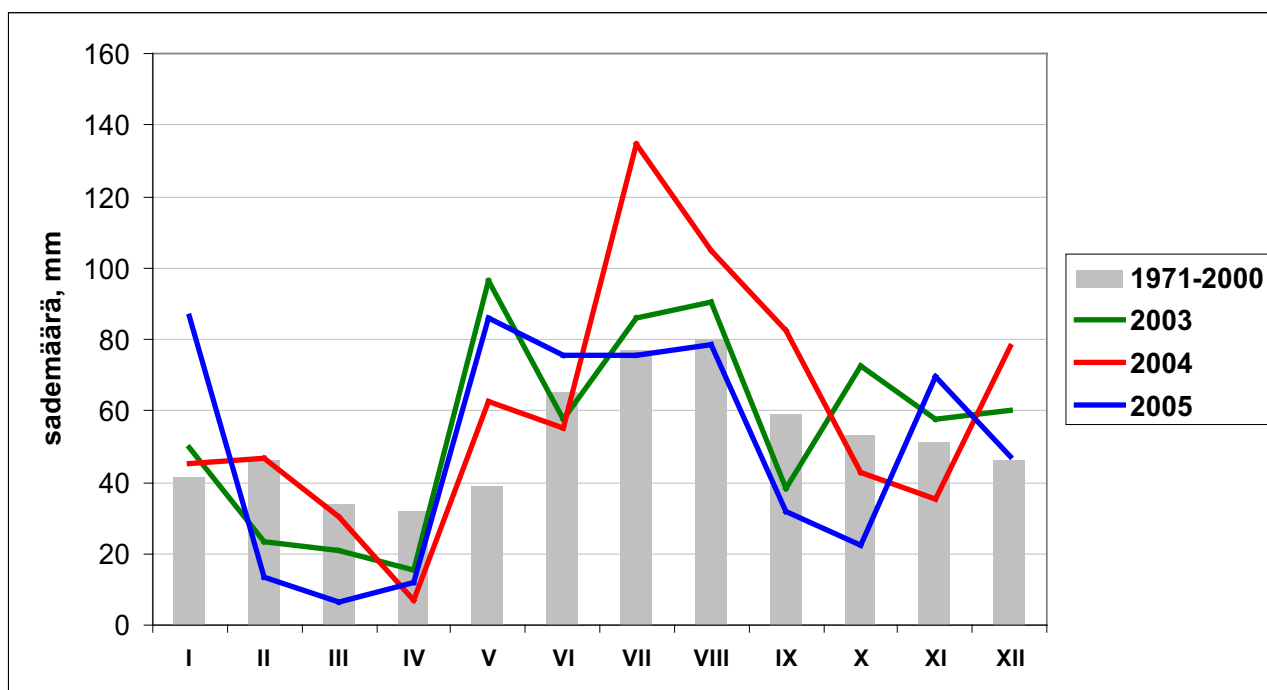
Sääolosuhteet

Tutkimusvuosista vuosi 2004 oli Kuopion seudulla keskimääräistä selvästi sateisempi (kuva 7). Ero vuosien 1971-2000 keskiarvoon oli noin 16%. Myös vuosi 2003 oli hieman keskimääräistä sateisempi, mutta vuosi 2005 oli vastaavasti vähän keskimääräistä kuivempi.

Vuonna 2003 vettä tuli runsaasti toukokuussa ja selvästi keskimääräistä enemmän myös lokakuussa. Kevättalven kuukaudet ja syyskuu olivat keskimääräistä vähäsateisemmat.

Vuoden 2004 runsassateisuus ilmeni nimenomaan loppukesänä. Heinäkuussa satoi noin kaksinkertaisesti keskiarvoon verrattuna. Huhtikuu sen sijaan oli keskimääräistä kuivempi.

Vuonna 2005 helmi-, maaliskuu- ja huhtikuu sekä syys- ja lokakuu olivat keskimääräistä vähäsateisempia. Tammi- ja toukokuussa sen sijaan satoi runsaasti.



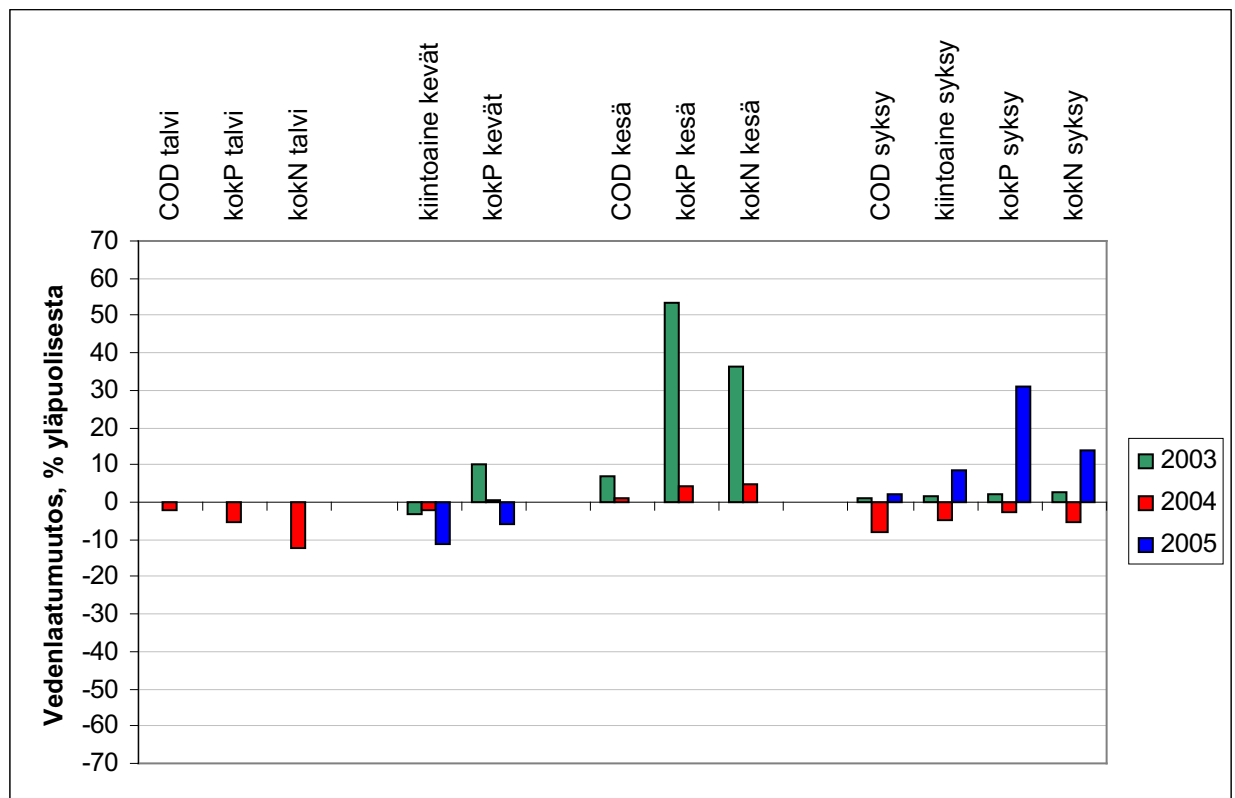
Kuva 7. Kuopiossa mitatut kuukausisademäärät vuosina 2003-2005 ja pitkäaikaiskeskiarvot vuosilta 1971-2000.

5 Tulokset

5.1

Kaikonpuro

Talvituloksia Kaikonpuroilta on vain vuodelta 2004 (liite 3). Talvella laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmä näytti pidättävän lievästi sekä orgaanista ainetta, fosforia että typpä (kuva 8). Typen pidättyminen oli selvintä.



Kuva 8. Pitoisuuksien erotus Kaikonpuron havaintopaikoilla (alapuolinen - yläpuolinen) %-osuutena yläpuolisesta pitoisuudesta. Negatiiviset arvot ilmentävät pidättymistä kosteikkoon ja laskeutusaltaaseen. Laskennan pohjana on käytetty ajankohtien keskiarvoja.

Keväällä vesiensuojeluratkaisujen toimivuus parani vuosi vuodelta. Vuonna 2003 kosteikon ja laskeutusaltaan alapuolella fosforipitoisuus oli noin 10% korkeampi kuin yläpuolella ja kiintoainepitoisuus taas kolmisen prosenttia pienempi. Vuonna 2004 kiintoainepitoisuuden muutos oli samaa luokkaa kuin edellisenä keväänä, mutta fosforia enää vapautunut veteen. Vuonna 2005 kiintoaineesta noin 10% ja fosforista noin 6 % pidättyi.

Kesällä laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmä johti vuonna 2003 selvään vedenlaadun heikentymiseen. Kokonaisfosforipitoisuus oli alemmalla pisteellä yli 50% ja typpipitoisuus lähes 40% korkeampi kuin ylemmällä pisteellä. Orgaanisen aineen kohdalla muutos oli samansuuntainen, mutta huomattavasti vähäisempi. Kesällä 2004 havaintopaikkojen välinen ero oli selvästi pienempi, mutta edelleen pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat alemmalla havaintopaikalla. Ravinnepitoisuuksien kohdalla ero oli 5 %:n luokkaa, orgaanisen aineen kohdalla hyvin vähäinen. Viime kesältä tuloksia ei ollut.

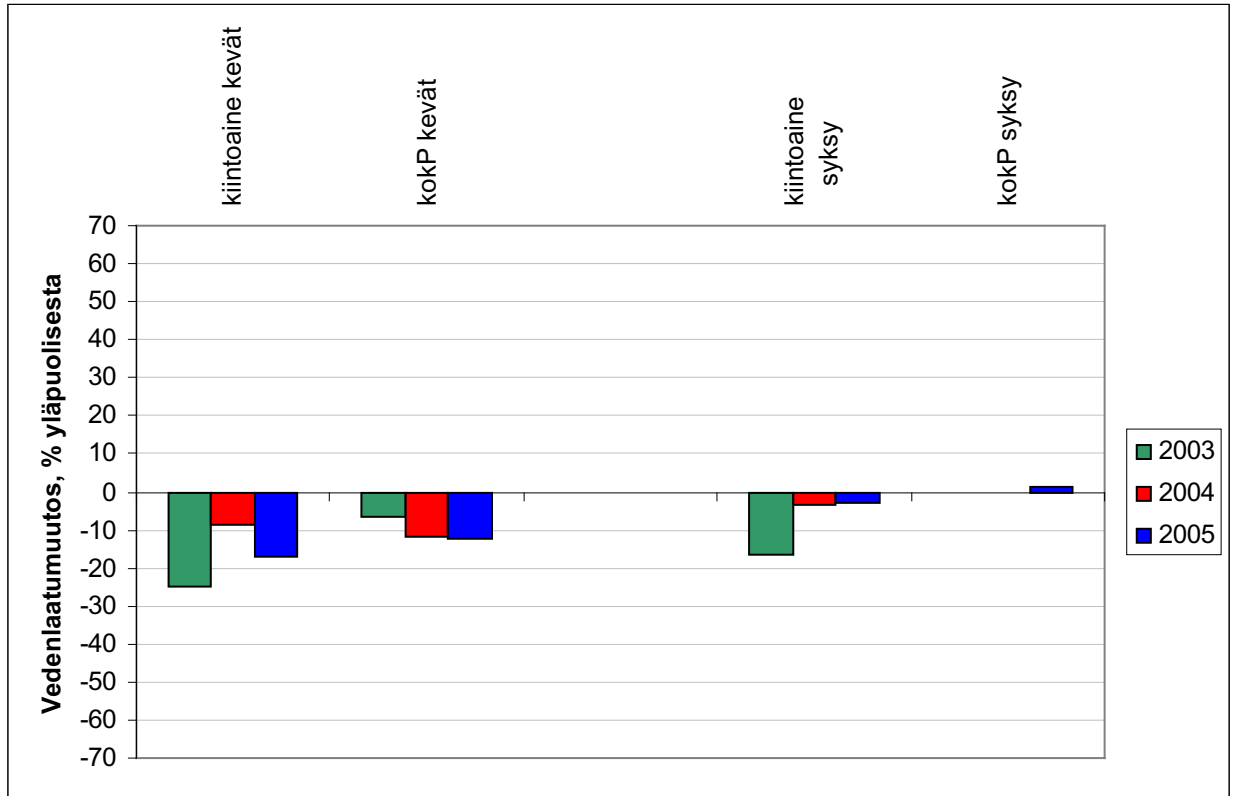
Syksyllä vesiensuojeluratkaisujen merkitys oli hyvin vaihteleva: vuonna 2003 ei ollut juuri mitään vaikutusta, vuonna 2004, jolloin vettä oli eniten, saavutettiin paras tulos, ja viime syksynä kaikki mitatut pitoisuudet olivat korkeammat alemmalla pisteellä. Kosteikko purki voimakkaasti varsinkin fosforia.

5.2

Lähdekorvenpuro

Lähdekorvenpuron laskeutusallas pidätti keväällä fosforia niin että altaan alapuolella pitoisuus oli vuosina 2004 ja 2005 noin 12% pienempi kuin yläpuolella (liite 4, kuva 9). Keväällä 2003 fosforia pidättyi laskeutusaltaaseen vähemmän. Kiintoainetta taas pidättyi laskeutusaltaaseen parhaiten vuonna 2003, jolloin noin neljännes yläpuolisen havaintopaikan kiintoainepitoisuudesta pidättyi altaaseen. Keväällä 2004 kiintoainepitoisuus oli alemmalla pisteellä vajaa 10% pienempi kuin ylemmällä pisteellä ja viime keväänä 17% alempi.

Syksyllä fosforipitoisuudet olivat kummallakin havaintopaikalla käytännöllisesti katsoen samat. Kiintoainetta sen sijaan pidättyi laskeutusaltaaseen vuonna 2003 (pitoisuus aleni noin 17%), mutta ei juurikaan kahtena seuraavana vuonna.



Kuva 9. Pitoisuuksien erotus Lähdekorvenpuron havaintopaikoilla (alapuolinen - yläpuolinen) %-osuutena yläpuolisesta pitoisuudesta. Negatiiviset arvot ilmentävät siis pidättymistä kosteikkoon ja laskeutusaltaaseen. Laskennan pohjana on käytetty ajankohtien keskiarvoja.

5.3

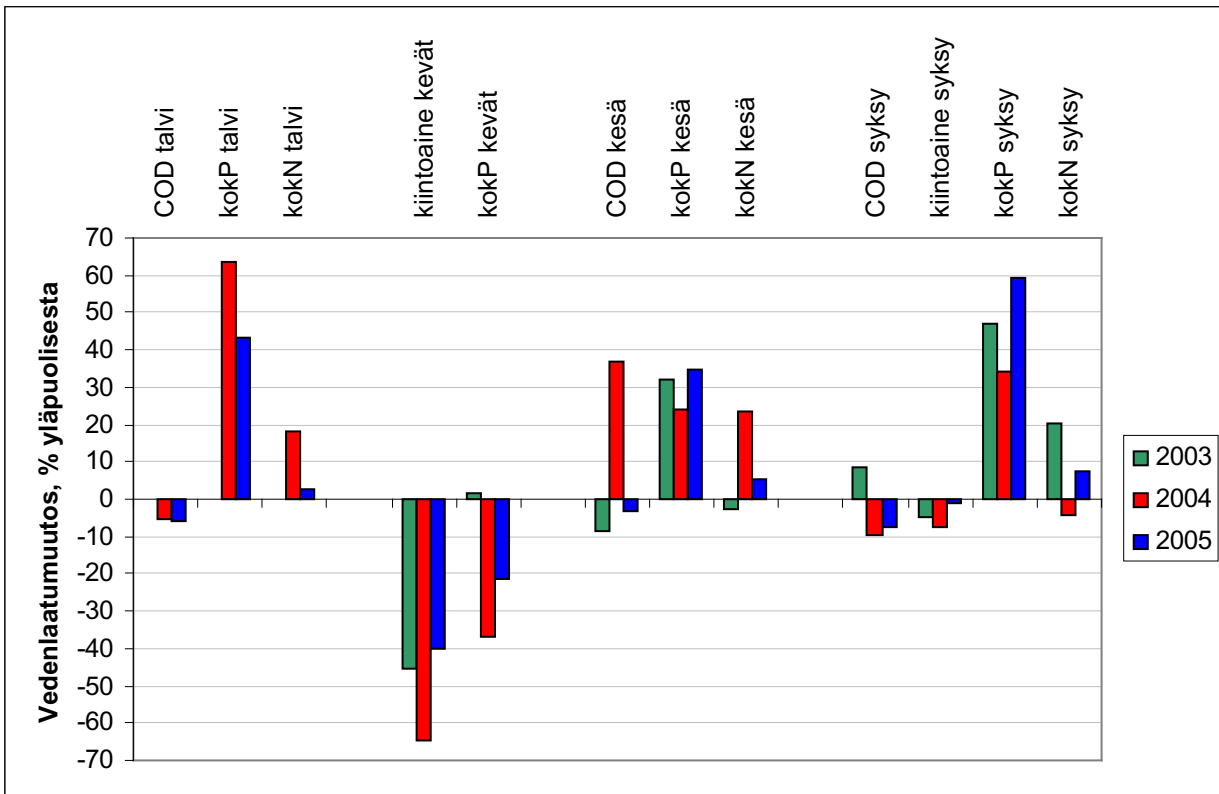
Ukonpuro

Ukonpuron kosteikko toimi tehokkaimmin keväällä. Kosteikon yläpuolisen havaintopaikan kiintoainepitoisuudesta 40-65% pidättyi kosteikkoon, tehokkaimmin vuonna 2004 (liite 5, kuva 10). Myös kokonaisfosforin pidättyminen oli suurin vuonna 2004: kosteikko pienensi pitoisuutta tällöin lähes 40%. Viime vuonna viidennes kokonaisfosforista pidättyi kosteikkoon ja vuonna 2003 pitoisuusmuutosta ei todettu.

Muina ajankohtina kosteikko oli fosforin lähde, selvimmin talvella ja syksyllä, jolloin fosforipitoisuus nousi kosteikossa noin 35-60%. Sen sijaan kiintoainetta pidättyi kosteikkoon jonkin verran myös syksyisin, eniten vuonna 2004, jolloin noin 7% kiintoaineesta pidättyi. Vuonna 2003 alle 5% yläpuolisella havaintopaikalta mitatusta kiintoaineesta pidättyi kosteikkoon ja vuonna 2005 ei juuri lainkaan.

Kokonaistyyppipitoisuuden muutoksissa ei ollut selviä trendejä vuosien tai vuodenaikojen suhteen, mutta pidättyminen kosteikkoon oli joka tapauksessa harvinaista ja hyvin vähäistä. Vuonna 2004 tyyppipitoisuus oli kosteikon alapuolisella pisteellä noin viidenneksen suurempi kuin kosteikon yläpuolella sekä talvella että kesällä. Myös vuoden 2003 syksyllä typen vapautuminen kosteikosta oli määrällisesti samaa luokkaa, mutta muina havaintokertoina muutokset olivat pieniä.

Orgaanisen aineen määrä yleensä lievästi pieni kosteikon vaikutuksesta vähemmän ollessa 4-10 %:n luokkaa. Poikkeuksena oli kesä 2004, jolloin kemiallinen hapenkulutus oli kosteikon alapuolisella pisteellä lähes 40% korkeampi kuin kosteikon yläpuolisella havaintopaikalla. Myös syksyllä 2003 orgaanista ainesta näytti hieman vapautuvan kosteikosta, koska kemiallisen hapenkulutuksen arvo oli kosteikon alapuolella noin 9% korkeampi kuin kosteikon yläpuolella.



Kuva 10. Pitoisuuksien erotus Ukonpuron havaintopaikoilla (alapuolinen – yläpuolinen) %-osuutena yläpuolisesta pitoisuudesta. Negatiiviset arvot ilmentävät siis pidättymistä kosteikkoon. Laskennan pohjana on käytetty ajankohtien keskiarvoja.

6 Tulosten tarkastelu

6.1

Valumavesien pitoisuustasot

Tulevan valumaveden pitoisuudet eivät missään kohteessa olleet kovin korkeat (liitteet 3-5).

Tutkimuskohteista huonolaatuisin vesi oli Lähdekorvenpurossa, jonka ylemmällä havaintopaikalla kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 85 µg/l ja kiintoainepitoisuus 57 mg/l. Syksyllä vedenlaatu oli siellä parempi kuin keväällä.

Kaikonpuron kosteikolle tulevan veden kiintoainepitoisuus oli keskimäärin puolet pienempi kuin Lähdekorvenpurossa, kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 70 µg/l, kokonaistyyppipitoisuus keskimäärin 1380 µg/l ja kemiallinen hapenkulutus keskimäärin 40 mg/l. Pitoisuuksien vuodenaikaiserot eivät olleet selvät.

Ukonpuron kosteikkoon tulevan valumaveden kokonaisfosforipitoisuus oli havaintoajankohtina keskimäärin 52 µg/l, kokonaistyyppipitoisuus 1320 µg/l, kiintoainepitoisuus 42 mg/l ja kemiallinen hapenkulutus 38,5 mg/l. Kokonaisfosforipitoisuudet olivat keväällä ja kesällä selvästi korkeammat kuin syksyllä ja talvella. Erityisesti vuonna 2004 kosteikolle tulevan valumaveden fosforipitoisuus oli tavallista korkeampi kevään ja kesän havaintokertoina. Kiintoainepitoisuuskin oli keväisin selvästi suurempi kuin syksyisin. Kokonaistyyppipitoisuudet olivat suurimmillaan syksyllä.

6.2

Vesien suojelemissa kuormitustekijöiden vaikutus laskennallisiin kuormituslukuihin

Suurin osa vuotuisesta hajakuormituksesta tulee vesistöihin suurien valunjojen aikaan. Puolet vuotuisesta huuhtoutumisesta ajoittuu kevääseen lumien sulamisen aikaan (Kortelainen & Saukkonen 1998). Myös runsaat sateet lisäävät hajakuormitusta. Pelkät valumaveden pitoisuudet kosteikoiden ja/tai laskeutusaltaiden ylä- ja alapuolella eivät siis riitä antamaan kokonaiskuvaa näiden rakenteiden vesien suojelemissa merkityksestä, koska vedestä mitatun pitoisuuden lisäksi myös veden määrä vaikuttaa siihen, mikä on alapuoliseen vesistöön tuleva kuorma.

Todellisten virtaama-arvojen puuttuessa arviot ainevirtaamista ovat vain suuntaa-antavia. Taulukon 9 kokonaisfosforikuormitusarvioissa saman vuodenajan tulosten erot vuosien välillä johtuvat pelkästään pitoisuuseroista, sillä valunnan määrää koskevat arvot ovat samat joka vuosi.

Taulukko 9. Kokonaisfosforikuormitusarviot (kg/d) laskettuna Ruunapuron ja Kuokkalanojan 1990-luvun aineistosta arvioitujen havaintoaikakohtaisten valuntakeskiarvojen (taulukko 7) ja kullakin näytteenottojaksolla määritettyjen pitoisuuksien keskiarvojen perusteella. Kuormituksia laskettaessa huomioitiin valuma-alueen pinta-ala.

	Ajanjakso	Kosteikon/altaan yläpuoli	Kosteikon/altaan alapuoli		
Kaikonpuro	talvi	2004: 0,18	2004: 0,17		
		2003: 2,50	2003: 2,76		
		2004: 1,72	2004: 1,73		
	kesä	2005: 1,40	2005: 1,32		
		2003: 0,19	2003: 0,29		
		2004: 0,15	2004: 0,16		
		syksy	2003: 0,25	2003: 0,26	
			2004: 0,36	2004: 0,35	
			2005: 0,35	2005: 0,45	
Lähdekorvenpuro	kevät	2003: 0,96	2003: 0,90		
		2004: 0,67	2004: 0,59		
		2005: 0,49	2005: 0,43		
	syksy	2003: 0,09	2003: 0,09		
		2004: 0,09	2004: 0,09		
		2005: 0,12	2005: 0,13		
		Ukonpuro	talvi	2004: 0,05	2004: 0,08
				2005: 0,06	2005: 0,08
				2003: 0,90	2003: 0,91
kesä	2004: 1,72		2004: 1,08		
	2005: 1,24		2005: 0,98		
	2003: 0,10		2003: 0,13		
	syksy		2004: 0,14	2004: 0,18	
			2005: 0,08	2005: 0,10	
			2003: 0,12	2003: 0,18	
2004: 0,13		2004: 0,18			
2005: 0,12		2005: 0,2			

Tämän arviointitavan perusteella Kaikonpuron laskeutusaltaan ja kosteikon yhdistelmä lisäsi Yläjärveen tulevaa fosforikuormaa runsaat 10% vuonna 2003 ja kahtena seuraavana vuonna fosforin ainevirtaamat eivät vesiensuojeluratkaisun myötä muuttuneet lainkaan.

Lähdekorvenpuron laskeutusallas pidätti vuositasolla arvioituna valumaveden fosforista 6-10%.

Vuonna 2003 Ukonpuron kosteikko lisäsi puroveden fosforikuormaa lähes 10%. Seuraavina vuosina fosforia taas selvästi pidättyi kosteikkoon niin, että vuonna 2004 vuotuinen keskimääräinen ainevirtaama oli alemmalla pisteellä peräti 25% pienempi kuin ylemmällä ja vuonna 2005 lähes 10% pienempi.

Vesistöaluejärjestelmässä (Ekholm 1993) Kaikonpuro kuuluu Välijärven-Yläjärven alueelle, Lähdekorvenpuro Kilpijärven-Hernejärven alueelle ja Ukonpuro Suontien-selän-Paasveden alueelle. Kaikille näille valuma-alueille on luotu laskennallisesti päivittäiset valunta-arvot (Vesistömallit ja -ennusteet ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmässä). Tämän aineiston perusteella voi tietyllä varauksella arvioida ainevirtaamia näytteenottojankohtien todellisessa vesitilanteessa (taulukko 10).

Kaikonpurossa kosteikolle ja laskeutusaltaalle tulevat fosforin ainevirtaamat olivat selvästi suurimmillaan vuonna 2004, mutta vuosien 2003 ja 2005 välillä ei ollut suurta eroa. Vesiensuojelurakenteiden toimivuus parani vuodelta: vuonna 2003 ainevirtaamat olivat laskeutusaltaan ja kosteikon alapuolella runsaat 10% suuremmat kuin yläpuolella, vuonna 2004 oli enää hyvin pientä nousua ja vuonna 2005 fosforin ainevirtaama hyvin lievästi laski. Tulokset eivät siis tällä arviointitavalla olennaisesti poikenneet edellisestä, kun tarkastellaan havaintopisteiden välisiä eroja ainevirtaamissa, mutta sen sijaan ainevirtaamien tasossa on huomattavia eroja. Jälkimmäisellä arviointitavalla ainevirtaamat olivat erityisen paljon pienempiä keväällä 2003, jolloin Kaikonpuron alueella valunta oli vajaa puolet keskimääräisestä. Vielä selvemmin arviointitapojen ero näkyy kesätilanteessa, sillä vuonna 2003 Kaikonpuron alueella valunta oli vain kolmannes keskimääräisestä ja kesällä 2004 viisinkertainen keskimääräiseen verrattuna.

Taulukko 10. Kokonaisfosforikuormitusarviot (kg/d) laskettuna ja kullakin näytteenottojaksolla määritettyjen pitoisuuksien keskiarvojen ja näytteenottoajanjaksoille laskennallisesti luotujen valunta-arvojen (l/s/km²) perusteella. Laskennallisesti luodut valunta-arvot ovat peräisin Herta-ympäristötietojärjestelmästä. Valunta-arvot on luotu laskennallisesti niille kolmannen jakovaiheen alueille, joihin asianomaiset havaintopaikat kuuluvat. Käytetyt valunta-arvot ovat keskiarvoja ajanjaksoilta 16.4.-8.5., 21.7.-31.8., 1.10.-12.11., 15.2.-31.3. vuosilta 2003, 2004 ja 2005. Kuormituksia laskettaessa huomioitiin valuma-alueen pinta-ala.

	Ajanjakso	Kosteikon/altaan yläpuoli	Kosteikon/altaan alapuoli
Kaikonpuro	talvi	2004: 0,07	2004: 0,06
		2003: 1,37	2003: 1,52
		2004: 1,78	2004: 1,79
	kesä	2005: 1,07	2005: 1,01
		2003: 0,07	2003: 0,10
		2004: 0,85	2004: 0,89
	syksy	2003: 0,11	2003: 0,11
		2004: 0,75	2004: 0,73
		2005: 0,15	2005: 0,20
Lähdekorvenpuro	kevät	2003: 0,88	2003: 0,83
		2004: 0,64	2004: 0,56
		2005: 0,52	2005: 0,46
	syksy	2003: 0,04	2003: 0,04
		2004: 0,19	2004: 0,19
		2005: 0,01	2005: 0,01
Ukonpuro	talvi	2004: 0,06	2004: 0,10
		2005: 0,04	2005: 0,06
		2003: 0,55	2003: 0,55
	kesä	2004: 0,88	2004: 0,56
		2005: 0,80	2005: 0,63
		2003: 0,03	2003: 0,03
	syksy	2004: 0,32	2004: 0,39
		2005: 0,56	2005: 0,75
		2003: 0,15	2003: 0,22
		2004: 0,19	2004: 0,25
		2005: 0,06	2005: 0,09

Lähdekorvenpurolle tulevat ainevirtaamat olivat selvästi pienimmillään vuonna 2005. Laskeutusallas pidätti fosforia vähäisessä määrin joka vuosi ja toimivuus näytti vuosi vuodelta paranevan: vuonna 2003 fosforin ainevirtaamat pienenevät laskeutusaltaan vaikutuksesta noin 6%, vuonna 2004 noin 9% ja vuonna 2005 noin 12%. Syksyllä kiintoaineen ja siihen sitoutuneen fosforin pidättymistä koskevat tulokset olisivat kuvanneet todellisuutta paremmin, jos näytteet olisi otettu suunnitelman mukaan altaan viipymä huomioiden.

Koko vuoden yhteenvetotarkastelun perusteella Ukonpuron kosteikko ei pidättänyt fosforia vuonna 2003, vaan fosforin ainevirtaama oli altaan alapuolella noin 10 % suurempi kuin altaan yläpuolella. Seuraavana vuonna kosteikko pidätti noin 10% valumaveden fosforista. Keväällä 2005 kosteikko toimi hyvin pidättäen noin viidenneksen valumaveden fosforista, mutta koko vuoden tasolla kosteikon alapuoliset fosforin ainevirtaamat olivat noin 5% korkeammat kuin kosteikolle tulevat ainevirtaamat. Tämä johtui siitä, että vuonna 2005 kesällä tullut kuormitus oli huomattavan suurta, myös laskeutusaltaalle tuleva kuormitus mutta erityisesti laskeutusaltaalta lähtevä kuormitus, koska alemman pisteen näytteenottoja edelsi poikkeuksellisen runsassateinen viikko. On ilmeistä, ettei näytteenotto tässä tapauksessa antanut oikeaa kuvaa kosteikon toimivuudesta, koska vesi vaihtui kosteikossa nopeammin kuin oli arvioitu teoreettisen viipymän pohjalta.

7 Johtopäätökset

Aiemmat tutkimukset nimenomaan metsätaloudesta tulevan kuormituksen rajoittamisesta kosteikoiden ja laskeutusaltaiden avulla ovat vähäisiä. Ahti ym. (1995) tutkivat kunnostusojituksen yhteydessä rakennettujen laskeutusaltaiden toimivuutta vuosina 1990-1994. Vajaa viidennes altaista pidätti merkittävästi valuma-alueelta huuhtoutuvaa kiintoainesta (reduktio yli 50%). Yli puolet altaista pidätti vain alle 20% niihin kulkeutuneesta kiintoaineesta. Noin neljännes altaista ei pidättänyt kiintoainesta, ja parilla altaalla tutkituista 37 altaasta oli negatiivinen vaikutus vedenlaatuun. Liljaniemi ym. (2003) ovat tutkineet pintavalutuskenttien merkitystä ravinnekuormituksen pidättäjänä kunnostusojitetuilla metsätalousmailla. Turvemaalla sijaitsevien tutkimusalueiden ojakatkot ja niiden yhteydessä olevat kapeat pintavalutuskentät eivät toimineet kunnollisina puskureina vesiensuojelumielessä. Monissa tilanteissa ne pikemmin vapauttivat kuin pidättivät ravinteita. Esimerkiksi fosfaattifosforin kohdalla pintavalutuskentän vaikutus vaihteli 60 %:n pidättymisestä 250 %:n vapautumiseen. Vapautuminen oli merkittävintä alhaisen valunnan aikaan kesällä. Vaihtelu oli kuitenkin suurta eri vuosien, vuodenaikojen ja valuma-alueiden välillä. Tutkimuksessa referoitiin aiempaa kirjallisuutta ja todettiin, että paitsi pintavalutuskentän koko, myös valuma-alueen kaltevuus, maaperän laatu ja kasvillisuus vaikuttavat kenttien tehokkuuteen vesiensuojeluratkaisuna. Erityisesti jyrkästi viettävillä valuma-alueilla valunta pyrkii kanavoitumaan noroihin (noroeroosio) varsinkin suurten valuntojen aikaan, minkä on aiemmissa tutkimuksissa todettu vähentävän merkittävästi pidätyskapasiteettia. Noroeroosion aiheuttama haitta on pienempi siellä, missä pintavalutuskenttä on kuormituslähteen välittömässä läheisyydessä. Hiukkasmaisen kuormituksen pidättyminen riippuu puskurivyöhykkeen kyvystä pienentää virtausta ja näin ollen edistää sedimentaatiota. Alueen olisi siis hyvä olla tasainen ja runsaskasvustoinen. Myös maaperän kyky sitoa liukoista fosforia on merkittävässä asemassa.

Ravinteiden pidättymistä metsätalousmaalle perustettuun kosteikkoon on selvitetty myös mittaamalla kehittyviin kasveihin sitoutuvia ainemääriä. Silvan ym. (2004) havaitsivat typpi- ja fosforilisäyksen johtavan merkittävään kasvibiomassan lisäykseen. Kasvillisuuteen pidättyi noin 70% lisätystä typestä ja noin 25% lisätystä fosforista ensimmäisen vuoden aikana. Lisätyt ravinteet pidättyivät pääasiassa tupsavillan maanpäällisiin ja maanalaisiin osiin, mutta myös ruohokasveihin, saroihin ja rahkasammaliin. Merkittävää on pidättyminen nimenomaan juuristoon, koska se merkitsee pitkäaikaista ravinnepoistumaa. Osa typestä poistui denitrifikaation kautta. Kasvien kautta tapahtuva ravinteiden nettopidättyminen on kuitenkin vähäistä ellei kasvillisuutta niitetä ja poisteta kosteikosta, koska hajoavista kasvinjätteistä vapautuu ravinteita (Puustinen ym. 2001). Vesikasvit voivat ajoittain jopa lisätä ravinnekuormitusta, koska valtaosa kasvuun käytetystä fosforista on peräisin pohjasedimentistä ja osa siitä vapautuu veteen ellei kosteikkokasvillisuutta niitetä ja poisteta kosteikoista. Toisaalta tämä tosin viivästyttää maaperän fosforinsitomiskapasiteetin loppumista ja siten pidentää kosteikon tehokasta käyttöikä (Puustinen ym. 2001).

Tässä tutkimuksessa Kaikonpuron kosteikon ja laskeutusaltaan yhdistelmä näytti parantavan valumaveden laatua talvella ja keväällä, mutta kesällä kosteikko vapautti veteen ravinteita. Syksyllä vuosien väliset erot olivat hyvin suuret ja vesiensuojelurakenteiden vedenlaatuvaikutus oli positiivinen vain vuonna 2004. Kun ainepitoisuuksien asemesta tarkastellaan fosforin ainevirtaamia, niin Kaikonpuron vesiensuojelurakenteet eivät näytä vähentävän Yläjärvelle tulevaa kuormitusta.

Lähdekorvenpuron laskeutusallas vaikutti kaikkina tutkimusvuosina valumaveden laatuun positiivisesti kevään havaintokerroilla, mutta syksyllä laskeutusallas pidatti vain kiintoainetta eikä lainkaan fosforia. Ainevirtaamatarkastelun perusteella laskeutusallas vähensi Lähdekorvenpuron kautta tulevaa fosforikuormitusta vuositasolla noin 10%.

Ukonpuron kosteikko paransi valumaveden laatua selvästi kevätvalumahuipun aikaan, mutta muina havaintoajankohtina varsinkin ravinnepitoisuudet pääasiassa kasvoivat. Ainevirtaamatarkastelun perusteella kosteikko toimi parhaiten vuonna 2004, jolloin fosforin ainevirtaama pieneni arviointitavasta riippuen vuositasolla noin 25% tai 10%. Vuonna 2005 kosteikko olisi ilmeisesti myös saavuttanut noin 10% puhdistustehon ellei kesän näytteenottojen välille olisi osunut rankkasateita, jotka paitsi lisäsivät huuhtoutumia myös aiheuttivat virhettä näytteenottojärjestelmään. Vuonna 2003 kosteikko vapautti veteen fosforia niin, että fosforin ainevirtaamat kasvoivat vuositasolla noin 10%.

Kirjallisuudessa on esitetty kosteikoiden keskimääräiseksi fosforinpoistotehokkuudeksi 58%, kun kohteena oli 83 kosteikkoa (Reddy ym. 1999, Liikasen 2004 mukaan). Puhdistusteho oli siis selvästi parempi kuin tässä tutkimuksessa. Vertailuaineistossa saattoi olla mukana lähtökohdiltaan edullisempia alueita, sillä esimerkiksi piste-kuormitusta varten toteutetut kosteikot toimivat yleensä selvästi paremmin kuin hajakuormitusta käsittelevät kosteikot, joissa pitoisuudet ovat alhaisempia ja vesimäärät suurempia sekä voimakkaasti vaihtelevia (Koskiaho ja Puustinen 2005). Myös pohjoinen sijainti rajoittaa joitakin kosteikon mekanismeja. Braskerudin ym. (2005) tutkimuskohteena oli 17 maatalousalueiden kosteikkoa, joista 13 sijaitsi pohjoismaissa. Kosteikoiden toimivuus vaihteli suuresti, niin että esimerkiksi valumaveden kokonaisfosforista kosteikoihin pidättyi 1-88%.

Ahtaaksi mitoitettujen kosteikoiden ja laskeutusaltaiden hyödyt on tutkimuksissa todettu vähäisiksi (Puustinen ym. 2001, Häikiö 1998). Esimerkiksi lyhytviipymäisissä laskeutusaltaissa vain karkeimmat kiintoainejakeet ehtivät laskeutua pohjalle (Häikiö 1998). Tässä tutkimuksessa teoreettinen viipymä keskimääräisen kevätvalumahuipun aikaan oli Kaikonpuron kosteikon ja laskeutusaltaan yhdistelmässä ja Lähdekorvenpuron laskeutusaltaassa vain runsaan tunnin. Ukonpuron kosteikossa keskimääräisen kevätvalumahuipun aikainen viipymä oli vuorokauden luokkaa. Kirjallisuuden mukaan kosteikkojen tulisi olla viipymältään peräti 3-5 vrk keskimääräisen ylivaluman aikana (Puustinen ym. 2001). Tämän selvityksen kohteiden ahdasta mitoitusta osoittaa myös se, että Kaikonpuron ja Lähdenkorvenpuron altaat ovat pinta-alaltaan vain 0,05% valuma-alueen kokonaispinta-alasta. Ukonpuron kosteikon pinta-ala (0,7% valuma-alueen pinta-alasta) on selvästi lähempänä kahden prosentin suositusta.

Lähdekorvenpuron laskeutusallas on muodoltaan lähes optimaalinen, sillä kaksiosainen tasainen, aukottoman kannaksen jakama allas pidättää kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita tehokkaammin kuin yksiosainen allas (Koskiaho, suullinen tiedonanto). Vielä suotuisampi allasrakenne olisi ollut, jos altaan pituuden suhde leveyteen olisi ollut suurempi. Ukonpuron kosteikko on pitkänomainen, mikä pienentää oikovirtausten mahdollisuuksia. Kaikonpuron kosteikossa vettä on ohjattu pohjapadolla ja myös keskellä oleva saareke edesauttaa veden tasaista jakautumista alueella.

Kosteikkojen toimivuuden kannalta rajoittavina tekijöinä ovat paitsi suuret hydrologiset vuodenaikaisvaihtelut (lumensulaminen, rankkasateet) ja kylmät vedet, myös valuma-alueelta tulevan veden matalat ravinnepitoisuudet (Puustinen ym. 2001).

Korkeat ravinnepitoisuudet yleensä tehostavat ravinteiden poistumaa kosteikossa (Koskiaho ja Puustinen 2005): esimerkiksi fosforin sitoutuminen kosteikon maaperään vaatii sitä, että tulevan veden liunneen fosforin pitoisuus on suurempi kuin maan tasapainopitoisuus ja myös typen poistuma denitrifikaation kautta tehostuu kasvavien nitraattityppipitoisuuksien myötä. Nyt tutkituissa kohteissa ravinnepitoisuudet olivat matalat. Esimerkiksi paljon tutkittuun (mm Puustinen ym. 2001) Hovin kosteikkoon tulevan valumaveden kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin noin kuusinkertainen ja kokonaisfosforipitoisuus 6-10-kertainen tämän tutkimuksen kohdealueisiin verrattuna. Myös Braskerudin ym. (2005) tutkimuksen kosteikoiden keskimääräinen fosforipitoisuus oli niinkin korkea kuin 400 µg/l eli vähintään noin viisinkertainen tämän tutkimuksen kohteisiin verrattuna.

Kosteikoiden tehokkuuden kannalta on ongelmallista, että pääasiallista tyyppiä poistavaa prosessia eli denitrifikaatiota suosivat täysin erilaiset olosuhteet kuin fosforin sitoutumista kosteikon maaperään (Koskiaho & Puustinen 2005). Ensinnäkin hapettomuus, joka suosii denitrifikaatiota, ei ainoastaan estä fosforin sitoutumista kosteikon maaperään vaan jopa lisää riskiä fosforin vapautumiselle kosteikon maaperästä. Lisäksi sellaista maapohjaa, jossa on denitrifikaatiolle suotuisa korkea orgaaniseen aineeseen määrä, on pidetty tehottomana fosforin pidättämisen kannalta. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu joidenkin turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttien sitovan liuennutta fosforia varsin hyvin (Koskiaho & Puustinen 2005).

Vesiensuojeluratkaisujen toimivuus näytti tämän tutkimuksen kohteissa paranevan vuosi vuodelta kolmen tutkimusvuoden ajan. Braskerud ym. (2005) ovatkin havainneet, että kosteikon ikä vaikuttaa positiivisesti kykyyn pidättää kokonaisfosforia, mikä ilmeisesti johtuu paljolti hiukkasmaisen fosforin pidättymisen lisääntymisestä kasvipeitteisyyden kasvaessa. Liunneen epäorgaanisen fosforin kohdalla kosteikon ikä saattaa tosin vaikuttaa päinvastaisesti (Braskerud ym. 2005).

Tutkimuksemme näytteenottojärjestelmä tuo oman epävarmuutensa tulosten tulkintaan. Koska jatkuvatoiminen tai edes hyvin tiheävälinen vedenlaadun mittaaminen ei kustannussyistä ollut mahdollista, mittaukset pyrittiin tekemään mahdollisuuksien mukaan samasta vesimassasta kosteikon ja/tai laskeutusaltaan yläpuolelta. Tässä käytettiin hyväksi altaiden teoreettista viipymää kunkin näytteenottoajankohdan keskimääräisissä hydrologisissa olosuhteissa. Teoreettisen viipymän huomioiminen näytteenotossa on kuitenkin varsin epätarkkaa. Sen lisäksi mitä kohdassa 6.2 on jo kerrottu tulosten tulkinnan epävarmuuksista tämän osalta, viipymä voi myös ajan myötä nopeutua altaan täytyessä ja reunojen pyöristyessä, ja suurin osa altaaseen tulevasta vesimassasta voi alun pitäenkin kulkeutua teoreettista viipymää nopeammin lyhyissä altaissa. Viipymää voidaan luotettavammin hyödyntää suuremmissa mittakaavoissa kuten järvitutkimuksessa.

Metsäkeskuksen näytteenottajat tekivät silmämääräisiä havaintoja ojan pohjan lähellä pohjaryömintänä kulkeutuvasta kiintoaineesta nimenomaan vesiensuojelurakenteiden yläpuolella. Kosteikoiden ja/tai laskeutusaltaiden alapuolisilla pisteillä pohjanläheinen vesi oli kirkkaampaa. Vesinäytteiden otto ei mahdollistanut tämän havainnon määrällistä arviointia. Puustisen ym. (2001) mukaan pohjakulkeumana tuleva kiintoaine jää tavallisesti aina kosteikon syvempiin osiin ja pohjakulkeuma saattaa usein olla merkittävä osa kokonaiskulkeumasta esimerkiksi hiesumailla. Tämän selvityksen kohteilla veden virtausnopeus oli lisäksi niin pieni (Lähdekorvenpuro 0,012 m/s, Kaikonpuro 0,032 m/s), että lähinnä vain pienet savihiukkaset voivat kulkeutua veteen sekoittuneena ja karkeampi aines kulkeutuu uoman pohjalla (Stelczer 1981 Häikiön 1998 mukaan). Näin ollen vedenlaadun paraneminen tutkittujen kosteikoiden ja laskeutusaltaiden ansiosta on todennäköisesti ollut suurempi kuin tässä tutkimuksessa pystyttiin näytteenotoilla osoittamaan. Tässä tutkimuksessa ei myöskään pystytty arvioimaan veden laadun muutosta Kaikon-

puron altaan alapuolisella pintavalutuskentällä ja Lähdekorvenpuron alapuolella sijaitsevassa kosteikossa, joihin vedet johdettiin ennen niiden purkautumista alapuoliseen vesistöön.

Tässä tutkimuksessa tutkitut vesiensuojeluratkaisut eivät saavuttaneet lähellekään sellaisia puhdistustehoja, joita niillä parhaimmillaan on saavutettu. Valuma-alueen mittakaavassa kuormituksen potentiaalinen 10-15 %:n väheneminen yhden menetelmän avulla on kuitenkin merkittävä asia (Puustinen ym. 2001). Lisäksi vesiensuojelullisesti huonostikin toimivat kosteikot lisäävät kuitenkin elinympäristön biologista ja maisemallista monimuotoisuutta sekä virkistyskäyttömahdollisuuksia. Muun muassa Kaikonpuron kosteikkoon on rakennettu lintujen ruokintapaikkoja. Hiekkaa ja hiesua pidättävät altaat ja kosteikot parantavat kalojen, rapujen ja useimpien pohjaeläinten elinympäristöjä alapuolisissa vesistöissä.

LÄHTEET

- Ahti, E., Joensuu S. & Vuollekoski, M. 1995. Laskeutusaltaiden vaikutus kunnostusojitusalueiden kiintoainehuuhtoutumaan. Julkaisussa: Saukkonen, S., Kenttämies, K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2: 139-155.
- Braskerud, B. C., Tonderski, K. S., Wedding, B., Bakke, R., Blankenberg, A.-G. B., Ulén, B. & Koskiahio, J. 2005. Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions? *Journal of Environmental Quality* 34(6): 2145-2155.
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 126. 155 s.
- Hunt, P. G., Stone, K.C., Humenik, F.J., Matheny, T.A. & Johnson, M.H. 1999. In-stream wetland mitigation of nitrogen contamination in a USA coastal plain stream. *J. Environ. Qual.* Vol. 28 (1): 249-256.
- Häikiö, M. 1998. Laskeutusaltaan toimivuus maatalouden vesiensuojelussa. Suomen ympäristökeskuksen moniste 110. 90 s.
- Kortelainen, P. & Saukkonen, S. 1998. Leaching of nutrients, organic carbon and iron from forestry land. *Water, Air, and Soil Pollution* 105:239-250.
- Koskiahio, J. 2003. Flow velocity retardation and sediment retention in two constructed wetland-ponds. *Ecological Engineering* 19(5): 325-337.
- Koskiahio, J., Ekholm, P., Rätty, M., Riihimäki, J. & Puustinen, M. 2003. Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands - experiences under boreal conditions. *Ecological Engineering* 20(1): 89-103.
- Koskiahio, J. & Puustinen, M. 2005. Function and potential of constructed wetlands for the control of N and P transport from agriculture and peat production in boreal climate. *Journal of Environmental Science and Health* 40: 1265-1279.
- Liikanen, A., Puustinen, M., Koskiahio, J., Väisänen, T., Martikainen, P. & Hartikainen, H. 2004. Phosphorus removal in a wetland constructed on former arable land. *J. Environ. Qual.*, Vol. 33: 1124-1132.
- Liljaniemi, P., Vuori, K-M., Tossavainen, T., Kotanen, J., Haapanen, M., Lepistö, A. & Kenttämies, K. 2003. Effectiveness of constructed overland flow areas in decreasing diffuse pollution from forest drainages. *Environmental Management* Vol. 32:5:602-613.
- Puustinen, M. & Jormola, J. 2005. Constructed wetlands for nutrient retention and landscape diversity. ICID 21st European Regional Conference 2005 – 15-19 May 2005 – Frankfurt (Oder) and Slubice – Germany and Poland. s. 1-7.
- Puustinen, M., Koskiahio, J., Gran, V., Jormola, J., Majjala, T., Mikkola-Roos, M., Puumala, M., Riihimäki, J., Rätty, M., Sammalkorpi, I. 2001. Maatalouden vesiensuojelukosteikot VESIKOT-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 499. 61 s. taul.
- Silvan, N., Vasander, H. & Laine, J. 2004. Vegetation is the main factor in nutrient retention in a constructed wetland buffer. *Plant and Soil* 258:179-187.
- Suurijärven kunnostus. Loppuraportti. 2002. Suonenjoen kaupunki, Pohjois-Savon ympäristökeskus, Pohjois-Savon metsäkeskus. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen moniste 39.
- Ympäristötietojärjestelmä Hertta; Hydrologian ja vesien käytön tietojärjestelmä (HYDRO). Suomen ympäristökeskus.

Liite 2. Näytteenottoajankohdat ja analysoidut muuttujat tutkimuskohteilla vuonna 2003.

	Yläpuolinen piste	Alapuolinen piste	Analysoidut muuttujat
Kaikonpuro yläpuoli K1 alapuoli K2	16.4.(10:30), 22.4. (9:30), 30.4. (11:30)	16.4.(13:00), 22.4. (12:30), 30.4. (14:30)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	11.8. (13:00), 12.8. (17:00), 13.8. (17:00)	13.8. (17:10), 14.8. (13:30), 15.8. (08:00)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	21.10. (12:40), 22.10. (14:30), 23.10. (14:40)	22.10. (10:30), 23.10. (10:40), 24.10. (10:30)	kemiallinen hapenkulutus, kiinto- aine, kokonaisfosfori, kokonais- typpi
Lähdekorvenpuro yläpuoli L1 alapuoli L2	16.4. (14:30), 23.4. (10:00), 29.4. (10:00)	16.4. (16:30), 23.4. (12:00), 29.4. (12:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	28.10 (12:00), 3.11. (11:30), 12.11. (12:30)	28.10 (14:00), 3.11. (13:30), 12.11. (14:30)	kiintoaine, kokonaisfosfori
Ukonpuro yläpuoli U3 alapuoli U1	16.4. (17:50), 23.4. (08:00), 29.4. (08:00)	17.4. (17:00), 24.4. (15:40), 30.4. (15:50)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	21.7. (09:15), 22.7. (09:30), 23.7. (08:55)	5.8. (15:35), 6.8. (15:40), 7.8. (15:15)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	29.10. (15:30), 30.10. (15:10), 31.10. (14:00)	4.11. (15:15), 5.11. (15:25), 6.11. (14:30)	kemiallinen hapenkulutus, kiinto- aine, kokonaisfosfori, kokonais- typpi

Näytteenottoajankohdat ja analysoidut muuttujat tutkimuskohteilla vuonna 2004.

	Yläpuolinen piste	Alapuolinen piste	Analysoidut muuttujat
Kaikonpuro yläpuoli K1 alapuoli K2	22.3. (12:00), 23.3. (15:00), 24.3. (13:30)	24.3. (13:50), 25.3. (13:30), 26.3. (15:30)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	16.4. (13:30), 23.4. (9:00), 30.4. (9:00)	16.4. (15:50), 23.4. (12:15), 30.4. (12:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	9.8. (14:15), 10.8. (14:00), 11.8. (15:50)	11.8. (15:55), 12.8. (14:00), 13.8. (16:00)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	25.10. (14:00), 26.10. (15:50), 27.10. (15:10)	26.10. (10:50), 27.10. (12:00), 28.10. (10:10)	kemiallinen hapenkulutus, kiinto- aine, kokonaisfosfori, kokonais- typpi
Lähdekorvenpuro yläpuoli L1 alapuoli L2	19.4. (12:00), 26.4. (12:00), 30.4. (12:00)	19.4. (14:00), 26.4. (14:00), 30.4. (14:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	12.10.(11:00), 19.10.(10:30), 25.10. (11:00)	12.10 (13:00), 19.10. (12:30), 25.10. (13:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
Ukonpuro yläpuoli U3 alapuoli U1	8.3. (10:30), 9.3. (12:15), 10.3. (11:30)	24.3. (17:30), 25.3. (16:40), 26.3. (10:45)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	19.4. (10:30), 20.4. (10:30), 21.4. (10:45)	20.4. (15:25), 21.4. (15:35), 22.4. (15:30)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	26.7. (8:55), 27.7. (8:45), 28.7. (8:50)	10.8. (15:30), 11.8. (15:40), 12.8. (15:50)	kemiallinen hapenkulutus, koko- naisfosfori, kokonaistyyppi
	12.10. (10:30), 13.10.(8:40), 14.10. (10:30)	18.10. (10:40), 19.10.(8:50), 20.10 (9:05)	kemiallinen hapenkulutus, kiinto- aine, kokonaisfosfori, kokonais- typpi

Näytteenottoajankohdat ja analysoidut muuttujat tutkimuskohteilla vuonna 2005.

	Yläpuolinen piste	Alapuolinen piste	Analysoidut muuttujat
Kaikonpuro yläpuoli K1 alapuoli K2	ei talvinäytteitä	ei talvinäytteitä	
	12.4. (9:15), 19.4. (10:45), 26.4. (9:30)	12.4. (12:20), 19.4. (13:20), 26.4. (12:20)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	ei kesänäytteitä	ei kesänäytteitä	
	24.10. (12:45), 25.10. (15:40), 26.10. (13:40)	25.10. (9:35), 26.10. (9:10), 27.10. (10:10)	kemiallinen hapenkulutus, kiintoaine, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi
Lähdekorvenpuro yläpuoli L1 alapuoli L2	28.4. (10:00), 3.5. (11:30), 6.5. (9:00)	28.4. (12:00), 3.5. (13:30), 6.5. (11:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	10.10. (10:30), 17.10. (12:00), 24.10. (10:00)	10.10. (12:30), 17.10. (14:00), 24.10. (12:00)	kiintoaine, kokonaisfosfori
Ukonpuro yläpuoli U3 alapuoli U1	14.3. (11:00), 15.3. (9:15), 16.3. (11:10)	30.3. (15:45), 31.3. (15:25), 1.4. (11:30)	kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi
	11.4. (9:15), 12.4. (7:15), 13.4. (10:10)	12.4. (16:30), 13.4. (16:00), 14.4. (15:20)	kiintoaine, kokonaisfosfori
	1.8. (9:00), 2.8. (8:30), 3.8. (8:30)	16.8. (15:10), 17.8. (15:20), 18.8. (15:40)	kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi
	25.10. (15:00), 26.10. (15:30), 27.10. (15:50)	31.10. (15:50), 1.11. (15:40), 2.11. (15:50)	kemiallinen hapenkulutus, kiintoaine, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi

Liite 3. Tulokset Kaikonpuron kosteikon ja laskeutusaltaan ylä- (K1) ja alapuoliselta (K2) havaintopaikalta.

Näytteenoton aika	Näytteenoton lisätieto (K1)	Kok.-syvyys (K1)	Kok.-syvyys (K2)	CODMn mg/l (K1)	CODMn mg/l (K2)	Kiintoaine mg/l (K1)	Kiintoaine mg/l (K2)	KokP µg/l (K1)	KokP µg/l (K2)	KokN µg/l (K1)	KokN µg/l (K2)
talvi 2004	Saukko jätöstellyt.	0,6	0,3	31	29			98	86	1400	1200
talvi 2004		0,6	0,3	29	28			85	88	1500	1200
talvi 2004	Saukko jätöstellyt.	0,5	0,3	28	29			90	85	1200	1200
keskiarvo				29,3	28,7			91,0	86,3	1366,7	1200,0
kevät 2003	Pieni öljykalvo puron reunalla.	0,5	0,2			30	30	110	140		
kevät 2003						26	28	110	110		
kevät 2003						32	27	54	52		
keskiarvo						29,3	28,3	91,3	100,7		
kevät 2004		0,6				32	33	73	79		
kevät 2004		1				30	30	67	65		
kevät 2004		1,2				26	23	48	45		
keskiarvo						29,3	28,7	62,7	63,0		
kevät 2005		0,7	0,3			26	24	65	61		
kevät 2005		0,8	0,3			32	25	47	44		
kevät 2005		0,8	0,3			31	30	41	39		
keskiarvo						29,7	26,3	51,0	48,0		
kesä 2003		0,8	0,2	28	28			100	100	940	960
kesä 2003		0,8	0,2	28	29			85	110	850	1000
kesä 2003		0,8	0,2	28	33			82	200	820	1600
keskiarvo				28,0	30,0			89,0	136,7	870,0	1186,7
kesä 2004		1		56	53			65	87	1500	1700
kesä 2004		1		52	53			79	62	1500	1300
kesä 2004		1		50	54			66	70	1200	1400
keskiarvo				52,7	53,3			70,0	73,0	1400,0	1466,7
syksy 2003	Laskeutusaltaan penkalle kesällä riistapelto.	0,5	0,3	34	34	23	23	48	46	1300	1300
syksy 2003		0,5	0,3	33	34	23	25	46	48	1300	1300
syksy 2003		0,5	0,3	34	34	26	25	45	48	1300	1400
keskiarvo				33,7	34,0	24,0	24,3	46,3	47,3	1300,0	1333,3
syksy 2004		1	0,3	46	43	34	35	57	62	1600	1700
syksy 2004		1	0,3	46	46	34	32	64	65	1800	1700
syksy 2004		1	0,3	61	52	39	35	75	64	2200	1900
keskiarvo				51,0	47,0	35,7	34,0	65,3	63,7	1866,7	1766,7
syksy 2005		0,7	0,3	49	48	24	26	69	83	1800	1800
syksy 2005		0,7	0,2	42	45	23	26	58	83	1400	1700
syksy 2005		0,7	0,2	40	41	23	24	62	82	1200	1500
keskiarvo				43,7	44,7	23,3	25,3	63,0	82,7	1466,7	1666,7

Liite 4. Tulokset Lähdekorvenpuron laskeutusaltaan ylä- (L1) ja alapuoliselta (L2) havaintopaikalta.

Aika	Näytteenoton lisätieto	Kok-syvyys (L1)	Kok-syvyys (L2)	Kiinto-aine mg/l (L1)	Kiinto-aine mg/l (L2)	KokP µg/l (L1)	KokP µg/l (L2)
kevät 2003		0,2	0,3	130	83	180	160
kevät 2003		0,3	0,3	75	69	130	120
kevät 2003	Tulva oli mennyt ohi.	0,2	0,2	78	61	96	100
keskiarvo				94,3	71,0	135,3	126,7
kevät 2004		0,4	0,4	92	81	130	120
kevät 2004		0,3	0,3	52	52	79	64
kevät 2004		0,3	0,3	51	45	73	64
keskiarvo				65,0	59,3	94,0	82,7
kevät 2005	Veden virtaus suuri, tulva.	0,3	0,3	71	61	91	80
kevät 2005	Altaalle tulevan ojan reunat kulotettu.	0,2	0,3	57	41	55	48
kevät 2005		0,3	0,3	55	50	61	53
keskiarvo				61,0	50,7	69,0	60,3
syksy 2003		0,2	0,2	42	30	63	54
syksy 2003		0,3	0,3	51	46	75	85
syksy 2003		0,3	0,3	34	30	51	50
keskiarvo				42,3	35,3	63,0	63,0
syksy 2004		0,3	0,3	35	32	57	57
syksy 2004		0,2	0,2	36	36	61	66
syksy 2004		0,3	0,3	39	38	75	70
keskiarvo				36,7	35,3	64,3	64,3
syksy 2005		0,2	0,2	43	40	86	85
syksy 2005		0,2	0,2	39	38	75	86
syksy 2005		0,2	0,2	47	47	100	93
keskiarvo				43,0	41,7	87,0	88,0

Liite 5. Tulokset Ukonpuron kosteikon ylä- (U3) ja alapuoliselta (U1) havaintopaikalta.

Aika	Näytteenoton lisätieto	Kok-syvyys (U3)	Kok-syvyys (U1)	CODMn mg/l (U3)	CODMn mg/l (U1)	Kiinto-aine mg/l (U3)	Kiinto-aine mg/l (U1)	KokP µg/l (U3)	KokP µg/l (U1)	KokN µg/l (U3)	KokN µg/l (U1)
talvi 2004	Lähtevä puro sula, kasvillisuus turpeen kyllästämä.	0,5	0,2	26	24			34	57	1100	1300
talvi 2004		0,5	0,2	25	24			33	56	1100	1300
talvi 2004	Lähtevä puro sula.	0,5	0,2	25	24			34	52	1100	1300
keskiarvo				25,3	24,0			33,7	55,0	1100,0	1300,0
talvi 2005	Kosteikko jäässä ja lumen peittämä. Virtaama heikko.	0,5	0,2	30	27			40	57	1200	1400
talvi 2005	Kosteikko jäässä ja lumen peittämä. Virtaama heikko.	0,5	0,2	29	28			41	59	1300	1300
talvi 2005	Kosteikko jäässä, laskupuro sula, virtaama heikko.	0,5	0,2	29	28			42	60	1400	1300
keskiarvo				29,3	27,7			41,0	58,7	1300,0	1333,3
kevät 2003	Kosteikko jäässä, virtaama suuri, puron pohja jäässä.	0,3	0,2			17	20	30	53		
kevät 2003	Kosteikko ja puron pohja jäässä, virtaus suuri ja vedessä kellui silminnähten turveklönttejä.	0,5	0,2			84	28	74	51		
kevät 2003	Kosteikko jäässä alaosasta, suurin tulva ohi.	0,5	0,3			26	21	33	35		
keskiarvo						42,3	23,0	45,7	46,3		
kevät 2004	Allas jäässä, vedessä runsaasti kiintoainetta, virtaus voimakasta.	0,7	0,3			67	32	89	59		
kevät 2004	Kevättulva menossa ohi, vesi sameaa, allas osittain jäässä.	0,7	0,3			120	28	95	55		
kevät 2004	Allas osittain jäässä, kiintoainetta vedessä runsaasti.	0,7	0,2			55	26	77	51		
keskiarvo						80,7	28,7	87,0	55,0		
kevät 2005	Kosteikko ja puron pohja jäässä, vesi tummaa, virtaama kohtalainen.	0,4	0,3			32	21	54	49		
kevät 2005	Kosteikko sulamassa, virtaama kohtalainen, vesi kirkkaampaa kuin tulopurossa.	0,4	0,4			27	25	51	49		
kevät 2005	Kosteikko sulamassa mutta jään peittämä.	0,4	0,4			63	27	84	51		
keskiarvo						40,7	24,3	63,0	49,7		

Aika	Näytteenoton lisätieto	Kok-syvyys (U3)	Kok-syvyys (U1)	COD-Mn mg/l (U3)	COD-Mn mg/l (U1)	Kiinto-aine mg/l (U3)	Kiinto-aine mg/l (U1)	KokP µg/l (U3)	KokP µg/l (U1)	KokN µg/l (U3)	KokN µg/l (U1)
kesä 2003	Lähes seisova vesi.	0,6	0,2	42	38			68	84	1400	1300
kesä 2003	Lähes seisova vesi.	0,6	0,2	39	37			65	92	1300	1300
kesä 2003	Lähes seisova vesi.	0,7	0,2	39	35			64	84	1300	1300
keskiarvo				40	36,7			65,7	86,7	1333,3	1300
kesä 2004		0,5	0,2	43	61			83	120	1300	1600
kesä 2004		0,5	0,2	43	61			130	100	1200	1500
kesä 2004		0,5	0,2	46	59			69	130	1300	1600
keskiarvo				44	60,3			94	116,7	1266,7	1566,7
kesä 2005	Jälkimmäistä näytteenottoa edelsi runsassateinen viikko.	0,5	0,2	50	44			48	65	1300	1200
kesä 2005	Jälkimmäistä näytteenottoa edelsi runsassateinen viikko.	0,5	0,2	47	43			49	68	1200	1200
kesä 2005	Vesi noussut laskupurossa.	0,5	0,2	47	52			49	64	1200	1500
keskiarvo				48,0	46,3			48,7	65,7	1233,3	1300,0
syksy 2003	Puro osittain jään peittämä, kosteikko kokonaan jäässä, syystulva huipussaan.	0,4	0,2	29	35	32	29	31	49	1400	1600
syksy 2003	Jäätä purossa 1cm, syystulva parhaimmillaan, kosteikko jäässä.	0,4	0,2	30	28	26	26	32	46	1400	1800
syksy 2003	Jääpeite purossa vähentynyt, syystulva parhaimmillaan, alemman pisteen näytteenottohetkellä tulva oli laskemassa ja kosteikko sulavan jään peitossa.	0,4	0,2	34	38	26	25	31	43	1600	1900
keskiarvo				31,0	33,7	28,0	26,7	31,3	46,0	1466,7	1766,7
syksy 2004		0,6	0,2	57	52	33	29	34	44	1600	1500
syksy 2004		0,6	0,2	56	51	33	29	34	44	1500	1500
syksy 2004		0,6	0,2	54	48	30	31	32	46	1500	1400
keskiarvo				55,7	50,3	32,0	29,7	33,3	44,7	1533,3	1466,7
syksy 2005		0,5	0,2	37	31	26	27	33	50	1400	1400
syksy 2005		0,4	0,2	35	32	29	28	31	52	1300	1400
syksy 2005		0,4	0,2	32	33	29	28	30	48	1200	1400
keskiarvo				34,7	32,0	28,0	27,7	31,3	50,0	1300,0	1400,0

KUVAILEHTI

Julkaisija	Pohjois-Savon ympäristökeskus			Julkaisu-aika syyskuu 2006
Tekijä(t)	Taina Hammar, Antti Haapala, Pekka Eronen ja Jouko Hämäläinen			
Julkaisun nimi	Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden vesiensuojelullisesta merkityksestä metsätaloustuotannalla alueilla			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia vähentää metsätalouden vesistökuormitusta rakentamalla kosteikoita, laskeutusaltaita tai näiden yhdistelmiä. Tutkimusalueita oli kolme: Kaikonpuro (kosteikon ja laskeutusaltaan yhdistelmä), Lähdekorvenpuro (kaksiosainen laskeutusallas) ja Ukonpuro (kosteikko). Näytteet otettiin vuosina 2003-2005 kevä- ja syysvalumahuippujen aikaan sekä loppu- ja -kesällä.</p> <p>Kaikonpuron kohteella oli lievää vesiensuojelullista merkitystä talvella ja keväällä, mutta varsinkin kesällä kosteikko purki ravinteita veteen.</p> <p>Lähdekorvenpuron laskeutusallas vaikutti kaikkina tutkimusvuosina valumaveden laatuun positiivisesti kevään havaintokerroilla, mutta syksyllä laskeutusallas pidatti vain kiintoainetta eikä lainkaan fosforia. Ainevirtaamatarkastelun perusteella laskeutusallas vähensi Lähdekorvenpuron kautta tulevaa fosforikuormitusta vuositasolla noin 10%.</p> <p>Ukonpuron kosteikko paransi valumaveden laatua selvästi kevävalumahuipun aikaan, mutta muina havaintoajankohtina varsinkin ravinnepitoisuudet pääasiassa kasvoivat. Vuonna 2003 Ukonpuron kosteikosta vapautui fosforia niin että vuositasolla ainevirtaama altaan alapuolella oli noin 10 % suurempi kuin altaan yläpuolella. Seuraavana vuonna kosteikko pidatti arviointitavasta riippuen 25 tai 10 % valumaveden fosforista. Keväällä 2005 kosteikko toimi hyvin pidättäen noin viidenneksen valumaveden fosforista, mutta kesällä kosteikko tulosten mukaan vapautti fosforia varsin paljon. Saatu tulos oli kuitenkin harhaanjohtava, sillä kesällä ylempään ja alemman pisteen näytteenottojen välille osui rankkasateita, jotka paitsi lisäsivät huuhtoutumia myös aiheuttivat virhettä näytteenottojärjestelmään.</p> <p>Tutkimuksen laskeutusaltat ja kosteikot olivat melko ahtaaksi mitoitettuja, jolloin vain karkeimmat kiintoainekkeet ehtivät valumahuippujen aikaan laskeutua. Allasrakenteet sen sijaan olivat kaikissa kohteissa varsin edullisia ravinteiden ja kiintoaineen pidättymisen kannalta. Kosteikkojen toimivuuden kannalta rajoittavina tekijöinä ovat paitsi suuret hydrologiset vuodenaikavaihtelut ja kylmät vedet, myös valuma-alueelta tulevan veden matalat ravinnepitoisuudet.</p> <p>Jatkuvatoimisen virtaamapainotetun näytteenottojärjestelmän puuttuminen aiheutti tuloksiin epävarmuutta. Edustavan vesinäytteen saaminen on muutenkin vaikeaa tämäntyyppisissä kohteissa, jossa merkittävä osa kiintoaineesta kulkeutuu ojissa pohjaryömintänä. Näin ollen vedenlaadun paraneminen tutkittujen kosteikoiden ja laskeutusaltaiden ansiosta on todennäköisesti ollut suurempi kuin tässä tutkimuksessa pystyttiin näytteenotoilla osoittamaan. Positiivista oli myös se, että vesiensuojeluratkaisujen toimivuus näytti tämän tutkimuksen kohteissa vuosi vuodelta paranevan.</p>			
Asiasanat	kosteikko, laskeutusallas, metsätalouden vesistökuormitus, vesiensuojelu, ravinteet, kiintoaine			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Metsäkeskus Pohjois-Savo, Pohjois-Savon ympäristökeskus			
	ISBN (nid.)	ISBN 952-11-2361-3 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1866 (verkkokj.)
	Sivuja 41	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Pohjois-Savon ympäristökeskus			
Painopaikka ja -aika				

Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden rakentamisen tarkoituksena on vähentää valuma-alueelta alapuoliseen vesistöön kulkeutuvan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia ja vähentää näin vesistöjen liettymistä ja rehevöitymistä. Aiemmat tutkimukset metsätaloudesta tulevan kuormituksen rajoittamisesta kosteikoiden ja laskeutusaltaiden avulla ovat vähäisiä. Tähänastisista tutkimuskohteista vain harvoissa on havaittu vedenlaadun selvää paraneamista ja myös ravinteiden vapautuminen on mahdollista. Vaihtelu oli kuitenkin suurta eri vuosien, vuodenaikojen ja kohteiden välillä.

Tässäkään tutkimuksessa tutkitut vesiensuojeluratkaisut eivät saavuttaneet merkittävää puhdistustehoa. Esimerkiksi vuotuinen fosforikuormitus väheni tutkimuskohteissa parhaimmillaan 10-15 %:n verran. Käytetyllä tutkimusmenetelmällä ei kuitenkaan ollut mahdollista saada kattavaa arviota varsinkaan kiintoaineeseen sitoutuneiden ravinteiden pidätyksestä. Laskeutusallas- ja kosteikkosysteemin optimointi vaatii hyvin monen tekijän huomioonottamista.



POHJOIS-SAVON
YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 952-11-2361-3 (PDF)

ISSN 1796-1866 (verkkokoj.)