



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

Kontiolahdella sijaitsevan Kylmä- ojan nykytila ja kalataloudelliset kunnostusmahdollisuudet

Saska Hovi

Opinnäytetyö, kesäkuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
kesäkuu 2022
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Saska Hovi

Nimeke
Kontiolahdella sijaitsevan Kylmäojan nykytila ja kalataloudelliset kunnostusmahdollisuudet

Toimeksiantaja
Kontiolahden kunta

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä käsiteltiin Kontiolahdella sijaitsevan Kylmäoja- nimisen puron nykytilaa ja alueen potentiaalia ja soveltuvuutta vaelluskalojen kutualueeksi. Puro on voimakkaasti pohjavesivaikutteinen, joten suurimmat haasteet jatkoa ajatellen ovat pienet vaellusesheet, joita on uomassa melko runsaasti. Nykytilaa arvioitiin pääosin ekologisen tilan perusteella.

Taimen esiintyy luontaisesti Pielisjoessa, johon Kylmäoja laskee. Kylmäojan merkittävimmät vaellusesheet kartoitettiin kesällä 2021 Kontiolahden kunnan saaman kansalaisyhteydenoton perusteella. Myöhemmin saman vuoden syksyllä opinnäytetyön tekijä ja Karelia-ammattikorkeakoulun energia-ja ympäristötekniikan opiskelijaryhmä kävivät kohteella tekemässä pohjaeläintutkimuksen. Pohjaeläinnäytteitä otettiin yhteensä kolmesta kohdasta eri puolilla puroa. Lisäksi tarkempana vedenlaadullisena aineistona käytettiin vuosina 2004–2005 tehdyn pohjavesitutkimuksen tuloksia.

Veden pH on ollut havaittuina jaksoina tasolla 6,15–7,01. Myös biologisen aineiston perusteella pohjaeläimistön monimuotoisuus on kohtuullisella tasolla Shannon-Wienerindeksillä mitattuna (1,866–1,905). Yhtenä opinnäytetyön tavoitteena oli arvioida mahdolliset kunnostusmahdollisuudet, joita on listattuna useita. Näille vaihtoehdoille on myös eritelty karkeasti kustannusrakenteet perustuen aikaisempien hankkeiden esimerkkeihin.

Kieli
suomi

Sivuja 40
Liitteet 3
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
virtavedet, taimen, vaellus, esteet, purot



THESIS
June 2022
Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Saska Hovi

Title
Current State and the Possibilities for Fishery Restoration of Kylmäoja Located in the Municipality of Kontiolahti

Commissioned by
Municipality of Kontiolahti

Abstract

The current state of brook Kylmäoja located in Kontiolahti was studied in this thesis. The purpose was to research the brook's potential for spawning areas of migratory fish populations. The brook is heavily affected by ground water discharge and the area was presumably good for fish. The current state was valued mainly based on the ecological state.

Trout is endemic in river Pielisjoki to which brook Kylmäoja discharges its waters. The most significant barriers for fish migration were surveyed in the summer of 2021 based on an initiative by a local citizen who contacted the municipality of Kontiolahti. In the autumn of the same year the author of this thesis and the student group of Energy and Environmental Engineering in Karelia UAS gathered a biological data from the brook. Samples of benthos were gathered from three different locations.

The pH of the water in the study area varied from 6.15 to 7.01. Also, based on the biological data, the biodiversity of benthos was on a reasonable level measured on the Shannon-Wiener-index (1.866–1.905). One purpose of this thesis was to list a couple of alternatives for restoration. For these alternatives the expenses were listed roughly based on the experiences from earlier similar projects.

Language
Finnish

Pages 40
Appendices 3
Pages of Appendices 4

Keywords
running waters, trout, migration, barriers, brooks

Sisältö

1	Johdanto ja työn tavoite	5
2	Kalataloudellinen kunnostaminen	6
2.1	Keskeiset käsitteet.....	6
2.2	Virtavesikunnostuksien taustaa ja luvanvaraisuus.....	7
2.3	Kansainvälinen politiikka ja vesistöt.....	10
2.4	Taimenen vaelluskäyttäytyminen.....	10
2.4.1	Taimenen kehitys mädistä poikaseksi	11
2.4.2	Taimenen ravinto	13
2.5	Pienten virtavesien kunnostus	13
2.5.1	Suojapaikat ja virtausolosuhteet	14
2.5.2	Kutualueet ja pienpoikasalueet	17
2.5.3	Puun merkitys kunnostuksissa.....	19
3	Tutkimusalue	19
4	Aineisto ja menetelmät.....	24
4.1	Paikkatietoaineiston hyödyntäminen.....	25
4.2	Pohjaeläinten määrittäminen laboratorioissa	26
5	Tulokset ja tarkastelu	27
5.1	Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu	27
5.1.1	pH ja alkaliniteetti.....	27
5.1.2	Lämpötila	28
5.1.3	Virtaama	29
5.1.4	Rauta	29
5.1.5	Liukoinen happi.....	30
5.2	Pohjaeläimet.....	31
6	Kunnostusmahdollisuudet.....	32
6.1	Vaellusesteiden purkaminen.....	33
6.2	Luonnonmukaiset ohitusuomat	34
6.3	Kutualueiden rakentaminen	34
6.3.1	Erosion ja maa-aineksen huuhtouman välttäminen	35
6.4	Istutukset	35
6.5	Kustannusten rakenne.....	36
7	Pohdinta ja kiitokset.....	37
	Lähteet.....	39

Kuvat

- Kuva 1 Lohikalojen poikasten soransisäiseen selviytymiseen vaikuttavat tekijät.
- Kuva 2 Esimerkki "altakaivajan" toiminnasta (Kuva: Dey, Klöve, Marttila & Tammela 2010).
- Kuva 3 Puisia virranohjureita Kumpulamminojassa Syötteen kansallispuistossa.
- Kuva 4 Altakaivaja (vasen) ja esimerkki uoman kiveämisestä (oikea).
- Kuva 5 Lohen ja taimenen kutupesän rakenne (Louhi & Mäki-Petäys 2003).
- Kuva 6 Kylmäoijan yläjuoksulla uoma kulkee kostean rämealueen läpi. Virtausnopeus on pieni ja uoma on syvä.
- Kuva 7 Kylmäoijan valuma-alue.
- Kuva 8 Kylmäoijan näytteenottopisteet kartalla.

- Kuva 9 Kylmäojan uoma Vanhan Nurmestien kohdalta alajuoksulle päin. Tässä kohtaa uoman yli on rakennettu uusi kevyenliikenteenväylä vuoden 2021 aikana. Tierumpu ei muodosta esteellisyyttä kalan vaellukselle.
- Kuva 10 Kylmäojan alajuoksu kohdasta, jossa se laskee Pielisjokeen.
- Kuva 11 Mikroskoopin läpi kuvattuna Isopoda-lahkoon kuuluva vesisiira (Asellus aquaticus).
- Kuva 12 Kunnostukseen soveltuvat alueet ja keskeiset vaellusesteet
- Kuva 13 RUSLE-eroosiomalli sekä maalajin rajanopeuden ylittymistä kuvaava paikkatietoaineisto Kylmäojan alueesta.

Taulukot

Taulukko 1 Veden alkaliniteetin luokittelu.

Taulukko 2. Kylmäojan vesinäytteiden tulokset 25.10.&28.10.2021.

Taulukko 3. Kylmälammen ja Myllylammen tarkasteltavat tulokset vuosilta 2004-2005.

Taulukko 4. Virtavesikunnostusten kustannuksien jakautuminen vuonna 2007 (Böhling 2008).

Liitteet

- Liite 1 Pohjaeläintaulukot
- Liite 2 Vinalovarjoste
- Liite 3 Pohjaeläimet, kuvat

1 Johdanto ja työn tavoite

Tämän opinnäytetyön kohteena on Kontiolahden Lehmossa sijaitseva Kylmäojan nykytilan kartoitus ja kalataloudellisten kunnostusmahdollisuuksien arviointi. Kylmäoja on pohjavettä purkavasta Kylmälamesta alkunsa saava lyhyehkö puro, joka virtaa taajama-alueen läpi. Alueella on runsaasti noususteitä ja muutamassa kohtaa puroon on asennettu tierumpuja. Osa noususteistä on vanhoja, nykyään lähinnä kotitarvekasvatukseen tarkoitettuja kalankasvatusaltaita.

Tavoitteena on selvittää purolla tehtävien kalataloudellisten kunnostusten mahdollisuudet. Erityisesti tavoitteena on parantaa Pyhäselän taimenen kutumahdollisuuksia sekä alueen tilan kehitystä. Kylmäoja on voimalaitosten takia yksi harvoista Pielisjokeen laskevista puroista, johon taimenella on mahdollisuuksia nousta kutemaan.

Idea aiheesta syntyi harjoittelussa Pohjois-Karjalan ELY-keskuksella. Paikalla käytiin jo kesällä ensimmäisen kerran tekemässä ympäristökatselmus, jossa perehdyttiin alueen nykytilaan kansalaisen antaman palautteen pohjalta Kontiolahden kunnan sekä ELY-keskuksen viranhaltijoiden kanssa. Ilmeni, että selvitykselle puron kunnostusmahdollisuuksista oli tarvetta. Työn toimeksiantajana Kontiolahden kunta pyrkii jatkamaan alueen kunnostuksen suunnittelua tämän opinnäytetyön pohjalta. Viime vuosina vaelluskalakantojen tilaa on pyritty edistämään ja Pohjois-Karjalassa Kylmäojan kaltaisen kohteen tarkastelu on ajankohtaista.

Keskeisimpänä tavoitteena tällä opinnäytetyöllä on luoda pohjaa Kylmäojan alueen tulevaisuuden kehitykselle. Mikäli purolla päädytään tekemään kunnostustoimenpiteitä, on tämä opinnäytetyö pohjana kunnostussuunnitelmalle. Tavoitteena on selvittää muutama erilainen potentiaalinen ratkaisu kalan puroon nousun edistämiseksi. Näiden ratkaisuiden osalta tehdään alustavaa kustannusten erittelyä, joilla pyritään kartoittamaan kunnostustoimien kustannusrakenteita. Laajempänä tavoitteena on lisätä Pyhäselän taimenen kutualueita ja edistää kalakannan kasvua.

2 Kalataloudellinen kunnostaminen

2.1 Keskeiset käsitteet

Alkaliniteetti osoittaa veteen liuenneiden bikarbonaatti-, karbonaatti ja hydroksidi-ionien happoja neutralisoivan vaikutuksen voimakkuutta (Oravainen 1999, 13–14).

Kalataloudellisella kunnostuksella tarkoitetaan vesistöalueen palauttamista luonnontilaiseen tai sen kaltaiseen tilaan esimerkiksi poistamalla vaellusesteitä, palauttamalla kiviainesta perattuihin virtavesikohteisiin ja rakentamalla tai parantamalla kutualueita.

Kalatie on ihmisen hyväksikäyttämä tai rakentama uoma, joka mahdollistaa kalojen kulun vesistö rakenteiden tai luonnonesteiden ohi. Suurin osa ohitusuomista on ns. teknisiä kalateitä. (Eloranta 2010, 254.)

Kutusora, soraistus. Taimen kutee virtavesissä sorapohjaisille alueille. Kutusoraksi kutsutaan raekooltaan 16–65 mm:n soraa, jossa on eri lajitteita. Soraistuksilla eli ylimääräisen soran lisäämisellä ja kutualueiden rakentamisella pystytään virtavesikunnostusten yhteydessä parantamaan taimenen kutumahdollisuuksia (Eloranta 2010, 123–124).

Vaellusesteellä tarkoitetaan patoa tai muuta rakennelmaa, joka estää kalojen ja muiden vesieliöiden leviämisen tai vaelluksen vesistöissä kutu- ja elinalueiden välillä (Eloranta 2010, 262).

Valuma-alue on alue, jolta kaikki vedet kerääntyvät samaan uomaan. Valuma-alueen välisiä rajoja kutsutaan vedenjakajaksi (Eloranta 2010, 262).

Vesistöalue on alue, jolle satanut vesi virtaa mereen tai järveen tietyn joen tai suistoalueen kautta (Eloranta 2010, 262).

Virtavesikutuiset kalat lisääntyvät kutemalla virtavesiin, joihin ne vaeltavat ns. syönnösalueiltaan. Yleensä palaavat kutemaan syntymäalueilleen. Suomessa tavattavia lajeja ovat mm. harjus, taimen, lohi, nahkiainen ja siika.

veden pH-arvo kuvaa veden happamuutta. pH-arvo on oksoniumionikonsentraation kymmenkantaisen logaritmin vastaluku. Kun pH on 7, vesi on neutraalia ja oksoniumionien sekä hydroksidi-ionien määrä on sama eli 10^{-7} . Mikäli pH-arvo laskee yhden yksikön, oksoniumionikonsentraatio kymmenkertaistuu (Oravainen 1999, 12).

Shannon-Wienerin diversiteetti-indeksi (H') ilmaisee biologista monimuotoisuutta siten, että indeksin arvo on sitä korkeampi, mitä enemmän lajeja tavataan ja kuinka tasaisesti ne jakautuvat.

Smoltti eli **vaelluspoikanen** on lohen tai taimenen joesta mereen tai järveen vaeltava poikanen. Taimen muuttuu smoltiksi noin 18–25-senttisenä. (Luonnonvarakeskus 2022).

Syönnösalue on alue, jossa kalat oleskelevat kutuaikojen välillä ja jossa kalan kasvu pääosin tapahtuu (Luonnonvarakeskus 2022).

Sähkökoekalastus on koekalastusmenetelmä, jota käytetään virtaavissa vesissä kalastorakenteen tutkimuksissa. Kalat tainnutetaan sähkövirran avulla, jonka jälkeen kalat kerätään talteen käsittelyä varten. Tämän jälkeen kalat voidaan virvoittaa ja palauttaa takaisin koealalle (Vesi-Visio osk 2022.)

2.2 Virtavesikunnostuksien taustaa ja luvanvaraisuus

Suomalaisia virtavesiä on hyödynnetty ja muokattu runsaasti kansakuntamme historian aikana. Vesivoimaa on ryhdytty hyödyntämään jo 1200-luvulta lähtien, kun virtavesien varsille syntyi kyliä. Asutuksen yhteyteen rakennettiin usein mm. myllyjä sekä pärehöyliä. Virtavesien muokkaus tehostui myöhemmin 1700-luvulta eteenpäin, jolloin viljelypinta-alan lisäämiseksi järvien pintaa ryhdyttiin laskemaan ja virtavesiä perattiin tulvariskien ehkäisemiseksi. Suurimmat

muokkaukset virtavesiin tehtiin teollistumisen kiihtyessä, kun virtavesiä perattiin ja oikaistiin puunuiton tarpeisiin. Kaikista dramaattisimpia muokkauksia virtavesiin lienevät kuitenkin etenkin sotien jälkeisenä aikana suurien virtavesien valmistaminen sähkötuotantoon. Vesivoiman järjestelmällinen rakentaminen on osaltaan heikentänyt useiden vaelluskalakantojen tilaa Suomessa. (Eloranta 2010.)

Virtavesikunnostukset Suomessa juontavat juurensa 1950- ja 1960-lukujen aikana tehtyihin purokunnostuskokeiluihin. Vähitellen vesihallinnon perustamisen jälkeen ryhdyttiin kunnostamaan vanhoja uittoväyliä ja 1980-luvulla Vesirakentamistöiden tarvetoimikunta esitti maanlaajuisen kunnostus- ja kalatieohjelman laatimista. Tästä eteenpäin 2000-luvulle tultaessa virtavesikunnostukset ovat saaneet uusia muotoja ja vakiintuneet muutettujen elinympäristöjen elvyttäjänä. Aikaisemmin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksena (RKTL) tunnettu nykyinen Luonnonvarakeskus (Luke) on tutkinut laajalti muun muassa kunnostusten vaikutuksia pienten virtavesien vaelluspoikasten tuotantoon. (Eloranta 2010.)

Nykyisellään tärkeitä virtavesikunnostajia ovat kalavesien osakaskunnat sekä julkishallinnon puolella mm. Metsähallituksen Luontopalvelut sekä Eräpalvelut. Näiden lisäksi myös useat kansalaisjärjestöt ja esimerkiksi kalastusseurat ovat hyvin aktiivisia virtavesikunnostajia.

Vesistö-kunnostuksia tehdessä tulee huomioida ensisijaisesti tässä kappaleessa esitetyt ajantasaisen lainsäädännön vaatimukset. Lisäksi tietyillä alueilla kulttuurihistoriallisesti merkittävät kohteet saattavat rajoittaa toteutettavien kunnostustoimenpiteiden laajuutta. Museovirasto sekä alueellisesti maakuntamuseo voivat antaa lausunnon kunnostuksen vaikutuksista kulttuuriperintöön, mikäli sellaisesta on epäilystä (Oinonen 2020).

Vesilain 3. luvun 2 §:n mukaan “vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, jos se voi muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtaamaa, rantaa tai vesiympäristöä taikka pohjaveden laatua tai määrää”.

Vesilain mukainen lupa tarvitaan, mikäli hanke vähentää luonnon kauneutta, vesistön soveltuvuutta virkistyskäyttöön tai ympäristön viihtyisyyttä tai kulttuuriarvoja. Myös puron luonnontilaisuuden vaarantaminen hankkeella vaatii vesilain mukaisen luvan. *Vesitaloushankkeella on lisäksi oltava lupaviranomaisen lupa, jos muutos aiheuttaa edunmenetystä toisen vesialueelle, kalastukselle, veden saannille, maalle, kiinteistölle tai muulle omaisuudelle. Lupaa ei kuitenkaan tarvita, jos edunmenetys aiheutuu ainoastaan yksityiselle edulle ja edunhaltija on antanut hankkeeseen kirjallisen suostumuksensa.* (Vesilaki 587/2011.)

Vesilain 3. luvun 4 §:n mukaan: *Lupa vesitaloushankkeelle myönnetään, jos:*

- 1) hanke ei sanottavasti loukkaa yleistä tai yksityistä etua; tai*
- 2) hankkeesta yleisille tai yksityisille eduille saatava hyöty on huomattava verrattuna siitä yleisille tai yksityisille eduille koituviin menetyksiin.*

Lupaa ei kuitenkaan saa myöntää, jos vesitaloushanke vaarantaa yleistä terveydentilaa tai turvallisuutta, aiheuttaa huomattavia vahingollisia muutoksia ympäristön luonnonsuhteissa tai vesiluonnossa ja sen toiminnassa taikka suuresti huonontaa paikkakunnan asutus- tai elinkeino-oloja.

Hakijalla on oltava oikeus hankkeen edellyttämiin alueisiin. Jos hakija ei omista aluetta tai hallitse sitä pysyvällä käyttöoikeudella, luvan myöntämisen edellytyksenä on, että hakijalle myönnetään oikeus alueen käyttämiseen siten kuin 2 luvussa säädetään tai että hakija esittää luotettavan selvityksen siitä, miten oikeus alueeseen järjestetään. (Vesilaki 587/2011.)

Vesilain 1. luvun 7 §:N mukaan vesilain lupaviranomaisena toimii aluehallintovirasto. ELY-keskus toimii kalatalousviranomaisena ja kunnan ympäristöviranomaisen kanssa vesilain valvontaviranomaisena. (Vesilaki 587/2011.)

Muinaismuistolain 1. luvun 1 § mukaan kiinteät muinaismuistot ovat rauhoitettuja ja niiden kaivaminen, peittäminen, muuttaminen, vahingoittaminen, poistaminen ja muu siihen kajoaminen on kielletty (Muinaismuistolaki 295/1963).

Purokunnostus kannattaa toteuttaa siten, ettei vesilain mukaista lupaa tarvita. Käytännössä tämä tarkoittaa siis sitä, ettei puron luonnontilaa vaaranneta tai

muuteta. Vesiluvan käsittelystä peritään käsittelymaksu valtioneuvoston asetuksen 201/2022 mukaan. (Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuonna 2022 201/2022.)

2.3 Kansainvälinen politiikka ja vesistöt

Euroopan unionin vuoden 2000 lopussa voimaan tullut vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD) velvoittaa jäsenvaltioita parantamaan ja suojelemaan kaikkien pintavesien tilaa ja tavoitteena on ollut saavuttaa hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. Pintavesien tilaa arvioidessa punnitaan ekologista ja kemiallista tilaa. Ekologiseen tilaan vaikuttavat mm. vesistön biologinen, hydrologis-morfologinen sekä fysikaalis-kemiallinen tila. Käytännössä siis arvioidaan eliöstöä, virtausolosuhteita, uoman syvyyden ja leveyden vaihtelua, pohjan rakennetta ja laatua sekä rantavyöhykkeen rakennetta. Lisäksi fysikaalis-kemiallisia muuttujia ovat lämpöolot, happitilanne, suolaisuus, happamoitumistilanne ja ravinneolot. (Järvenpää 2004.)

Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia linjaa, että unionin alueella ainakin 25000 kilometriä jokia tulisi kunnostaa vapaana virtaaviksi. Biodiversiteettistrategia nojaa vesistöjen osalta vesipolitiikan puitedirektiiviin. (Euroopan komissio 2021.)

2.4 Taimenen vaelluskäyttäytyminen

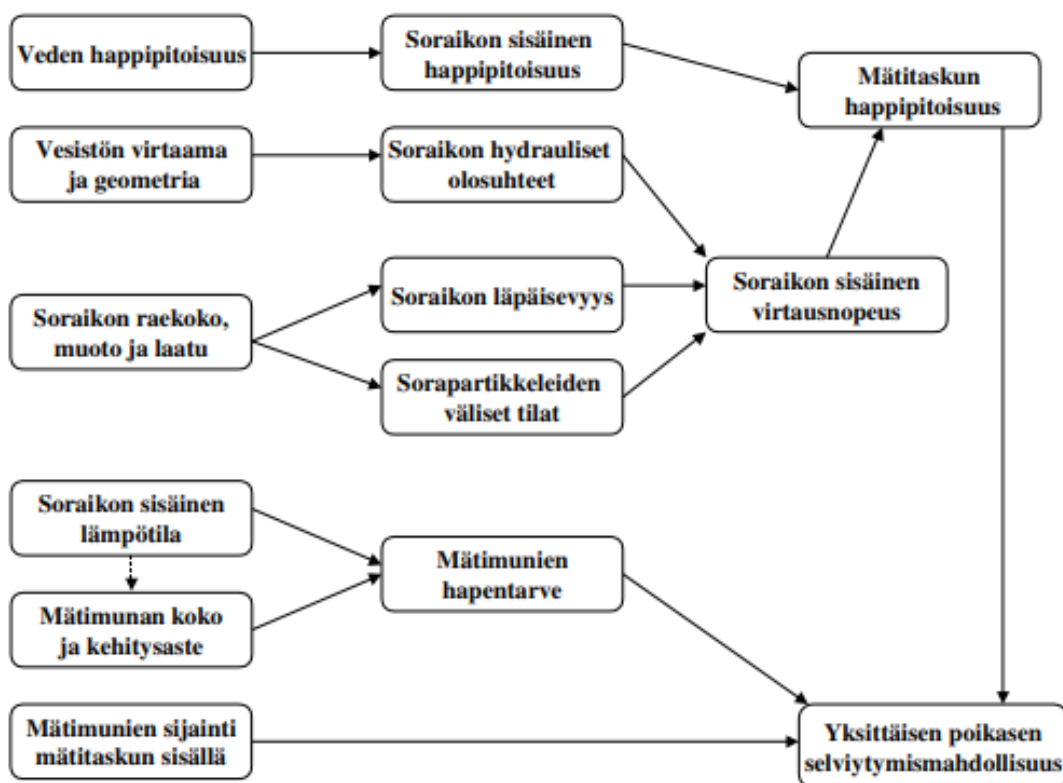
Suomen sisävesissä sekä Itämeressä tavattava taimen (*Salmo trutta*) on virtavesissä kuteva kala, mutta yleisesti taimenesta käytetty nimitys on määräytynyt sen syönnösalueen mukaan. Toisin sanoen ns. meritaimen (*Salmo trutta* m. *trutta*) vaeltaa syönnökselle mereen ja järvitaimen (*Salmo trutta* m. *lacustris*) järveen. Perinteisesti ”tammukaksi” kutsuttu purotaimen (*Salmo trutta* m. *fario*) elää pääsääntöisesti koko elämänsä virtavesissä, mutta saattaa myös jossain vaiheessa lähteä syönnösvaellukselle järveen tai mereen. Raja ”tammukan” ja vaeltavan taimenen poikasen välillä onkin häilyvä. Taimen saattaa olosuhteista riippuen joko nousta tai laskeutua kudulle. Kutualueen ei siis

tarvitse välttämättä sijaita syönnösalueen yläpuolisessa vesistössä. (Luonnonvarakeskus 2022.)

Kudun alkaessa ja sopivan soraikon löydyttyä naarastaimen kaivaa pyrstöllään soraan kutupesän, johon se laskee mädin jonka koirastaimen hedelmöittää. Taimenpari peittelee mätitaskun hedelmöittymisen jälkeen. Taimenen alkio kehittyy mädissä talven yli ja kuoriutuu keväällä muutaman cm pituisena. Kuoriutuneet poikaset viettävät elämästään synnyinseudullaan yleensä ensimmäiset 2–5 vuotta, minkä jälkeen noin 18–25-senttisinä ne muuttuvat smolteiksi eli vaelluspoikasiksi, parveutuvat ja vaeltavat kevätaikaan mereen tai järveen syönnösalueelle. Osa taimenista saattaa jäädä synnyinseuduilleen, ollen ns. joki- tai purotaimenia. Kuitenkin myös paikalliset taimenet saattavat jossain vaiheessa lähteä syönnösvaellukselle. Tällä on mahdollisesti yhteys kalakannan paikalliseen kasvuun ja kilpailuun ravinnosta sekä reviiristä. (Luonnonvarakeskus 2022.)

2.4.1 Taimenen kehitys mädistä poikaseksi

Taimenen mädin kehittymiseen soraikon sisässä vaikuttaa moni tekijä (Kuva 1). Olosuhteet mädin kehitykselle määräytyvät pitkälti kutupaikan sijainnin ja ominaisuuksien mukaan. Lisäksi poikasten kehitykseen vaikuttavat merkittäväällä tavalla mm. veden lämpötila, happi, veden pH sekä soraikon raekoko ja läpäisevyys. (Louhi & Mäki-Petäys 2003, 8.)



Kuva 1. Lohikalojen poikasten soransisäiseen selviytymiseen vaikuttavat tekijät (Louhi & Mäki-Petäys 2003, 8).

Veden lämpötila vaikuttaa mätimunien kehittymiseen siten, että lämpimämmässä vedessä poikaset kehittyvät nopeammin. Mätimunien kuoriutumiseen kuuluu 70–160 päivää (Louhi & Mäki-Petäys 2003, 8–9).

Liukoisen hapen optimaalinen pitoisuus lohikaloille on noin 8–10 mg/l, mutta poikasten osalta tarkkaa pitoisuutta on lähes mahdotonta määrittää. Tarvittavan liuenneen hapen määrä riippuu pitkälti veden lämpötilasta sekä kutosoraikon sisäisestä virtausnopeudesta. Lämpötilan noustessa myös mätimunien hapentarve kiihtyy niiden aineenvaihdunnan kiihtyessä (Louhi & Mäki-Petäys 2003, 9–10).

Lohikalojen osalta pH:n on oltava 4,5–9 välillä, mutta mitä lähempänä neutraalia (7) pH on, sen parempi. Ääriarvoista on joka tapauksessa haittaa mätimunien ja pienpoikasten selviytymiselle (Janatuinen & Vainio 2014, 12).

2.4.2 Taimenen ravinto

Etenkin jokipoikasvaiheessa taimenelle tärkeää ravintoa ovat pohjaeläimet, lähinnä hyönteiset ja niiden toukat. Puroissa eläville taimenille pohjaeläimet ovat pääasiallista ravintoa myös myöhemmässä vaiheessa. Syönnösvaiheelle järviin tai mereen lähtevien kalojen ravinto koostuu hyönteisten lisäksi kalasta, kuten järvissä muikusta, kuoreesta, ahvenesta ja kymmenpiikistä ja meressä silakasta sekä piikkikaloista. Taimen kasvaa meressä nopeiten ja puroissa hitaimmin, riippuen paljolti saatavan ravinnon määrästä ja laadusta. Siksi etenkin puroissa elävien taimenten kannalta uoman pohjan hyvä laatu sekä pohjaeläimistön runsaslukuisuus ja monimuotoisuus on tärkeää. (Luonnonvarakeskus 2022.)

2.5 Pienten virtavesien kunnostus

Pieniä virtavesiä, kuten puroja, kunnostettaessa tulee noudattaa ns. varovaisuusperiaatetta. Toimenpiteiden tulisi olla riittäviä, mutta ei liiallisia. Ennen kunnostussuunnitelmaa puro tulee inventoida hyvin, jotta kunnostussuunnitelma voidaan tehdä vastaamaan mahdollisimman hyvin kunnostuksen tarvetta. Hie- man riippuen kohteesta, virtavesiä kunnostettaessa kannattaa kunnostus- kenteet suunnitella siten, että vesi alkaa vähitellen muokkaamaan uoma luonnontilaiseksi tai sen kaltaiseksi. Tällöin puhutaan nk. passiivisesta kunnostuksesta, joka sopii hyvin aktiivisille ja morfologisesti muuttuville uomille. Aktiivisella kunnostuksella puolestaan pyritään pääsemään hyvin pian lähestulkoon tavoiteltuun tilaan. Tämä tapa sopii passiivisille uomille, joiden palautuskyky on huono. (Tossavainen 2020, 241–242.)

Luonnontilaiselle purolle tunnuksenomaista on uoman mutkittelu ja leveysvaihtelut, pohjan monimuotoisuus sekä vesisyvyyden ja virtausnopeuden vaihtelut uoman eri osissa. Lisäksi luonnontilaisessa uomassa on usein ainakin jonkin verran puu- ja kiviainesta.

Virtavesikunnostuksia suunnitellessa kustannuksien kannalta on merkittävää, toteutetaanko kunnostus talkootyönä vai ostopalveluna. Lisäkustannuksia

aiheuttaa myös koneiden käyttö. Talkootyöhön voidaan houkutella kunnostettavan alueen välittömässä läheisyydessä asuvia ihmisiä, kalastajia, erilaisia järjestöjä ja vaikkapa kouluja.

2.5.1 Suojapaikat ja virtausolosuhteet

Suomalaiselle puroille on tyypillistä, että se on aikanaan perattu puunuittoa varten tai viimeistään metsäojitusten yhteydessä. Perkauksen yhteydessä puron virtausolosuhteet ovat muuttuneet siten, että virtausnopeus kasvaa ja uomista on tehty rännimäisiä. Samalla purouomista on hävinnyt luontainen pohjan rikkonaisuus ja suurin osa suojapaikoista. Hyvin tyypillisesti virtavesikunnostuksissa onkin pyritty parantamaan uoman virtausolosuhteita rakentamalla erilaisia suisteita, altakaivajia tai vastaavia rakenteita joko puusta tai kivistä. Virtausolosuhteiden monimuotoistamisen lisäksi näillä rakenteilla voidaan pyrkiä siirtämään kiintoainesta esimerkiksi voimakkaasti hiekoittuneissa puroissa. Myös yksittäiset asentokivet ovat tärkeitä uoman virtausnopeuden hidastajia sekä ennen kaikkea suojapaikkoina nuorille taimenen poikasille. Lisäksi uoman kiveys voi ehkäistä uoman pohjaan saakka jäätymistä, mikä uhkaa kalan mädin selviytymistä talven yli.

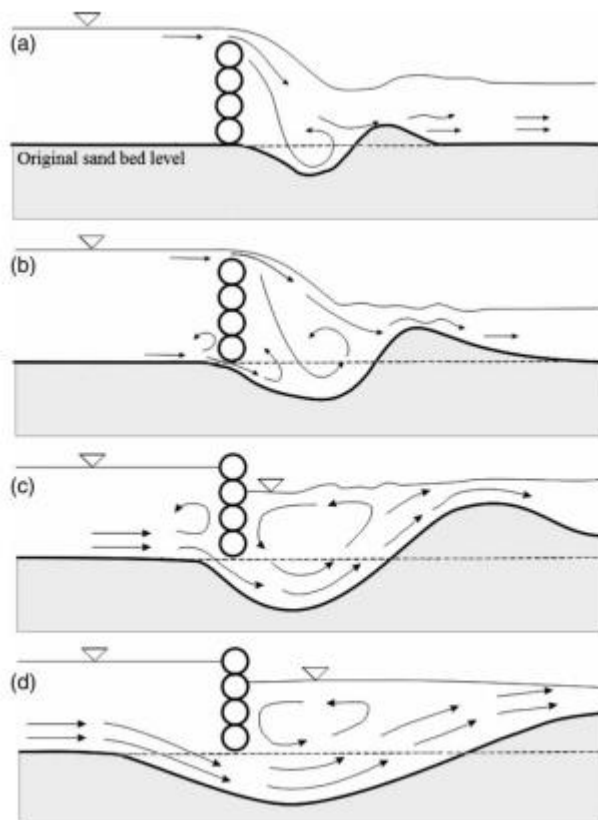


Figure 5 Flow field model during test run: (a) test start, (b) seepage start, (c) under-scour start and (d) stabilized condition

Kuva 2. Esimerkki “altakaivajan” toiminnasta (Kuva: Dey, Klöve, Marttila & Tammela 2010, 192).

Altakaivajaksi kutsutun puisen virranohjausrakenteen tarkoitus on saada pohjaan laskeutunut kiintoaines (etenkin hiekka) liikkeelle ja myöhemmin laskeutettua tulvatasanteelle. Kuvassa 2 on kuvattu altakaivajan toiminta ja veden kovertava virtaus (Dey, Klöve, Marttila & Tammela 2010, 192).

Esimerkkejä virranohjausrakenteista



Kuva 3. Puisia virranohjureita Kumpulamminojassa Syötteen kansallispuistossa (Kuva: Saska Hovi)

Etenkin metsäpuroja kunnostettaessa puumateriaalin hyödyntäminen virranohjausrakenteissa on järkevää ja kustannustehokasta, sillä tarvittavaa kivimateriaalia ei aina ole saatavilla (Kuva 3). Puiden kaataminen vaatii luonnollisesti maanomistajan luvan. Puiden kaatamista uoman välittömästä läheisyydestä tulee välttää, sillä varjostus on tärkeää virtavesiekosysteemille.



Kuva 4. Altakaivaja (vasen) ja esimerkki uoman kiveämisestä (oikea) (Kuva: Saska Hovi).

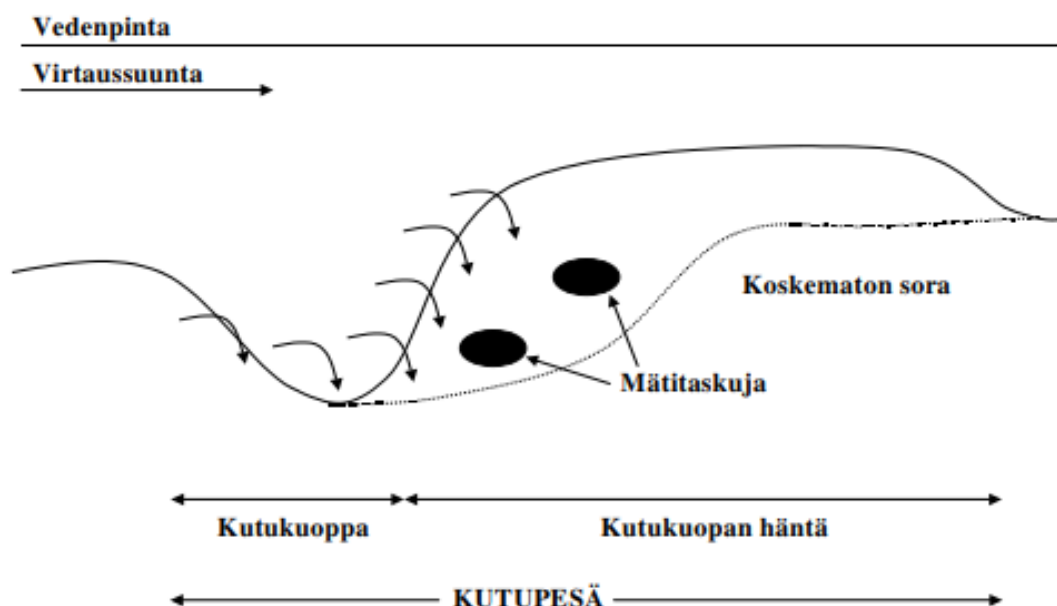
2.5.2 Kutualueet ja pienpoikasalueet

Kutualueen koko tulee olla noin 0,5–10 m². Kutualueet tehdään yksittäisinä laikuina ja niiden ympärille on tehtävä suojaava kiveys. Taimen on reviirokala, joten kutusoraikoita ei kannata rakentaa liian lähekkäin. Kutualueen ympäristössä on oltava myös riittävästi poikasille soveltuvia suojapaikkoja sekä rantavarjostusta. Kutusoran raekoon tulee olla 16–80 mm, jossa on mukana erilaisia jakkeita. Näin kutusoraikko pysyy löyhänä ja kutuun soveltuvana. Kutualueen kohdalla myös virtaus on suunniteltava siten, että vesi kuljettaa kiintoainesta pois päin kutualueesta, ettei se kerry kutusoraikon päälle. Virtaus ei myöskään saa

olla kovertava, ettei sora lähde liikkeelle. Jos sora ja kiintoaines tiivistyvät liikaa, emokala ei saa pyrstöllään kaivettua vaadittavaa kutukuoppaa mädille (Virtavesien hoitoyhdistys 2022).

Hyvä kutusoraikko sijaitsee kunnostajan kannalta hyvin saavutettavassa paikassa, johon kunnostusmateriaalia on helppo tuoda. Kalan kannalta puolestaan kutusoraikon olisi hyvä sijaita lähellä hyviä poikasalueita sekä helposti saavutettavissa uomassa. Soraikon seassa on myös hyvä olla suurempia kiviä, jotka ”ankkuroivat” soraikkoa eli estävät sen purkautumista. Vesisyvyyden kutusoraikon kohdalla tulisi olla noin 0,1-1,3 metriä. Vaihtelevat virtausominaisuudet ja vesisyvyydet poikastuotantoalueiden lähetyvillä ovat tärkeitä, sillä eri ikäiset ja kokoiset kalat suosivat erilaisia ympäristöjä (Kivinen 2019).

Kunnostuksien jälkeen on tehtävä seurantaa, jolloin saadaan selville kutualueiden toimivuus. Seurantaa voidaan tehdä esimerkiksi sähkökoekalastuksin ja syksyisin tarkkailemalla kalojen nousua kutualueille (Kivinen 2019).



Kuva 5. Lohen ja taimenen kutupesän rakenne (Louhi & Mäki-Petäys 2003)

Kutupesän koko vaihtelee naarastaimenen koon mukaan. Yhdessä taimenen kutupesässä voi sijaita yhdestä kolmeen mätitaskua.

2.5.3 Puun merkitys kunnostuksissa

Vanhaa uomaa kunnostettaessa kiviaineksen käyttämisen lisäksi on järkevää tehdä myös puisia rakenteita, mikäli puuta on riittävästi tarjolla. Ennen kaikkea puuaines monipuolistaa virtausolosuhteita ja muuttaa muotoaan ajan kuluessa. Lisätyllä puuaineksella on runsaasti positiivisia ekologisia vaikutuksia, sillä puuaines luo elinympäristöjä pohjaeläimille, jota useat kalat voivat hyödyntää ravintonaan. Monimuotoinen puuaines voi myös pidättää hyvin uomassa kulkevaa orgaanista ainesta. Vähitellen puuaines voi synnyttää hyviä suojapaikkoja kaloille, jotka ovat tärkeitä etenkin virtavesikutuisten kalojen jokipoikasvaiheessa (Tossavainen 2020).

Suomen ympäristökeskuksen koordinoimassa PuuMaVesi-hankkeessa (Puu-pohjaisilla uusilla Materiaaleilla tehoa metsätalouden Vesiensuojeluun ja vesistö-kunnostuksiin) on havaittu vesistöihin lisätyn puuaineksen parantavan vedenlaatua sekä lisäävän biologista monimuotoisuutta. Hankkeessa vuosien 2018-2021 saatujen tulosten perusteella puun lisäys alensi lähtevän veden ainepitoisuuksia hapenkulutuksen, kokonaisravinteiden ja orgaanisen hiilen osalta. Lisäksi käsittely vähensi kiintoainepitoisuutta ja jopa nosti hieman veden pH:ta. Tutkittujen pohjaeläinten sekä yksilömäärä että lajimäärä oli korkeampi puukäsittelyssä laskeutusaltaissa kuin käsittelemättömissä (Huotari, Hämäläinen, Jämsén, Keskinen, Koljonen, Leppänen, Nieminen, Soimasuo, Vaso, Vuori 2021, 21–25).

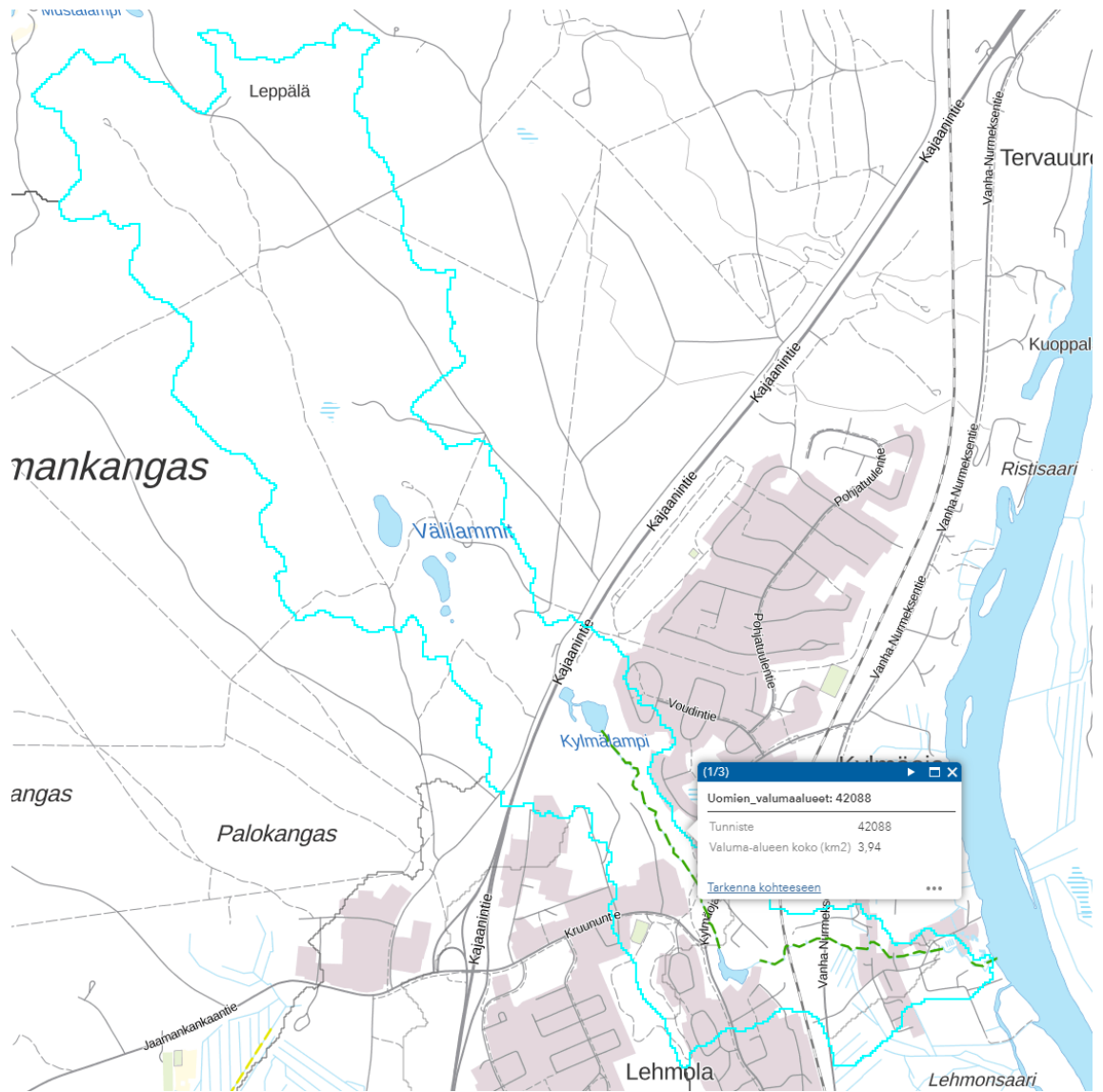
3 Tutkimusalue

Kylmäoja on Kontiolahdella Jaamankankaan pohjavesialueella sijaitseva Kylmä-lammesta alkunsa saava puro. Kylmäoja kuuluu Pielisjoen alaosan vesistöalueeseen (04.33) ja tarkemmin Pielisjoen suualueeseen (04.331). Puron mallinnettu valuma-alue on SYKE:n PUROHELMi-hankkeessa tuotetun paikakatietopohjaisen mallinnusarvion mukaan noin 3,94 km². Valuma-aluetta havainnollistaa myös vinovalovarjostekartta (Liite 2), josta maanpinnan korkeuden vaihtelut on erotettavissa selvästi.

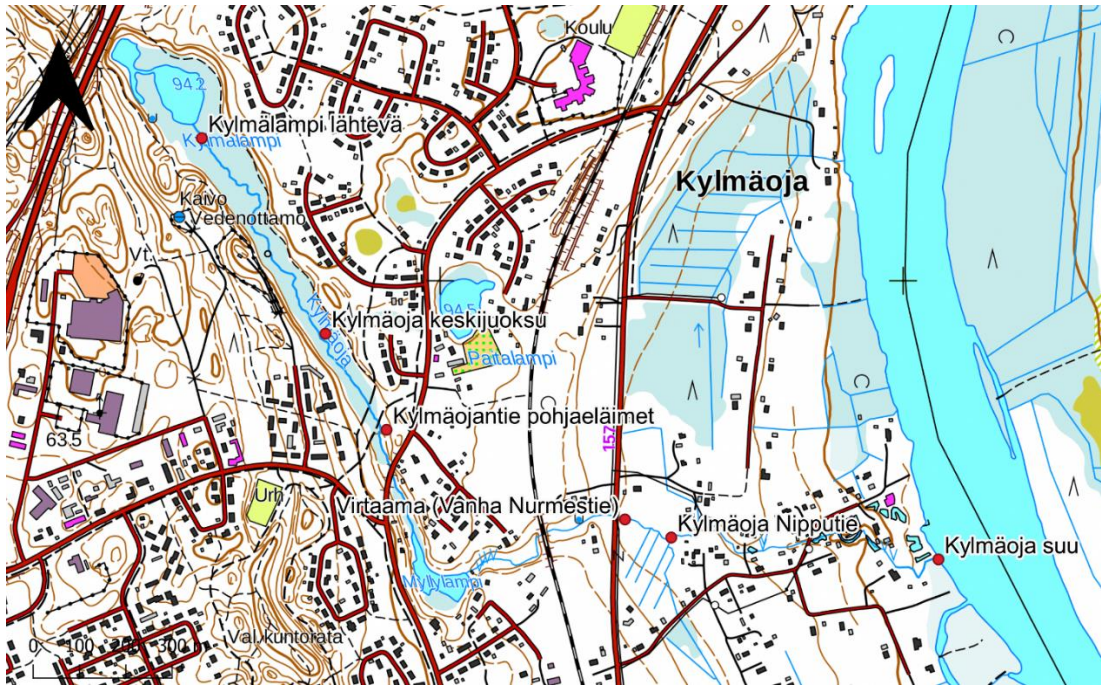
Kylmäojan vesialuetta hallinnoi Lehmon kylän kalaveden osakaskunta. Puro virtaa Kylmäojan taajaman läpi, paikoin Kontiolahden kunnan omistamien ja paikoin yksityisten kiinteistöjen läpi. Kylmäojan alajuoksulla on useita aikanaan kalanviljelytarkoitukseen rakennettuja altaita, joiden yhteydessä on muutamia vaelluskalojen kulkua haittaavia esteitä.



Kuva 6. Kylmäojan yläjuoksulla uoma kulkee kostean rämealueen läpi. Virtausnopeus on pieni ja uoma on syvä (Kuva: Saska Hovi).



Kuva 7. Kylmäoijan valuma-alue.



Kuva 8. Kylmäojan näytteenottopisteet kartalla

Pohjana maastotutkimuksiin toimi Saska Hovin aikaisempi maastokatselmus Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen ja Kontiolahden kunnan virkahenkilöiden sekä muutaman paikallisen asukkaan kanssa. Kylmäoja saa alkunsa Kylmälamasta ja virtaa ensin suomalaisen, kostean maaston lävitse (Kuva 6). Uoma on Kylmälamasta Myllylampeen asti verrattain syvä ja veden virtausnopeus on hidas. Kylmäojantien pohjaeläinten näytteenotto paikalla pohjassa on runsaasti eloperäistä kariketta ja uoma on hyvin varjossa. Yläjuoksulla puro myös meanderoi eli mutkittelee melko paljon. Myllylamasta lähtien ympäröivä maasto muuttuu hieman ja Vanhan Nurmeestien (Kuva 8) kohdalta alaspäin veden virtausnopeus on jo korkeampi kuin yläjuoksulla (Kuva 9). Myös uoman luonne muuttuu hieman ja pohjan materiaali on pitkälti hiekkaa. Myllylamasta lähtevä uoma alittaa rautatien, jonka uudistuksen yhteydessä uomaa on hieman muokattu, sekä Vanhan Nurmeestien pian rautatien jälkeen. Esteellisyyttä näissä väylien alituksissa ei ole, vaan rummut ovat riittävän suuria eivätkä kuivu vähäisenkään virtaaman aikana.



Kuva 9. Kylmäojan uoma Vanhan Nurmestien kohdalta alajuoksulle päin. Tässä kohtaa uoman yli on rakennettu uusi kevyenliikenteenväylä vuoden 2021 aikana. Tierumpu ei muodosta esteellisyyttä kalan vaellukselle (Kuva: Saska Hovi).

Edelleen varjostusta on aivan Pielisjokea läheisintä osuutta lukuunottamatta hyvin, mutta virtausnopeus on korkeampi ja vesisyvyys on matalampi. Pohja on myös hyvin tasainen ja puro mutkittelee huomattavasti vähemmän. Tunnuksenomaista alajuoksun osuudelle purosta on, että se virtaa jopa useiden pihojen läpi ja vettä on johdettu kotitalouksien käyttöön. Alajuoksulla puro kulkee verrattain syväksi syöpyneessä uomassa, jossa on runsaasti kaatuneita puita ja muuta eloperäistä ainesta (Kuva 10).



Kuva 10. Kylmäojan alajuoksu kohdasta, jossa se laskee Pielisjokeen. (Kuva: Saska Hovi)

4 Aineisto ja menetelmät

Karelia ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan opiskelijaryhmä ja opinnäytetyön tekijä kävelivät Kylmäojan uoman vartta kahtena päivänä lokakuussa 2021 lehtori Tarmo Tossavaisen johdolla. Uoman varrelta otettiin yhteensä kuudesta paikasta vesinäytteet, joista määritettiin lämpötila sekä pH in situ. Veden pH määritettiin näytepulloista pH-mittarilla (EZ-DO 8200M), ja

samalla mitattiin veden lämpötila. Vanhan Nurmestien alittavan rummun kohdalta määritettiin virtaama. Virtaaman mittaamiseen käytettiin Schiltknecht MiniAir 2 -virtaamamittaria. Pohjaeläinnäytteet otettiin uoman varrelta kolmesta kohdasta standardimenetelmää käyttäen. Jokaisesta näytteenottopisteestä otettiin kolme rinnakkaisnäytettä. Näytteet säilöttiin ja seuraavana päivänä näytteenotosta niistä määritettiin pohjaeläimet.

Vertailuaineistona käytettävänä aineistona toimi alueelta vuosina 2004-2005 kerätty aineisto, joka on peräisin ympäristöhallinnon avoimen ympäristötiedon palveluista ja Hertta-tietojärjestelmästä. Tästä aineistosta tulkittiin pH:n ja lämpötilan lisäksi myös rauta, alkaliniteetti sekä liukoinen happi.

Pohjaeläintutkimus toteutettiin ottamalla kolmesta uoman kohdasta näytteet, jotka sisälsivät kolme rinnakkaisnäytettä. Näytteenottamiseen käytettiin potkuhaavia. Näytteenottopaikan kohdalta pohjaa pöyhitään polkemalla puolen minuutin ajan haavin suun yläpuolelta edeten alavirtaan päin. Rinnakkaisnäytteet otetaan näytteenottoalueen ylä- keski- sekä alavirran kohdalta. Näytteet seulotaan haavimisen jälkeen ämpäriseulalla siten, että kaikki pohjasta irronnut aines huuhdellaan haavista talteen näyteastiaan. Kenttätutkimuksen jälkeen näytteet toimitetaan laboratorion jääkaappiin säilöön. Pohjaeläimet määritettiin lahon tarkkuudella, poislukien pikkunahkiainen, joka määritettiin lajin tarkkuudella.

4.1 Paikkatietoaineiston hyödyntäminen

Karttojen laatimiseen käytettiin QGIS- paikkatieto-ohjelmaa, jossa pohjakarttana käytettiin Maanmittauslaitoksen maastokarttarasteria. Lisäksi käytettiin Maanmittauslaitoksen tuottamaa vinovalovarjosteaineistoa ja Luonnonvarakeskuksen tuottamaa RUSLE- eroosiomallinnusaineistoa. Vinovalovarjoste eli rinnevarjoste kuvaa maanpinnan korkeusmallia. Aineisto on tuotettu laserkeilausaineiston pohjalta. RUSLE-aineistoa puolestaan voidaan hyödyntää uomien eroosioherkkyyden tarkasteluun. Näytteenottopaikkojen sijainnin tallentamiseen käytettiin Garmin GPSmap60CSx- laitetta.

4.2 Pohjaeläinten määrittäminen laboratoriossa

Kylmäojalta kerätyt pohjaeläinnäytteet vietiin maastopäivän jälkeen Karelia ammattikorkeakoulun Sirkkalan laboratorioon jääkaappiin, josta ne seuraavana päivänä analysoitiin. Jokaisesta näytteestä seulottiin silmin havaittavat pohjaeläimet kiintoaine- ja karikepitoisesta vedestä syviä lautasia hyödyntäen. Havaitut pohjaeläimet siirrettiin petrimaljoihin tarkempaa määrittystä varten. Tässä vaiheessa näytteisiin lisättiin myös etanolia. Pohjaeläinten lukumäärä petrimaljaa kohden määritettiin ja laskettiin mikroskoopin avulla (Kuva 11). Apuna määrittämiseen käytettiin Vesikirppu ja sudenkorento: makean veden eläimiä -kirjaa (Olsen, Sunesen, Pedersen, Bente & Kalliola 2000).

Talteen kirjatusta pohjaeläinnäytteistä laskettiin pohjaeläinyksilöiden määrät lahojen tarkkuudella, pois lukien pikkunahkiainen, joka onnistuttiin määrittämään lajin tarkkuudella. Lisäksi laskettiin kaikkien havaittujen eläinten määrä. Pohjaeläimistön diversiteetistä eli monimuotoisuudesta kertova Shannon-Wiener-indeksi saadaan laskettua kaavalla:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

, missä P_i on lajin i osuus paikan kokonaisyksilömäärästä.



Kuva 11. Mikroskoopin läpi kuvattuna Isopoda-lahkoon kuuluva vesisiira (*Asellus aquaticus*).

5 Tulokset ja tarkastelu

5.1 Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu

5.1.1 pH ja alkaliniteetti

Suomen sisävedet ovat pääsääntöisesti lievästi happamia (pH 6,5–6,8) muutamia alueellisia poikkeuksia lukuunottamatta. Myös pohjavedet ovat yleisesti hieman happamia (pH 5,9–6,9). pH-asteikko on logaritminen eli arvon laskiessa yhdellä yksiköllä oksoniumionien pitoisuus kymmenkertaistuu. Vastaavasti arvon noustessa yhdellä yksiköllä hydroksidi-ionien pitoisuus kymmenkertaistuu.

Kylmäojan pH on ollut sekä 2004–2005 tehtyjen pohjavesitutkimusten että syksyllä 2021 tehtyjen näytteenottojen perusteella etenkin kalaston kannalta hyvä, ellei erinomainen. Alhaisin arvo on mitattu 30.3.2005 Kylmälamasta metrin

syvyydestä pH:n ollessa 6,2. Korkeimmillaan pH on ollut 31.8.2005 sekä syksyllä 2021, kun se oli 7,0 (Taulukko 2 & Taulukko 3).

Vesistöissä pH on usein talvisin hieman matalampi kuin kesäisin. Perustuotanto nostaa hieman vesien pH-arvoa kesäaikaan. Vesistöjen tilan kannalta tärkeä mekanismi on ns. puskurisysteemi, joka torjuu pH:n muutoksia. Puskurikykyä eli alkaliniteettia lisää hiilihapon eri olomuodot ja eräät suolat. Alkaliniteetin mittayksikkö on mmol/l. Alkaliniteetin perusteella vedet voidaan luokitella seuraaviin ryhmiin (Oravainen 1999, 14):

Luokka	Alkaliniteetti (mmol/l)
1. hyvä	>0,2
2. tyydyttävä	0,1-0,2
3. välttävä	0,05-0,1
4. huono	0,01-0,05
5. loppunut	<0,01

Taulukko 1. Veden alkaliniteetin luokittelu

Puskurikyky vaihtelee Suomen sisävesissä valuma-alueen maaperän ja maankäytön mukaan. Alkaliniteetin keskiarvo Suomen pohjavesissä vuosina 1975–1997 on ollut 0,32 mmol/l. Jaamankankaan pohjavesialueella se on ollut vuosina 1978–1997 0,17 mmol/l. (Mäkinen, Peltonen & Soveri 2001.)

Kylmälammen ja Myllylammen veden alkaliniteetti vuosien 2004 ja 2005 tutkimustulosten (taulukko 3) perusteella on ollut hieman Suomen keskiarvoa alhaisempi, mutta puskurikyky on silti luokiteltavissa pääosin hyväksi.

5.1.2 Lämpötila

Kylmäojan vesi on hyvin pohjavesivaikutteista ja veden lämpötila vaihteli syksyllä 2021 eri näytteissä välillä 3,8–5,0 °C (Taulukko 2 & Taulukko 3). Pohjavesivaikutteisen puron vesi pysyy pitkään avoinna ja jäätyy vasta kovimpien pakkasten aikana.

5.1.3 Virtaama

Kylmäoja on virtaamaltaan varsin pieni, vain 49,8 litraa sekunnissa. Kun valuma-alue on 3,94 km², valunnan arvoksi saadaan 12,6 l/s km². Virtaama on kuitenkin riittävä taimenen kutua ajatellen, eikä uoma kuivu vuoden aikana.

5.1.4 Rauta

Suomen pintavesissä kirkkaissa karuissa vesissä päänlysveden rautapitoisuus on 50–200 µg/l. Paikoitellen sameissa jokivesissä rautapitoisuus voi olla jopa 3000–6000 µg/l. Hapettomissa alusvesissä rautapitoisuus voi olla huomattavasti korkeampi kuin päänlysvedessä. Tämä johtuu heikosti veteen liukenevan Fe³⁺-ionin pelkistymisestä Fe²⁺-ioniksi, joka liukenee veteen paremmin (Oravainen 1999).

Pohjavesissä rautapitoisuuden keskiarvo vuosina 1975–1999 välillä on ollut Suomen ympäristökeskuksen mukaan 706 µg/l. Alueen maaperän laatu vaikuttaa pohjavesien rautapitoisuuteen. Jaamankankaalta vuosina 1978–1997 kerätyn aineiston perusteella pohjaveden rautapitoisuuden keskiarvo on ollut 106 µg/l (Mäkinen, Peltonen & Soveri 2001).

Kylmälammen ja Myllylammen vuosien 2004-2005 aikana kerätyn aineiston (Taulukko 3) perusteella rautapitoisuus on verrattain matala ja hyvin linjassa Jaamankankaan arvojen kanssa. Korkeimmat arvot on mitattu Kylmälamesta 2,8 metrin syvyydestä maaliskuussa 2004 ja maaliskuussa 2005. Samaan aikaan myös mitattu liukoinen happi on ollut matalimmillaan. Happipitoisuuden väheneminen alusvedessä on yleistä talvikerrostuneisuuden aikaan.

Korkeina pitoisuuksina rauta voi olla haitallista kaloille, etenkin jos vesi on happanta. Tällöin rauta alkaa saostua kalan kiduksiin (Pensas 2018).

5.1.5 Liukoinen happi

Yksi keskeinen merkki vesistön kunnosta on veden happipitoisuus. Liukoisen hapen määrä vedessä kuitenkin vaihtelee ajankohdan mukaan, joten tietyt muutokset saman näytteenotto paikan arvoissa ovat normaaleja. Etenkin syvänteissä talviaikaan liukoisen hapen pitoisuus voi olla hyvinkin alhainen. Kylmälammesta 2,8 metrin syvyydestä mitattu liukoisen hapen pitoisuus on alhaisimmillaan ollut 0,3 mg/l maaliskuussa 2004. Korkeimmat liukoisen hapen pitoisuudet ovat olleet Myllylammessa 0,5 metrin syvyydessä kesäkuussa 2004 (11,4 mg/l). Kalan lisääntymisen ja menestymisen kannalta liukoisen hapen pitoisuus on pääosin hyvä. Koskimaisten alueiden rakentaminen ja parantaminen saattaa vielä entisestään parantaa veden hapettumista. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta lampien syvänteissä olevaan veteen.

ETRS-TM35FIN					
Havaintopaikka	Koordinaatit N	Koordinaatit E	Lämpötila °C	pH	Virtaama l/s
Kylmälampi lähtevä	6953307	643485	3,8	6,8	
Kylmäoja keskijuoksu	6952886	643752	3,8	6,7	
Kylmäojan yläosa, pohjaeläimet (Kylmäojantie)	6952679	643884	4	6,6	
Kylmäoja Nipputie	6952447	644499	5	7	
Virtaama (Vanha Nurmestie)	6952486	644399	5	6,8	49,8
Kylmäoja suu	6952400	645076	5	6,8	

Taulukko 2. Kylmäojan vesinäytteiden tulokset 25.10.&28.10.2021.

Kylmälampi 150						
Näytteenottoaika	Näytesyvyys (m)	Liukoinen happi (mg/l)	Lämpötila °C	pH	Rauta (µg/l)	Alkaliniteetti (mmol/l)
22.3.2004	1,0	3,5	4,3	6,15	230	0,205
22.3.2004	2,8	0,3	5,3	6,3	1400	0,29
2.6.2004	1,0	10	12,3	6,85	120	0,184
2.6.2004	2,8	9,6	11,8	6,75	120	0,187
6.9.2004	1,0	7,7	13,4	6,55	120	0,198
6.9.2004	2,8	7,6	12,8	6,5	150	0,2
30.3.2005	1,0	2	3,8	6,2	260	0,21
30.3.2005	2,8	0,4	4,6	6,22	1100	0,255
21.6.2005	1,0	9,6	17,6	6,89	72	0,196
21.6.2005	2,8	9,4	16,7	6,86	88	0,195
31.8.2005	1,0	9,2	15,7	7,01	130	0,222
31.8.2005	2,8	8,6	15,3	6,82	150	0,224
Myllylampi 156						
Näytteenottoaika	Näytesyvyys (m)	Liukoinen happi (mg/l)	Lämpötila °C	pH	Rauta (µg/l)	Alkaliniteetti (mmol/l)
22.3.2004	0,5	9,6	2,8	6,5	270	0,235
2.6.2004	0,5	11,4	9,7	6,65	270	0,237
6.9.2004	0,5	9,3	12,6	6,6	600	0,252
30.3.2005	0,5	10,2	2	6,47	160	0,221
21.6.2005	0,5	10,5	17,2	6,86	220	0,256
31.8.2005	0,5	9,4	14	6,8	240	0,264

Taulukko 3. Kylmälammen ja Myllylammen tarkasteltavat tulokset vuosilta 2004-2005.

5.2 Pohjaeläimet

Kylmäojantien näytteenottoaikan kohdalla uoman pohjassa on runsaasti eloperäistä kariketta. Kerätyistä kolmesta rinnakkaisnäytteestä havaittiin yhteensä 10 eri pohjaeläintaksonia (Liite 1 & 3), joista runsaiten edustettuna oli siirat (Isopoda).

Nipputien näytteenottoaikalla pohja oli pitkälti hiekan peitossa, eikä eloperäistä ainesta juuri ollut. Rinnakkaisnäytteistä laskettiin yhteensä 8 pohjaeläintaksonia (Liite 1 & 3), joista katkat (Amphipoda) oli runsaiten edustettuna, joskin yksilöiden määrä oli hyvin tasaisesti jakautunut taksonien välillä.

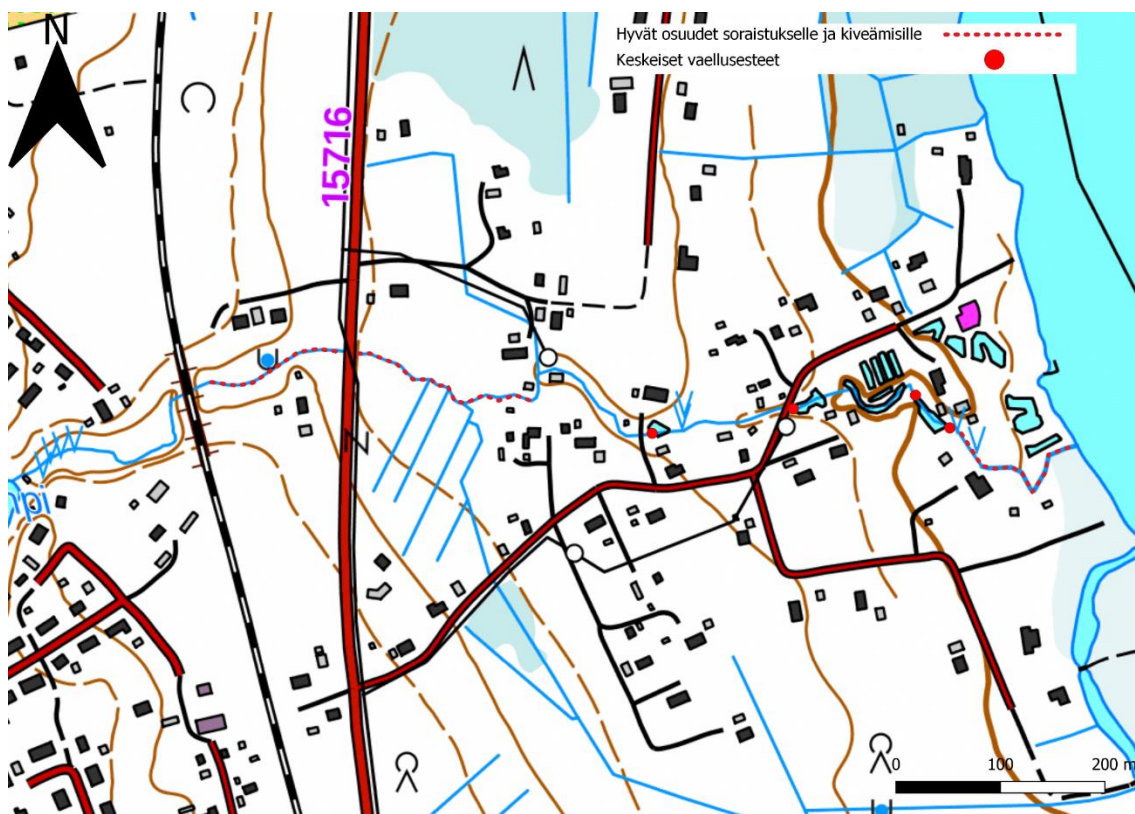
Kylmäojan alajuoksun näytteenotto paikalla pohja oli edelleen hiekan peitossa, mutta eloperäistä ainesta, kuten puuta, oli uomassa enemmän. Rinnakkaisnäytteistä laskettujen pohjaeläintaksonien määrä oli 8, joista surviaissääsket (*Chironomidae*) oli runsaimmin edustettuna. Erityisen huomion näytteissä kiinnitti pikkunahkiainen.

Pohjaeläinnäytteistä saadut Shannon-Wiener-indeksin arvot viittaavat siihen, että Kylmäojan pohjaeläimistön monimuotoisuus on melko hyvällä tasolla.

6 Kunnostusmahdollisuudet

Vesistöjen kunnostussuunnittelua aloitettaessa tulee määrittää kunnostuksen tavoitetilä ja suunnittelun toimintamalli. Visionaarisella tavoitekuvalle tarkoitetaan vesistöjen puhdasta luonnontilaa tavoitteena, kun taas toiminnallinen tavoitekuva huomioi tavoitteita rajoittavat reunaehdot. Tällaisia voi olla mm. olemassa olevat vesitalousluvut, maankäyttö ja lakisääteiset velvoitteet. Tavoitekuva voidaan myös jakaa osiin. Tavoitteita voidaan arvioida esimerkiksi hydrologisten, morfologisten, vedenlaadullisten ja biologisten osatekijöiden avulla (Järvenpää 2004).

Kylmäojassa vaelluskalojen kudun mahdollistamisen näkökulmasta suurin haaste on uoman esteellisyys. Vedenlaatu on lähestulkoon erinomainen ja pohjaeläimistön luonnontilaisuus sekä monimuotoisuus on hyvällä tasolla. Omat haasteensa kunnostusten suunnittelulle aiheuttaa useat eri kiinteistöt puron varrella. Ainakin seuraavien kiinteistöjen omistajiin tulee olla yhteydessä kunnostussuunnitelmaa laatiessa ja ennen toteutusta mahdollisilta haitankärsijöiltä on kysyttävä lupaa maa-alueiden käyttöön: 276-404-100-1, 276-404-99-1, 276-404-3-179, 276-404-3-180, 276-404-99-2, 276-404-3-67, 276-404-3-165, 276-404-126-0, 276-404-3-68, 276-404-3-214, 276-404-3-218, 276-404-27-43. Myös vesialueen (276-404-876-1) omistavan Lehmon kylän kalaveden suostumus kunnostushankkeille tarvitaan.



Kuva 12. Kunnostukseen soveltuvat alueet ja keskeiset vaellusesteet

6.1 Vaellusesteiden purkaminen

Kylmäojan tapauksessa vaellusesteiden purkaminen voisi olla realistinen vaihtoehto uoman kalataloudelliseen kunnostamiseen. Ekologisesti uoman vapauttaminen olisi paras ratkaisu eikä uoman reittiä tarvitsisi muuttaa. Esteiden purkaminen on myös luultavasti edullisin vaihtoehto, mikäli maanomistajien suostumus toimenpiteisiin saadaan. Suurimmat ongelmakohdat esteiden purkamisessa liittyvät uoman varrella sijaitsevien altaiden vedenpinnan säilyttämiseen. Nykyisten vaellusesteiden (Kuva 12) tilalle onkin rakennettava esimerkiksi pitkiä kynnystyksiä sekä pohjapatoja. Myllylammen alapuolella, entisen myllyn paikalla sijaitseva patoeste on sen verran korkea, että sen purkaminen ilman Myllylammen pinnan laskua on hyvin haastavaa. Esteellisyyden poistaminen tästä pisteestä ylöspäin ei ole välttämättä mielekästä, sillä Kylmäojan yläjuoksu ei sovellu taimenen kutualueeksi ainakaan yhtä hyvin kuin osuus Myllylammeesta alaspäin. Entisen myllyn ohittaminen voi kuitenkin olla mahdollista pitkillä kynnysteillä tai vastaavilla rakenteilla, mutta vaatii erityisen tarkkaa suunnittelua.

Yläpuolisen osuuden merkittävyys voisikin olla lähinnä lähinnä kalojen talvehtimisalueena tai syönnösalueena.

6.2 Luonnonmukaiset ohitusuomat

Mikäli vaellusesteen poistaminen ei jossain kohtaa uomaan tule kyseeseen, on luonnonmukainen ohitusuoma toiseksi paras vaihtoehto. Ohitusuoman alaosan tulisi sijaita mahdollisimman lähellä vaellusestettä, jotta uoma on kalan havaittavissa. Anssi Elorannan (2010) mukaan luonnonmukaisen ohitusuoman kaltevuudeksi suositellaan <1:20 ja kynnysten määrä sekä korkeus tulee suunnitella putouskorkeuden sekä tavoitekalen nousukykyyn mukaan. Ongelman luonnonmukaisen ohitusuoman suunnitteluun saattaa aiheuttaa tilanpuute, varsinkin kun Kylmäojan uoman läheisyydessä on asutusta sekä pihamaata. Jos käytävissä on esimerkiksi vanha uoma, on sen käyttö ehdottomasti suositeltavaa.

6.3 Kutualueiden rakentaminen

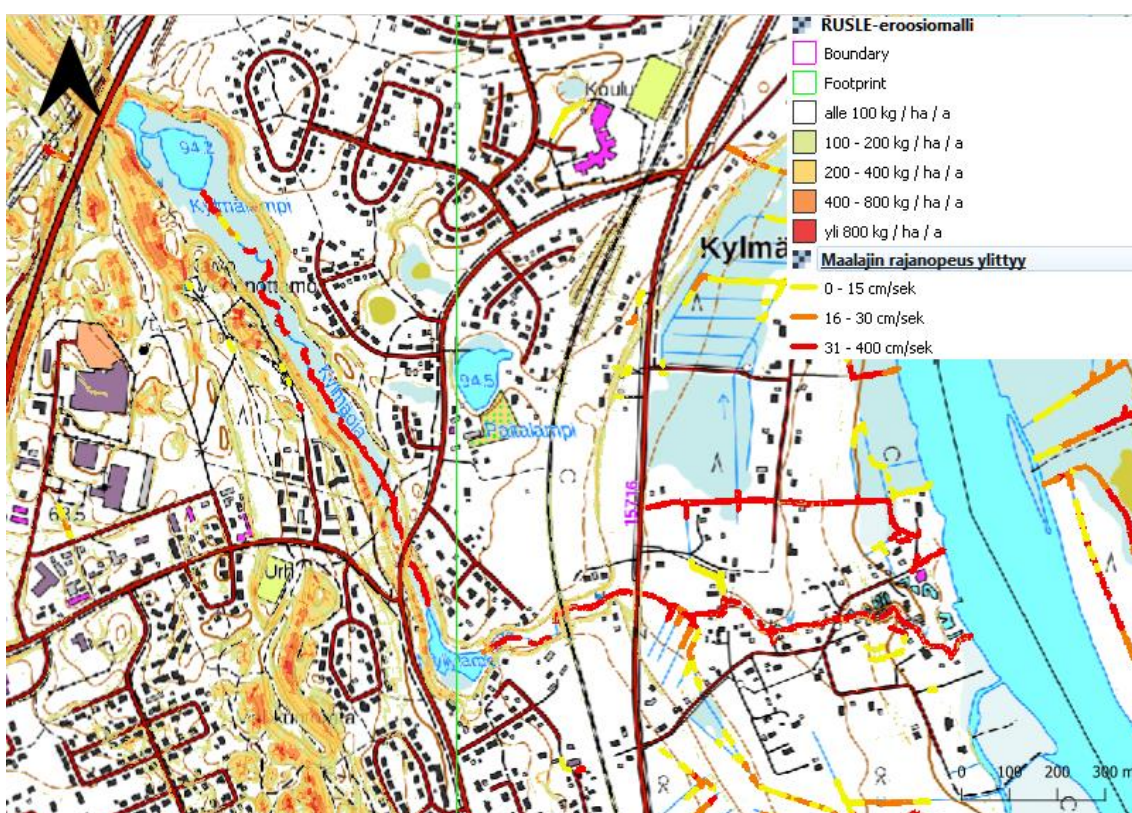
Mikäli Kylmäojan uoman esteellisyyttä pyritään kunnostushankkeella purkamaan, kannattaa samalla myös suunnitella kutualueiden sekä poikastuotantoalueiden perustamista. Hyviä paikkoja kutualueiden rakentamiselle ovat muun muassa Vanhan Nurmestien tierummun ylä- sekä alapuoliset osuudet ja Pielisjokeen laskeva noin 150 metrin mittainen osuus (Kuva 12). Näillä osuuksilla veden virtausnopeus on sopiva soraikon puhtaanapidon sekä hapensaannin kannalta. Myös logistisesti ajateltuna kohteet sijaitsevat hyvillä paikoilla, sillä sora ja kivet voidaan kuljettaa lähelle uomaan.

Kylmäojan uoman pohja on ehdotetuilla kunnostettavilla osuuksilla (Kuva 12) hyvin tasainen ja pääosin hiekan peittämä. Kiveämällä saavutetaan rikkonaisuutta pohjan muotoa ja suojapaikkoja kaloille sekä monipuolistetaan virtausolosuhteita. Myös uoman meanderointia eli mutkittelua kannattaa pyrkiä hieman lisäämään mahdollisimman luonnollisesti esimerkiksi puisten virranohjureiden avulla. Näin muutokset uoman muodossa eivät ole nopeita ja dramaattisia, vaan veden virtaus pyrkii vähitellen muokkaamaan uoman muotoa ja rakennetta.

6.3.1 Eroosion ja maa-aineksen huuhtouman välttäminen

Kylmäojan alueen maaperä on potentiaalisesti herkkää eroosiolle, joka kannattaa huomioida kunnostusta suunnitellessa. Luonnontilainen purouoma hakee hieman paikkaansa ja on jatkuvassa muutoksessa. Kunnostusvaiheessa kuitenkin mahdollisilla koneilla liikkuesssa on ylimääräistä kiintoainekuormitusta vältettävä. Kylmäojan alueella maalajin rajanopeus ylittyy lähes koko uoman matkalta (Kuva 13).

Eroosiosuojauksia kannattaa tehdä puron kiveämisten ohessa. Uomien rannoilla kasvavat juurikasvit ovat hyviä eroosion ehkäisijöitä. Lisäksi virtausnopeutta hillitsevä kiveäminen auttaa osaltaan eroosiosuojauksessa.



Kuva 13. RUSLE-eroosiomalli sekä maalajin rajanopeuden ylittymistä kuvaava paikkatietoaineisto Kylmäojan alueesta

6.4 Istutukset

Toteutuneen virtavesikunnostuksen jälkeen alueelle kannattaa lisäksi tehdä kalaston istutuksia. Mätirasiaistutus on todettu hyväksi tavaksi istutusten

toteutukseen, sillä rasia suojaa mätiä pedoilta, estää mädin ajautumisen virtaan ja voi myös estää mädin tukehtumista esimerkiksi liiallisen kiintoainekuormituksen johdosta. Mätirasiaistutusten kuoriutumisen onnistumisprosentti on ollut Virtavesien hoitoyhdistyksen mukaan noin 95–99 %.

Istutukset on parasta toteuttaa vasta kevättalvella, kun emokaloilta lypsetty mäti on saanut viettää talven valvotuissa olosuhteissa. Kevättalvella mäti on jo kestävä ja sitä on helpompi käsitellä. Istutusmäärät riippuu ympäröivistä olosuhteista, mutta yleisesti ottaen Suomessa taimenen ja lohen istutustiheys on ollut 1000–4000 kpl aarille. Litrassa mätiä on yleensä noin 6 000–9 000 mätijyvää. (Janatuinen & Vainio 2014.)

6.5 Kustannusten rakenne

Virtavesikunnostuksia voidaan tehdä joko talkootyönä tai urakkatyönä, hieman riippuen tarpeellisista tehtävistä toimenpiteistä. Talkootyö on nimensä mukaisesti edullisempaa, varsinkin mikäli työt tehdään käsin. Etelä-Suomessa 2000-luvun alussa tehtyjen useiden erityyppisten virtavesikunnostusten perusteella hinnaksi on tullut noin 20 euroa metriltä (Taulukko 4). Kustannukset ovat vuonna 2007 jakautuneet seuraavasti (Böhling 2008):

Konetyö	55-70 €/h
Sora	20-30 €/m ³
Kivet	10-20 €/m ³

Taulukko 4. Virtavesikunnostusten kustannuksien jakautuminen vuonna 2007 (Böhling 2008).

Esimerkiksi Kuusamossa sijaitsevan Naatikkajoen Kellokosken kunnostuksen kustannusarvio v. 2017 oli 8 000 €, josta omalla rahoituksella katettiin 1 000 € ja talkootyön arvoksi arvioitiin 2 000 €. Toteutuneet kustannukset olivat lopulta 6 150,07 €, josta osakaskunnalle myönnettiin 5 000 € rahoitusta. Kunnostettavan alueen pituus Naatikkajoella oli 210 m ja keskileveys 7 m. (Tahkola 2018.)

Uoman kunnostuksen lisäksi kustannuksia kertyy myös esimerkiksi pohjapatojen tai kynnysten rakentamisesta, kun lampien vedenpinta halutaan säilyttää ennallaan tai lähellä sitä. Yksittäisen pohjapadon hinta voi olla jopa 1 000–10 000 euroa, mutta Kylmäojan kaltaisessa pienessä kohteessa kustannukset lienevät matalammasta päästä.

Mätirasiaistutusten kustannukset vaihtelevat hieman, riippuen alueellisista istutuskannoista. Virtavesien hoitoyhdistyksen mukaan Ingarskilanjoen kantaa olevan taimenen mädin verollinen hinta oli 400 €/litra v. 2013 (Janatuinen & Vainio 2014).

7 Pohdinta ja kiitokset

Kylmäojalla on kohtalainen potentiaali tulla jatkossa kalataloudellisten kunnostusten kautta hyväksi taimenen lisääntymisalueeksi. Vaikka mahdollista kutualueiksi kunnostettavaa osuutta on verrattain vähän (noin 300–350 metriä), ei Pyhäselästä kudulle nouseville vaelluskaloille ole juurikaan esteettömiä Pielisjokeen laskevia kutupuroja. Kohde on kieltämättä haasteellinen, mutta mikäli paikallisten sekä osakaskunnan tahtotila on riittävä, voidaan uoma vapauttaa vaelluskalojen kutuun verrattain edullisesti ja pienillä ponnisteluilla.

Lehmon kylän kalaveden osakaskunta on osoittanut kiinnostusta puron kunnostukselle vaelluskalojen kutualueiksi. Osakaskunta ei kuitenkaan lähtökohdaisesti olisi lähdössä rahoittamaan kunnostusta, vaan siitä vastaisi Kontiolahden kunta (Hurskainen 2022).

Ulkopuolista rahoitusta voisi hakea esimerkiksi WWF:ltä, maa- ja metsätalousministeriön NOUSU-ohjelmasta tai ELY:n kautta. Pohjois-Karjalassa kalatalousasioista vastaa Pohjois-Savon ELY-keskus. Viimeisin hakuaika kalataloudellisten kunnostusten avustuksiin on ollut 18.10.–30.11.2021, mutta hakuajan ulkopuolella tulleita hakemuksia otetaan vastaan määrärahojen riittäessä. NOUSU-ohjelman mukaisten avustusten haku jatkuu vuoden 2023

loppuun saakka. Pääsääntöisesti valtion avustuksien suuruus on enintään 50 % hyväksyttävistä kokonaiskustannuksista, joihin voidaan sisällyttää myös talkootyötä. Avustukset maksetaan kunnostusten jälkeen toteutuneiden kustannusten perusteella. (rahatpintaan.fi 2022.)

Kalataloudellisten kunnostusten yhteydessä kunnan kannattaa tiedottaa hankkeesta hyvin kansalaisille ja esimerkiksi paikallisten koulujen kanssa yhteistyö voi olla ympäristökasvatuksellisesta näkökulmasta mielekästä. Kenties esimerkiksi syysiltaisin tapahtuva kudun seuranta voisi olla konkreettinen esimerkki kalojen elinkierrosta peruskouluikäisille, miksei myös vanhemmillekin.

Työn loppuun haluan opinnäytetyön tekijänä vielä esittää kiitokseni opinnäytetyön ohjaajalle Tarmo Tossavaiselle ja Kontiolahden kunnan ympäristöpäällikkö Antti Suontamalle toimeksiannon johdosta. Lisäksi haluan kiittää myös läheisiäni sekä opiskelukavereitani tuesta ja hyvistä hetkistä.

Lähteet

- Böhling, P. (toim.) 2008. Purot- elävää maaseutua. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.
- Dey, S., Kløve, B., Marttila, H. & Tammela, S. 2010. Effect and design of an underminer structure. *Journal of Hydraulic Research* 48:2. <http://dx.doi.org/10.1080/00221681003704202>. 30.12.2021.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Helsinki: Kalatalouden keskusliitto.
- European Commission. 2021. EU biodiversity strategy for 2030: bringing nature back into our lives. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>. 15.4.2022.
- Hautala, A. 2015. Pylväsojan alaosan kunnostussuunnitelma. Ylivieska.
- Huotari, E., Hämäläinen, H., Jämsén, J., Keskinen, E., Koljonen, S., Leppänen, M., Nieminen, M., Soimasuo, J., Vaso, A. & Vuori, K-M. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. <https://www.syke.fi/download/no-name/%7B4D2E4C08-E611-47D7-8444-4C984F32EB57%7D/165953>. 11.1.2022.
- Hurskainen, A. 2022. Lehmon kylän kalaveden osakaskunta. Puhelinhaastattelu 10.2.2022.
- Huusko, A., Kreivi, P., Mäki-Petäys, A., Nykänen, M., Vehanen, T. 2003. Virtavesikalojen elinympäristövaatimukset. Paltamo: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Janatuinen, A. & Vainio, S. Lohikalojen istuttaminen Whitlock-Vibert-mätirasioissa. Virtavesien hoitoyhdistys.
- Jormola, J., Järvenpää, L. & Tammela, S. 2010. Luonnonmukaisten ohi-tusuomien suunnittelu rakennetussa vesistössä – Lohen palauttaminen Oulujokeen. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Järvenpää, L. 2004. Tavoitetilan määrittäminen virtavesikuunnostuksissa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Kalahavainnot. 2022. Taimen *Salmo trutta*. <https://kalahavainnot.luke.fi/kalalajitieto/fi/taimen/>. 10.1.2022.
- Kalakantojen seuranta. 2022. <https://vesi-visio.net/palvelut/kalakantojen-seuranta/#2.1>. 16.5.2022.
- Kalataloudelliset vesistökuunnostusavustukset. 2022. <https://rahatpintaan.fi/rahoitus/kalataloudelliset-vesistokuunnostusavustukset/>. 12.4.2022.
- Kivinen, J. Taimenen kutusoraikat ja pienpoikasalueet, sekä katsaus koskikuunnostuksiin. 2019. PowerPoint- esitys. 16.5.2022.
- Louhi, P. & Mäki-Petäys, A. 2003. Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä – lohien ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Mäkinen, R., Peltonen, K. & Soveri, J. 2001. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975–1999. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Oinonen, J. 2020. Patokartoitushanke Saramojoen, Venejoen ja Kiskonjoen vesistöalueilla – vaellusesteellisten virtavesien kunnostusmahdollisuudet. Karelia-ammattikorkeakoulu. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020060115748>. 20.1.2022.

- Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta–opasvihkonen. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.
- Pensas, S. 2018. Rautapitoisten vesien hallinta kaupungistuvassa ympäristössä–Myllyojan tutkimuskohde. Oulun yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-201805091621>. 11.2.2022.
- Tahkola, H. 2018. Virtavesikunnostusesimerkki Koillismaalta, Naatikkajoki. Esitys. 24.2.2022.
- Tossavainen, T. 2020. BIY6038 Vesistöjen kunnostustekniikat. Karelia-ammattikorkeakoulu. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Luentomoniste. 10.3.2022.
- Valtioneuvoston asetus aluehallintovirastojen maksuista vuonna 2022 201/2022 Vesilaki 587/2011

Pohjaeläintaulukot ja kuvaajat

Pohjaeläimet	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	yht.	Shannon-Wiener (H')
Plecoptera	2	3	2	7	-0,251
Amphipoda	8			8	-0,269
Trichoptera	3	2		5	-0,207
Oligochaeta	2	2		4	-0,181
Chironomidae	1	3		4	-0,181
Isopoda		6	18	24	-0,367
Chaoboridae			5	5	-0,207
Ephemeroptera			1	1	-0,068
Gastropoda			1	1	-0,068
Hydrachnidia			1	1	-0,068
kaikki				60	1,866

Kylmäojantien näytteenottoaikaan pohjaeläimet 25.10.2021

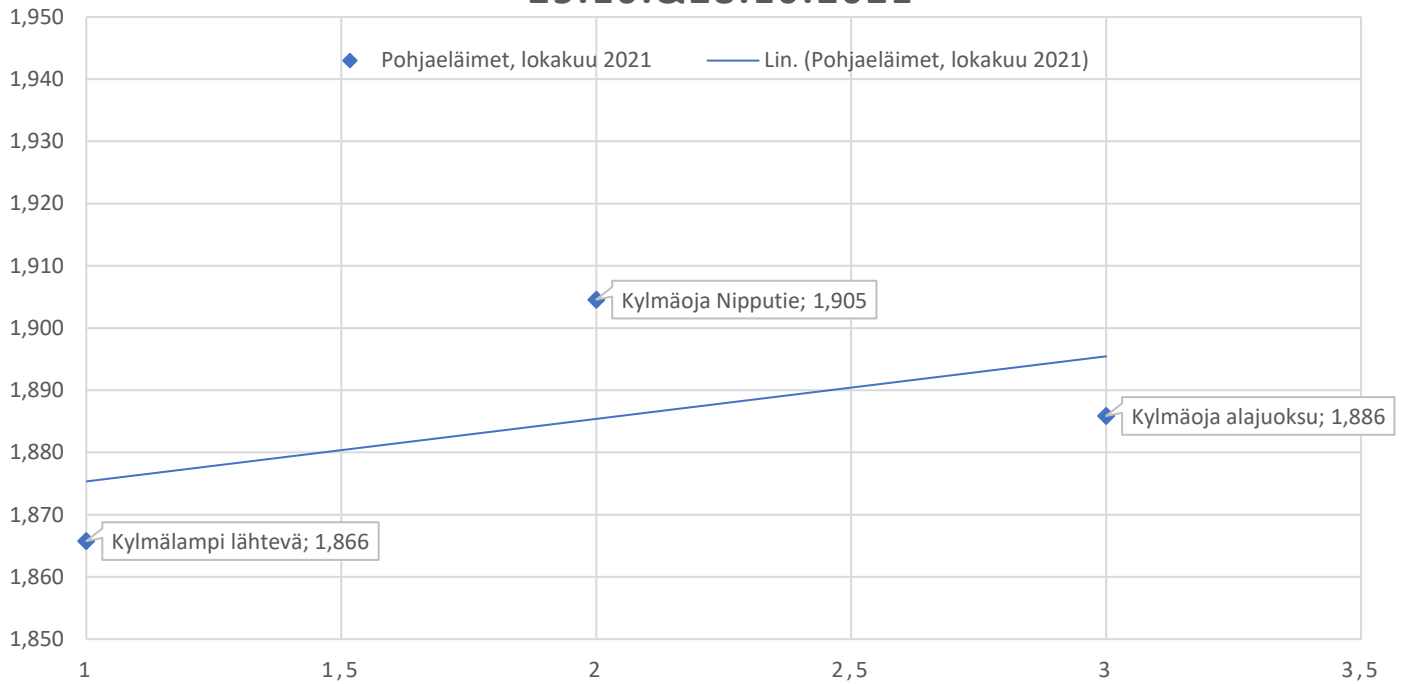
Pohjaeläimet	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	yht.	Shannon-Wiener (H')
Amphipoda	4		3	7	-0,353
Isopoda	5			5	-0,317
Chaoboridae	1	2		3	-0,249
Diptera	2		1	3	-0,249
Oligochaeta	1		3	4	-0,288
Plecoptera		1		1	-0,125
Chironomidae			2	2	-0,197
Trichoptera			1	1	-0,125
kaikki				26	1,905

Nipputien näytteenottoaikaan pohjaeläimet 28.10.2021

Pohjaeläimet	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	yht.	Shannon-Wiener (H')
Trichoptera	7		4	11	-0,322
Chironomidae	9	7		16	-0,359
Oligochaeta	2			2	-0,121
Lampetra planeri	1	5	1	7	-0,262
Diptera	1	3	2	6	-0,242
Amphipoda/isopoda		4	1	5	-0,218
Chaoboridae		1	5	6	-0,242
Hirudinea			2	2	-0,121
kaikki	20	20	15	55	1,886

Kylmäojan alajuoksuun näytteenottoaikaan pohjaeläimet 28.10.2021

Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi 25.10.&28.10.2021



Kylmäojan havaintopaikat, pH 25.10.&28.10.2021

