

370

Sinikka Jokela

KOKEELLINEN TUTKIMUS

Katsaus kokeelliseen ja ekotoksikologiseen tutkimukseen
Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa



Julkaisua on saatavana myös internetissä:
<http://www.ymparisto.fi/lsu> >>Palvelut, tuotteet ja lomakkeet>Julkaisut>Sähköiset julkaisut
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut> >>Alueelliset ympäristöjulkaisut -sarja

ISBN 952-11-1921-7
ISBN 952-11-1922-5 (pdf)
ISSN 1238-8610

Toimittaja :
Sinikka Jokela

Kuvat :
Marja-Leena Ventonen tai
muussa tapauksessa kuvaajan nimi näkyy kuvan kyljessä.
Etukannen kuva: Taimenten infektointia glockidiotoukilla
maasto-olosuhteissa. Kuvaaja Marja-Leena Ventonen (2000).

Kartta:
Carita Rautiainen

Layout:
Marja-Leena Ventonen

Julkaisija :
Länsi-Suomen ympäristökeskus

Paino:
Ykkös-Offset Oy, Vaasa, 2004

Sisällysluettelo

ALKUSANAT	5
UHANALAISTUNUT LUONTO	7
Globaali ja kansallinen tilanne	7
Jokivesistöt	7
Rannikko	8
Maaperä	8
Säädöksiä	9
KOKEELLISEN TUTKIMUSTOIMINNAN LÄHTÖKOHDAT JA KEHITYMINEN YHTEISKUNNALLISTEN ARVOJEN MUKAAN... I I	
Veden kemiasta ekologiaan	11
Yhteiskunnallinen kehitys ja kokeellisen tutkimuksen tarve	11
Haitallisten aineiden kuormitus/ kansallisia painetekijöitä	12
Kokeellinen ja ekotoksikologinen tutkimus	13
Kokeellinen ja ekotoksikologinen tutkimustarve tänään	14
VISIO YMPÄRISTÖN TILASTA JA SEURANNASTA . . .	16
Jokiympäristö	16
Kemianteollisuuden vaikutuksen alainen ympäristö	17
KOKEELLINEN JA EKOTOKSIKOLOGINEN TUTKIMUS, TUTKIMUSHANKKEET	19
Jokiympäristö	22
VEDEN LAATU / TOKSISUUS	22
Laboratoriokokeet	22
Kenttäkokeet	23
HABITAATIT , SEDIMENTIT	27
Sedimentin raekoko	27
Rapujen suojapaikat	28
Koskihabitaattien kivet ja sammalet	28
Toksisuus	29
Suvannot	29
Kosket	32
Vesisammalet	32
Vesiperhosen toukat	33
PERHONJOEN SÄÄNNÖSTELYKOKEET	33
KUNNOSTUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN JA SOVELTAMINEN	36
Nahkiaisen viljely ja istutustoiminta	36
Jokihelmisimpukan viljely ja istutustoiminta	37
Vaellussiika ja istutustoiminta	39
Genetiikka uhanalaisten lajien viljelytoiminnassa	40
Habitaattikunnostukset	40
Happamuuden torjunta	41
YHTEISTYÖMAHDOLLISUUDET	42

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, RKTL	42
Opinnäytteitä ja yliopistoyhteistyötä	44
<i>Muu ympäristö</i>	45
LÄHTÖKOHTA	45
PÄÄSTÖ- JA VAIKUTUSTARKKAILUN KEHITTÄMINEN	45
KEMIKAALIEN KÄYTTÖTARKKAILUN KEHITTÄMINEN	47
Alue- ym. yhteistyö	48
MISSÄ MENNÄÄN	51
<i>Tulosten hyödyntäminen</i>	53
HAITALLISTEN AINEIDEN TILAN, VAIKUTUSTEN JA RISKIEN ARVI-	
OINNISSA SEKÄ YMPÄRISTÖLAATUNORMIEN ASETTAMISESSA	53
PAINETEKIJÖIDEN ERITTELYSSÄ	55
Säännöstely	55
Habitaatit	55
Veden laatu	56
KUNNOSTAMISESSA	56
Habitaattikunnostukset	56
Viljeltyjen toukkien istutukset	56
SEURANTAOHJELMAN KEHITTÄMISESSÄ	57
Seurantaohjelmaehdotus	57
Jokiseurannan kustannuksista	59
<i>Muu vaikuttavuus</i>	61
JATKOTOIMET	62
Mitä vielä pitää tehdä	62
Riittääkö aika	63
Riittävätkö resurssit	63
JOHTOPÄÄTÖKSET	65
MENETELMIEN KEHITYSTYÖ	68
Kirjallisuus	70
Liite	76



ALKUSANAT

Ympäristöhallinnossa on ollut veden laadun seuranta ja siihen liittyvää laboratoriotointa jo 1960-luvun alusta lähtien. 1970 - 1980 -luvulla toteutettiin voimataloutta ja tulvasuojelua varten mittavia vesistöarokentamistöitä; perkaamista, säännöstelyä, patoamista. Rakennustöistä aiheutuneiden vahinkojen kompensoimiseksi tarvittiin merkittävää tutkimustoimintaa, erityisesti kalataloudellisten vahinkojen arvioimiseksi ja korvaamiseksi.

1980-luvulla jokien virkistyskäyttö alkoi lisääntyä. Tutkimuksin voitiin osoittaa, että vesistöjen suojele ja toisaalta vesistöjen taloudellinen hyödyntäminen eivät ole ristiriitaisia, toisiaan poissulkevia tavoitteita, ja että hyödyntäminen voidaan toteuttaa luonnontaloutta tukevalta pohjalta. Tältä pohjalta toteutetut Lestijoen vesistön (1989) ja Ounasjoen luonnontaloudelliset kehittämissuunnitelmat olivat ensimmäiset Suomessa. Sosioekonomisten selvitysten mukaan esim. Lestijoella on vetovoimaa kalastuselämysten antajana ja sinne halutaan palata toistuvasti, kauempaakin.

Siinä kun ympäristöhallinnon tutkimuksen ekologinen perusta luotiin jo 1970 -luvulla, päätettiin laboratoriotoinnin erikoistumisesta 1980-luvun loppupuolella. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen tutkimuspäällikkönä sain olla luomassa perustaa ja puitteita tutkimus- ja laboratoriotoinnin kehittämisessä, mm. useita yliopistoja käsittävien yhteistyöverkostojen luomisessa ja uusien tutkimusmenetelmien kehittämistyössä. Tutkimus on kulkenut eräänlaisena loimilankana yhteiskunnallisessa kehityksessä, realisoijana, mahdollistajana ja suunnannäyttäjänä. Vuodesta 2000 lähtien vesistöjen hyvän ekologisen tilan tavoitteet ovat kuuluneet osaksi yhteistä eurooppalaista vesipolitiikkaa ja siten osana Länsi-Suomen ympäristökeskuksen jokierikoistumista ja valtakunnallisen laboratorionverkon kehittämistä.

Nyt esiteltävät T&K-hankkeet painottuvat erityisesti kokeellisen laboratorion mahdollistamiin tutkimuksiin 1990-luvun alusta näihin päiviin. Niissä on kuitenkin taustalla koko se ekologinen aineisto ja kenttäkokeet, mitkä on toteutettu jo useiden vuosikymmenien aikana.

Tutkimusten esittelyllä halutaan antaa tietoa ja esimerkkejä siitä, miten moninaiset tietotarpeet ovat kun siirrytään seurannasta konkreettisiin ympäristön tilan parantamistoimiin ja mikä on tutkimuksen nykytila tässä kronologisesti etenevässä prosessissa. Lisäksi on esitetty tarpeet tutkimuksen edelleenkehittämiseksi, erityisesti luonnon uhanalaistuvan kehityksen pysäyttämiseksi.

Kokeellinen tutkimus on myös yksi nykyisen Länsi-Suomen ympäristökeskuksen tutkimus- ja laboratoriotoinnin osaamisalueista. Sillä on hyvät valmiudet toiminnan edelleenkehittämiseen; tarkoitukseen luodut laboratoriotilat ja -laitteet sekä tutkimusmetodiikka, ja edelleen, henkilöstö, joka hallitsee syvällisen tiedon ja vaativatkin koejärjestelyt. Ekotoksikologisen ja kokeellisen tutkimuksen alan asiantuntemus edustaa nyt myös aluekehitykseen liittyvää osaamista Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusverkossa.

Kiitän saamistani kommentteista.

Sinikka Jokela
Ylitarkastaja
Länsi-Suomen ympäristökeskus
Kokkolan toimipaikka



Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen arkistot

UHANALAISTUNUT LUONTO

Globaali ja kansallinen tilanne

Ihmiskunta elää parhaillaan maapallon historian laajimman sukupuuttoaalton harjalla. Biodiversiteetti vähenee jatkuvasti. Biodiversiteetti eli biologinen monimuotoisuus sisältää geneettisen, laji- ja ekosysteemimonimuotoisuuden. Eliölajeja kuolee parhaillaan ainakin 10 joka vuorokausi. Sukupuutot johtuvat pääosin trooppisten sademetsien tuhoutumisesta. Myös muualla biodiversiteetti on laskussa. Maapallon kalakannoista arviolta 75: tä prosenttia kalastetaan liikaa.

Eliölajiston määrä vähenee luontaisesti kohti pohjoista, missä luonto myös vaurioituu herkästi. Mm. ympäristömyrkyt kerääntyvät arktisille alueille ja hajoavat hitaasti. Suomessa monimuotoisuuden vähenemisessä on kyse erityisesti lajien paikallisten populaatioiden häviämisestä. Suomessa on noin 43 000 eliölajia, joista vain runsas kolmannes tunnetaan niin hyvin, että niiden uhanalaisuus pystytään arvioimaan. Näistä tunnetuista lajeista joka kymmenes on nykyään uhanalainen, mikä merkitsee yli 1500 lajia. Uhanalaisia lajeja elää eniten metsissä (38 %), perinneympäristöissä (28 %) ja rannoilla (11 %).

Luontotyyppejä Suomessa on 69, joista sisävesissä 7 ja merellä ja rannikolla 20. Johannesburgissa 2002 pidetyn maailman kestävän kehityksen huippukokouksen yhtenä tavoitteena on hidastaa maailman biologisen monimuotoisuuden vähenemistä merkittävästi 2010 mennessä.

Kangas ja Marttila (2004) ovat sitä mieltä, että enemmän kuin mikään muu ympäristöongelma, biodiversiteetin katoaminen uhkaa maapallon elämän edellytyksiä. Biologisen monimuotoisuuden vähentämisessä on kysymys lähivuosista – jokainen hukattu vuosi merkitsee kor-

vaamattomia menetyksiä. Ongelmana on se, että tietomme luonnon monimuotoisuuden tilasta ja sen kehityksestä ovat puutteellisia.

Euroopan ympäristökeskuksen johtaja Domingo Jimenez-Beltra toteaa, että vuosittaiset ympäristökatsaukset eivät yleensä paljasta dramaattisia muutoksia ympäristön tilassa. Katsauksen arvo mitataan kyvyssä tunnistaa piilevät kehityssuunnat ja odotettavissa olevat muutokset sekä kyvyssä antaa varhaisessa vaiheessa varoitusmerkkejä mahdollisista ongelmista. Nykyään puhutaan myös heikkojen signaalien tunnistamisesta.

Jokivesistöt

Myös jokiluonto on huolestuttavasti uhanalais-tunut viimeisten vuosikymmenien aikana, erityisesti 1950-luvulta lähtien. Puoli vuosisataa on joen historiassa häviävän lyhyt jakso. Lajit ovat syntyneet miljoonia vuosia sitten ja vesieliöstö on asuttanut alueemme tuhansia vuosia sitten. Myös ihminen on elänyt tuhansia vuosia luontoa hyödyntäen, metsästäen ja kalastaen sekä maata viljellen, kuitenkin luonnon tilaa laajasti uhkaamatta.

Nykyään Suomessa on enää 2 alkuperäistä lohikantaa, vaikka kantoja on luonnontilassa ollut runsaat 30. Meritaimenkantoja on enää 5, kun niitä on alun perin ollut 47 joessa. Jokihelmisimpukka eli raakku on pitkäikäinen virtaavien vesien simpukka, jota aiemmin esiintyi lähes koko maassa. Vuosisadan vaihteessa uittoperkaukset ja helmenkalastajien ryöstöpyynti tuhosivat raakkuja. Raakku rauhoitettiin 1955, jolloin helmenkalastus loppui. Rauhoitus ei turvannut raakkujen elinalueita. Noin 200 helmisimpukka-joesta on enää jäljellä pohjoiseen Suomeen keskittyneet 50 jokea.

Koko Euroopan kantoihin verrattuna raakkujo-
kia on Suomessa neljänneksi eniten, mutta sim-
pukoiden yksilömäärien perusteella Suomi on
vasta seitsemäs tai kahdeksas. Jäljellä olevia raak-
kukantoja uhkaavat mm. käynnistymässä ole-
vat laajat metsätaloudelliset kunnostusojitukset.

Ähtävän- ja Lapväärtinjoessa on jatkuvasti uhan-
alaistuvat erittäin iäkkäät helmisimpukkakan-
nat, jotka eivät ole lisääntyneet enää vuosikym-
meniin. Ähtävänjoen helmisimpukkakanta on
edelleen Oulun läänin eteläpuoleisista kannois-
ta runsain. Se käsittää noin 50 000 yksilöä kun
Lapväärtinjoella on vain muutamia kymmeniä
yksilöitä.

Myös vaellusnahkiainen on uhanalaistunut.
Nahkiaisista saadaan saaliiksi 90 % pohjoisista
Perämereen laskevista joista, kun ne ovat olleet
aiemmin yleisiä koko Suomessa. Pohjoisetkin
nahkiaiskannat ovat heikentyneet. Länsi-Suo-
men ympäristökeskuksen (LSU) alueen nahki-
aisjokia ovat enää Lestijoki, Perhonjoki, Lapväärtin-
joki ja Tiukanjoki. Niiden osuus koko Suo-
men nahkiaistuotannosta on 5 - 10 %.

Alkuperäiset meritaimenkannat ovat Länsi-Suo-
men ympäristökeskuksen alueella enää Lapväärtin-
joessa ja Lestijoessa. Vaellussiikasaliit ovat
pitkästi istutusten varassa, eikä luontainen li-
sääntyminen pystyisi turvaamaan kuin murto-
osan nykyisestä kannasta. Vielä 1970-luvun alus-
sa lohen tiedetään nousseen mm. Lestijokeen.

Uhanalaisia pohjaeläimiä tavataan suhteellisen
luonnontilaisista alueemme joista, mm. Lestijo-
en yläjuoksulta. Siellä esiintyy mm. *Arctopsyche*
ladogensis –vesiperhosta, joka on voimakkaasti
taantunut Oulun läänin eteläpuolella (Vuori ym.,
1998).

Suomen joet ovat "monivammaisia"; useat eri
haittatekijät, perkaukset, säännöstely, patoami-
nen ja veden laatu kohdistuvat niihin yhtäaikai-
sesti. Eräs esimerkki haittatekijöiden ekologisesta
yhteisvaikutuksesta on Perhonjokeen aiheu-
tettu mäkäräongelma. Syynä ovat sekä perkaa-
malla yksipuolistettu elinympäristö että sään-
nöstely, jotka molemmat haittaavat mäkärän vi-
hollisten toimeentuloa. Mäkäriä esiintyy enim-
millään yli milj. kpl / m², mikä on maailmanen-
nätys lajissaan.

Parhaassa kunnossa ovat pohjoiset joet.

Rannikko

Itämeri on julistettu herkäksi merialueeksi ma-
taluuden, heikon veden vaihtuvuuden ja vähäi-
sen suolapitoisuuden perusteella. Koko Itäme-
ren alueen ongelma on rehevöityminen, Pohjan-
lahdella korostuvat haitalliset aineet.

Rannikon ekologiaan vaikuttavat laajalla alueel-
la sekä haja- että pistekuormitus. Esimerkiksi
Kyrönjoen edustan kalakannat vaihtelevat voi-
makkaasti sen mukaan kuinka voimakkaana
maaperän happamuus- ja metallikuormitus kul-
loinkin huuhtoutuu rannikolle (Hudd & Leske-
lä, 1998). Samasta syystä on epäilty rannikon ma-
dekantojen saaliiden taantuneen. Siian kalastus
on siirtynyt rannikolta ulommas merialueelle.

Kokkolan edustan merialueella jätevesien hai-
tallisia vaikutuksia on havaittu mm. pohjaeläin-
lajistossa. Ennen 1970-lukua tehtaiden edustalla
oli "kuollut" alue, mistä pohjaeläimet puuttui-
vat. 1970-luvulla esiintyi edelleen selkeää toksi-
suutta, pohjaeläimistöön ei kuulunut vaativia
lajeja ja sinkkipitoisuudet olivat tasolla, joka
karkotti kaloja ja haittasi niiden lisääntymistä.
Myöhemmin pohjaeläimistö palasi ja vaativim-
matkin lajit kuten valkokatka, esiintyivät ylei-
sesti. 1990-luvun puolivälistä lähtien on ollut
kuitenkin häiriöitä herkkien vesieliöiden yksi-
lömäärissä ja eliöyhteisöissä. Näistä lajeista
mainittakoon valkokatka, itämerensimpukka ja
ruskolevä. Epäedulliset muutokset koskevat ti-
lannetta myös ulkomerellä (Pitkänen, 2004).

Kokkolan edustalle laskee osittain myös Per-
honjoki, jonka kuormitus esim. sinkin osalta on
tällä hetkellä 10-kertainen Kokkolan teollisuus-
den sinkkikuormitukseen verrattuna.

Rannikon kaloissa esim. Kokkolan alueella on
tavattu muutoksia vierasainemetabolian tasois-
sa (EROD-aktiivisuus), joka saattaa johtua pait-
si teollisuus- myös öljyn hajapäästöistä.

Maaperä

Maaperän suojelun tarve on käynyt kansallises-
ti ja kansainvälisesti yhä selvemmäksi. Erityi-
sesti maaperän kemiallinen pilaantuminen ja
globaalisti katsottuna maaperän eroosio ovat

nostaneet maaperän suojeltavien elementtien joukkoon. Euroopan Unionissa on parhaillaan käynnissä maaperän suojelustrategiatyö. Esimerkkinä maaperään kohdistuvasta piste-kuormituksesta on Kokkolan teollisuuden päästöt. Kontaminaation vaikutukset näkyvät tehdasalueen lähistöllä mm. änkyrimatojen määrissä, lierojen aineenvaihdunnassa ja metallipitoisuuksissa. Rannikon maaperä on myös happamista sulfaattimaista (HS) ja niiden kuivatamisesta johtuen hapanta ja metallipitoista. HS-maat esiintyvät laikuttaisesti. - Luonnon monimuotoisuuden säilyttämiselle on paitsi säädöspohjaisia, myös eettisiä, esteettisiä ja taloudellisia perusteita.

Säädöksiä

Maailmassa on yli 500 ympäristöön liittyvää kansainvälistä sopimusta, joista monilla on oma sihteeristönsä ja valvontaelimensä. Suomessa kaikki ympäristökeskukset ovat laatineet oman alueensa ympäristön tila raportin, johon sisältyy tilan tavoitteet aikatauluineen. Useimmiten ympäristön tilan on ennakoitu paranevan jo muutaman vuoden kuluessa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen visiona on, että vuoteen 2006 mennessä vesistöjen ekologinen tila ja käyttökelpoisuus sekä vesialueiden ekologinen toimivuus on selvästi parantunut; happamoituminen ja ravinnekuormitus on vähentynyt merkittävästi.

IPPC-direktiivi edellyttää yhtenäiseen ja kokonaisvaltaiseen ympäristön tarkasteluun perustuvan lupajärjestelmän luomista jäsenvaltioihin. Suomen ympäristölainsäädäntöä on yhtenäistetty vuonna 2000 voimaan astuneessa ympäristönsuojelulaisissa. Vuonna 2000 voimaan astunut Euroopan Unionin vesipuitteidirektiivi edellyttää, että vesistöt ovat ekologisesti hyvässä tilassa 2015.

Tavoitteen saavuttamiseksi yhteisön jäsenmaiden on suoritettava vesistöihin kohdistuva paineiden tunnistaminen, merkityksen arviointi ja minimointi. Haitalliset aineet on yksi vesien ekologisen ja kemiallisen tilan arvioinnissa ja seurannassa huomioon otettava tekijä. Ns. prioriteettiaineiden päästöjä tulee asteittain vähentää. Direktiivin toimeenpano on käynnissä lukuisten työryhmien muodossa.

Biodiversiteettisopimuksella olemme sitoutuneet muiden EU-maiden tavoin siihen, että luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen saadaan pysäytetyksi 2010 mennessä.

Vuonna 2001 komissio antoi valkoisen kirjan tulevaa kemikaalipolitiikkaa koskevasta strategiasta. Mikäli Reach-asetus astuu voimaan, kemikaalien tunnistaminen ja testaaminen tehostuvat oleellisesti ja voidaan lähteä toteuttamaan tarkoituksenmukaisia riskinhallintatoimenpiteitä. Taustalla on huoli niiden yli 30 000 kemikaalin ympäristö- ja terveysvaikutuksista, joita ei tunneta. Kuitenkin niitä tuotetaan ja käytetään päivittäin kaikkialla maapallolla.

Kestävän kehityksen edistämiseksi Suomeen on perustettu 1993 pääministerivetoinen toimikunta. Sen toteutumista mitataan kestävän kehityksen indikaattoreilla.

Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio - HELCOM - on toiminut jo 30 vuoden ajan. Komission Helsingin sopimus vuodelta 1992 koskee kaikkea meren ja rannikkovesien pilaaamista ja edellyttää toimia Itämeren koko valuma-alueella sekä meriluonnon monimuotoisuuden suojelua. Tavoitteena on mm. lopettaa ympäristölle haitallisten aineiden päästöt vuoteen 2020 mennessä. Aineiden valinnassa kiinnitettiin erityistä huomiota hormonitoimintaa häiritseviin aineisiin.

Merensuojelusopimuksissa on meriympäristön suojelemiseksi ohjattu myös ruoppaamista ja ruoppausmassojen läjitystä. Helcomin läjitysohje velvoittaa sopimusosapuolia kehittämään kansalliset sedimentin laatuksiteerit. OSPARin (koillis-Atlantin suojelusopimus) "mahdollisesti huolta aiheuttavien aineiden listalla" on noin 400 ainetta. Myös ympäristöministeriöllä on vesiensuojelun tavoiteohjelma, joka on suunnattu toiminnoittain.

Omat direktiivinsä suojelevat elinympäristöjä ja uhanalaisia lajeja. LSU:n alueen joista kuuluvat Natura-ohjelmaan Lestijoki, Ähtävänjoki ja Lapväärtinjoki (mm. luontotyypit: Fennoskandian luonnontilaiset jokireitit, jokisuistot; uhanalaisia lajeja). Kalakantojen suojelu on aina ollut tietyllä tavalla väliinpuotoajan asemassa, koska vastuu jakautuu epäselvästi ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön kesken. Suomi on lisäksi neuvotellut lohikalat ja vaelusnahkiaisen suojelusopimusten ulkopuolelle.



Kuvat: Suomi on laajasti soiden peittämä ja maaperältään monin paikoin hapan sekä laakea maa, jota joudutaan kuivattamaan tehokkaasti maa- ja metsätalouden tarpeisiin. Kuivattamisen seurauksena vesistöihimme huuhtoutuu paitsi kiintoainesta myös humusta, happamuutta ja metalleja. Kysymys on kansallisesta erityispiirteestä, joka asettaa meille omat tutkimustarpeemme eurooppalaisessa yhteisössä.



Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen arkistot

KOKEELLISEN TUTKIMUSTOIMINNAN LÄHTÖKOHDAT JA KEHITTYMINEN YH- TEISKUNNALLISTEN ARVOJEN MUKAAN

Tutkimustoiminta on kulkenut eräänlaisena loimilankana yhteiskunnallisessa kehityksessä, realisoijana, mahdollistajana ja suunnannäyttäjänä. Toisaalta on voitu vaikuttaa yhteiskunnalliseen kehitykseen, toisaalta yhteiskunnan kulloisetkin arvot ovat olleet reunaehtoina.

Tällä hetkellä ympäristöhallinnon tulevaisuuden haasteista merkittävin on uhanalaisten lajien turvaaminen ja ympäristön tilan parantaminen. Biologisen monimuotoisuuden vähenemiskehitystä ei ole toistaiseksi pystytty katkaisemaan. Se onkin ympäristön uhkatekijöistä vakavin. Kerran hävittyään laji katoaa peruuttamattomasti vieden mennessään aikojen saatossa muodostuneen geneettisen informaation. Kestävän kehityksen toimielimissä ollaankin oltu huolestuneita siitä, ettei ympäristön tilaa riittävästi tunneta eikä sitä kuvaavia ja riskejä aiheuttavia ja ennustavia indikaattoreita ole riittävästi kehitetty ja käytetty. Pitkä matka on vielä kattavasta ympäristöongelmien tiedostamisesta niiden syiden erittelemiseen ja poistamiseen. Tässä prosessissa korostuvat sopivien tutkimusmenetelmien kehittäminen ja hyödyntäminen.

Seuraavassa luodaan katsaus 1960-luvulta nykypäiviin tutkimustoiminnan kehittymisestä veden laadun seurannasta kohti niitä tietotarpeita, mitä konkreettinen ympäristön tilan parantaminen tarvitsee lähinnä oman toimialueemme näkökulmasta.

Veden kemiasta ekologiaan

Hallinnossamme on alettu seurata vesistöjen fysikaalis-kemiallista veden laatua jo 1960-luvun alusta lähtien. Tämä aineisto on koottu jokien osalta 1990-luvun lopussa (Niemi, 1998). Aineistosta nousevat esiin erot Suomen eri osien jokivesien laadussa, mutta ajallisia trendejä

ei esiinny 40 vuoden ajalta. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen (LSU) alueen vedet ovat muuhun maahan verrattuna humuspitoisia ja happamia, myös ravinnepitoisuudet ovat korkeat. Vesien käyttökelpoisuusluokituksessa LSU:n joet ovat suureksi osaksi vain välttävissä luokassa. Kaikkein vanhimpaan Holmbergin (1935) 1918 - 1921 aineistoon verrattuna muutoksia on nähtävissä alueemme jokien ylivirtaamakausi- en veden laadussa happamuuden ja humuksen lisääntymisenä.

Vielä 1970-luvulla oli käynnissä varsin intensiivinen jokirakentamien. Tällöin käynnistyi velvoitteisiin pohjautuva tarkkailu- ja tutkimustoiminta jokirakentamisen ja siihen liittyvien kalataloudellisten vahinkojen arvioimiseksi ja korvaamiseksi. Erityisenä kohteena ovat olleet nahkaiset, joiden taloudellinen arvo on ollut huomattava. Uutta tietoa on tarvittu nahkaisen monimutkaisesta elinkierrosta ja ympäristövaatimuksista. Tutkimukset, jotka edelleen ovat käynnissä, vaikkakin toisiin tarkoituksiin, ovat tuottaneet merkittävät ja arvokkaat ekologiset aineistot.

Yhteiskunnallinen kehitys ja kokeellisen tutkimuksen tarve

1980-luvulla yhteiskunnalliset arvot muuttuivat; vesien virkistyskäyttö lisääntyi. Rakentamistoiminnasta ja vahinkoarvioista siirryttiin entistä enemmän tavoittelemaan vesistöjen luonnontaloudellisesti kestäviä ratkaisuja. Koskiensuojelulaki valmistui 1987 ja se merkitsi osaltaan uuden vaiheen käynnistymistä.

Suhteellisen luonnonmukaisen Lestijoen luonnontaloudellista kehittämissuunnitelmaa laadittiin 1980-luvun alusta lähtien (Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri, 1989). Yhdessä Ounasjoen suunnitelman kanssa se oli ensimmäinen Suomessa.

Lestijoen suunnittelun yhteydessä tehtiin yhteiskunnallisia ja taloudellisia selvityksiä ja kokeiltiin osallistuvaa suunnittelua.

Tutkimuksin voitiin osoittaa vesistöjen taloudellinen merkitys rakentamattomana, luonnontalouteen perustuvia elinkeinoja hyödyntämällä. Suunnitelmaa on toteutettu. Mm. kalastusmatkailu on elpynyt. Tutkimusten mukaan kalastajat ovat "leimautuneet" Lestijokeen ja kävijöitä on runsaasti myös oman alueen ulkopuolelta (Halonen, 1988).

Toistaiseksi kalastusmatkailun kohteena on istutettu kirjolohi, mutta tavoitteeksi on asetettu taloudellisestikin merkittävämpi luonnon taimenkanta ja sen elvyttäminen. Luonnontaloussuunnitelma tavoitteli suojelun osalta suotuisaa suojelun tasoa ja suositteli taloudellista toimintaa tältä pohjalta. Loogisena jatkona Lestijoki on nyttemmin liitetty Natura-verkkoon, minkä sisältönä luonnontaloussuunnitelma toimii.

Samoihin aikoihin myös pitkälle rakennettujen jokien käytössä alettiin etsiä mahdollisimman kestäviä ekologisia ratkaisuja. Esim. Perhonjoen rakentamiseen liittyvät velvoitteet muuttuivat oleellisesti 1980-luvun alussa ja edelleen 1990-luvun alussa. Tavoitteeksi tuli nahkiaisien elvyttäminen ja muutoinkin joen tasapainoisemman ekologisen tilan saavuttaminen mm. ylisuuren mäkäräkannan poistaminen.

Ekologisen tilan parantamiseksi asetettuja tavoitteita ei ole ollut mahdollista lähteä toteuttamaan ilman uutta tutkimusmetodiikkaa. Häiriöiden syyt on pitänyt eritellä ja löytää kattavasti eri eliöiden ympäristölaatuvaatimukset. Jo aiemmin käynnistyneiden ekologisten aineistojen tuottamisen lisäksi - joka sekkin vaatii lisätietämystä - on tarvittu erityisesti kokeellista tutkimusta.

Tutkimuksellisesti on ollut kysymys suuresta haasteesta ja suuresta muutoksesta aiempaan. Konkreettinen ympäristön tilan parantaminen edellyttää erityisen eksaktia, monitahoista tietoa, joka kulkee prosessinomaisesti kohti mahdollisimman kattavaa ongelman ratkaisua. On myös tarvittu ulkopuolisia useiden osa-aluiden asiantuntijoita. Verkostoyhteistyössä on ollut useiden yliopistojen ja tutkimuslaitosten edustajia.

Haitallisten aineiden kuormitus/ kansallisia painetekijöitä

Yleensä ajatellaan, että luontoa kuormittavat haitalliset ja pilaavat aineet ovat peräisin teollisesta toiminnasta. Erityisesti meillä Suomessa tulee kuitenkin ottaa huomioon maaperä ja sen merkitys haitallisten aineiden tuottajana. Suomen rannikolla on Litorina-kaudelta peräisin olevia happamia sulfaattimaita (HS) 3 % kaikista maapallon HS-maista.

Kansainvälisesti ainutlaatuinen ilmiö, maankohoaminen on keskittynyt samoille alueille kuin HS-maat. Maankohoamista ei esiinny maailmalla Pohjoismaiden lisäksi kuin Kanadassa. HS-maita käytetään viljelyyn, mikä edellyttää peltojen pitämistä riittävässä kuivatustilassa. Kun samat alueet ovat sekä HS-maita, maankohoamisaluetta että ihmisen kuivatustoiminnan kohteena, syntyy kansainvälisesti ainutlaatuinen kuormitustekijä, hajakuormituksen tuleva, pistekuormituksenomainen vesistöihin huuhtoutuva happamuus- ja metallikuormitus. Ilmiön keskus on Perämeren eteläosassa.

HS-maat on kuivatettu erityisesti viime vuosisadan jälkimmäisellä puoliskolla. Tehokas kuivatus on aiheuttanut maassa esiintyvän rikin hapestumisen, jonka johdosta on syntynyt rikkihappoa ja maat ovat muuttuneet erittäin happamiksi. Maahappamuus liuottaa maa-aineksesta maaveteen useita metalleja, jotka yhdessä happamuuden ja rikin kanssa huuhtoutuvat veteen. Kuormitus tulee erityisesti ylivirtaamakaudesta salaojituksen seurauksena ja sitä säätelevät hydrologiset tekijät. HS-maiden osuus on monien metallien osalta selvästi suurempi kuin teollisuuden vastaava kuormitus (Sundström ym., 2002, liite sivulla 76). Happaman laskeuman aiheuttama happamuuskuormitus on Suomessa vain prosentin murto-osa HS-maiden vapauttamasta happamuudesta.

Suomen HS-maiden pinta-ala on lähes 3400 km². HS-maista kärsii noin 30 suomalaista jokivesistöä sekä niiden vaikuttama rannikkoalue, noin 300 km:n matkalla, mikä edustaa huomattavaa

osaa Suomen rannikosta. HS-maiden suhteelliset pinta-alat vaihtelevat vesistöalueittain. Les-tijoen valuma-alueella niitä on noin 1% (Wepp-ling ym., 1999), Lapväärtinjoella tilanne on ilmei-sesti samantapainen. Eniten HS-maita on LSU:n alueen eteläosassa, Kyrönjoella lähes 10 % valuma-alueesta. Pohjois-Pohjanmaalla HS-maita on Temmesjoen alueella ja Lounais-Suomessa Sirp-pujoen alueella. Yhden prosentin HS-maiden osuus valuma-alueesta merkitsee sitä, että hap-pamuusongelmia on muutaman kerran kymme-nessä vuodessa.

Toinen merkittävä suomalainen piirre ovat suot. Maankohoamisen seurauksena kaltevuus on jat-kuvasti pienentynyt Pohjanlahden rannikolla ja aiheuttanut maiden vettymistä, jokisuistojen madaltumista ja soistumista. Soistumista lisää kylmä ilmasto, jonka seurauksena haihtuminen on vähäisempää kuin sadanta ja orgaanisen ai-neksen mikrobiologinen hajoaminen jää puut-teelliseksi. Soita on ollut 30 % Suomen pinta-alasta, Keski-Pohjanmaan pinta-alasta jopa 60 %.

Suomi on suhteellisesti ottaen maapallon suo-valtaisim maa ja se harjoittaa ainoana maana maa-ilmassa laajamittaista turve- ja muiden maiden kuivattamista metsätalouden tarpeisiin. Jokive-sistöjen valuma-alueista yli puolet on usein maa- ja metsätaloudellisen kuivatuksen piirissä. Myös turvetuotannolla on kasvavat tarpeet. Maaperän kuivattamisen seurauksena vesistöihin huuhtou-tuu mm. humusta, kiintoainetta, metalleja ja toi-sinaan myös happamia yhdisteitä, (mm. Laine ym., 1992).

Niistä haitallisista metalleista, mitä metsätalou-dellisista hankkeista huuhtoutuu vesistöihin, merkittävin lienee rauta. Raudan vaikutukset lie-nevät myös laaja-alaisimmat ja käsittävät suu-ren osan Suomen jokivesiä. Rauta esiintyy hap-pipitoisissa humusvesissä humukseen sitoutu-neena, joko kahden- tai kolmenarvoisessa muo-dossa. Rauta muuntuu olomuodosta toiseen mo-nimutkaisella tavalla mm. vuodenajoittain. Ojit-taminen muuttaa raudan muuntumisen luontais-ta rytmikkaa.

Maaperän ominaisuuksien mukaisesti myös muut haitalliset metallit, mm. alumiini ja sinkki saattavat huuhtoutua vesistöön.

Kokeellinen ja ekotoksiko-loginen tutkimus

Alueen maaperän laatu ja maakäyttö ovat siis merkittävä kuormittaja, jonka vaikutuksia ei havaita perinteisellä lähestymistavalla. Ympä-ristöhallinnon seuranta ei ole indikoinut uhan-alaisten kantojen taantumista. Silloinkin kun ei ole ollut kysymys aiemmin käsitellyn rakenta-mistoiminnan vaikutuksista, useat lohensukui-set kalat, nahkiaiset ja helmisimpukkannat ovat romahtaneet ilman että ympäristöhallinnon seurantajärjestelmässä mikään olisi hälyttänyt. Lajidiversiteettiin perustuvissa menetelmissä-kin haitta-aineiden vaikutukset voidaan nähdä korkeintaan vasta kun muutoksia populaatio-ja eliötasolla on jo tapahtunut.

Näistä syistä on ollut tarpeen kehittää herkkiä ekotoksikologia ja kokeellisia menetelmiä hai-tallisten aineiden tilan ja vaikutusten arviointiin, seurantaan ja riskien ennakointiin. Kehitys-työtä on tehty 1980-luvun lopulta lähtien ja työ on kohdentunut erityisesti koskiympäristöön. Esimerkiksi Iijoen latvoilla olevan Livojoen käyttökelpoisuusluokka on hyvä, mutta näiden uusien menetelmien perusteella useiden metal-lien pitoisuudet edustavat ekotoksikologia ris-kitasoja (Posti, 2004). Mitä ilmeisimmin on ky-symys maankäytön vaikutuksista.

Kukkosen (2003) mukaan pistekuormituksen haitalliset vaikutukset Kymijossa eivät näky-neet perusbiologiassa tai veden kemiassa, ve-den kemiallinen tila oli jopa parantunut, sen si-jaan vaikutukset näkyivät herkillä mittareilla mitattuna, eliöiden morfologiassa.

Lisäksi on ollut tarpeen tehdä alueen omia ve-siä käyttäen eri eliöiden altistuskokeita veden laadullisten sietorajojen ja vesiensuojelutavoit-teiden asettamiseksi, koska muualla maailmas-sa tuotettua aineistoa ei voi soveltaa Suomen humuspitoisiin vesiin.

Koska maaperästä huuhtoutuvat haitalliset ai-neet hoitamattomina vievät pohjan pois jokien ekologiselta elvyttämiseltä, tutkimukset myös näiden aineiden luonteesta, laajuudesta (Eden

ym., 1999) ja torjuntamahdollisuuksista (Wepp-ling ym., 1999) on aloitettu yhtäaikaisesti muun ekologisen tilan parantamiseen tähtäävän tutkimuksen kanssa 1980-luvulla ja niitä on jatkettu näihin päiviin asti.

2000-luvulla yhteiskunnallinen tilanne siirtyi jälleen uuteen vaiheeseen. Valtakunnan kehittämisessä otettiin tavoitteeksi suurten taajamien lisäksi myös keskisuurten taajamien alueellisten vahvuuksien kehittäminen sekä toiminta eri organisaatioissa näiden vahvuuksien vahvistamiseksi, yli hallintorajojen.

Aluekehityksen merkittävänä työkaluna ovat osaamiskeskusohjelmat, joilla tuetaan alueellisia vahvuuksia valtakunnallisesti ja kansainvälisesti. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen toimialueen suurimmilla kaupungeilla on kullakin omat osaamiskeskusohjelmansa.

Kokkolanseudulla kemia valittiin alueelliseksi vahvuudeksi ja se on saanut myös valtakunnallisen osaamiskeskuksen statuksen. Keskeinen kemian alan osa koskee teollisuuden kemikaalien riskinhallintaa ja siihen liittyvää ympäristöosaamista.

Vesipuitedirektiivin tulo ja muu kansainvälinen kehitys on merkinnyt sitä, että tarvitsemme entistä enemmän kansainvälistä yhtenäisyyttä ja vertailumahdollisuuksia. Ekotoksikologisessa tutkimuksessa on tullut tarpeelliseksi hyödyntää muiden testien ohella standarditestejä ja muita Euroopassa paljon käytettyjä menetelmiä.

Kokeellinen ja ekotoksikologinen tutkimustarve tänään

Kaiken kaikkiaan haitallisten aineiden arviointiin, havaitsemiseen ja seurantaan sekä piste- että hajakuormituksen osalta on erityisiä tarpeita. Tämä kokonaisuus on puutteellisesti edustettu- na sekä ympäristöhallinnon että yliopistojen tutkimusohjelmissa. Siinä missä biologinen tutkimus on maassamme muutoin arvioitu korkeatasoiseksi, ekotoksikologian alan tutkimuksen ti-

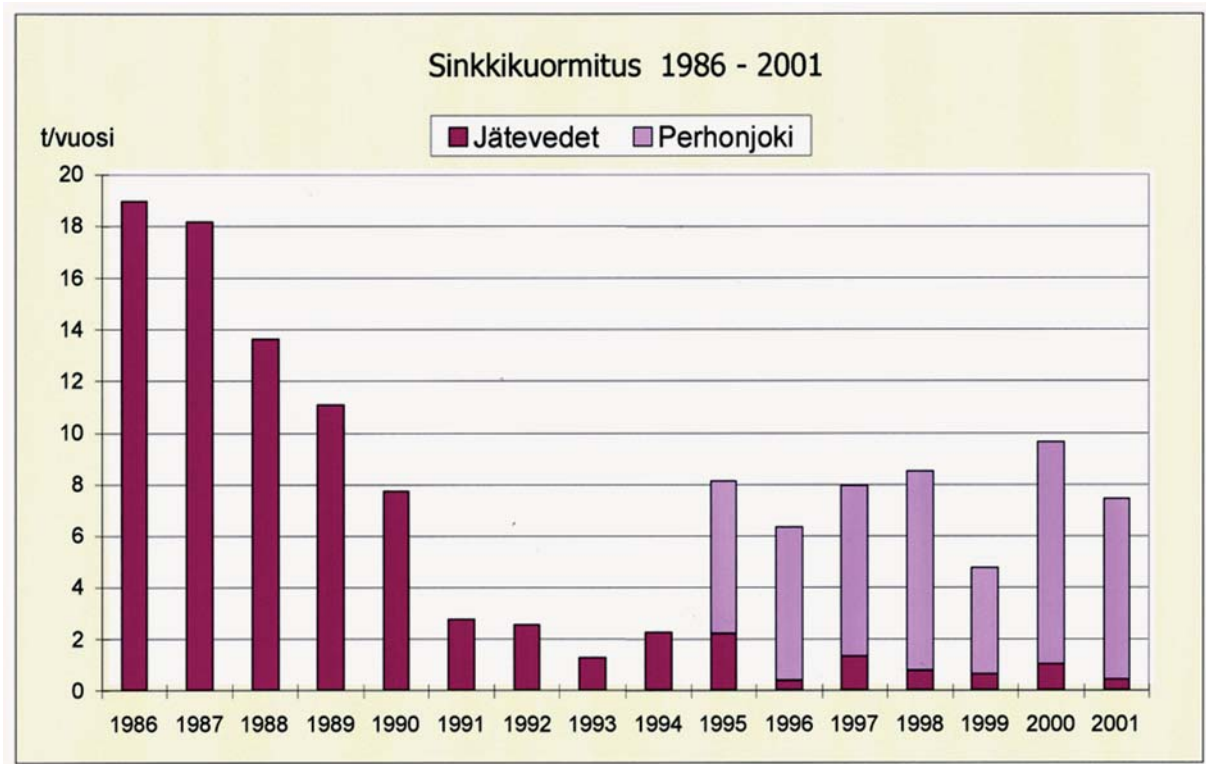
laa pidetään vaihtelevana (Gabrielsson, toim., 1999). Kyseiset tarpeet nousevat keskeisesti myös EU:n vesipuitedirektiivistä, kemikaali- ja ympäristösäädöksistä sekä biodiveriteettisopimuksesta.

Kun otetaan huomioon Suomen maaperän ja sen kuivattamisen aiheuttamat erityispiirteet metalli-, happamuus- ja kiintoaineongelmineen, kemian alan teollisuus mittavine kemikaalimääri- neen, mahdollinen kaukokulkeutuminen, Suomen herkkä, pohjoinen ilmanala sekä yhä köyhtyvää biodiversiteettiä, tulisi haitallisten aineiden tutkimus, ekotoksikologia olla meillä erityinen painopiste. Juuri ekotoksikologisilla menetelmillä voidaan usein arvioida lajien biodiversiteetin säilymiseen liittyviä kysymyksiä ja kestävää kehitystä (Jokela 2002).

HS-maat ei ole paikallinen ilmiö, koska sen vaikutuspiirissä on yli 30 jokea ja yli 300 km rannikkoa. Lisäksi maa-, metsä- ja turvetaloutta varten tehtävät lajaat kuivatukset jokien valuma-alueilla irrottavat suuria määriä kiintoainetta ja metalleja herkän luonnon "niskaan" monin paikoin myös kalataloudellisesti jo kunnostettuihin kohteisiin. Ilmiö korostuu kun ilmasto-olosuhteet äärevöityvät ja lähiaikoina metsätaloudessa on tulossa uusi kuivatusaalto. Keski-Pohjanmaalla on lisäksi erityisen suuret paineet turvetuotannon mittavaan laajentamiseen.

Kaupin (2003) mukaan vesistöjen tilan seurannassa on paljon kehitettävää. Erityisen tärkeää on panostaa biologisen tiedon lisäämiseen ja haitallisten aineiden vaikutusten tutkimiseen. Suomessa on tutkittu varsin vähän haitallisten aineiden vaikutusta vesistöihin. Sisävesien muutoksista tiedetään hyvin vähän. Ekosysteemin sieto- ja palautumiskyvyn kannalta olennainen toiminnallinen monimuotoisuus tunnetaan vielä huonommin kuin lajien monimuotoisuus.

Haitallisten aineiden seurannan lisäämistarpeet koskevat koko EU:ta. Vesipuitedirektiivi edellyttää perusseurantaa ja tila-arvioita myös haitallisten aineiden osalta. Mikäli vesistöt ovat huonommassa kuin hyvässä luokassa, tulee käyttää mahdollisimman herkkiä, vaikutuksia par-



Diagrammi I: On arvioitu, että Suomessa huuhtoutuu vesistöihin Z:n lisäksi myös Al:ia, Mn:ia, Co:ia, Ni:ä, ja Cd:ia huomattavasti enemmän haja- kuin pistekuormituksena. Cu:n, Pb:n-, Fe:n osalta piste- ja hajapäästöt ovat suunnilleen samalla tasolla. Kuvassa Kokkolan esimerkki (Kallioliina, 2003). Perhonjoen tiedot lisätty 1995 vuodesta lähtien.

haiten kuvaavia menetelmiä. Seurantajärjestelmä tulee olla käytössä 2006 ja ekologinen tila tulee olla vähintään hyvä vuonna 2015.

Seurannan piirissä tulee olla jo hyväksytyt yhteisötason prioriteettiaineet, joita täydennetään aika ajoin, samoin kansalliset prioriteettiaineet, joista on tehty ehdotus. Ne perustuvat olemassa oleviin vesistöpitoisuustietoihin ja aineiden ominaisuuksiin (pysyvyys, kertyvyys, toksisuus) ja altistuspotentiaaliin. Myös ehdotetut ympäristölaatu-normit on asetettu vesikemiallisen aineiston perusteella malleja hyödyntäen. Alueellisten prioriteettiaineiden listaa valmistellaan.

Suomessa on kuluneena vuonna valmistunut useiden tarkkailun kehittämiseen tähtävien työryhmien raportteja, jotka koskevat käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailua sekä haitallisten

aineiden ympäristöseurantojen ja velvoitetarkkailun kehittämistä (Karhu ym., 2004; Korhonen & Londesborough, 2004; Anon., 2004).

Tarkkailuohjelmiin sisältyy seuraavanlaisia lähtökohtia ja tavoitteita:

- tiedon tarve suuri, nykyseurannat eivät tavoitteiden mukaisia
- tarvitaan parempi kuva ympäristön tilasta ja ympäristöpolitiikan vaikuttavuudesta
- haitallisten aineiden/ toksisuustestauksen osuutta tulee lisätä
- tarve kohdistaa, priorisoida yleisseurannaa
- tarvitaan ongelmapohjaista lähestymistapaa, riskinarviota
- tarvitaan herkkiä mittareita
- käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailu muodostavat kokonaisuuden.

VISIO YMPÄRISTÖN TILASTA . . .

Tutkimuksellisenä tavoitteena on ollut jo 1980-luvulta lähtien tiedon tuottaminen alueen uhanalaisen luonnon ongelmista, elvyttämisen edellytyksistä ja keskeisistä keinoista. Tavoitteena on myös ollut kehittää herkkiä, riskejä ennakoivia menetelmiä biodiversiteetin laskevan suunnan pysäyttämiseksi. Nyttemmin samat tavoitteet sisältyvät vesipuitedirektiiviin ja ympäristölainsäädäntöön.

Luonnollisesti on painopisteenä ollut sellaisen tiedon tuottaminen, mitä ei ole muualta saatavana. Tällöin ovat korostuneet haitalliset aineet joki- ja rannikkoympäristöissä, vedessä sekä erityisesti sedimentissä ja biologisessa materiaalissa, sen lisäksi että eri eliöiden habitaattivaatimuksista ja säännöstelyn vaikutuksista on tarvittu tietoa. Lisäksi uhanalaisten jokikantojen viljelymenetelmät ovat kuuluneet keskeisesti kehityskohteisiin.

Tulevaisuuden visiona on viedä nämä tutkimukset ”loppuun” saakka ts. niin pitkälle, että ympäristön tila on palautettu tai tietoisesti luovuttu tavoitteesta ja pystytään nykyistä herkempi ja luotettavampi seurantajärjestelmä. Samalla tutkimus priorisoituu.

Seuraavassa esitetään lyhyesti visio keskeisimmistä ympäristötutkimusta ohjaavista tavoitteista. Painopisteet ovat jokiympäristössä sekä kemian teollisuuden vaikuttamassa ympäristössä.

Jokiympäristö

- **Ekologisen tilan arviot on tehty.**
- **Tavoitteet on asetettu joko hyväksi ekologiseksi tilaksi tai potentiaaliksi.**
- **Painetekijät on eritelty kokeellisella tutkimustoiminnalla (tutkinnallinen seuranta) siten, että**
 - ekologisen säännöstelyn raja-arvot tunnetaan
 - haitallisten aineiden vaikutukset on testattu ja asetettu ympäristölaatuormit
 - eri eliöiden habitaattivaatimukset tunnetaan.
- **Jokikohtaiset hoitosuunnitelmat ja uhanalaisten jokilajien suojelemissuunnitelmat on laadittu. Erityiskohteena ovat Natura-joet.**
- **Kunnostusmenetelmiä on kehitetty ja otettu käyttöön.**
 - **Happamuuden torjunta: kalkkisuodinojituksia on toteutettu uusien salaojitusten yhteydessä; pitkäaikaisvaikutukset tunnetaan ; muita menetelmiä on testattu; rahoitusjärjestelmä on kehitetty.**
 - **Kiintoainekuormituksen torjuntaan on kehitetty menetelmiä valuma-alueilla.**
 - **Nahkiaisen habitaattikunnostusmenetelmä on saatu kehitettyä toimivaksi ja otettu laajempaan käyttöön.**

... JA SEURANNASTA

- Nahkiaisten istutukset Perhonjokeen tuottavat tulosta ja mahdollistuu laaja-alaisempi istutustoiminta.
- Rapujen habitaattikunnostusmenetelmiä on kehitetty ja otettu laajempaan käyttöön.
- Lohikalojen habitaattikunnostusmenetelmiä on täydennetty vesisammalkunnostuksilla.
- Helmisimpukan viljelymenetelmää on kehitetty edelleen; istutukset on otettu laajempaan käyttöön.
- Lyhytaikaissäädöstelyä on kevennetty.
- Kunnostuksen yhteiskunnalliset tarpeet tunnetaan.
- Uhanalaisten lajien/kantojen molekyylogeneettiset ominaisuudet tunnetaan mm. istutustoiminnan perustaksi.
- Seurantajärjestelmä on uusittu.
- Perusseuranta on muotoutunut.
- Toiminnallinen seuranta
 - Hajakuormitus; rahoitusjärjestelmä, missä hajakuormitus maksaa oman tarkkailunsa, on luotu; menetelminä käytetään herkkiä, kuormitusta tai vaikutusta osoittavia menetelmiä.
 - Kunnostuksen seuranta on toiminnassa.
- Automaatiolla ja malleilla on korvattu nykyistä kemiallista seurantaa ja saatu veden laadun rytmiikka ja ääritilanteet esiin sekä parannettu tietojen tilastollista luotettavuutta.
- Taloudellinen ja yhteiskunnallinen seuranta on toteutettu.
- Valtakunnallinen ja kansainvälinen yhteistyö on monipuolista.

Kemianteollisuuden vaikutuksen alainen ympäristö

- Ekologiset riskit ovat hallinnassa.
- Ekotoksikologiset seurantamenetelmät on kehitetty ja otettu käyttöön
 - jätevesissä
 - vastaanottavassa vesistössä
 - maaperässä
- Alueellinen yhteistyö on verkottunut ja tukee aluekehitystä ja ympäristöhallintoa. Verkostoyhteistyössä ovat mukana yliopistot ja eri tutkimuslaitokset.



KOKEELLINEN JA EKOTOKSIKOLOGINEN TUTKIMUS, TUTKIMUSHANKKEET

Kokeelliset kenttätutkimukset käynnistyivät Keski-Pohjanmaalla jo 1970-luvulla. Tuolloin voitiin osoittaa kokeellisin tutkimuksin, että happamissa oloissa eläneet kalat olivat adaptoituneet kestävämpään happamuutta (Sipponen, 1977, 1978). 1980-luvun puolivälistä lähtien tutkimukset kohdentuivat nahkiaisen viljelymenetelmän kehittämiseen. Laboratoriotutkimukset käynnistyivät samoin 1980-luvulla yhteistyönä Helsingin yliopiston (HY) fysiologian laitoksen kanssa. Tällöin tutkittiin MMM:n yhteistutkimushankkeena Lestijoen meritaimenen ympäristövaatimuksia HY:n laboratoriossa. Koevetenä käytettiin Lestijoen vettä.

1990-luvun alkupuolelta lähtien kokeellista laboratoriotutkimusta on ollut mahdollista harjoittaa Kokkolaan valmistuneissa laboratoriotiloissa. Laboratorio on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima testauslaboratorio (T184), testausalueina ovat ympäristönäytteiden kemia ja ekotoksikologia. Huomattava osa tutkimuksista on liittynyt Perhonjoen ja Kalajoen velvoitteisiin. Tutkimuskohteena on ollut mm. säännöstelyn vaikutus ja mahdollisimman ekologisen säännöstelykäytännön mahdollisuudet.

Erillisiä tutkimushankkeita on toteutettu haitallisten aineiden seurantamenetelmien kehittämiseen sekä perattujen jokien pohjan laadun monipuolistamiseksi pohjaeläimistöä, rapuja ja nahkiaisia varten. Näissä hankkeissa on ollut MMM:n, YM:n, Nesslingin säätiön, WWF:n, TEKES`n, yritysten, maakunnan, TE-keskusten, EU:n ja Akatemian rahoitusta.

Kokeellista tutkimusta on käytetty myös kunnostusmenetelmien kehittämiseen, jo toteutettujen kunnostusten toimivuuden seurantaan ja kunnostusmenetelmien edelleen kehittämiseen ja hienosäätöön.

Mainittakoon, että jo 1980-luvulla vesiensuojelumaksuvaroilla tehtiin merkittäviä ekotoksikologisia tutkimuksia mm. Kokkolan edustalla (toksisuus, kertyminen, kalojen maksa-aineenvaihdunta), samoja joiden tarve on taas vasta viime aikoina paremmin tiedostettu (Ruoppa & Ojala, 1988; Lehtinen ym. 1988) ja myös siikkakoikeita (Niemi, 1981).

Merenkurkussa 1984 tapahtuneen rahtialus m/s Eiran öljyonnettomuuden yhteydessä tutkittiin mm. laboratoriotutkimuksissa raakaöljyn vaikutuksia kotilon liikkuvuuteen ja kuolevuuteen (Lax&Vainio, 1988).

Ms/ Helsingland joutui puolestaan öljyonnettomuuteen Kalajoella 1997. Öljyonnettomuuden vaikutuksia tutkittiin monipuolisesti käyttäen mm. kalojen vierasainemetabolian entsyymiaktiivisuutta sekä histopatologisia muutoksia kiduksissa (Hongell ym., 2000).

Kuvat : Perämeren ympäristöongelmissa korostuvat haitalliset aineet, joita tulee piste- ja hajakuormituksena sekä ilman kautta kaukokulkeutumina. Raskasmetallien lisäksi myös orgaanisilla yhdisteillä on merkitystä. Öljy on jatkuva merialueen ongelma, lisäksi kalojen dioksiinitasot ovat koholla. Haitallisten aineiden problematiikka sisältää merkittäviä tiedon aukkoja. Meri muodostaa jokivesien kanssa kokonaisuuden vaelluskalojen elinympäristönä. Merelliset arvokalasaaliit ovat istutusten varassa. Niiden luonnontuotannon elvyttäminen jokiympäristöissä on suuria haasteitamme.



Juha Sarell

Meissner (2000) käsittelee jokien seurannan lähestymistapojen vahvuuksia ja heikkouksia. Kokeellisilla menetelmillä voidaan lisätä tarkkuutta, mutta yleistettävyyteen ja todenmukaisuuteen tarvitaan lisäksi kenttämäärittäviä ja -tarkasteluja.

Seuraavassa luodaan katsaus Länsi-Suomen ja entisen Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen tutkimushankkeisiin, tutkinnallisen ja toiminnallisen seurannan sektorilla. Kokeellisen tutkimuksen ja biotestauksen avulla on paneuduttu jokivesien ongelmiin ja nyttemmin myös teollisuuden haitallisten aineiden tutkimussektoriin Kokkolanseudun kemian osaamiskeskuksen yhteistyöverkossa edellä esitetyn vision mukaisesti.

Tutkimuspolitiikkaan on kuulunut ongelma-keskeinen lähestymistapa siten, että sopivat testipatteristot, koetoiminta ja ekologiset kenttäaineistot yhdistyvät optimaalisesti. Meissnerin (2000) termeillä kuvattuna on yhdistetty tarkkuus ja yleistettävyyys.

Tutkimusongelman sisältönä on ollut uhanalaistuneen luonnon toimintaympäristön edellytysten selvittäminen, toimintakyvyn palauttamismahdollisuuksien arvioiminen ja uhkatekijöiden kartoittaminen.

Pääpaino on oman alueen tutkimuksissa, mutta mukaan on otettu myös muita täällä tutkittuja tai organisoituja tutkimuksia. Raportin esimerkkien toivotaan avaavan kokeellisen tutkimuksen asema ympäristötutkimuksessa. Rehevoitymistä ei tässä yhteydessä käsitellä. Koosteita tutkimustoiminnasta on myös videoina (1998, 2001). Tutkimuksia on esitelty myös seminaareissa, happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmista (Joukainen, 1998), biotestauksen alalta (2003) ja vesipuitteiden haasteisiin liittyen (2001). Kuvassa sivulla 68 esitetään menetelmien kehitystyö. Arviot menetelmien valmiusasteesta ovat subjektiivisia.

Kuva : *Virtavesien seuranta ja kunnostukset edellyttävät biologista koetoimintaa. Automaatiolla taas on mahdollista korvata perinteisiä kemiallisia seurantoja. Kuvassa on Perhonjoen asema, jossa on toteutettu monipuolinen seurantajärjestelmä; veden määrää ja sameutta mitataan jatkuvatoimisin atk-laittein. Biologisia testiorganismeja varten koeasettelussa on sarja rinnakkaisia kouruja, joiden pohjalla on muovinen ruohomatto. Järjestelmässä toteutuu samalla myös biologisten testien tilastollinen luotettavuus. Koeaikana sedimentoituvan aineksen määrää ja laatua on mahdollista analysoida. Menetelmää on alettu käyttää myös muissa alueen joissa.*

Jokiympäristö

VEDEN LAATU / TOKSISUUS

Laboratoriokokeet

Koska suomalaisten jokivesien korkean humuspitoisuuden vuoksi kansainvälisiä tuloksia eliöiden veden laadun raja-arvoista ei ole voitu meillä hyödyntää, on tarvittu omaa kansallista tutkimustoimintaa. Humusvesien toksisuuden merkitys alueellamme on erityisen keskeinen. Olemassa olevan kirjallisuuden ja alueen vesistöjen vedenlaatutietojen perusteella on saatu suuntaa antava käsitys veden laadullisista ongelmista, mitä on koetoiminnalla tarkennettu.

Eri jokieliöillä on tehty veden laadun altistuskokeita raudalla (Fe), alumiinilla (Al) ja happamuudella käyttäen pohjana alueen omia humusvesiä. Myllynen ja Nikinmaa (1992, 1993), Myllynen ym. (1997) sekä Myllynen (1993, 1997) tutkivat joki- ja ojavesien toksisuutta nahkiaisen mädille ja toukille. Soivio ym (1996, 1999) tutkivat vastaavasti Lestijoen vedellä happamuuden, raudan, alumiinin ja humuksen vaikutusta meritaimenen alkioon ja poikaseen sekä vaikutusta smolttiutumiseen.

Pakkala ym. (1996) tutkivat laboratoriossa vastaavien tekijöiden vaikutuksia jokihelmisimpukan glokidiotoukkien selviytymiseen. Metallien kertymistä ravun kidukseen, kudokseen ja suoleen on tutkittu useiden metallien ja happamuuden laboratorioaltistuskokeena sekä kenttäsumputuksena (Leka, 1997). Vasteena on käytetty kuolevuutta tai fysiologisia stressimuutuksia.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että jokivesistöissämme esiintyy aivan yleisesti, hetkittäin tai pysyvästi sellaisia raudan ja alumiinin pitoisuuksia tai happamuuden tasoja, joilla on letaaleja tai lievemmin toksisia vaikutuksia tutkittuihin jokieliöihin.

Vuori (1993) tutki vesiperhosen toukkien vasteita erilaisiin vedenlaatutekijöihin laboratoriossa ja maastossa. Toukkien Al-, Fe- ja Zn-pitoisuudet kuvasivat hyvin vastaavia pitoisuuksia vedessä. Tehokkaimmin toukat keräsivät sinkkiä ja kuparia. Lyhytkestoissa altistuksissa subletaalipitoisuuksille anaalipapillien väri- ja rakennemuutokset olivat pysyviä ja haittasivat toukkien aikuistumista. Siirtämällä mikrokosmoksissa toukkia puhtailta paikoilta aluna maiden kuormittamiin kohteisiin voitiin todentaa lyhytkestoiset, epäsuotuisat happamuus- ja metallijaksot muutoksina toukkien kuolevuudessa, morfologiassa ja kasvussa sekä lajikoostumuksissa.

Taimenen ja nahkiaisten osalta veden laadulliset raja-arvot olivat keskenään hyvin saman tyyppisiä. Herkimpiä vaiheita olivat luonnollisesti mäti ja vastakuoriutuneet poikaset. Helmisimpukka osoittautui tutkituista eliöistä vedenlaatuvaatimusten suhteen vaateliaimmaksi.

Tuloksia on hyödynnetty mm. vesiensuojelutavoitteita asetettaessa. Teoksessa Keski-Pohjanmaan vesistöjen tila ja vesiensuojelun kehittämissuunnitelma (Mikkola & Pakkala, 1997) alueen vesistöille määritettiin tavoitteet tehtyjen tutkimusten perusteella. Jokivesien ekologisen toimivuuden kannalta kriittisimpään asemaan nousivat happamuus, kiintoaine, rauta ja alumiini. Ensimmäistä kertaa Suomessa esitettiin veden laadulliset raja-arvot ja vesiensuojelutavoitteet raudalle. Rautapitoisuudelle asetettiin erikseen maksimitavoite happamissa vesissä (pH 5,5 tai sen alle, rautamaksimi 1700 ug/l) ja neutraaleissa olosuhteissa (rautamaksimi alle 2500 - 3000 ug/l). Happamuuden raja-arvoksi tuli pH 5,5, siten että happamuus itsessään aiheuttaa toksisia olosuhteita että myös lisää metallien toksisuutta kyseisen raja-arvon alapuolella.

Tutkimustarpeita

- Monipuolisempi metallien testaus eri eliölajeilla.
- Kesätulvan aikaisen veden laadun vaikutus nahkiaisen toukkiin; tiedetään että kesätulva saattaa tuhota koko vuosiluokan; erillisillä kokeilla tulisi selvittää onko syy mekaaninen vai veden laadusta johtuva.
- Kokeet kiintoaineen merkityksen selvittämiseksi eri eliölajeilla.
- Ravun monimuuttujakoe.
- Ravun kuntokoe / fysiologia.
- Syyt siihen, miksi siian lisääntyminen on heikko esim. Kalajoella: mätikokeet ja telemetria; vastakuoriutuneiden ja 1-kesäisten siianpoikasten käyttö.
- Raudan merkitys eliöille ajassa (vuorokauden, vuoden ajat) ja paikassa.
- Jokieliöillä tehtyjen toksisuustestien ja standarditoksisuustestien yhteys.

Kenttäkokeet

Kenttäkokeista mainittakoon Kyrönjoen automaattisilla mitta-asetemilla toteutettu koe talvehtimisaikaisesta veden laadun vaikutuksesta sukukypsien nahkiaisten fysiologiseen tilaan ja mädin hedelmöittymiseen. Tutkittavana oli eri asemilla eri asteisesti luontaisesti hapan Kyrönjoen vesi ja vasteena nahkiaisten lihaksen ja gonadioiden rasvapitoisuus, lihaksen vesipitoisuus, ja mädin kuoriutumisprosentti (Mäenpää ym. 1999). Hedelmöitymiskokeiden tuloksista ilmenee, että lisääntyminen häiriintyy sitä enemmän, mitä alemmas jokea mennään samalla kun veden laatu heikkenee. Kyrönjoella veden alhainen pH ja korkea alumiinipitoisuus erityisesti keväällä voivat olla merkittävä syy nahkiaisten mädin hedelmöitymisen epäonnistumiselle. Lyhytaikainenkin pH:n lasku esim. kevättulvien aikana voi olla kohtalokasta mädin kehittymisen kannalta (Myllynen ym. 1997). Nahkiainen sopii hyvin ilmentämään talviaikaisen veden laadun vaikutuksia myös muihin eliöihin. Nahkiaisen kutuun vaikuttavista hormonaalisista muutoksista on ollut varsin vähän tietoa. Vuosina 2003-2004 on käytetty pallosimpukoita Kyrönjoen mitta-asetemilla metallien akkumuloinnin ja eliöiden kuolevuuden selvittämiseen. Myös vesisiiraa on kokeiltu testieliönä v. 2003. Testaukseen liittyi teknisiä ongelmia, mutta eliö saattaa olla käyttökelpoinen mm. siksi, että se sietää happamuutta paremmin kuin pallosimpukka.



Jukka Tuohino



Eero Mäenpää

► **Kuvat:** Jokivesien eliöstö on erityisen riippuvainen sedimentin tilasta. Biosukelluksia käytetään mm. pohjan tilan ja eliöstön kuvaamiseen.

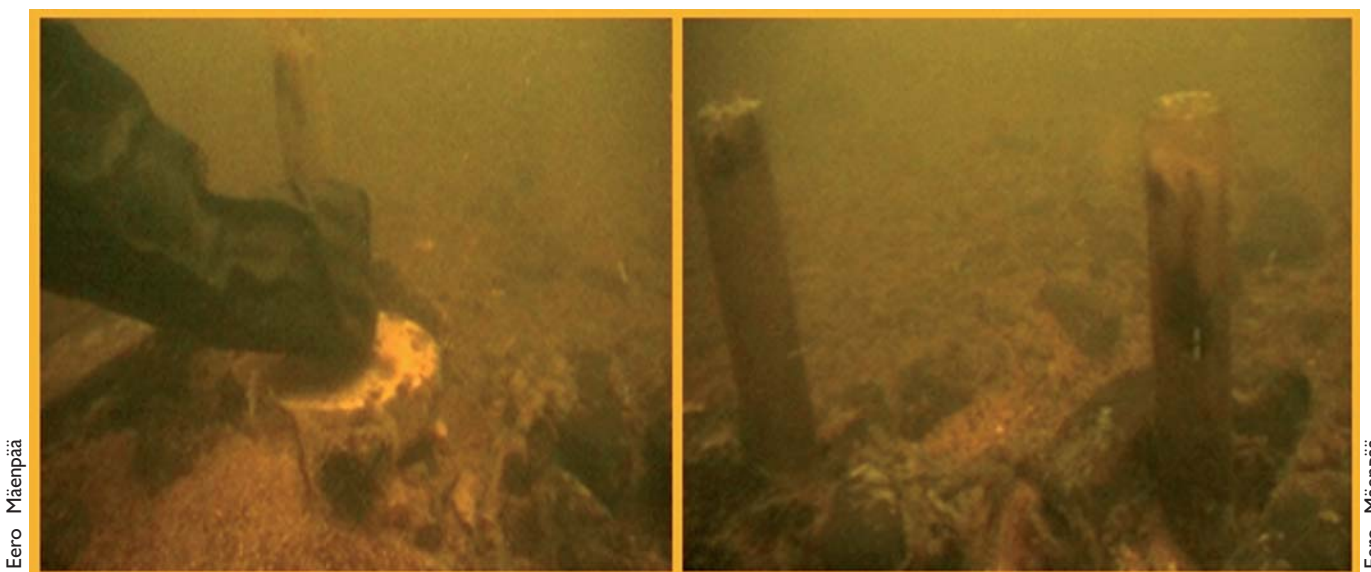
Ravun istutuskokeilla voidaan arvioida ennen niiden istuttamista, esiintyykö kyseisessä vesistössä ravun toimeentuloa haittaavia tekijöitä. Kuvassa erittäin uhanalainen helmisimpukka.

► **Kuvat:** Vedenalaiset kuvat osoittavat sedimentaation, joka usein on riskitekijä joen pohjalla elävien eliöiden toimeentulon kannalta. Sedimentaatiota lisää erityisesti valuma-alueen maankäyttö.

Siian mädin haudontakokeita on tehty Kyrönjoen automaattiasemilla vuodesta 1996 lähtien. Soran seassa oli läpivirtausakvaariossa hedelmöitettyjä mätijyviä. Tulosten perusteella vaellussiian mädin kehittyminen onnistuu erittäin huonosti ainakin suistosta pääuoman yläosalle Nikkolaan. Kyrönjoen vesi heikentää myös mädin hedelmöitymistä. Taimenen mäti selviytyi vastaavissa haudontakokeissa paremmin (Teppo ym., 1999, Keskinen ym., 2002). Myllynen (1977) tutki nahkiaisien muodonmuutokseen vaikuttavia tekijöitä ja mm. suolaisen veden sietokykyä. Ilmeisesti primäärinen metamorfoosin käynnistäjä on lämpötilan nouseminen. Ylimääräinen stressitekijä esim. heikko veden laatu voi aiheuttaa liiallisen vararavinnon kulumisen ja sen seurauksena metamorfoosin viivästymisen tai epäonnistumisen. Tulokset osoittivat, että kyky säädellä suola- ja vesitasapainoa on toimintavalmiina nahkiaisien vaeltaessa mereen.

Kalan mädin haudontakokeita on käytetty useiden perkaushankkeiden vaikutustutkimuksissa. Kälviänjoen edustalla oli käytössä siian mädin haudontakoe (Aronsuu, 1999), Mato-Härkäojien perkauksissa taimenen mädin haudontakokeet (Vikström & Mäenpää, 2003), Perhonjoen uittosäännön kumoamisessa taimenen ja siian mädin haudontakokeet (Tuohino, 2002). Evijärvelä tutkittiin (Vikström, 1999 ja 2003) ruoppauksen vaikutuksia siian mätiin. Muuttujina edellisissä on ollut mädin kuolleisuus. Purmon- ja Ähtävänjoen kunnostuksissa käytettiin sekä siian mädin haudontakoeita että 2-vuotiaiden taimenten sumputuskoetta kevättalvella ja vasteena fysiologista stressiä lihaksen rasva- ja vesipitoisuuteen (Vikström, 1999). Vastaava 2-vuotiaiden taimenien fysiologinen testi tehtiin Siiponjoen vesistöjärjestelytyihin liittyen (Seppälä & Myllynen, 1999). Kalan verestä määritettiin hematokriitti, hemoglobiini, Na, K, Cl ja glukoosi sekä lihaksen vesipitoisuus. Mahdollisia ulkoisia vaurioita tutkittiin arvioimalla kiduskannen, evien ja ihon kuntoa. Fysiologisia stressivasteita ei kyseisessä tutkimuksessa havaittu.

Huhmarniemi ja Aronsuu (2001) ovat testanneet Kalajoen talviaikaista veden laatua siian mädin sumputuksilla. Vuonna 1991 siian mäti peittyi hienoaineksella, mikä johti mädin kuolemaan. Myöhemmin 1990-luvun puolivälissä ja lopussa siian mäti on selvinnyt talvesta. Pohjanläheinen kerros ja huhti-



Eero Mäenpää

Eero Mäenpää

kuun tilanne ovat selvittämättä mädin selviämisen kannalta. Kalajoen siikakanta on ollut 1950-luvun lopulle elinvoimainen, mutta heikentynyt sen jälkeen.

Mädin kuolleisuus on ollut useissa hankkeissa käyttökelpoinen menetelmä. Esim. Perhonjoen yläosan veden laatu osoittautui riittäväksi mädin kehitymiselle. Nyttemmin käynnissä olevassa Perhonjoen Murikankosken perkauksessa käytetään vaellussiian mädinhaudontakokeita, joissa on mukana myös sumpuihin kertyvän kiintoaineen määrittäminen (Anon 2003). Lisäksi toteutetaan mädin haudonnan kaukalokoe Lahnakosken limnigrafisella asemalla, jossa on myös jatkuvatoiminen sameusmittaus. Kaukalokokeeseen on liittynyt merkittävää menetelmäkehitystyötä. Kaukalot, jotka olivat aiemmin peräkkäisenä lokeristona, ovat nyt rinnakkain mahdollistaen tilastollisesti luotettavan aineiston käsittelyn. Kokeen aikana kaukaloihin kertyvän kiintoaineen määrä mitataan. Kiintoaineesta on myös mahdollisuus määrittää esim. metallipitoisuuksia.

Perhonjoen rapuistutusten realistisuus arvioidaan koetoiminnalla. Perhonjoen koeravustuksia täydennetään rapujen kotiutusistutuskokeilla. Sukukypsiä rapuja istutetaan koealueille ja seurataan niiden ja jälkeläisten esiintymistä vuoteen 2005 asti. Säännöstelyn vaikutusalueella on 4 kohdetta ja referenssialueella 2. Kunkin populaation rakennetta seurataan ennen poikasten kuoriutumista RKTL:n ohjeiden (Böhling&Rahikainen, 1999) mukaisin koeravustuksin ja mahdollisesti imuroimalla poikastuotantoalueita. Vuodesta 2001 on myös ollut käynnissä sumputuskoee, jolla selvitetään mahdollisten raputautien esiintymistä istutusalueella.

Malisjoen vesistöjärjestelyjen yhteydessä toteutettiin rapusumputuksia 1998-2000 (Aronsuu ym. 2001). Sumputusten ja koeravustusten perusteella veden laatu katsottiin liian heikoksi, jotta rapukannan elvyttäminen istutuksin olisi mielekäästä.

Ojutkangas (2003) on koonnut pääasiassa Keski-Pohjanmaalla tehdyn nahkiaistutkimuksen tulokset ja tarkastellut nahkiaisen soveltumista ympäristön tilan indikaattoriksi. Hänen mukaansa nahkiaiset ovat laajalle levinneitä ja tehtyjen tutkimusten vuoksi niiden perusbiologia tunnetaan hyvin. Nahkiaisen suhde ympäristöönsä sisältää kuitenkin vielä monia selvittämättömiä asioita, sillä nahkiaiskannan vaihteluita ei pystytä selittämään. Näin on siitä huolimatta, että pohjan tilan ja veden laadun vaatimuksista on saatu paljon tietoa kokeellisessa toiminnassa ja kenttäaineistoissa.

Tutkimustarpeita

- Kyrönjoen kokeen uusiminen veden laadultaan heikommassa olosuhteissa, missä olisi syytä mitata emonahkiaisten hormoni- ja ravitsemustasojen muutoksia talven aikana; näytteenottokertoja lisäämällä saataisiin tietoa milloin altistuspisteiden väliset erot syntyvät ja pystyykö nahkiainen kompensoimaan muutoksia veden laadun parannuttua.
- Metamorfoituvan nahkiaisen vedenlaatuvaatimukset.
- Koe, missä selvitetään, voiko siian mäti kuoriutua Kyrönjoen suistossa, suolaisuuden merkitys; suppilokokeet lähelle pohjaa.
- Kalajoen siian mädin selviäminen loppukevällä pohjanläheisessä vesikerroksessa.



Kuvat: Vesistökuunnostusten tarpeisiin tarvitaan sekä kentällä että laboratoriossa tehtävää yksilöityä koetointia. Kuvassa nähdään laboratoriokokeen asetelma, minkä perusteella on saatu tietoa eri ikäisten nahkiaisten habitaattivaatimuksista.

Saatujen tulosten perusteella on kehitetty myös kuunnostusmenetelmiä sekä lisäksi raekokoon perustuva inventointimenetelmä jokisedimentin soveltuvuudesta nahkiaiselle. Tuloksia on hyödynnetty myös nahkiaisten istutuskohteiden valinnassa.

HABITAATTI , SEDIMENTTI

Sedimentin raekoko

Habitaattiin liittyviä laboratoriotutkimuksia on tehty eniten nahkiaisella. Tavoitteena on ollut saada tietoa toisaalta toukkien ja emonahkiaisten istutuskohteiden valitsemiseksi ja toisaalta jokien nahkiaiskunnostuksia varten. Nahkiaisen tiedetään lisääntyvän koskien sora- ja hiekkapohjilla, mutta tarkempaa tietoa sopivasta kutualustasta ei ole ollut käytettävissä. Tertsunen (2001) on tutkinut nahkiaisen kutualustan valintaa laboratorio-oloissa allasvalintakokeena eri virtausolosuhteissa. Soralaadut 2 - 40 mm sekä 8 - 40 mm olivat kutualustaksi soveltuvia varsinkin voimakkaassa virtauksessa. Lisäksi soralaatu 2 - 40 mm muistutti nahkiaisen luonnonkudussa valitsemaa kutualustaa.

Mädistä kehittyvät toukat siirtyvät sorasta pehmeille pohjille. Aronsuu ja Tuohino (2002) ovat tutkineet, kuinka pitkään toukat viipyvät sorapohjilla. Toukkien ensimmäisen elinviikon aikana tapahtui passiiviseksi arvioitua ajautumista alavirtaan. Aktiivinen siirtyminen tapahtui lyhyellä aikavälillä heinäkuun alussa, kun poikaset olivat saavuttaneet kehitysasteen missä ne kykenivät kaivautumaan sedimenttiin ja tekemään siihen putken ihon pinnasta erittyvän liimamaisen aineen avulla. Laboratorio-olosuhteissa suoritettujen toukkojen habitaatinvalintakokeet (Aronsuu, 1999, Aronsuu & Virkkala, 1999, Virkkala & Aronsuu, 2000) osoittivat, että toukat jotka noin kolmen viikon ikäisestä lähtien elävät kaivautuneena sedimenttiin, tarvitsevat siellä olosuhteita missä on riittävästi orgaanista ainesta. Minkään ikäiset toukat eivät myöskään kaivautuneet savipohjiin.

Mäenpää (2002) on edellä olevien kokeiden perusteella kehittänyt raekokoon perustuvan menetelmän pohjasedimentin soveltuvuuden arvioimiseksi (5 luokkaa) nahkiaisen toukille ja kartoittanut Lesti- ja Lapväärtinjoen välisen alueen nahkiaistuotantoon eri tavoin soveltuvat jokipinta-alat. Nahkiaistuotantojokia oli alueella enää Lapväärtinjoki, Tiukanjoki, Perhonjoki ja Lestijoki. Kyrönjoen alustavissa toukkakartoituksissa ei löydetty yhtään toukkaa. Ryhmiin erinomaista, hyvää ja kohtalaista pohjaa kuului Lestijoen alaosalla 32 %, Perhonjoen alaosalla 7%, Tiukanjoella 56 % ja Lapväärtinjoella 20 % sedimenteistä.

Sedimentin laatua on heikentänyt Lesti- ja Perhonjoen säännöstelyn aiheuttama eroosio. Samoin ovat vaikuttaneet perkaukset. Patojen yläpuolinen sedimenttikartoitus osoitti, että soveltuvaa sedimenttiä oli esim. Perhonjoen osalta 43 %.

Eräs keino on käyttää pohjan laadultaan parhaimpia jokia toukkien kasvu- alustoina. Kysymykseen tulevia kohteita ovat: Tiukanjoki, Perhonjoen yläosa, Siiponjoki, Lestijoen Tomujoki, Ullavanjoki ja mahdollisesti Lestijoen yläosa. Tiukanjoella ja Lapväärtinjoella toukkatuotannon lisääminen on mahdollista istutusten avulla. Istutukset edellyttävät tarkempaa geneettisen taustan tuntemista. Myös etäisyys merestä ja sen merkitys tulee huomioida. Perhonjoen nahkiaisten ylisiirtojen onnistumisen parantamiseksi tulisi Kaus-tisen Pirttikoski kunnostaa siten, että siihen lisättäisiin kudun kannalta oi-keankokoista soraa.

Rapujen suojapaikat

Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirissä käynnistettiin 1991 erillinen tutkimus- projekti, missä selvitettiin ravun elinympäristön valintaa ja virtavesien kun- nostamista raputuotantoon (Huolila ym. 1997). Kohdevesistönä käytettiin Ka- lajoen vesistöalueen Kalajanjokea. Kokeessa parhaiksi suojapaikoiksi osoit- tautuivat kivilouheet ja seuraavaksi salaojaputken kappaleet.

Koskihabitaattien kivet ja sammalet

Joensuu ym. (1997) ovat tutkineet Perhonjoella, millaisia muutoksia jokira- kentaminen ja lyhytaikaissäännöstely ovat aiheuttaneet koskihabitaateissa ja arvioineet niiden merkitystä pohjaeläimistölle. Mosaiikkimaisesti vaihte- levat, eri kokoisten kivi-, sora- ja hiekka-ainesten, orgaanisen aineksen ja kasvillisuuden peittämät koskipohjat olivat yksipuolistuneet lähinnä paljaksi kivikoiksi. Säännöstellyissä koskissa oli erityisen runsaasti paljaita, pieniä ja keskikokoisia kiviä eikä juuri ollenkaan pintakiviä ja -lohkareita. Luonnon koskessa pintakivet ovat tärkeitä virtauksen ohjaajina ja monipuolistajina sekä talvisin jäätymisseskuksina. Säännöstelykoskissa pintakivien puuttu- minen voimistaa tulvien, virtaamamuutosten ja jäiden eliöstölle aiheuttamia

haittoja. Erityisen selvästi jokirakentaminen on vaikuttanut pohjaeläimille tärkeän sammalhabitaatin esiintymiseen ja runsauteen Perhonjoessa. Vesisammalten määrä on Kaitforsin voimalaitoksen alapuolisilla koskialueilla rakentamisen jälkeen voimakkaasti vähentynyt. Lajien runsaussuhteissakin on tapahtunut muutoksia. Sammaleen merkitys pohjaeläimille nousi aineistossa selvästi esiin. Sammalkivet olivat pohjaeläinlajistoltaan monipuolisempia ja runsasyksilöisempiä kuin paljaat kivet. Vesisammalkasvustot tarjoavat pohjaeläimille monimuotoisen, ravintorikkaan ja suojaosan elinympäristön. Kaloille tärkeän pohjaeläinravinnon tuottajana sammalpeitteiset koskikivet ovatkin kaikkein keskeisimpiä habitaatteja Perhonjoessa. Monien Pohjanmaan jokien lajistollinen monimuotoisuus ennen vesistöarakentamistöitä ja säännöstelyä on oletettavasti perustunut pitkälti runsaan vesikasvillisuuden ja erityisesti vesisammalten ylläpitämiin suotuisiin olosuhteisiin.

Tutkimustarpeita

- Sammalistutuksia ja istutusten onnistumisen seuranta tulee jatkaa.

Toksisuus

Sedimentteihin tai niiden tilaa kuvaaviin eliöihin kohdistuvan tutkimuksen tärkeyttä haitallisten aineiden osalta kuvaavat mm.

- Useat haitalliset aineet ovat alhaisina pitoisuuksina vesifaasissa, mutta voivat akkumuloitua korkeiksi pitoisuuksiksi sedimenttiin.
- Sedimentit toimivat sekä haitta-aineiden lähteinä ja luovuttajina että vastaanottajina.
- Ajallisesti sedimentissä olevat haitta-aineet ovat merkittävästi stabiilimpia vesifaasiin verrattuna.
- Sedimentit ovat merkittäviä vesistöjen habitaatteja.

Suvannot

LSU:n Kokkolan laboratoriossa on tutkittu Kymijoen alaosan sedimentin toksisuutta nahkiaisen kannalta (Kiiski & Soimasuo, 2002). Menetelminä olivat valobakteeritesti (akuutti toksisuus ns. Flash-sovellutuksella) ja Chironomus-riparius -testi (subkrooninen toksisuuden kartoitus: kuolleisuus ja morfologiset epämuodostumat). Kasvatuskokeen rinnalla tarkasteltiin Chironomus-toukkien luonnon populaatioiden epämuodostumia subfossiilisten pääkapseleiden avulla.

Kymijoen sedimenteissä esiintyy lukuisia erilaisia haitallisia yhdisteitä, joiden analytiikka on kallista. Pelkkä sedimenttipitoisuuksien määrittäminen ei myöskään vielä ilmennä aineiden biologista saatavuutta ja mahdollisia myrkyvaikutuksia.

Käytetty bioluminesenssin mittaussoveltoi hyvin tutkittujen näytteiden analysointiin. Toksisuutta havaittiin 3/10 näytteessä vertailumateriaaliin verrattuna. On ilmeistä, että menetelmää voidaan käyttää erityisesti suurten näytemäärien seulontaan.



Kuvat: Vesisammalten metalli- ja kiintoainepitoisudet kuvaavat joen ekologista tilaa ja eliöiden altistumisen intensiteettiä luotettavammin kuin vedenlaatu.

Menetelmä on ohjeistettu. Siihen kuuluvat ekologisen riskin tasoja luonnehtivat indeksit.

Vaikutusten mittariksi on kehitetty morfologisiin muutoksiin perustuva vesiperhosen toukka –menetelmä, joka indikoi hyvin uhanalaistunutta jokiluontoa. Vastaava surviaissääsken toukka –menetelmä on hyväksytty äskettäin OECD:ssä.

Kuvassa vesisammalten näytteenottoa kentällä ja preparaatiota laboratoriossa.

Surviaissääsillä havaittujen morfologisten epämuodostumien esiintymisen tiedetään olevan yhteydessä saastuneisiin sedimentteihin, vaikka tarkkaa syytä ei tunneta. Kasvatuskokeessa epämuodostuneiden toukkien osuus vaihteli Kymijoen 14 - 44 %, kun saastumattomien vesistöjen tausta-arvona pidetään 5%:n tasoa. Epämuodostumilla ja ravinnon määrällä ei ole todettu olevan yhteyttä ja siksi epämuodostumien käyttö soveltuukin hyvin sedimenttien haitallisuuden arviointiin kasvatuskokeissa. Myös kehitysnopeuden ja biomassan osalta havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja paikkojen välillä.

Kiiski (2002) teki esitutkimuksia Chironomus-toukkien epämuodostuma -menetelmän soveltuvuudesta turvetuotannon vaikutusten tarkkailuun. Tutkimuskohde oli Perhonjoen vesistöalueella.

Kirjallisuuden mukaan on raportoitu toukkien morfologisia häiriöitä aiheutuvan seuraavista metalleista: Cu, Hg, Cd, Pb, Zn, Co ja Ni. Turvetuotantovaiikutuksissa olisi kysymys lähinnä Fe:n vaikutuksesta. Aineisto jäi liian pieneksi, mutta se antoi viitteitä menetelmän soveltuvuudesta turvetuotanto/metsäojitusvaikutusten arviointiin, koska epämuodostuneiden toukkien esiintymisfrekvenssi oli selvästi yli luonnontilaisena pidetyn 5 %:n tason.

Kesällä 2002 tehdyssä Länsi-Suomen jokisedimenttien kartoituksessa yli puolessa aineiston sedimenteistä havaittiin toksisuutta bakteeritoksisuustestin (Flash) perusteella. Mitä ilmeisimmin kysymys on alunamaiden vaikutuksista. Ojutkankaan mukaan (suullinen tiedonanto) nahkiaistoukkien on havaittu puuttuvan jokisedimenteistä happamien ojien ja purojen vaikutusalueelta.

Vähäsöyrinki (2002) selvitti Perhonjoen pengerpumppaamovesien ja vastaanottavien joki- ja järvisedimenttien akuuttia toksisuutta. Tutkittavat vedet eivät olleet akuutisti toksisia vesikirppu-, levä- tai bakteeritesteillä mitattuna. Sen sijaan kaikki tutkitut sedimentit osoittivat toksisuutta bakteeritestillä. Pengerpumppaamovesien sinkki- ja kadmiumpitoisuudet olivat erityisen korkeat.

Tutkimustarpeita

- Jokisedimenttien toksisuuteen ja sen ekologiseen merkitykseen tulisi kiinnittää huomattavasti enemmän huomiota. Jo tehdyt kartoitukset / esikokeet osoittavat laaja-alaista toksisuutta esiintyvän.
- Jokisedimenttien toksisuuskartoitusta tulisi jatkaa.
- Tulisi käynnistää T&K-toimintaa ilmiön hallittavuuden parantamiseksi mm. joki- ja rannikosedimenttien ekotoksisuus vesiputedirektiivin mukaisessa vesistöjen tilan arvioinnissa, joka sisältää yksilö-, populaatio- ja yhteisötason vasteet sedimentin kontaminaatioon verrattuna, metallien akkumulaatiota eliöihin, eliöiden morfologisia muutoksia, eliöyhteisöjen rakenteen arviointia, laboratoriokokeita.
- Chironomus-toukkamenetelmän (morfologia ja kasvatuskokeet) sovellutuksia tulisi jatkaa jokisuvanto- ja rannikkoympäristöissä, mm. metsäojituksen ja turvetuotannon haitallisten aineiden vaikutuksiin ja teollisuuden haitallisten aineiden vaikutuksiin.
- Sedimenttien ympäristölaatunormit olisi luotava.

Kosket

Vesisammalet

Vesisammalten metalli- ja kiintoainepitoisuuksien avulla voidaan arvioida pohjanmyötäistä haitallisten aineiden kuormitusta ja niitä ekologisen riskien tasoja, joille sammalissa elävät vesiselkärangattomat ja niitä syövät kalat altistuvat. Verson kärjet ilmentävät lyhytkestoista ja koko verso pitkäaikaista altistumista. Menetelmää käytetään mm. Ruotsissa. Vesisammalten menetelmää on alettu soveltaa Suomessa v. 1988 (Vuori ym., 1990) ja se on ohjeistettu vuonna 2002 (Vuori). Menetelmä soveltuu myös ympäristölaatumormien asettamiseen.

Vesisammalten perusteella maaperän aiheuttamia metalli- ja kiintoainekuormituksen riskejä esiintyy laajasti Suomen jokivesistöissä useiden metallien osalta. Ekologisia riskejä aiheuttavia sammalten metallipitoisuuksien tasoja on todettu ainakin raudalla, alumiinilla, kuparilla, nikkelillä, kadmiumilla, arseenilla (erityisesti koko verso) ja sinkillä. Sinkin kertyminen sammaliin ei toimi happamissa olosuhteissa. Sammalten metallipitoisuuksien taso on nousut paitsi HS-maiden, myös metsäojitusten seurauksena (mm. Vuori ym., 2003).

Lestijoen alaosan aineistossa (Vuori ym., 1998) sammalten alumiinin, raudan ja kuparin pitoisuushuiput osuivat kevääseen kun taas kadmiumin ja sinkin huiput ajoittuivat kesään. Lestijoen yläjuoksulla on geokemiallisten kartoitusten mukaan pintamoreenissa Lestijärven luoteispuolelle ulottuvia sinkkianomaliaita, joiden vaikutuksesta Lestijoen yläjuoksun sammalissa sinkkipitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin alajuoksun sammalissa.

Merkitseviä vaikutuksia vesisammaliin on todettu silloinkin, kun vaikutuksia ei ole havaittu vedestä (Vuori ym., 1998, Weppling ym., 1999, Joensuu ym., 1997). Vuoren ym. mukaan (1998) metalli- ja kiintoainepitoisuuksien määrittäminen vesisammalista voisi täydentää tai osin korvata metalli-, kiintoaine- ja sameusmittaukset vesinäytteistä. Näillä menetelmillä on mahdollisuus saada hallitumpi tietämys jokivesien tilasta pienemmillä kustannuksilla. Tämä tavoite on toteutettu Lestijoen alaosan tarkkailussa.

Joensuu ja Vuori (1993) osoittivat voimalaitoksen kunnostustöiden vaikutukset vesisammalten epäorgaanisen kiintoaineen nousuna. Muita tiedossa olevia menetelmiä ei ollut vaikutusten arvioimiseksi jälkikäteen. Epäorgaanisen kiintoaineen osuuden kohotessa yli 40 % taantuu sammalkasvustoista riippuvainen pohjaeläimistö merkittävästi.

Korvuanjoen helmisimpukkakannan elvyttämiseen tähtäävän kunnostuksen vaikutuksia tutkittiin vesisammalten menetelmällä. Menetelmä antoi sellaista tietoa, mitä perinteisellä fysikaalis-kemiallisella tarkkailulla ei voi saada. Voitiin mm. arvioida perkauksen rautakuormituksen aiheuttamaa riskiä. Korvuanjoen tapauksessa herkimpiin lajeihin kohdistui ekotoksikologinen riski, ei kuitenkaan huomattavaa ekologista haittaa. Vastaavia vaikutuksia oli epäorgaanisella kiintoainekuormituksella. Menetelmällä voitiin osoittaa myös vaikutuksen kesto: vesistö oli palautunut seuraavana kesänä perkauksen päättymises-

tä. Tarkkailun tuloksia ovat raportoineet Vuori (2000 ja 2001), Mäenpää (2000) ja Jokela (2002). Ylitalo (1999) on tutkinut vesisammalten elohopea-akkumu-laatiota, joka toimi pH 6:ssa mutta ei happamissa oloissa.

Vesiperhosen toukat

Vesiperhosen toukat ovat koskissa yleisiä ja runsaita. Niillä on todettu mm. yhteyksiä uhanalasiin kalalajeihin (Vuori ym. 2001). Lajisto antaa koskien likaantumisindeksin. Terveystilan mittareina toimivat ioninvaihtohäiriöitä ilmentävät anaalipapillien värinmuutokset ja hengitysaineenvaihduntaa ilmentävät kidusvauriot. Toukkia voidaan käyttää myös haitallisten aineiden kertymisen mittareina (esim. Joensuu ym. 1997). Toukkien verkonkudonta-häiriöt kuvaavat käyttäytymishäiriötä. Verkonkudontamenetelmästä on valmistunut gradu-työ (Kanckos 2003).

Vesiperhosen toukkien verkonkudonnan häiriöitä on todettu vähemmän Les-tijoen suhteellisen puhdasvetisen yläosan alueella kuin alunamaiden kuormittamalla jokiosuuksilla (Vuori 2002). Uhanalaisten ja vaatelaiden lajien on todettu taantuneen metsäojitusten tai perkausten vaikutuksista (Joensuu ym. 1997, Vuori 2001). Kidus- ja anaalipapillihäiriöitä on esiintynyt alunamaiden kuormittamissa vesissä (Vuori 1993, Lassila, 2004).

Erityisen vähävetisenä kesänä, 2002, on kartoitettu rinnan vesisammalten metallipitoisuuksien kanssa vastaavien kohteiden vesiperhostoukkatilanne LSU:n ja PPO:n jokien alueelta. Vesiperhostoukista on määritetty lajisto sekä kidus- ja anaalipapillivauriot. Häiriöt ovat olleet todennäköisesti vähäisem-mät kuin sadannaltaan normaalimpana vuonna. (Lassila, 2004).

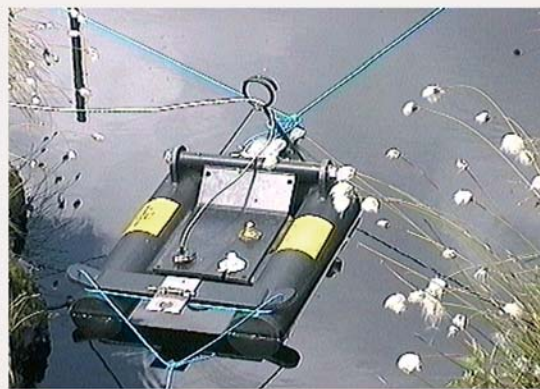
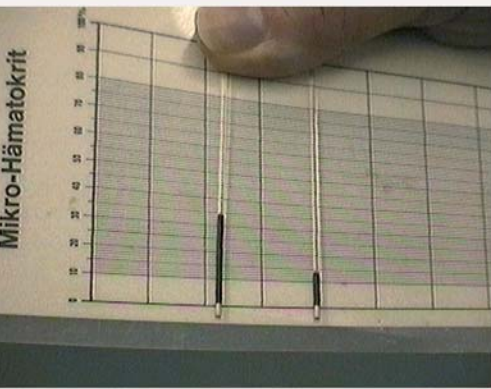
Käynnissä on myös tutkimus metsätalouden ekologisista riskeistä jokihelmi-simpukalle, missä sovelletaan vesisammal- ja vesiperhostoukkamenetelmiä. Kesällä 2002 kohdevesistönä on ollut Ähtävänjoki ja vuonna 2003 kohdeve-sistöiksi valittiin Isojoki ja Livojoki (Posti, 2004).

Tutkimustarpeita

- Vesisammal- ja vesiperhostoukkamenetelmien käyttöä tulisi laajentaa riskien arviointiin ja ennakointiin, vesiympäristön haitallisten aineiden ja uhan-alastuneen luonnon seurantaan, vaikutusten arviointiin ja ympäristölaatu-normien asettamiseen.

PERHONJOEN SÄÄNNÖSTELYKOKEET

Kaitforsin voimalaitoksen rakentamiseen ja lyhytaikaissäännöstelyyn liitty-vät ympäristömuutokset johtivat 1980-luvulla mäkäräntoukkien räjähdysmäi-seen lisääntymiseen Perhonjoen alajuoksun koskipaikoilla. Mäkäränpuremat olivat kiusallisia ja aiheuttivat mm. 8 lehmän kuoleman. Mäkäräongelman syiden sekä Perhonjoen ekologisen kunnostuksen tarpeiden ja mahdollisuuk-



Kuvat: Uhanalaistunut jokiluonto vaatii kantojen ja lajien elvyttämiseksi myös viljely- ja istutustoimintaa. Nahkiaisen ja helmisimpukan viljelymenetelmien kehittämisen on vaatinut pitkäaikaista ja monipuolista tutkimusta sekä kokeellisten menetelmien osaamista. Helmisimpukan hoitovesistöjä ovat olleet Ähtävänjoki ja Lijon latvavesistö, Korvuanjoki.

Kuvat : Helmisimpukan viljelymenetelmää ollaan kehittämässä laboratorio-oloissa niin pitkälle, että glokidiotoukka on ohittanut herkimmän vaiheensa. Nähtävissä on, että onnistuessaan viljelymenetelmällä on myös laajat kansainvälisetkin soveltamismahdollisuudet.

sien selvittämiseksi käynnistettiin 1992 kolmivuotinen tutkimusprojekti, johon kuuluneita säännöstelykokeita on jatkettu sen jälkeen osana velvoiteohjelmaa.

Projekti "Perhonjoen ekologisen kunnostuksen tarpeet ja mahdollisuudet" (Joensuu ym. 1997) osoitti, että pohjaeläimistön muutoksiin on vaikuttanut sekä koskihabitaattien yksipuolistuminen että lyhytaikaissäännöstely. On myös mahdollista, että ilmiötä voimistaa yläpuolinen allastuminen. Säännöstelyn sekä pohjan laadun vaikutuksia eriteltiin laboratorio- ja maastokokeilla. Laboratoriokokeissa simuloitiin säännöstelytilannetta pohjan laadultaan vaihtelevissa kouruissa ja eriteltiin yksipuolistuneen pohjan rakenteen ja lyhytaikaissäännöstelyn yhdys- ja erillisvaikutuksia. Maastokokeissa mitattiin kvantitatiivisesti habitaattien ja eliöstön vasteita erilaisiin juoksutus-tilanteisiin. Kokeellisilla tutkimuksilla voitiin osoittaa luotettavasti säännöstelyhankkeen haitat pohjaeläimille sekä pystyttiin hahmottelemaan ekologiset reunaehdot säännöstelykäytännölle ja pohjan rakenteelle. Mäkäräisten ja muiden pohjaeläinten runsaussuhteiden muuttaminen edellyttää, että virtaamien jyrkkää alenemaa ja usein toistuvaa vaihtelua vähennetään sekä kasvatetaan alivirtaamia vähintään neljänneksellä. Pohjahabitaattia tulee monipuolistaa sekä sopivan monipuolisella kiveämisellä että vesisammalia istuttamalla. Paitsi kentällä myös laboratoriokokeissa sammalen merkitys suoja- paikkana, verkonkudonta- ja kiinnittymisalustana korostui. Tutkimuksia ovat tehneet Joensuu ym. (1994), Joensuu (1995), Joensuu ym. (1996, 1999), Kananen (2001), Meissner (1998, 1999, 2001), Meissner ym. (2002), Nieminen (1995) ja Vuori ym. (2000).

Potkuhaavinäytteiden perusteella (Kananen & Aronsuu, 2001) ei voitu eritellä lyhytaikaissäännöstelyn eikä habitaattimuutoksen vaikutusta. Sen sijaan kokeellisilla tutkimuksilla on voitu selkeästi ja tilastollisesti luotettavasti osoittaa säännöstelyn haitat pohjaeläimistölle. Perhonjoen tarkkailun kokeellisen osuuden voidaan siis katsoa toteutuneen tarkoituksenmukaisella tavalla (Vuori 2001, 2004). Jatkossa on syytä keskittyä selvittämään kenttä- näytteenoton avulla entistä täsmällisemmin pohjaeläinyhteisön rakennetta ja siinä tapahtuvia muutoksia ja toisaalta määrittämään, mitä vesipolitiikan puitedirektiivin mukaiset hyvän ekologisen potentiaalin tavoitearvot Perhonjoen osalta voisivat olla, esim. kuinka paljon pohjaeläimistö poikkeaa tavoitetilasta, mitä tavoitteita asetetaan hajakuormitukselle jne.

Tutkimustarpeita

- Säännöstelyn huuhtova vaikutus nahkiaisen toukkiin, kourukokeella.
- Eräs huonon siiantuotannon syy saattaa olla säännöstely. Lyhytaikaissäännöstely muodostaa riskin vaellussiian lisääntymisen onnistumiselle, sillä mätijyvät saattavat kulkeutua säännöstelyn vaikutuksesta pehmeäpohjaisille alueille, joissa ei ole riittävästi happea. Asian selvittäminen vaatii kokeellista tutkimusta esim. Kalajoella.
- Säännöstelyssä mahdollisesti tapahtuvien muutosten vaikutusten arvioimiseksi tulee aloittaa tilastollisesti oikeanlainen pohjaeläinseuranta ns. kenttämuuttujamenetelmällä (Meissner, 2000).

KUNNOSTUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN JA SOVELTAMINEN

Nahkiaisen viljely ja istutustoiminta

Perhonjoen perkaaminen, patoaminen ja säännöstely ovat heikentäneet joen ekologista tilaa. Taloudellisesti suurimmat vahingot ovat aiheutuneet nahkiaiskannan romahtamisesta. Perhonjoessa nahkiainen on edelleenkin jokisuupyyntin tärkein saalis ja ainoa taloudellisesti merkittävä pyyntikohde. Perinteinen vaelluskalojen jokipyynti on käytännössä lähes kokonaan loppunut. Kun velvoitteeksi 1980-luvun alussa tullut aikuisten nahkiaisten ylisiirto ei tuottanut toivottua tulosta, korvattiin osa aikuisten nahkiaisten istutusvelvoitteesta toukkaistutuksilla 1990-luvun lopun velvoitteella. Toukkia tuotetaan viljelymenetelmällä, joka on vaatinut pitkäaikaisen kehitystyön ja monipuolisen koetoiminnan. Se sisältää mm. sukupuolten erottelun, lypsyn ja esitoukkien viljelyn. Viimeaikaisimmassa menetelmäkehitystyössä pesumenetelmät mädin takertuvuuden estämiseksi saatiin toimimaan, siten että mädin hedelmöitymisprosentti haudontasuppiloissa nousi 40:stä 90 %:iin. Viljelymenetelmästä on julkaistu opas (Vikström, 2002).

Jääskä (2002) on kehittänyt menetelmää edelleen tutkimalla laboratoriossa hedelmöitymisajan ja vesimäärän vaikutusta nahkiaissiittiöiden hedelmöitymiskykyyn sekä huuhtoutumiskertojen vaikutusta mädin eloonjääntiin viljelyolosuhteissa. Toukkia istutetaan vuosittain Perhonjoen vesistöalueelle, Ullavanjokeen, keskimäärin 17 milj. kappaletta.

Oittinen (2003) on tutkinut kiintoaineen vaikutusta nahkiaisen mädin kuolleisuuteen viljelytilanteessa. Haudottaessa mätiä suppiloissa, kiintoainepitoisuudet eivät yksinään vaikuttaneet haitallisesti, jos suurimmat roskat on suodatettu pois.

Nyberg ym. (2002) ovat tutkineet toukkaistutusten tuloksellisuutta. Vuosien 1995-1996 aikana tehtyjen tutkimusten tuloksiksi saatiin nahkiaisen toukkien merkintämenetelmä, jonka avulla 1997-98 istutetut ja merkityt toukat voitiin erottaa luotettavasti joessa kuoriutuneista toukista yli kolmen kuukauden ajan. Menetelmä perustuu toukkien radioaktiiviseen leimaamiseen ja se on osoittautunut käyttökelpoiseksi ja luotettavaksi. Vastakuoriutuneet toukat merkittiin radioaktiivisella menetelmällä laboratoriossa, missä tehtiin myös akkumulaatio- ja eliminaatiokoe optimaalisen leimausaktiivisuuden määrittämiseksi. Istutus- ja takaisinpyyntikoe tehtiin kentällä ja aktiivisuusmittaus jälleen laboratoriossa. Toukkien kasvun lisäksi saatiin alustavaa tietoa myös poikasten liikkeistä istutusalueen tuntumassa niiden ensimmäisten elinviikkojen aikana. Mitä ilmeisimmin ne liikkuivat hyvin vähän sen jälkeen kun olivat löytäneet sopivan kaivautumispohjan. Hautomossa kuoriutuneet nahkiaistoukat näyttivät selviytyvän hyvin joessa istutuksen jälkeen.

Nahkiaisen vaellusta joessa istutusten jälkeen selvitettiin telemetriakokeella (Tuohino, 2002). Tutkimukseen liittyi akvaariokoe käsiteltyjen ja ei-käsiteltyjen nahkiaisten vasteiden mittaamiseksi. Muuttujat olivat kuolleisuus, hengitysfrekvenssi, lihaksen rasvapitoisuus, plasman kortisolipitoisuus ja rasvan glykogeenipitoisuus. Käsiteltyä ei katsottu aiheuttaneen nahkiaiselle stressiä.

Vikström (2003) on arvioinut nahkiaisten istutusten tuloksellisuutta vuoteen 2002 asti. Istutettujen nahkiaisentoukkien selviytymistä on selvitetty pohjasedimenttiseulonnoilla. Seulontojen avulla on pystytty karsimaan selvästi heikot istutusalueet minkä myötä istutustulokset ovat parantuneet. Telemetriakokeen (Tuohino, 2002) ja strontiummerkintäkokeen (Nyberg ym, 2002) tietoja hyödyntämällä on saatu tietää, että myös ylisiirrot ovat onnistuneet. Niiden tuotoksi on arvioitu noin 3,5 milj. nahkiaisentoukkaa ylisiirtoalueelle. Velvoiteistukkaiden viljely, noin 17 milj. / vuosi on siis kuitenkin tuottanut Perhonjokeen selvästi enemmän toukkia kuin ylisiirrot. Tästä syystä kalataloudelliseksi velvoitteiksi asetetut korvausistutukset ovat perusteltuja.

Ensimmäiset havainnot metamorfoituneiden nahkiaisten laskeutumisesta mereen Ullavanjoesta saatiin vuonna 2001, neljä vuotta ensimmäisten velvoiteistutusten jälkeen. Kaitforsin yläpuolelta laskeutui vuonna 2002 kaikkiaan lähes 150 000 metamorfoitunutta nahkiaista.

Sarell ym. (1999) tutkivat nahkiaisten merivaelluksia ja kotijokiuskollisuutta. Tutkimusta edelsi soveliaan merkitsemismenetelmän kehittäminen. Tulokseksi saatiin, että nahkiainen viipty meressä aikaisemmasta käsityksestä poiketen ainoastaan vuoden. Saatiin myös viitteitä siitä, ettei nahkiainen ole kotijokiuskollinen. Kotijokiuskollisuuden tarkempi analyysi on edellyttänyt ja edellyttää edelleen geneettistä lähestymistapaa.

Tutkimustarpeita

- Koe, missä selvitetään kauanko mäti on hedelmöitymiskykyistä.
- Mikä on paras hetki istuttaa; toukan ikä, veden laatu.
- Kiintoaineen vaikutus.
- Istutusten tuloksellisuuden lisäarviointia.
- Drift-pyynti / toukkien viipyminen sorapohjilla.
- Tarkemman geneettisen taustan selvittäminen.

Jokihelmisimpukan viljely ja istutustoiminta

Lähtökohta helmisimpukan viljelymenetelmän kehittämiseksi on ollut erityisesti Ähtävänjoen runsas, eteläisen Suomen runsaslukuisin helmisimpukkakanta, joka ei ole lisääntynyt kymmeneen vuosiin, eräiden arvioiden mukaan (Dahlin ym., 2001) yli sataan vuoteen. Viljelyn menetelmäkehitystyötä hyödynnettiin ja edistettiin 2003 päättyneessä Helsingin yliopiston Life-hankkeessa (Valovirta ym., 2003). Pohjoisten jokien taimenkannat ovat eläneet pitkään helmisimpukoiden kanssa ja kehittäneet kyvyn sietää niitä. Parhaimmilla kannoilla toukat säilyivät kalan kiduksissa 1,5 kk. Isäntäkalojen kylvetysveden glokidiotoukkatiheys oli 5000 - 10 000 kpl / l.

Life-helmisimpukka -hankkeelle tehdyssä viljelyosiota koskevassa loppuraportissa (Sarell ym. 2002) kuvataan helmisimpukan viljelymenetelmät. Menetelminä voidaan käyttää joko allasmenetelmää tai passiivista in situ -menetelmää. Allasmenetelmässä raakut sukelletaan syksyllä ja siirretään infektointialtaaseen. Ennen siirtoa on altaisiin tuotu 0+ ikäisiä taimenenpoikasia. Infektioinnin jälkeen kalat istutetaan kunnostettujen koskien pienpoikasalueille.

Passiivisessa menetelmässä infektoitavat kalat tuodaan raakkupuroon, jossa niitä sumputetaan. Raakun glokidiotoukat pääsevät sumppuun ja sitä kautta kalojen kiduksille. Kalojen infektoitumisastetta seurataan. Infektointivaiheen jälkeen kalat siirretään istutusvesistön sumppuun, ruokitaan sumputuksen ajan ja siirretään koskien pienpoikasalueille. Passiivisella menetelmällä voidaan suhteellisen pienellä työllä ja alhaisilla kustannuksilla tuottaa suuriakin määriä glokidiotoukilla infektoituja taimenia, jotka voidaan istuttaa lähialueen vesistöihin. Edellytyksenä on se, että istutuskohteessa elää lisääntyvä jokihelmisimpukkapopulaatio.

Iijoen vesistöalueeseen kuuluvaan Korvuanjokeen istutettiin osana Life-hanketta runsaat 3000 kalaa, joiden kiduksilla oli keskimäärin 300 toukkaa. Yhteensä toukkia on ollut yli milj. kpl. Mikäli 0,1 % jäisi henkiin, se merkitsisi runsaan 1000 yksilön saamista jokeen. Muutaman vuoden viljelytyöllä jokihelmisimpukka voitaisiin palauttaa näillä oletuksilla takaisin (Sarell ym. 2002).

Suurempi ongelma on esim. Ähtävänjoen ja Isojoen osalla. Mäenpää ja Pakkala (2002) ovat arvioineet, että kyseisissä joissa raakkujen kyky tuottaa glokidioita on enää heikko tai olematon. Viljelymenetelmässä korostuu mahdollisuus jatkaa keinotekoista viljelyä loisvaiheen jälkeen ennen istuttamista hoitotyön kohteisiin, jotta toukka olisi elänyt herkimmän vaiheensa ohi ja sietäisi paremmin epäedullisia ympäristöolosuhteita. Kyseinen tutkimushanke on käynnistynyt vuonna 2004 LSU:n, Kuopion ja Oulun yliopistojen kesken. Eräs menetelmä on siirtää eläimet mahdollisimman hyvän elinympäristön alueelle.

Kuvat: Tutkinnallinen seuranta on tuottanut jokivesien kunnostusmenetelmiä, joita on voitu toteuttaa käytännössä.

Kuvassa on näkymä Perhonjoelta, missä on toteutettu habitaattikunnostuksia taimenelle, ravulle ja nahkiaiselle.



Vaellussiika ja istutustoiminta

Vaellussiika kutee Kalajoessa ainoastaan alimmissa koskissa. Kudun jälkeen siian mäti kehittyy pohjalla, mutta ei syvällä soran sisällä kuten taimenen ja lohen mäti. Se on koko talven ajan alttiina veden laadun muutoksille ja sedimentoituvalla ainekselle (Aronen, 1995). Vanhemmat poikaset elävät suvannoissa. Kalajoen vaellussiikakanta on ollut 1950-luvun lopulle asti elinvoimainen, mutta pienentyi nopeasti kun jokea alettiin rakentaa ja veden laatu huononi. 1980-luvulta alkaen kesänvanhojen poikasten säännölliset istutukset ovat kompensoineet kasvaneen merikalastuksen, mutta jokeen nousee edelleen vain muutamia tuhansia siikoja.

Nyberg ja Vikström (1999) ovat arvioineet merkintä- takaisinpyyntimenetelmällä Perhonjoen siikakannan koon. Joen alaosan pyyntialueiden luontaisten ja istutettujen vaellussiianpoikasten kokonaissaaliiden osuuksien perusteella luontainen siianpoikastuotanto keväällä 1999 on ollut noin 14 000 kpl. Näin pienen poikasmäärän tuottamiseen tarvittava emosiikojen määrä on vain joi-takin kymmeniä kappaleita. Koska vuosittain Perhonjokeen kudulle nousevi-en siikojen määrä on huomattavasti suurempi, on selvää, että suurin osa joen pohjalle kudetusta mädistä tuhoutuu talven aikana. Eräs syy on ainakin kutu-alueiden puuttuminen peratusta uomasta.

Mäenpää (1999) on tutkinut vaellussiikanaaraan koon vaikutusta mädin ja var-haispoikasten kuolleisuuteen. Tutkimus tehtiin sekä luonnon että laboratorio-oloissa. Se osoitti, että naaraiden koolla on merkitystä mätimunien selviämi

Vesisammal -kunnostusmenetelmät ovat testattavina. Jo-keen istutetaan myös viljelty-jä nahkiaisia. Lisäksi tarvittai-siin happamuuden ja metalli-en torjuntaa ja ekologisem-paa säännöstelyä. Kunnos-tusmenetelmien toimivuutta seurataan.



selle. Kalajoessa tehdyssä mätisumputuskokeessa pienistä kaloista peräisin oleva mäti säilyi noin 30 % huonommin hengissä kuin suuremmista naaraista peräisin oleva mäti. Kalan kokoon vaikuttaa luonnollisesti sen ikä. Kalajokeen nousevat siiat ovat nykyään nuorempia ja pienempiä kuin aiemmin ilmeisesti pyynnin tehostumisen seurauksena. Tilanteella saattaa olla merkitystä mädin selviytymisen kannalta.

Myös isokokoisempien naaraiden poikaset olivat isokokoisempia. Poikasten niukoissa ravinto-oloissa tehdyssä elossasäilymiskokeessa kauimmin hengissä selvisivät suuresta kokoluokasta kuin pienestä kokoluokasta peräisin olevat poikaset. Tuloksia voidaan hyödyntää vaellussiikakantojen hoitotyössä.

Genetiikka uhanalaisten lajien viljelytoiminnassa

Viljelytoiminnan pohjana tulee olla vankka tietous kantojen geneettisistä perusteista. Nahkiaisen alustava geneettinen tutkimus on valmistunut (Vähäsöyrinki & Asplund, 2002). Tutkimuksen mukaan vaikuttaa siltä, että nahkiaisen ei ole kotijokiuskollinen.

Geneettisiä menetelmiä on tarvittu myös helmisimpukan glokidiotoukan kiinnittymisen kannalta parhaan purotaimenkannan löytämiseksi.

Väitöskirjatyönä on tutkittu lohien ja taimenen fylogeneettisiä taustoja (Nilsson ym., 2001, Asplund ym., 2004). Tutkimustulokset osoittavat mm., että Euroopan koillisrannikon lohien geneettinen diversiteetti on suurempi kuin Itämerellä ja Pohjanmarellä. Tuloksilla on merkitystä, jotta tiedetään mihin jokiin eri kantaa olevat kalat voidaan istuttaa. Tiedon puutteesta voi aiheutua mm. kantojen tuhoutuminen sellaisten loisten vaikutuksesta mille kannat eivät ole kehittyneet vastustuskykyisiksi.

Tutkimustarpeita

- Geneettisillä menetelmillä on laajenevia käyttötarpeita ja -mahdollisuuksia kantojen puhtaudesta ja lajimäärityksistä lähtien. Nahkiaisen ja helmisimpukan viljelymenetelmien laajempi käyttö edellyttää tarkempia kantojen geneettisiä tutkimuksia.

Habitaattikunnostukset

Kalajoki ja Perhonjoki on kunnostettu paitsi perinteisesti taimenia varten myös nahkiaista ja rapua varten. Kunnostuksia varten on hyödynnetty niitä koetoinnin tuloksia, joita on saatu eri ikäisten nahkiaisten toukkien ja kutevien aikuisten pohjan sedimentin rakeisuudesta ja kutusoraikon laatuvaatimuksista. Samoin on hyödynnetty Perhonjoen habitaattitutkimusten tietoja pohjan monimuotoisuudesta pohjaeläinten ja kalojen kannalta. Kunnostussuunnitelmia ovat laatineet Aronsuu ja Ruhanen (1995) ja Aronsuu (1999). Kunnostuksen seuranta on käynnissä. Lähivuodet tulevat näyttämään, kuinka kunnostukset ovat onnistuneet.

Kalajoessa ja Perhonjoessa on tehty myös siikakunnostuksia. Kalajoessa harjoitetaan myös siikakannan seuranta. Nykyään siellä on heikko luontaisesti lisääntyvä kanta. Monien Pohjanmaan jokien koskien lajistollinen monimuotoisuus ennen vesirakentamista ja säännöstelyä on oletettavasti perustunut pitkälle runsaan vesikasvillisuuden ja erityisesti vesisammalten ylläpitämiin suotuisiin olosuhteisiin. Vesisammaleet vaikuttavat sekä suorasti että epäsuorasti koko jokiyhteisön toimintaan ja rakenteeseen ja toimivat siten eräänlaisina rakentajaorganismeina. Sammalet sekä suodattavat että pidättävät maalta ja vedestä peräisin olevaa orgaanista ainesta.

Vesistö rakentamisen sammalia vähentäviä vaikutuksia tutkivat Joensuu ym. (1996) ja Aronsuu ym. (1999) sekä kehittivät menetelmiä sammaleen palauttamiseksi. Tutkimuksissa käytettiin koeasetelmia.

Sammalpeitteen palautuminen perkausten, rakentamisen ja kunnostusten jälkeen on hidasta. Tehdyn siirtoistutuskokeen perusteella näkinsammalta voidaan siirtää myös lyhytaikaissäännöstelyyn jokeen. Tällöin on kiinnitettävä huomiota sammalkivien / alustojen sijoitteluun. Alustan on pysyttävä vedenpinnantason alapuolella ja alustan tulee olla vakaa. Perhonjoen kunnostuksen yhteydessä tehtiin koe, mikä osoitti sammalten selviävän talviolosuhteissa. Jokeen oli asetettu keinoalustoja, joihin oli kiinnitetty sammaltuppoja.

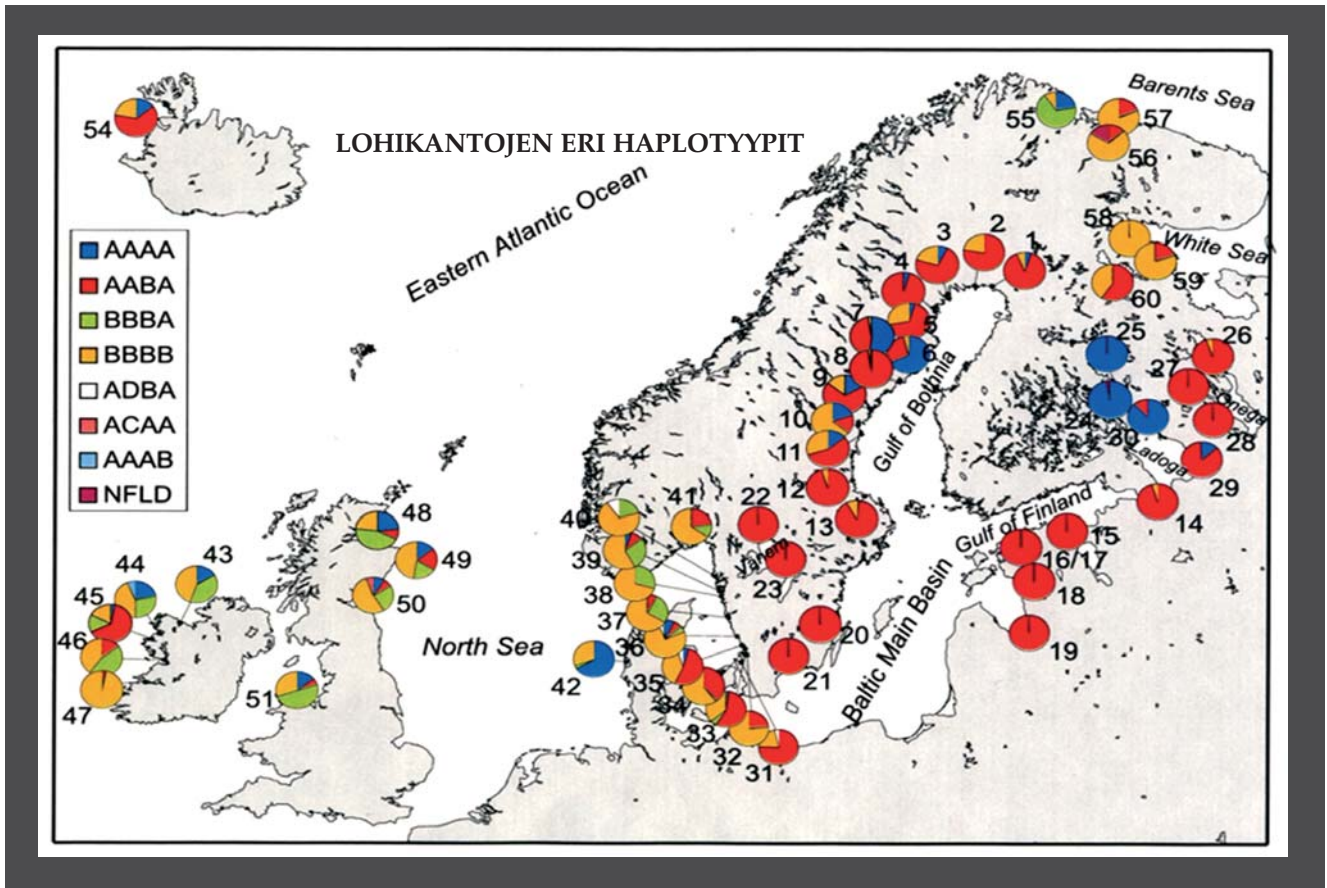
Reis- ja Vuohojärveen on tehty säännöstelystä johtuvina kompensatiotimenpiteinä suojapaikkoja ravulle 1987 - 1992. Rapuistutuksia tehtiin 1987-1993. Ravut ovat käyttäneet hyväkseen tiilistä ja salaojaputkista tehtyjä suojapaikkoja (Sarell ja Nyberg, 1998).

Happamuuden torjunta

Kuten aiemmin on todettu (s. 12-13) happamia sulfaattimaita esiintyy Suomessa noin 30 jokivesistön valuma-alueella. HS-maiden osuus vaihtelee eri joissa 1 - 10 % valuma-alueesta. Ekologisia ongelmia on ainakin niissä joissa, joiden valuma-alueilla on yli 1% HS-maita. Lestijoki-life -projektissa (Weppeling ym., 1999) inventoitiin Lestijoen valuma-alueen HS-maat ja testattiin pilottikokeena kalkkisuodinojitusta happamuuden torjuntaan. Menetelmällä saatiin torjutuksi salaojituksen aiheuttama uusi happamuus, mutta ei saatu korjatuksi olemassa olevaa happamuutta. Menetelmän pitkäaikaistoimivuudesta on tärkeää saada tietoa. Vaikutusseurannassa käytetään mm. vesisammalia. Kyrönjoen alueella ollaan kehittämässä anaerobista menetelmää happamuuden torjuntaan (mm. Kustula & Witick, 2003), työtä on jatkettu edelleen. Bärlund ym. (2004) ovat koonneet tuloksia tutkimuksista, jotka koskevat happamuuden torjuntamenetelmiä.

Tutkimustarpeita

- Happamuuden torjuntaan liittyvän menetelmäkehitystyön jatkaminen.
- Kalkkisuodinojitusten vaikutuksen seurannan jatkaminen pitkäaikaisvaikutusten selvittämiseksi.
- Ajoittainen laajennettu seuranta mukaan lukien biologiset testit.



YHTEISTYÖMAHDOLLISUUDET

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, RKTL

Lähes kaikkia Suomen jokia ja suurta osaa puroistakin on jossain vaiheessa perattu. Jokikunnostuksen kehitys liittyy Suomessa paljolti uiton loppumiseen. Osa kunnostuksista on tehty uittosäännön kumoamiseen liittyvinä velvoitteina, osa taas kalatalousviranomaisen rahoittamina kalataloudellisinä kunnostuksina (Jormola, 2003).

Kunnostukset ovat olleet lähinnä taimenkunnostuksia. Niitä on tehty maassamme runsaasti viimeisten 30 vuoden aikana. Kunnostustoiminnan painopiste on siirtymässä pieniin jokiin ja puroihin, mutta toisaalta myös suurien voimalaitosjokien kunnostustarpeet ovat nousseet esiin. RKTL on harjoittanut tutkimustoimintaa mm. taimenen elinympäristövaatimuksista erityisesti pohjoisissa joissa. Mäki-Petäys ym. ovat arvioineet (1999) virtavesien kunnostuksia ja niiden seuranta. He esittävät nykyistä monipuolisempaa ja tilastollisesti toimivampaa seurantajärjestelmää.

Vuorinen on tehnyt veden laadun altistumistutkimuksia kaloille pH:n Al:n suhteen. Hän on käyttänyt akuuttitestejä, pitkäaikaisvaikutuksia, lisääntymisvaikutuksia ja mätisumputuksia.

Kuva: Länsi-Suomen ympäristökeskuksen ja RKTL:n välinen yhteistyö on kohdistunut mm. uhanalaisten kalakantojen seurantaan ja riskitekijöihin. Lisää tietoa tarvitaan mm. kiintoaineen vaikutuksista.

Yliopistoyhteistyö on tuottanut mm. julkaisuja väitöskirjoihin, joista mainittakoon Perhonjoen säännöstelykokeet, Perhonjoen ekologinen kunnostus ja lohikalojen genetiikka.

RKTLn vastuulla on myös kansainvälinen Itämeren Kalastuskomission SAP-ohjelma (Salmon Action Plan) missä tavoitteena on vuoteen 2010 mennessä vahvistaa lohen luonnon kantoja ja kotiuttaa lohikantoja sellaisiin jokiin, joissa luontainen lisääntyminen on vielä mahdollista. Suomesta on valittu ohjelmaan kaksi luonnonlohijokea, Tornionjoki ja Simojoki ja kolme potentiaalista lohijokea, Kuivajoki, Kiiminkijoki ja Pyhäjoki. Luonnonlohijokien vaelluspoikastuotanto on noussut parin viimeisen vuoden aikana elvytysohjelman määrittelemälle tavoitetasolle. Myönteistä elpymistä on tapahtunut myös potentiaalisilla joilla, mutta niiden alueilla tarvitaan vielä elinympäristöjen kunnostusta ja hoitoa. Kiiminkijoki on mallijoki, jonka alueella selvitetään sekä koskikunnostuksen että kunnostusojitusten ekologisia vaikutuksia lohikalojen elinympäristövaatimuksiin. Menetelminä ovat kutusoraikkojen mätirasiat ja kiintoainekeräimet. Jokien valuma-alueiden kunnostuksen hallinnalle rakentuu se perusta, jolla jokien veden laatu saadaan kelpolliseksi lohen kannalta. Mäki-Petäys ryhmineen on tehnyt kokeita RKTLn Kainuun yksikössä Paltamolla maastossa olevilla betoniränneillä. Tutkimuskohteina ovat olleet erityisesti taimenen habitaatti- ja mikrohabitaattivaatimukset kuten virrannopeudet ja pohjaeläinten ruokailu. Käytössä ovat olleet mm. videokamerat ja telemetria.

Kuva: Osana viljelymenetelmien kehittämistä on ollut välttämätöntä käyttää geneettisiä tutkimuksia, joista mainittakoon eri taimenkantojen soveltuvuus helmisimpukan viljelyyn sekä nahkiais-kantojen jokikohtaisuus/alueellisuus.

Lohi- ja taimenkantojen fylogeneettisiä taustoja on tutkittu yhteistyössä Oulun yliopiston ja ulkomaisten tutkijoiden kanssa. (Nilsson ym., 2001).

Ympäristökeskuksen ja RKTLn neuvotteluissa on tullut esiin seuraavia yhteistyömahdollisuuksia:

- Vaellussiian poikastuotantoon liittyvä projekti.
- Kiintoaineeseen liittyvät määritykset ja kokeelliset tutkimukset.
- Uusi biologinen seurantamethodiikka kunnostusten vaikutusten arviointiin sisältäen vesisammalet ja vesiperhosen toukat.
- SAP-joet, muut joet, yhteinen Life-hanke tms.
- Purokunnostukset; myös Lestijokilaakson maisemanhoitosuunnitelmassa (Perälä & Jormola, 2001) tuodaan esiin purokunnostusten tarve ja kysymykseen tulevia menetelmiä.

Aiemmin yhteistyötä on tehty erityisesti Kalajoen siikakannan seurannassa ja taimenkokeissa (esim. Soivio ym., 1999).



Opinnäytteitä ja yliopistoyhteistyötä

Länsi-Suomen ympäristökeskus on tehnyt yhteistyötä Jyväskylän, Joensuun, Helsingin, Turun, Kuopion ja Oulun yliopistojen sekä Åbo Akademin kanssa. Keskeinen kokeellisen virtavesiekologian toimija on Jyväskylän yliopisto, jonka bio- ja ympäristötieteiden laitos toimii kiinteässä yhteistyössä Oulun yliopiston eläintieteen laitoksen virtavesitutkijoiden kanssa. Ryhmällä on pitkäaikaista kokemusta erityisesti vesiselkärangattomien ekologisesta tutkimuksesta. Kokeelliset laboratoriotutkimukset ovat olleet luonteeltaan perustutkimusta, eikä niillä ole suoraan sellaisenaan sovellettavuutta jokiympäristön käytön ja hoidon ongelmiin. Enemmän sovellettavuutta on ko. ryhmän maastokokeilla. Niitä on toteutettu paljon juuri LSUn Kokkolan laboratoriossa. Esimerkkinä mainittakoon Perhonjoen säännöstelykokeet.

Joensuun yliopiston biologian laitoksen virtavesitutkimus pitäytyy lähes yksinomaan kenttätutkimuksessa ja on pääosin projektitutkijoiden varassa. Biologian laitoksen ja Karjalan tutkimuslaitoksen tutkimuksen painopiste on selkeästi suurten järvien ympäristötutkimuksessa. Poikkeuksena on ollut saastuneiden jokisedimenttien ekotoksikologisten vaikutusten tutkimusprojekti. Yhteistyötä on ollut erityisesti surviaissääsken toukkien morfologisten häiriöiden menetelmäsovellutuksissa.

Helsingin yliopiston kanssa yhteistyötä on tehty raakun suojeluun liittyvissä kysymyksissä, Turun yliopiston kanssa nahkiaisen fysiologian alalla ja Åbo Akademin kanssa HS-problematiikan saralla sekä Oulun yliopiston kanssa genetiikan alalla.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen kokeellisen tutkimuksen tiimiin kuuluu kiinteästi tutkijoita myös nykyisestä Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksesta.

Yhteistyönä on osaamista viety myös Kanadan Oregonin Intiaanireservaaatin (Umatilla Indian Reservation) nahkiaiskunnostushankkeisiin.

Väitöskirjatöitä (LSU) on kokeelliseen ja ekotoksikologiseen tutkimukseen liittyen tekeillä tai viime aikoina valmistunut seuraavasti:

- Tina Asplund (Lohen ja taimenen fylogeniikka, Oulun yliopisto).
- Kristian Meissner (Aineistossa mukana Perhonjoen säännöstelykokeita, Jyväskylän yliopisto).
- Ilona Joensuu (Pohjaeläinhabitaattien ja -yhteisöjen vasteet ihmistoiminnan aiheuttamiin häiriöihin pohjoisissa virtavesissä, erityisesti Perhonjoen aineistoja, Jyväskylän yliopisto).
- Peter Österholm (Happamien sulfaattimaiden tutkimukset, Åbo Akademi).
- Kjell Weppling (Happamien sulfaattimaiden neutralisointi, Tarton yl.).

Graduja (LSU) on tekeillä tai vastavalmistuneita seuraavasti:

- Mattias Kanckos (Vesiperhostoukkien verkonkudontahäiriöt, Åbo Akademi).
- Heli Lassila (Vesiperhostoukka- ja vesisammalmenetelmälliset kartoitukset, Jyväskylän yliopisto).
- Tytti Posti (Vesiperhostoukka- ja vesisammalmenetelmät raakun uhanalaisuuden arvioinnissa, Jyväskylän yliopisto).
- Santtu Välilä (Helmisimpukan laboratorioviljely), Oulun yliopisto (yhteistyössä Kuopion ja Joensuun yliopistot).

Muu ympäristö

LÄHTÖKOHTA

Länsi-Suomen alueen rannikolle tulee jokien kautta huomattavat määrät maaperän metallikuormitusta, jonka käyttäytymistä, leviämistä ja akkumuloitua jokisuistoon ja sen habitaatteihin ei tunneta. Taajamien edustoilla on myös pistemäistä kuormitusta. Esim. Kokkolan edustalle tulee myöskin orgaanisen ja kemian alan teollisuuden kuormitusta. Teollisuuden harjoittaman kattavan yleisseurannan perusteella metallipäästöt ovat voimakkaasti vähentyneet. Sedimentin ja eliöstön pitoisuudet ovatkin laskeneet, vaikka ovat edelleen luonnontilaan verrattuna kohonneita. Siitä huolimatta rannikon eliöstössä on ollut tehtaiden edustalla merkkejä häiriintyneestä kehityksestä 1990-luvun puolivälistä lähtien. Jätevesien ekotoksisuuden arvioinnille on siten ollut selvä tarve.

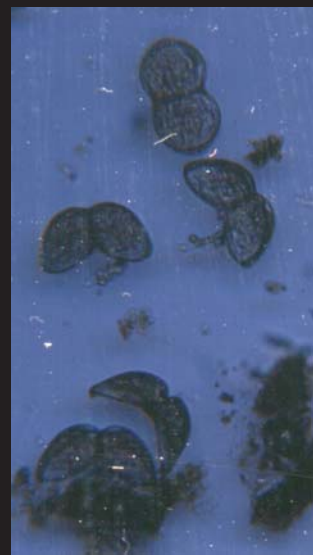
Ekotoksisuuden arviointi on keskeinen osa kemikaalien riskinhallintaa ja ympäristöosaamista. Ensimmäinen OECD:n julkaisu kemikaalien toksisuuden testauksesta (Guidelines for Testing of Chemicals) vuonna 1981 merkitsi tärkeää askelta kohti vesiympäristön kemikaalien ekotoksisuuden arvioinnin periaatteiden ja metodien yhtenäistämistä. 1980-luvulla tehtiinkin mm. Kokkolan edustalla vesien suojelemaksuvaroin merkittäviä ekotoksikologisia tutkimuksia esim. kertyminen kalojen maksa-aineenvaihduntaan (Lehtinen ym., 1998).

2000-luvulla Kokkolan teollisuuden osalta (OMG ja KEMIRA Fine Chemicals) on tehty pohjatyötä jätevesien ja vastaanottavan vesistön tilan ekotoksisuuden arvioimiseksi. Käytetyillä metodeilla voidaan parantaa tarkkailun ja vesien suojelemaan hallittavuutta. Toistaiseksi on tutkittu kokonaisjätevetä, mutta on mahdollista tutkia myös sen eri jakeita ja etsiä aineryhmää, joka mahdollisen myrkyllisyyden aiheuttaa. Haitta-aineiden tunnistaminen antaa mahdollisuuden kohdentaa prosesseja haitattomaan suuntaan. Ekologinen riskinarvio ja sen edellyttämä toksisuustestaus on tällä alueella tulossa osaksi velvoitetarkkailua jätevesi- ja vesistö tarkkailuun. Esim. Saksassa jätevesiä valvotaan myrkyllisyydesteihin perustuvien vakiintuneiden raja-arvojen avulla.

PÄÄSTÖ- JA VAIKUTUSTARKKAILUN KEHITTÄMINEN

Kokkolassa toteutettuun tutkimuskokonaisuuteen kuuluivat kirjallisuusselvitys testaus- ja tarkkailumenetelmistä (Härkönen ja Vuori, 2000), jätevesitestaukset (Soimasuo, 2001), mallitarkastelut (Paasivirta ja Soimasuo, 2001) ja suositukset tarkkailun järjestämiseksi (Soimasuo, 2003) rannikkokohteessa. Hankkeet saivat TEKES-, aluekehitys- ja teollisuuden rahoitusta.

Jätevesien, jätevesialtaiden sedimentin ja merisedimentin testauksissa käytettiin menetelminä bakteeri-, levä-, vesikirppu-, Chironomus- ja simpukkatestejä sekä seeprakalan mädin entsyymimittauksia, SPMD:tä sekä jätevesien



Glokidiotoukkia
Kuva: Jukka Pakkala

► **Kuvat:** Kokkolan laboratoriossa on jo vuodesta 1992 lukien ollut hyvät valmiudet eritellä ympäristöongelmia kokeellisin tutkimuksin.

Ekologisia riskitekijöitä arvioidaan esimerkiksi määrittämällä prioriteettimetallit biologisesta materiaalista ja/tai soveltaen herkkiä "early warning"-menetelmiä. Menetelmien perusteina on eliöiden kasvu, lisääntyminen, kuolevuus, liikkuvuus, aineenvaihdunta sekä morfologia tai genetikka. Osaamista voidaan hyödyntää sekä aluekehityksen että ympäristöhallinnon verkostoyhteistyön käyttööseen.

Kuvissa kalasta otetaan verinäytettä fysiologisiin ja kudospäätettä elohopea -määrittäisiin. Kalan ikä määritetään suomunäytteen perusteella.

hajoitussimulaatiota. Jätevedet olivat akuutisti toksisia ja aiheuttivat häiriötä kalan maksan biotransformaatioentsyymien aktiivisuuteen (EROD-mittaus), mikä kuvaa orgaanisten komponenttien vaikutuksia (Soimasuo, 2001, Soimasuo & Jokela, 2001).

Jätevesien riskinarvioinnin mallinnus perustui PEC/PNEC -suhteisiin (ennustettu pitoisuus ympäristössä /ennustettu haitaton pitoisuus ympäristössä) jätevesien Kokkolan merialueelle aiheutuvan ympäristöriskin arvioimiseksi. Mallinnuksen mukaan akuuttia toksisuutta ei esiintynyt enää varsinaisella merialueella. Kokkolan edustan tarkkailun vesistöosassa tulisi jatkossa korostua ekologinen riskinarviointi (ERA), vastaanottavan vesistön herkimpien lajien sieto, pitkäaikaisvaikutukset, hajoavuus ja kertyvyys.

KEMIKAALIEN KÄYTTÖTARKKAILUN KEHITTÄMINEN

Yhdisteiden ominaisuuksiin perustuvan kirjallisuushaun ja kemiallisen karakterisoinnin perusteella valittiin testattavat yhdisteet. Mukana oli nyttemmin prioriteettiaineiksi listattuja aineita, sekä metalleja että orgaanisia yhdisteitä. Tulosten mukaan varsinkin bentseeniyhdisteiden lukumäärää ja konsentraatioita jätevesissä pidetään merkittävänä ekologisenä riskinä. Suosituksena on mm. toksisuuden identifiointi (Toxicity Identification Evaluation, TIE), mikä olisi mahdollisesti tehtävien toksisuuden vähentämistoimenpiteiden pohjana.

Myös maaperän terveydentilatutkimus on käynnistynyt. Länsi-Suomen ympäristökeskus on toteuttanut toistaiseksi maaperän ATP-mittauksia. Tutkimuskokonaisuudessa olivat myös mikrobien CO₂-tuotanto, sääskien toukkien ja änkyrimatojen lukumäärä sekä lierojen metallotioneini (laboratorionkoe), kasvu ja lisääntyminen. Haimi (2003) on julkaissut osan aineistosta.

► **Kuva:** Vesikirppu-, levä- ja bakteeritestejä sekä mm. kalojen entsyymitutkimuksia on käytetty pengerpumppaamovesien, sedimenttien ja/tai jätevesien toksisuuden arviointiin. Maaympäristössä lierojen entsyymit ovat olleet herkkiä saastuneisuuden osoittajia.



Alue- ym. yhteistyö

Paikallisesti ja alueellisesti on toimittu valtioneuvoston hyväksymässä Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusohjelmassa (2002) ja sitä edeltävässä kaupunkiohjelmassa. Ohjelman kärkihankkeisiin kuuluu alueellinen T&K –palveluverkosto, jonka tavoitteena on tuottaa tarvittavat palvelut osaamiskeskusohjelmalle. Tavoitteena on, että alueen laboratoriot rakentavat keskenään tiiviin yhteistyöverkon, missä kukin laboratorio erikoistuu omaan vahvaan alaansa. Yhteistyötä on tehty ylihallinnollisesti, erityisesti kuntalaboratorion, yritysten ja Keski-Pohjanmaan teknologiapalvelukeskuksen sekä Jyväskylän yliopiston kanssa.

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) haitallisten aineiden velvoitetarkkailun kehittämisraportissa (Karhu ym., 2004) kiinnitetään huomiota siihen, että vesipolitiikan puitedirektiivin asettamat haitallisten aineiden tarkkailu- ja seurantavelvoitteet ovat mittavat verrattuna Suomen nykyiseen tarkkailuun. Kokkolan tutkimushankkeet esitellään raportissa esimerkkinä uudesta ja monipuolisesta tarkkailuohjelmasta. Raportissa tuodaan myös esiin malli, missä jätevesipäästöjen vaikutuksia tulisi tutkia yhtiön, yliopiston ja alueellisen ympäristökeskuksen yhteisenä tutkimusprojektina.

Kokkolanseudun kemian osaamiskeskusohjelmassa (Slotte ym. 2002) Länsi-Suomen ympäristökeskuksen osuudeksi mainitaan koetoiminta, haitalliset aineet, maaperä, sedimentit, ekotoksikologia, biotestaus, genetiikka. Käytössä on biologisia standardimenetelmiä ja muita menetelmiä, jotka perustuvat eliöiden kasvuun, kuolevuuteen, lisääntymiseen, liikkuvuuteen, aineenvaihduntaan, morfologiaan, kertyvyyteen jne. SYKE:n kehittämissuunnitelmassa (Kourilehto ym., 2004) esitetään Kokkolan kemian osaamiskeskusohjelmaan liittyvän toiminnan edistämistä osana ympäristöhallinnon kehittämistä ja NOR-NET-yhteistyötä.

Yhteistyötä on mahdollista tehdä myös SYKEN kokeellisen laboratorion kanssa.

Ympäristöhallinnon kannalta keskeisiä toimintaympäristön muutoksia ovat mm.

- maakunnallisen suunnittelun vahvistuminen,
- ympäristöongelmien vaikeutuminen,
- riskien lisääntyminen,
- kokonaisuuksien, monitieteisyyden, vuorovaikutuksen ja verkottumisen korostuminen sekä
- uudenlainen yhteistyö ja kumppanuus (ympäristöhallinto, elinkeinoelämä, kansalaiset).

Hallinnon sisällä on käynnissä erikoistumiseen ja työnjakoon perustuva verkottuminen, jossa tuetaan alueellisia vahvuuksia. Alueellisia vahvuuksia ympäristöhallinnon kannalta ovat Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa jokivesistöjen tutkimuksen ja seurannan lisäksi kemianalan osaamiskeskus ja Kokkolan toimipaikan läheinen yhteistyö osaamiskeskuksen ja kemian teollisuuden kanssa (Kourilehto ym., 2004).

Toiminta tukee Länsi-Suomen ympäristökeskuksen painopistettä, joka koskee ympäristön tilan seurannan, velvoitetarkkailun ja arvioinnin uudistamista vesipuidedirektiivin vaatimusten mukaiseksi.

Vasta perustettu, v. 2005 toimintansa aloittava ympäristöhallinnon laboratorioverkko jatkaa hallinnon sisäisen yhteistyön ja työnjaon kehittämistä siten, että verkon toiminta pyrkii jatkossa vastaamaan entistä paremmin mm. vesipuidedirektiivin seurannan haasteisiin.

Tutkimustarpeita

- Ekologisten riskien arviointi ja hallinta.
- Optimoidut järjestelmät jätevesien toksisuuden arviointiin , mittaukseen ja testaukseen.
- Vaiheittainen toksisuuden testaus ja aineiden identifiointi.
- Kemikaalien yhteisvaikutukset.
- Eri jätevesien ja jätevesijakeiden toksisuus.
- Aineiden kulkeutuminen ja muuntuminen.
- Akkumulaatio ja biohajoavuus.
- Puolikrooniset testit, biomarkerit, vaikutukset hormoniaineenvaihduntaan.
- Maaperän geneettinen biodiversiteetti.
- Ympäristölaatunormien tarkentaminen.
- Luotettavat taustatasot.
- Hajakuormituksen osuus.

Otetaan huomioon pohjoinen ulottuvuus: kylmä vesi ja jääpeite hidastavat kemikaalien hajoamista. Sekä lisäksi maannousu ja veden mataluus.



MISSÄ MENNÄÄN

LSU:n alueen jokiympäristöjen herkkien eliölajien meritaimenen, siian, nahkiaisen ja helmisimpukan kannat ovat voimakkaasti taantuneet eikä kehitystä ole saatu pysäytetyksi. Ähtävänjoen helmisimpukkakannan suojelulla on kiire, sillä yksilöt ovat reilusti yli satavuotiaita eivätkä oletettavasti elä enää kauan. Myös rannikon tilassa on ekologisia häiriöitä. Harjoitetulla tutkimustoiminnalla on saatu tietoa uhanalaistuneen luonnon ympäristövaatimuksista, uhkatekijöistä ja ennallistamistarpeista jo yli 20 vuoden ajan. 1990-luvun alkupuolelta lähtien on hyödynnetty Kokkolan laboratorion antamia ekotoksikologisen tutkimuksen ja koetoiminnan mahdollisuuksia.

Tutkimustulosten tuottamisen taustalla on ollut monipuolinen menetelmäkehitys (kts. s. 68) ja laaja yhteistyöverkosto. Koetoiminta on mahdollistanut mm. yhtäaikaisesti vaikuttavien painetekijöiden erottamisen toisistaan. Ympäristön tilaa kuvaavan menetelmäkehityksen painopiste on ollut joki-luonnossa, erityisesti herkissä, humusvesiin soveltuviin ja haitallisten aineiden vaikutuksia ja tilaa kuvaavissa "täsmämenetelmissä". Erityisen merkittävää on, että näillä menetelmillä on nyt saatu yhteys uhanalaisen luonnon kanssa. Vesipuidedirektiivin termeillä kysymys on tutkinnallisesta ja toiminnallisesta seurannasta, jota tarvitaan kun vedet eivät ole ekologisesti hyvässä tilassa.

Valmista metodiikkaa on ollut käytettävissä eliöiden fysiologisiin mittauksiin, joita on hyödynnetty mm. eliöitä sumputtamalla joki- ja rannikkoympäristössä. Ruoppa (2004) on koonnut olemassa olevan biologisen menetelmäkokonaisuuden. Eniten käytettyjä lienevät standarditoksisuustestit vesikirpuilla, levillä ja bakteereilla. Myös simpukkatestit (kertyminen) sekä hormonit, entsyymit ym. eliöiden aineenvaihduntaan liittyvät testit ovat merkittäviä. OECD:ssa on hyväksytty lisäksi esim. surviaissääsken toukilla tehtävät sedimenttitestit. Kansainvälisiä testejä on ollut tarpeen hyödyntää entistä enemmän osana laajaa piste- ja hajakuormituksen haitallisiin aineisiin liittyvän problematiikan hoitoa, huomioon ottaen yhä keskeisemmäksi nouseva yhtenäinen eurooppalainen säädöstausta. Ensimmäinen OECD:n julkaisu toksisuuden testauksesta julkaistiin jo 1981. HELCOM:in haitallisten aineiden valinnassa kiinnitettiin erityistä huomiota hormonitoimintaa häiritseviin aineisiin.

Myös geneettisillä tutkimuksilla on ollut tärkeä sija uhanalaisten kantojen määrittämisessä erityisesti viljely- ja istutustoiminnassa. Kaikkein oleellista on kuitenkin ollut, että prosessinomaisesti edenneen tutkimustoiminnan saldo on jotakin vuosia sitten mahdollistanut sen, että ekologisen tilan parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä on voitu toteuttaa jo käytännön tasolla ja merkkejä niiden onnistumisesta on olemassa helmisimpukan ja nahkiaisen osalta.

Kuvat: Alueen vesistöjen uhanalaisten lajien / kantojen taantuminen on jatkunut. Tietoisuus eri painetekijöistä ja elvyttämisen mahdollisuuksista on kasvanut. Käytännön tasolla on saatu merkkejä ekologisen tilan parantamisesta. Kuvissa pallosimpukan prepaarointia raskasmetallianalyysiä varten.



Kuvat:
Rapukunnostuksia on toteutettu mm. Kalajoen vesistön latvoilla, Kalajanjoella.



Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen arkistot

Tulosten hyödyntäminen

HAITALLISTEN AINEIDEN TILAN, VAIKUTUSTEN JA RISKIEN ARVIOINNISSA SEKÄ YMPÄRISTÖLAATUNORMIEN ASETTAMISESSA

Jokiympäristön seurannassa on ollut vakavana ongelmana se, ettei vesistön ekologinen, herkkien lajien tila ole korreloinut virallisten seurantatulosten kanssa. Oleellista parannusta toksisen kuormituksen tarkkailuun on saatu kehitettyjen vesisammal- ja vesiperhosentoukka –metodiston avulla. Nämä menetelmät soveltuvat keskeisiin suomalaisiin ongelmiin ts. maankäytön, metsäojitusten, pelto-ojitusten tai perkaamisen subletaalien raskasmetalli-vaikutusten bioindikaattoreiksi koskiympäristöissä. Lisäksi ne soveltuvat torjunta-aineiden vaikutusten seurantaan.

Vesisammalet akkumuloivat tehokkaasti haitallisia aineita ja kuvaavat altistusta mm. eri metalleille ja epäorgaaniselle kiintoaineelle ja vesiperhosen toukat (lajisto, morfologiset häiriöt, värimuutokset, käyttäytymishäiriöt) kuvaavat vaikutusta. Menetelmät kuvaavat pohjanläheistä kuormitusta, joen ekologista tilaa ja sammalten metallitasot edustavat niitä tasoja, mille pohjaeläimistö ja edelleen kalat altistuvat. Menetelmiä on testattu ja verrattu biologisiin elementteihin (kalat, pohjaeläimet, pohjalevät) Jyväskylän yliopiston ja LSU:n yhteistyönä. Näitä tuloksia voidaan odottaa v. 2006.

Vesisammalet ovat kuvanneet kemiallisia vaikutuksia tilastollisesti merkittävällä tavalla silloinkin, kun vaikutusta ei veden laadussa ole näkynyt. Niillä voidaan kuvata sekä lyhyt- että pitkäaikaisvaikutuksia. Ne ovat myös käytökelpoisia ”täsmämenetelmiä”, koska vaikutusten kesto voidaan arvioida ja vaikutukset kohdentaa. Vesisammal- ja vesiperhostoukka -menetelmät on saatu ohjeistettua. Ohjeisiin sisältyvät indeksit, joiden avulla voidaan tulkita onko haitallisten aineiden osalta kysymys ekologisesta riskistä, kuinka suuri riski on ja mikä metalli sen aiheuttaa. Yhtä hyvin voitaneen puhua indeksien osalta haitallisten aineiden tila-arvioista ja ympäristölaatuormeista.

LSU:n alueen jokiympäristöissä, erityisesti alajuoksuilla ekologisia riskejä aiheuttavia vesisammalten metallipitoisuuksien tasoja on havaittu erityisesti raudalla ja alumiinilla, mutta myös kuparilla, nikkelillä, kadmiumilla, arseenilla, sinkillä ja lyijyllä. Metallitasot vaihtelevat eri vuosina ja vuodenaikoina maaperän metallikuormituksen huuhtoutumista säätelevien tekijöiden mukaisesti. LSU:n alueen jokien alajuoksujen ekologinen haitallisten aineiden tila on ainakin ajoittain heikentynyt. Esim. Perhonjoen tapauksessa raudan, alumiinin ja kuparin pitoisuudet ovat tasolla, mikä saattaa vaarantaa toteutetun kalataloudellisen kunnostuksen tavoitteet. Useimmat havaitut metallit kuuluvat EU:n yhteisötason tai ehdotettuun kansalliseen prioriteettialueeseen. HS-maiden kuormituksen seurantaan soveltuvat parhaiten Al, Fe, Cu ja Pb. Sen sijaan Zn:n kertyminen ei toimi yhtä hyvin happamissa olosuhteissa. Fe ja Al eivät toistaiseksi kuulu prioriteettialueisiin.

Lestijoen Ekologisen Riskin Arvioinnin esimerkkitapauksessa vesiperhosen toukilla tehtyjen testien tulokset (Lestijoen omalla vesiperhospopulaatiolla suoritettu laboratorioaltistus) korreloivat käytetyistä aineistoista parhaiten erittäin uhanalaisen meritaimenkannan esiintymisen kanssa. On myös saatu viitteitä metodiston soveltuvuudesta helmisimpukkakantojen riskien arvioimiseksi. Voimme siis puhua siitä, että kysymys on myös Early Warning –metodistosta. Vesiperhosen toukkia voidaan käyttää myös, kun tutkitaan metallien akkumuloitumista. Vastaavasti kuin vesiperhosen toukkia koskissa, on suvantoympäristöissä sovellettu surviaissääsken toukan morfologisia häiriöitä ja tehty kasvatuskokeita esim. teollisuusjätevesien kuormittamassa Kymijoen ja alustavasti turvetuotannon/metsäojitusten vaikuttamassa kohteessa.

Sumputukset mädillä, kaloilla ja nahkaisilla ym. on ollut myös käyttökelpoinen menetelmä erilaisissa perkausten ja teollisuuspäästöjen vaikutusten arvioinnissa. Aikuisista eliöistä on määritetty fysiologisia stressitekijöitä, mikä on ollut hyvä ja herkkä vaikutusten indikaattori.

Kuvassa, sivulla 20 nähdään menetelmä, jota on jo pitkään kehitetty ja joka on tällä hetkellä Perhonjoen velvoitetarkkailun käytössä: Perhonjoen alaosalla sijaitseva mittausasema seuraa jatkuvatoimisesti veden määrää ja sameutta. Siihen liittyy sarja rinnakkaisia kouruja, joiden pohjalla on muovinen sammalmatto ja kalan mätiä. Rinnakkaiset kourut varmistavat tilastollisesti luotettavan asetelman. Koeasetelma antaa mahdollisuuden käyttää testauksessa myös mitä muita eliöitä hyvänsä. Koeaikana kertyneen kiintoaineen määrä ja laatu esim. metallit voidaan määrittää. Veden laadun poikkeavat tilanteet tulostuvat tutkijoille. Koesysteemi merkitsee mahdollisuutta varsin täsmälliseen ja kattavaan seurantaan sekä veden määrän, laadun että biologian osalta.

Kokkolan edustan merialueella teollisuusjätevesien vaikuttamalla alueella on viimeisen 10 vuoden aikana havaittu ekologisia haittoja teollisuuden alkuhäiriöiden jo poistuttua. Kahden tehtaan jätevesien toksisuustestauksella on päästy alkuun vaikutuksia aiheuttavien syiden selvittämisessä ja kohdentamisessa. Käytetyt akuutit standarditestit vesikirppu-, levä- ja bakteeritesti ovat toimineet. Mallin antamana tuloksena on ollut se, että akuutti toksisuus rajoittuu tehtaiden päästölähteiden välittömään läheisyyteen ja kohdistuu erityisesti sedimenttiin. Kalojen EROD-aktiivisuuden testaus on antanut tuloksen, jonka mukaan toksisuutta aiheuttavat myös orgaaniset yhdisteet. Aineiden alustava karakterisointi osoitti, että varsinkin bentseeniyhdisteiden lukumäärää ja konsentraatioita jätevesissä pidetään merkittävänä ekologisenä riskinä.

Metallien kontaminoiman maaperän haitallisten aineiden tila-arvio on voitu tehdä Kokkolan alueella ensimmäistä kertaa Suomessa yhdessä muutaman muun kaupungin kanssa. Testattujen menetelmien kokonaisuudesta vasteen antoivat ATP-mittaukset, sääsken toukkien ja änkyrimatojen lukumäärä sekä laboratoriokokeet mm. lierojen metallotioniini, kasvu ja lisääntyminen.

PAINETEKIJÖIDEN ERITTELYSSÄ

Tehdyillä tutkimuksilla on saatu eriteltyä painetekijöitä, säännöstelyä, veden laatua ja sedimentin laatua. Tutkimusmenetelmät, missä on yhdistetty kokeellinen tutkimus kentällä ja laboratorioissa sekä ekologiset kenttäaineistot on antanut luotettavan pohjan johtopäätösten tekemiselle. Tutkimustulosten perusteella voidaan realisoida mahdollisuuksia ja keinoja ekologisen tilan parantamiseksi.

Säännöstely

Perhonjoen säännöstelyn vaikutuksista pohjaeläimistöön saatiin esiintymiseen ja runsauteen perustuvilla tutkimuksilla yleiskuva joen tilasta. Sen sijaan laboratorio- ja maastokokeilla voitiin osoittaa tilastollisesti merkittävällä tavalla säännöstelyn osuus habitaattimuutoksista ja veden laadun vaikutuksista. Kriittisiksi muodostuivat monien pohjaeläinten osalta alivirtaamajaksot, jolloin lyhytaikaissäädön vaikutukset ovat äärevimmillään. Simulointikokeiden perusteella arvioitiin, että herkimpien lajien toimeentulo edellyttäisi vähintään neljänneksen lisäystä alivirtaamiin. Tämä puskuroisi alajuoksua osaltaan myös alunamaakuormituksen haittoja vastaan. Säännöstelyn vaikutus pohjaeläimistöön oli tilastollisesti erittäin merkittävä.

Säännöstelyn vaikutus nahkiaisen toukkien kannalta on edelleen auki. Kalajoen siikakannan häiriöiden yhteydessä on myös noussut esiin säännöstelyn osuus. Säännöstelyn vaikutukset ovat tarkemmin yksilöimättä myös Lestijoen alajuoksulla.

Habitaatit

Perhonjoen habitaattimuutoksen aiheuttama riski pohjaeläimistön taantumisen kannalta on arvioitu tilastollisesti kohtalaiseksi, mäkärän toukkien runsastumiseen sen sijaan suureksi. Tehdyillä tutkimuksilla saatiin myös perusteet ja menetelmät mäkäräongelman ratkaisemiseksi habitaatin osalta ts. pohjaa tulee monipuolistaa vesisammalia siirtoistuttamalla ja eri kokoisia kiviä käyttäen.

Nahkiaisella tehdyt kokeet ovat antaneet tietoa toisaalta toukan ja toisaalta kutevien yksilöiden habitaatin vaatimuksista raekoon suhteen. Kartoitusmenetelmällä, joka on perustunut kyseisten kokeiden tuloksiin, on saatu tietää LSU:n alueen jokien sedimentin laatu nahkaisien toukkien kannalta. Erinomaista-kohtalaista pohjaa esiintyy nahkaisjokien alajuoksulla alle 10- yli 50 %. Perkausten ja säännöstelyn aiheuttaman eroosion vuoksi vähiten tätä pohjaa on Perhonjoen alajuoksulla. Myös Lestijoen alajuoksulla on nähtävissä säännöstelyn aiheuttama eroosio. Yläjuoksulla tilanne on parempi.

Veden laatu

Eliöiden veden laatuvaatimuksia on käsitelty paitsi pohjanmyötäisen ja sedimentin kautta ilmenevinä, myös erillisten vedenlaatukokeiden kautta. Kokeita on tehty kentällä ja laboratoriossa. Oleellista on ollut saada tietoa eliöiden sietokysymyksistä suomalaisissa humusympäristöissä.

Alueen omilla humusvesillä tehtyjen vedenlaatukokeiden perusteella erityisesti rauta, alumiini ja happamuus esiintyvät jokivesissämme usein tasoilla, jotka aiheuttavat toksisia vaikutuksia jokieliöstölle. Testausta ei ole toistaiseksi toteutettu muilla metalleilla. Nahkainen on osoittautunut yhtä herkkäksi kyseisille aineille kuin lohensukuiset kalat, mm. meritaimen. Herkkiä vaihteita ovat erityisesti nahkaisen nuoruusvaiheet. Toisaalta myös tehtyjen kokeiden perusteella emonahkaiset saattavat altistua talven ja kevään aikana veden laadulle siinä määrin, että mädin kehittyminen häiriintyy. Meritaimenen osalta saatiin viitteitä siitä, että herkkiä tilanteita olivat paitsi mädin kuoriutumisvaihe, myös smolttiutumis-vaihe.

Raudan kriittisiksi pitoisuustasoiksi saatiin 1700 ug/l pH 5,5:ssä tai sen alapuolella ja muutoin 2500-3000 ug/l. Kriittinen pH-taso oli 5,5 tai matalampi. Tutkituista eliöistä kaikkein vaateliain veden laadulle oli helmisimpukka, erityisesti sen glokidiotoukka heti loisvaiheen jälkeen.

Veden laadun aiheuttama ekologinen riski Perhonjoen pohjaeläimistöön arvioitiin tilastollisesti kohtalaiseksi, kun tarkasteltiin lajirunsautta ja petovesiperhosten esiintymistä. Mäkärän toukkien runsastumiselle riski oli vähäinen.

KUNNOSTAMISESSA

Habitaattikunnostukset

Habitaattien kunnostusmenetelmiä kehitettäessä on keskitytty niihin osaluoksiin, jotka eivät ole olleet muiden hoidossa. Eniten on Suomessa ollut valmista tietoa koskikunnostuksiin lohensukuisten kalojen kannalta.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa on keskitytty nahkaisen ja ravun habitattivaatimuksiin. Kokeiden antamien tulosten perusteella on kunnostettu sekä Perhonjokea että Kalajokea. Perhonjokeen on muodostettu erooituneille alueille pehmeitä pohjia nahkaisen toukan elinympäristöksi ja kutusoraikkoja aikuisille yksilöille. Samoin on kunnostettu jokia rapuja varten.

Viljeltyjen toukkien istutukset

Nahkaisen viljelymenetelmän kehittämisen seurauksena vesioikeuden päätöksen aiemmin edellyttämä aikuisten nahkiaisten ylisiirto, joka ei ole tuottanut merkittävää tulosta, on voitu korvata osaksi viljeltyjen toukkien istutuksilla. Menetelmän kehittäminen on ollut monivaiheinen ja pitkälinen prosessi. Nyt on voitu osoittaa, että viljeltyt nahkiaiset ovat menestyneet ja metamorfoituneita, mereen vaeltavia yksilöitä on saatu saaliiksi drift-pyyntisissä.

Samoin kehitettyä helmisimpukan viljelyä on hyödynnetty. Menetelmä toimi hyvin Korvuanjoella, missä on luontaisesti lisääntyvä raakkukanta. Ähtävänjoella, missä olosuhteet ovat heikommät eivätkä globidiotoukat kehity, tarvitaan pidemmälle vietyä viljelymenetelmää. Tätä varten on käynnistetty uusi tutkimushanke, missä tavoitteena on viljelyn jatkaminen laboratorioissa niin kauan, että toukan herkin vaihe on ohitettu. Kasvualustalla korvataan elinkierron kala- isäntävaihe. Toisaalta on mahdollista muodostaa nykyisistä helmisimpukkayksilöistä reservejä niihin joenosiin, joissa on parhaat olosuhteet. Ähtävänjoen helmisimpukkakannan suojelulla on joka tapauksessa kiire, koska kannan elinikä ei enää voi olla pitkä.

SEURANTAOHJELMAN KEHITTÄMISESSÄ




Seurantaohjelmaehdotus

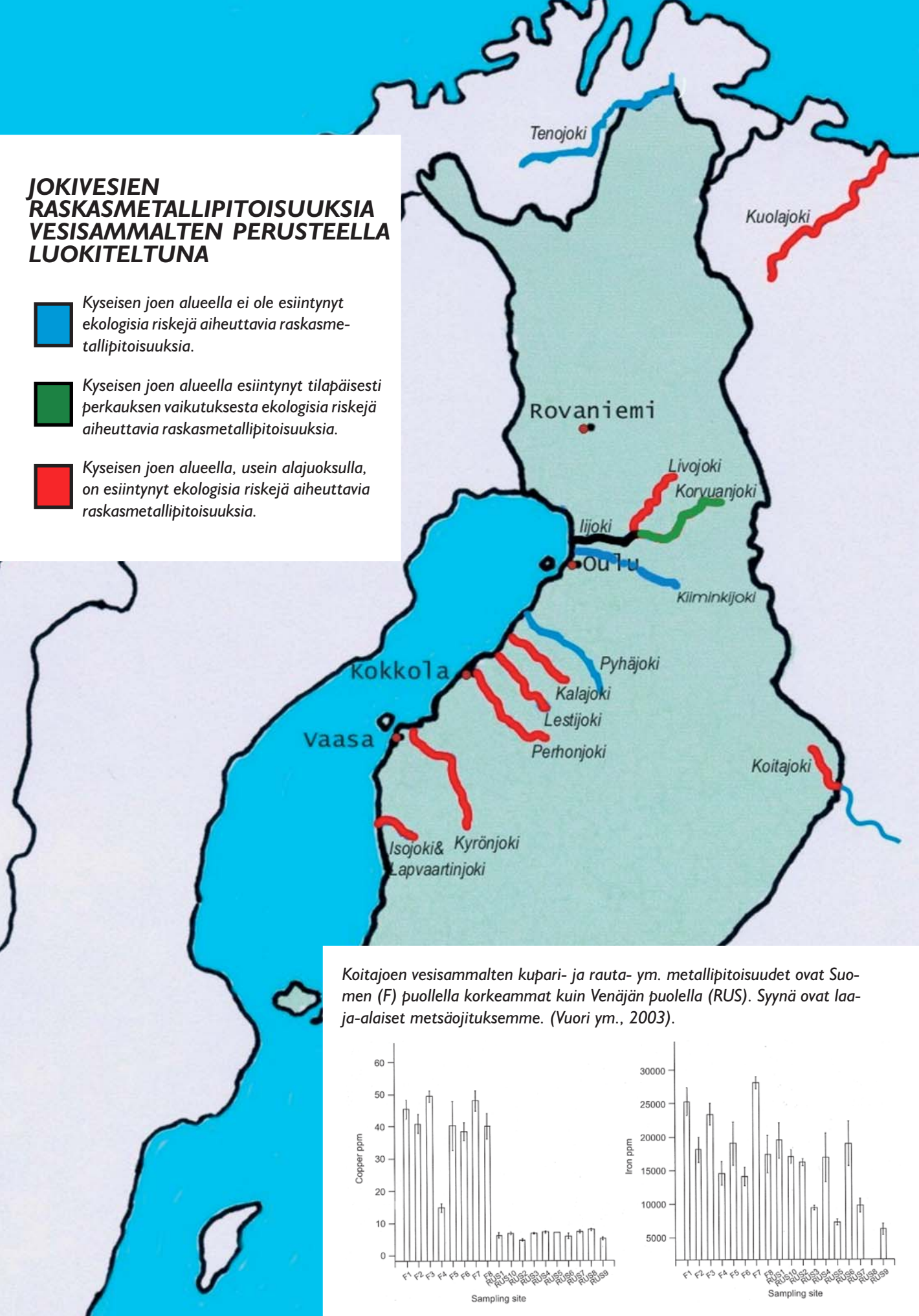
Edellä esitellyssä tutkimuskatsauksessa haitalliset aineet korostuvat alueellamme sekä painetekijöinä, vaikutuksina että riskejä aiheuttavina tekijöinä. Koska joet ovat huonommassa kuin hyvässä tilassa, vesipuitedirektiivin mukaan tulee käyttää tutkinnallista ja toiminnallista seurantaä. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen jokien tila on tällä hetkellä hyvin herkkä ja haavoittuvainen; niissä on myös toteutettu useita erilaisia kunnostustoimia. Tästä syystä ne vaativat perusseurannan lisäksi hyvin yksilöllistä seurantaohjelmaa. Vesipuitedirektiivi edellyttää käytettäväksi haitallisten aineiden tilan arvioimiseen standarditoksisuustestejä tai vastaavia, mukana tulee olla sedimentti. Yhteydet standarditestien ja tyyppilajien välillä tulisi tuntea.

Seurannan lähtökohtana tulisi olla ongelmakeskeinen lähestymistapa, missä hyödynnetään ekologisen riskiarvioinnin prosessia (ERA) ts. kootaan tietous systemaattisesti ongelman muotoilua, altistuksen ja vaikutusten analysointia sekä riskin luonnehdintaa varten. Kehitetyt, toksisuuden testaukseen ja kunnostusten vaikutuksiin soveltuvat menetelmät näyttävät soveltuvan myös jatkuvaan toiminnalliseen jokiseurantaan esim. seuraavasti:

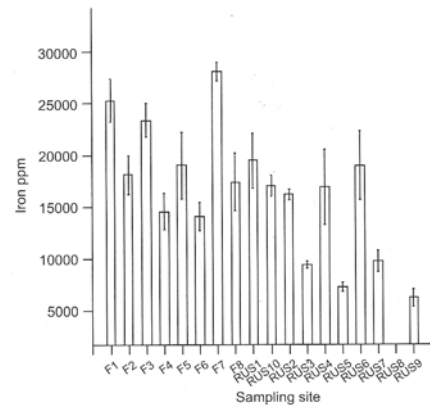
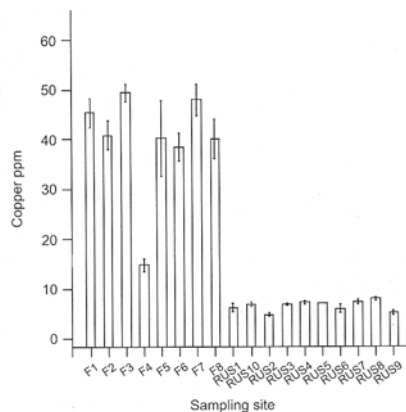
- **Hajakuormituksen seuranta:** kiintoaineen mittaamiseen sumppuja tai vesisammalten kiintoainepitoisuuksia; happamuuteen/metalleihin sedimentin bakteeritoksisuus, vesisammalten metallipitoisuudet, vesiperhosen toukat (lajisto, morfologiset muutokset, kertymät) surviaisääsken toukat (pääkapselien morfologia, kasvatuskokeet), eliöiden sumputukset ja terveydentilamittarit.
- **Kunnostuksen seuranta:** nahkiais- ja siikaistutusten tuloksellisuutta seurataan mereen laskeutuvien yksilöiden drift-pyyynnillä; kunnostuksen vaikutusta jokiluonnossa tutkitaan pohjaeläinten kenttäarviomenetelmällä.
- **Ähtävänjoen helmisimpukka:** kannan seurantaä jatketaan sukeltamalla maastoon merkittyjä linjoja.
- **Natura-joet:** lisäksi habitaattiseuranta, lajiseurannat.

JOKIVESIEN RASKASMETALLIPITOISUUKSIA VESISAMMALTEN PERUSTEELLA LUOKITELTUNA

-  Kyseisen joen alueella ei ole esiintynyt ekologisia riskejä aiheuttavia raskasmetallipitoisuuksia.
-  Kyseisen joen alueella esiintynyt tilapäisesti perkauksen vaikutuksesta ekologisia riskejä aiheuttavia raskasmetallipitoisuuksia.
-  Kyseisen joen alueella, usein alajuoksulla, on esiintynyt ekologisia riskejä aiheuttavia raskasmetallipitoisuuksia.



Koitajoen vesisammalten kupari- ja rauta- ym. metallipitoisuudet ovat Suomen (F) puolella korkeammat kuin Venäjän puolella (RUS). Syynä ovat laaja-alaiset metsäojituksemme. (Vuori ym., 2003).



Automaatiolla ja malleilla on mahdollista korvata nykyistä kemiallista seuranta ja saada parempi ja luotettavampi kuva veden laadun rytmikasta ja ääritilanteista esimerkiksi siten kuin Perhonjoen ja Kyrönjoen automaattiasemilla (ks. sivu 20) on tehty.

Seuraavassa esitetään teollisuusseurannan kehittämisen suuntaviivoja, jotka koskevat erityisesti rannikkoympäristöä. Esitykset perustuvat useiden tarkkailutyöryhmien (2004) suosituksiin (Karhu ym. 2004; Korhonen & Londesborough, 2004; Anon., 2004).

Toksisuustestauskokonaisuuteen tulisi kuulua menetelmät, joilla saadaan tieto päästöjen pitkäaikaisvaikutuksista, kertyvyydestä, hajoamisesta, biosaavuudesta sekä vaikutuksista eliöiden entsyymi- ja hormonitoimintaan. Käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailusta tulisi muodostaa kokonaisuus, jossa painotukset vaihtelevat mielekkäästi toisiaan tukien. Toksisuuden testauksen ja aineiden tunnistamisen (metallit ja orgaaniset yhdisteet) tulisi edetä johdonmukaisesti.

Tutkimusmetodiikan painopiste tulisi muuttaa perusseurannasta tutkimukselliseen (erilliskokeet) ja toiminnalliseen (herkät, early warning –metodit) seurantaan. Ensimmäisessä vaiheessa tulisi keskittyä sedimenttiin. Kartoitettavalla menetelmällä, esim. bakteeritoksisuustestillä, tulisi arvioida toksisen alueen laajuus, minkä jälkeen valittaisiin kohteet pitkäaikaisseurantaan. Jos käytetään surviaissäasken toukkia, on mahdollista yhdistää laboratoriotestaus (kasvatustestit ja morfologiset häiriöt) ja tilanne luonnossa. Myös standarditoksisuustestejä tarvitaan. Kertymisen mittariksi soveltunevat harvasukamadot.

Kalataloudellisen vahinkoalueen eräänä arviointikeinona voidaan käyttää mätisumputuksia. Ohjelmat tulisi uusia esim. 2 vuoden välein. Asiantuntijatiimi, jossa on yliopiston ja SYKE:n edustajia voisi antaa ohjelmiin liittyviä suosituksia. Maaperäseurannassa voidaan käyttää seuraavaa analytiikkaa: ATP-mittauksia, maaperän CO₂:ta, säasken toukkien lukumäärää ja lierojen entsyymiä (metallotioneiini), kasvua ja lisääntymistä.

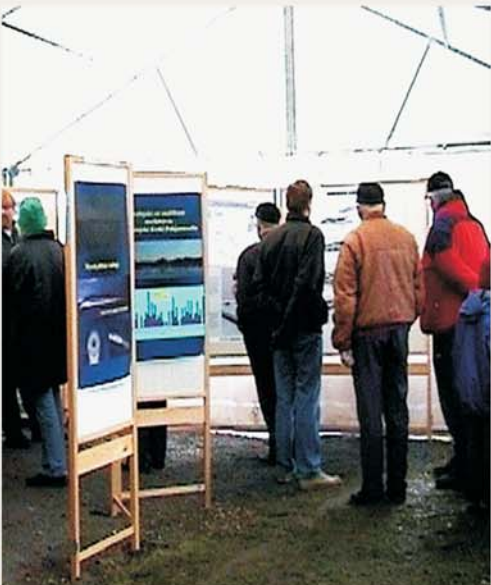
Jokiseurannan kustannuksista

Lestijoessa, missä metallien/haitallisten aineiden testaus toimii siten, että vesisammalista määritetään keskeiset metallit 3 kertaa vuodessa ja veden kemiallisemmin kuin vesikemiaan painottamalla (Vuori ym., 1998). Vastaavan tiedon saamiseksi vesianalytiikalla näytteenottoja tulisi olla huomattavan paljon, jos se ollenkaan onnistuu. Samoin voidaan todeta muustakin esitetystä analytiikasta, korvaamalla osan yleistiedosta täsmätietoa antavalla analytiikalla vaikuttavuus paranee eivätkä kustannukset nouse. Esimerkiksi Perhonjoen limniasemalle pystytetty seurantajärjestelmä tuottaa täsmällistä ja luotettavaa kemiallista ja biologista tietoa kustannustehokkaasti. Näin menetellen päästään pois Wahlströmin (1992) kuvaamasta tilanteesta: "maailmassa on paljon lukuja, vähän tietoa".

Kartta 1:

Kuvasta näkyy esimerkinomaisesti, että Suomen jokivesistöissä esiintyy laajasti ekologisia riskejä aiheuttavia raskasmetallipitoisuuksia. Merkittävänä syynä on hajakuormitus, joka aiheutuu sekä HS- että turvemaiden kuivatuksesta.

Haitallisten aineiden tilan arvioinnissa uudet, oloihimme soveltuvat menetelmät ovat perustuneet vesisammalten haitta-ainepitoisuuksiin ja pohjaeläinten morfologisiin muutoksiin. Myös perinteisiä standarditoksisuusmenetelmiä tarvitaan.



Muu vaikuttavuus


Tutkimustoiminnan myötä kestävä kehitys ekologisille, taloudellisille ja sosiaalisille tavoitteille on tuotettu teoreettisia ja käytäntöön vietyjä ainesosia. Tutkimusten tuloksia on voitu hyödyntää luonnon uhanalaisuuden ja ristitekijöiden arvioinnissa ja tutkimusohjelmien priorisoinnissa.

Vesistöjen luonnontaloudellinen elvyttäminen ja siihen liittyvä osaaminen palvelevat tutkimusten mukaan yhtä hyvin suojelun kuin elinkeinoelämän kehittämisen tavoitteita. Ts. aluekehityksen ja ympäristöhallinnon tavoitteita on voitu yhdistää, käyttää yhteisiä resursseja ja toteuttaa uudenlaista yhteistyötä ja kumppanuutta. Ympäristönsuojelu ja ekologisten riskien arviot ovat yleensäkin tulossa enenevässä määrin läpäisyperiaatteella elinkeinoelämään; sillä on yrityksille myös statusarvoa.

Vesien suojelemissuunnitelmiin on saatu uusia tavoitteita ja raja-arvoja. Jokivesien rauta- ja eräiden muiden raskasmetallipitoisuuksien ekologinen merkitys on korostunut ja tuotettua tutkimusaineistoa voidaan hyödyntää, kun valitaan alueellisia ja kansallisia vesipuitteidirektiivin mukaisia prioriteettiaineita.

Vesioikeudellisissa velvoitteissa ja käytännön kunnostustöissä on hyödynnetty kehitettyjä valmiuksia. Myös Euroopan Unionin ympäristötukipäätösten sisältöön on ollut vaikuttamassa esimerkiksi menetelmäkehitys happamuuden torjunnassa.

Kehitettyjä menetelmiä on myös käytetty Venäjällä, Lapissa, Pohjois-Pohjanmaalla ja Pirkanmaalla. Kysymyksessä on ollut erityisesti helmisimpukan viljelyn hyödyntämisestä sekä maankäyttöön ja pistekuormitukseen liittyvien riskien arvioinneista. Käynnissä oleva lohikalojen ja niiden loisten genetiikkatutkimus on varsin kansainvälinen ja siihen kuuluvat Itämeren maat ja Venäjä sovitun työnjaon mukaisesti Oulun yliopiston johdolla. Nahkiaisosaimista on viety Kanadan intiaanireservaatin käyttöön. Tutkimuksia ja niiden tuloksia on voitu hyödyntää myös koulujen opetusohjelmissa, tieteellisissä seminaareissa ja tiedottamisessa.

 **Kuva:** Kokkolan syksyisillä nahkiaismarkkinoilla tutustutaan LUn nahkiaistutkimusten tuloksiin samalla kun nahkiaisia ostetaan ja syödään. Seminaareissa esitellään tutkimustuloksia mm. kouluille ja tiedeyhteisöille.

Mitä vielä pitää tehdä ...

Tehtyjen tutkimusten perusteella vesistöjen eliölajien nuoret vaiheet ovat erityisen herkkiä haitallisille aineille, joita tulee paitsi piste- myös hajakuormituksen seurauksena. Tutkimuksia tarvitaan lisää kiintoaineen merkityksestä. Metallien vaikutuksen tunteminen joki- ja rannikko-ympäristössä tulisi olla laajempi; sen tulisi kattaa leviäminen, akkumulointuminen, vaikutukset eliöissä ja eliöyhteisörakenteessa. Tausta-, haja- ja piste-kuormituksen erottaminen toisistaan vaatii oman tarkastelunsa. Teollisuudessa ja maanviljelyssä saattaa olla kysymys myös haitallisista organisista aineista, jotka ovat olleet liian vähällä huomiolla.

Jokien ja rannikon tutkimusten tulisi kohdentua entistä enemmän veden sijaan sedimentteihin, erityisesti sedimentin toksisuuteen. Chironomus-menetelmä vaatii lisää sovellutuksia erityisesti maankäytön vaikutuksiin liittyen. Alueelliseksi prioriteettiaineiksi tulisi nimetä kaikki ne metallit, joista on tutkimuksilla osoitettu ekologista haittaa. Erityisesti mukana tulisi olla Fe ja Al. Ympäristölaatu-ormeja tulisi tarkentaa siten, että niiden asettaminen perustuisi todelliseen ekologiseen testaukseen ja tietämykseen.

Tutkimuksia tulisi jatkaa ja jo tehdyt tutkimukset tulisi huomioida ympäristölaatu-ormien asettamisessa. Kysymyksen on mitä keskeisimmästä asiasta eli biodiversiteetin säilymisestä ja sen seikan tunnistamisesta ollaanko kestävä kehityksen tiellä. Vesikemiallisen aineiston mallintaminen ei ole riittävän luotettava pohja laatu-ormien asettamiselle.

Tutkimusta tarvitaan myös vesistöjen tyyppilajeilla tehtävän testauksen, standarditestien ja biokemiallisen ekotoksisuuden testauksen (esim. biomarkkerit) yhteyksistä ja mahdollisuuksista. Ns. Valkoinen kirja lähtee siitä, että on eettisistä syistä tärkeää siirtyä mahdollisimman paljon eliöiden testaamisesta solulinjalle. - Säännöstelyn vaikutusten tunteminen ei ole kattavaa.

Uhanalaisten eliöiden kantojen elvyttämiseksi niiden viljelyssä tarvitaan entistä enemmän menetelmiä, joissa eliön herkin vaihe ohitetaan, koska tilanne luonnossa ei ole useinkaan parantunut. Istutustoiminnan mahdollistamiseksi tulee tuntea kantojen genetiikka. Molekyyligenetiikalla on myös huikeita uusia sovellutusmahdollisuuksia lajimäärityksissä ja biodiversiteetin määrittämisessä.

On erityisen oleellista, että tiedostetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa menetelmäkehitystarve ympäristöongelmien poistamiseksi. Valuma-alueiden laajat tulossa olevat kuivatushankkeet edellyttävät ratkaisuja, joilla voidaan hoitaa isoja alueita. Tällaisia ovat esim. tulvavesien pidättäminen vesistöjen ja sivupurojen latvoille, samoin purojen ja ojien eroosiosuojaus. Happamuusongelman poistaminen vaatii merkittävän panoksen.

Purojen kunnostusmenetelmiä tulisi kehittää nykyistä paremmin. Vesipuite-direktiiviyön ja siihen liittyvän tutkimuksen konkretisoimiseksi ja priorisoimiseksi tulisi laatia malliksi joitakin hoito-ohjelmia, selvittää tietotarpeet ja kustannukset koko ketjun osalta, seurannasta kunnostuksiin. Toteutetut jokikunnostukset tulevat vaatimaan seurannan antamien viitteiden mukaisesti koetoimintaa kunnostusmenetelmien hienosäätöä varten.

Taloustutkimuksella voitaisiin verrata perinteisen ja herkkiä metodeja käyttävän seurannan vaikuttavuutta tavoitteena ohjata ja nopeuttaa tutkimuksen rationaalista suuntautumista ja ympäristöpolitiikkaa. Tutkimuksen nimi voisi olla "vaihtoehtoiset ympäristöindikaattorit ympäristöriskien ennakkoinnissa, arvioinnissa ja seurannassa: vaikuttavuus, kustannustehokkuus ja käytökelpoisuus päätöksenteossa" .

Jo kehitettyjä menetelmiä on tarkoituksenmukaista hyödyntää laajemmin, myös kansainvälisesti.

Riittääkö aika ...

Juopa nykytilan tietämyksen, vallitsevan tilan, tavoitteiden ja aikataulujen kesken on erittäin suuri. Vesipuidedirektiivin mukaiset uudet seurannat tulisi ottaa käyttöön 2006, vesiympäristön tilan tulisi olla vähintään hyvässä tilassa 2015 ja biodiversiteetin heikkenevä kehitys tulisi olla katkaistuna 2010. Nyt esiteltyjen tutkimusmenetelmien kehittämiseen on mennyt yli 10 vuotta, viljelymenetelmiin vielä enemmän.

Eliöiden monimutkainen ja pitkäaikainen kierto, esim. nahkiaisella 7 vuotta merkitsee sitä että esim. kunnostusmenetelmien testaaminen käytännössä vie huomattavan pitkän ajan. Jos ajatellaan jokiympäristöongelmien koko monitahoista skaalaa ja realistisuutta saada ne tiedostetuksi loppuun asti ja hoidetuksi kuntoon kymmenessä vuodessa, voi sanoa heti ettei se onnistu. On pitkä matka seurantatiedosta siihen täsmälliseen ja syvälliseen tietoon eliöistä ja niiden ympäristövaatimuksista sekä tarvittavista parantamiskeinojen kirjosta jota tarvitaan, jotta ekologinen tila tulisi kuntoon.

Oleellista on muodostaa kokonaiskuva lopputuloksesta ja hoitaa kaikkia tarvittavia sektoreita hyvin kokonaisuustietoisesti, vaikka puidedirektiiviyö etenisiikin tietty aihe kerrallaan. Vain näin menetellen päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen.

Riittävätkö resurssit ...

Wahlström ym. toteavat (1992), että ympäristöseurantajärjestelmämme keräävät vuosittain kymmenisen miljoonaa mittaustulosta. Mitä likemmäksi yritämme päästä ympäristönsuojelun varsinaista päämäärää – luonnon monimuotoisuuden ja ihmisen terveyden säilyttämistä – sitä niukemmiksi käyvät tietomme. Maaperää, biologista toimintaa ja bioindikaattoreita koskevan tiedon puute on huutava. - Todellakin, synteetin luominen ympäristön tilasta on edelleenkin kaikkein olennaisinta. Nyt toimitaan samankin asian

kimpussa hyvin monennimisien otsakkeiden ja organisaatioiden alla. Biodiversiteetti, kestävä kehitys, vesipuitedirektiivi, ympäristölaatuormit, kemikaalilaki, ym. pitävät sisällään hyvin paljon samaa asiaa.

Tiedostamalla asian ytimen toimintaa voitaisiin huomattavasti yhdistää ja rationalisoida. Priorisoimalla kaikkein tärkeimpään voitaisiin luopua resursseista, millä nykyään tuotetaan epäolennaista tietoa. Voimia voitaisiin yhdistää myös eri hallinnon alojen yhteistyöllä ja yhteisillä tutkimusohjelmilla.

Tutkimusohjelmat voisivat olla nykyistä enemmän ongelmakeskeisiä ja niiden vaikuttavuutta pitäisi mitata siltä kannalta, kuinka paljon ne antavat perusteita ympäristön tilan parantamiselle ja riskien ennakoinnille.

Viime aikoina on alettu myös kiinnittää entistä enemmän huomiota työmotivaatioon, jolla on myönteinen merkitys sekä työntekijän että työnantajan kannalta. Motivoitunut henkilö käyttää voimavaroja tehokkaasti ja stressaantumatta. Asia on oivallettu useilla työpaikoilla osana johtamisen kehittämistä. Työmotivaation jalostunein muoto on kutsumus, mihin ympäristöministeriössä on kiinnitetty huomiota. Uhanalaisen luonnon elinehtojen parantaminen luo hyvän pohjan kutsumustietoiselle työskentelylle.

Kuva: Ilmastonmuutos äärevöittää hydrologisia olosuhteita ja muuttaa niiden luontaista rytmikkaa.

Mm. lisääntymässä olevat talviaikaiset valunnat heikentävät syyskutuisten kalojen määrän selviytymistä. Myös happamuus- ja metallikuormituksen huippu saattaa siirtyä kevästä kesään.

Näissä olosuhteissa korostuu perusseurannan rinnalla tehtävien jokikohtaisten automaatiikkaan, ekologiseen koetointaan ja herkkiin biologisiin menetelmiin perustuvien seurantajärjestelmien merkitys.



JOHTOPÄÄTÖKSET

Edellä olevasta katsauksesta käy ilmi, että on saatu merkittäviä tuloksia jokivesien ekologisen tilan parantamista varten. Työ on sisältänyt huomattavaa menetelmäkehitystä useilla osa-alueilla. Se työ on ollut käynnissä lähes 30 vuotta ja kokeellisen, ekotoksikologisen laboratorion osalta yli 10 vuotta. Jokiin kohdistui viime vuosikymmenien aikana yhtäaikainen säännöstely, perkaaminen, patoaminen ja haitallisten aineiden kuormitus. Koetoiminnalla eri eliöiden toimeentulon edellytyksistä on saatu tietoa ja eri painetekijöiden osuutta on pystytty erittelemään.

LSU:n T&K-toiminta on kohdistunut moniin osa-alueisiin, joita ei muissa tutkimuslaitoksissa juurikaan ole tehty, nimittäin nahkiaisen, ravun ja siian habitaattikunnostuksiin sekä helmisimpukan viljelyyn ja happamuuden ja metallikuormituksen torjuntaan. Tutkimuksia on tehty sekä koskien että pehmeiden pohjien elinympäristön tilasta ja elinympäristövaatimuksista. Vasteina on käytetty yhä enemmän elää / kuolee -asetelmaa herkempiä mittareita ts. fysiologisia aineenvaihduntaa kuvaavia entsyymejä ym. Tutkimustulokset ovat sittemmin olleet kunnostustoimenpiteiden perusteena. Myös vesiensuojelutavoitteita on voitu uusia ja tarkentaa.

Tutkimustulosten perusteella myös kunnostustoimia ympäristön tilan parantamiseksi on kehitetty ja toteuttaminen on viety käytännön tasolle asti. Eri-tyisen merkittävänä tuloksina voidaan pitää sitä, että Perhonjoen rakentamisen romauttamaa nahkiaiskantaa on nyt voitu lähteä elvyttämään ja ensimmäiset viljelemällä tuotetut istutetut yksilöt ovat vaeltaneet metamorfoituneina mereen. Kysymyshän on vielä ollut eliöstä, josta ei ole ollut maailmalla juurikaan tietoa saatavana. Yhtä hienoa on, että helmisimpukan viljelemiseksi on saatu toimiva menetelmä, joka soveltuu niihin vesistöihin joissa on luontaisesti lisääntyvä raakkukanta.

Kunnostuksen saralla on lisäksi kehitetty metodiikkaa vesisammalten istuttamiseksi vesistöön sen jälkeen kun tutkimukset osoittivat sammalten merkittävän roolin koskieliöstön biodiversiteetin kannalta. Menetelmä on testausvaiheessa.

Samoin on kehitetty ja testattu happamuuden torjuntamenetelmiä. Mikäli menettelyä ja menetelmiä happamuuden torjuntaan ei saada hoidetuksi valuma-alueittain tuloksellisesti, tulee ekologisen kunnostuksen painopisteet siirtää niihin jokiin joiden toipumisen voidaan katsoa olevan realistista.

Tosiasia on kuitenkin, että huolimatta edellä mainituista edistysaskelista jokiluonto on kaiken kaikkiaan jatkanut taantumistaan ja riskien ennakoinnilla, kunnostustoimenpiteillä ja aihepiiriin liittyvällä tutkimuksella on kiire.

Perhonjoen esimerkkitapauksessa luotaessa tietopohjaa ekologisen tilan parantamiseksi on tarvittu vedenlaatukokeita eri ikäisillä nahkiaisilla, ravuilla, taimenilla, habitaatinvalintakokeita nahkiaisilla, nahkiaisien viljelymenetelmään liittyviä kokeita, nahkiaisien geneettisiä tutkimuksia, säännöstelykokeita mäkäräongelman ratkaisemiseksi, rapujen kotiutusistutuskokeita sekä menetelmien kehittämistä ja käyttöön ottoa nahkiaisistutusten tuloksellisuuden seurantaan. Kokeita on tehty laboratorioissa ja kentällä. Kentällä ovat jatkuneet lisäksi ekologiset seurannat, jolloin on voitu yhdistää menetelmien tarkkuus ja luotettavuus. Mm. vesisammalten metallipitoisuudet ovat kuitenkin osoittaneet, että kunnostustavoitteiden toteuttamiselle aiheutuu riski alunamaiden metalleista.

Jokivesien tilan parantaminen siis edellyttää jokikohtaisesti räätälöityä tutkimusohjelmaa, missä koetoiminnan osuus on keskeinen. Ongelmakohtaisella ja yksilöidyllä koetoiminnalla saadaan paras hallittavuus ja estetään se, että koko joki toimii täyden mittakaavan testialueena. Samalla voidaan ennakkoon arvioida ovatko kaikki kunnostuksen osa-alueet ratkaistavissa ja hoidettavissa ts. kannattaako kunnostukseen lainkaan ryhtyä ja mitkä ovat kustannukset. Kunnostustoimenpiteitä tulee entistä enemmän suunnata valuma-alueelle.

Hajakuormitus tulee nähdä samanarvoisena pistekuormituksen kanssa. Eriytyisenä uhkana Suomen jokiluonnolle on maaperän haitallisten aineiden kuormitus, joka on jo nyt laajoilla alueilla riskitasoilla ja on edelleen kasvamassa mm. uuden metsätaloudellisen kunnostusohjelmalla.

Suomen maaperän ominaispiirteistä johtuva; vettyvän, happaman, turve- ja metallipitoisen maan kuivattamisesta aiheutuva kuormitus on ilmiö, jota ei tässä muodossa ja laajuudessa tavata muualla maailmassa.

Kuormituksen arviointiin ja seurantaan on kehitetty ja ohjeistettu uutta vesisammal-, vesiperhostoukka- ym. metodiikkaa. Kuormittavissa tekijöissä on mukana ns. prioriteettiaineita.

Vastaavasti rannikolla on esiintynyt teollisuuden pistekuormituksen vaikutuksesta ekologisen tilan häiriöitä, joiden erittelemiseksi ja yksilöimiseksi on tarvittu ekotoksikologista lähestymistapaa. Tämä osaaminen on hyödynnetty aluekehityksessä ja Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusverkossa, ja sillä on kasvavat tarpeet. Tietoa tarvitaan erityisesti ympäristönsuojelupolitiikkaa varten.

EU:n maita sitoo vuonna 2000 voimaan astunut vesipuitedirektiivi. Direktiivi edellyttää, että vesistöjen hyvä ekologinen tila saavutetaan 2015 mennessä, siis runsaan kymmenen vuoden kuluessa. Tällä hetkellä on käynnissä alustava ekologisen tilan luokittelu. Nykyiset pintavesien seurannat perustuvat liiaksi kemiallisille analyyseille. Seurantaohjelmia tulee muuttaa biologisemmalle pohjalle, siten että ekologinen tila ilmenee nykyistä paremmin. Vesikemian on tarkoitus jäädä toimimaan seurantakokonaisuudessa taustatietona.

Uusitut seurantaohjelmat on määrä käynnistää vuonna 2006. Seuranta koostuu peruseurannasta, mikä sisältää kalat, makrokasvit, kasviplanktonin, pohjaeläimet, haitalliset aineet, veden kemian sekä hydromorfologian. Mikäli vesistö on hyvää tilaa huonommassa tilassa, tarvitaan erityisesti tutkinnal-

lista ja toiminnallista seuranta, missä käytettyjen menetelmien tulee olla mahdollisimman herkkiä ja soveltua niiden paineiden tunnistamiseen, vaikutusten arviointiin ja niiden korjaavien toimenpiteiden yksilöimiseen joista tilan heikkeneminen johtuu.

Vesipuidedirektiivin säädösten toteuttamiseksi ja jo uhanalaistuneen luonnon turvaamiseksi tarvitaan sekä standarditestien että uusien, herkkien menetelmien laajaa käyttöönottoa riskien ennakointiin, seurantaan ja torjuntaan sekä ympäristölaatunormien asettamiseen. Sedimentin toksisuuden arviointi ja ympäristölaatunormien asettaminen edellyttävät T&K-toimintaa.

Kehitetyt menetelmät soveltuvat uusittavien ohjelmien sisällöksi mm. haitallisten aineiden tilan ja seurannan tarpeisiin. Osaltaan on kysymys myös herkistä early-warning -menetelmistä, joita biodiversiteetistä huolehtiminen ja kestävä kehitys tarvitsevat. - Olemme saaneet olla muokkaamassa lukuja tiedoksi ja ymmärrykseksi.

MENETELMIEN KEHITYSTYÖ

Arvioitu valmiusaste, ks. s. 21

Liite 1/a

MENETELMIEN KEHITYSTYÖ KOKKOLASSA



METODIEN VALMIUSASTE, %

NAHKIAINEN

Toukan hapenkulutus

tarve: lisäsovellutukset

Mäti/veden laatu

tarve: uudet haitta-aineet

Vastakuoriutuneet poikaset/veden laatu

tarve: uudet haitta-aineet

Mereen laskeutuvat/ veden laatu

tarve: uudet haitta-aineet

Emonahkaiset / veden laatu

Viljely

ylläpito

sukupuolten erottelu

mädin takertuvuuden esto

lypsy

esitoukkien viljely

Istutusten tuloksellisuus

Kotijokiuskollisuus, merkitseminen

tarve:genetiikka

Saalis seurannat

Toukkainventoinnit

Habitaatti-inventoinnit

Habitaatinvalintakokeet

tarve: täydentävät kokeet

Mereen laskeutuvien drift-pyynti

Kunnostusmenetelmät

HELMISIMPUKKA

Glokidiotoukat/ veden laatu

tarve: uudet haitta-aineet

Loisvaiheen alku/ veden laatu

tarve: uudet haitta-aineet

Viljely/isäntäkalat

laji

ikäluokka

kannan genetiikka

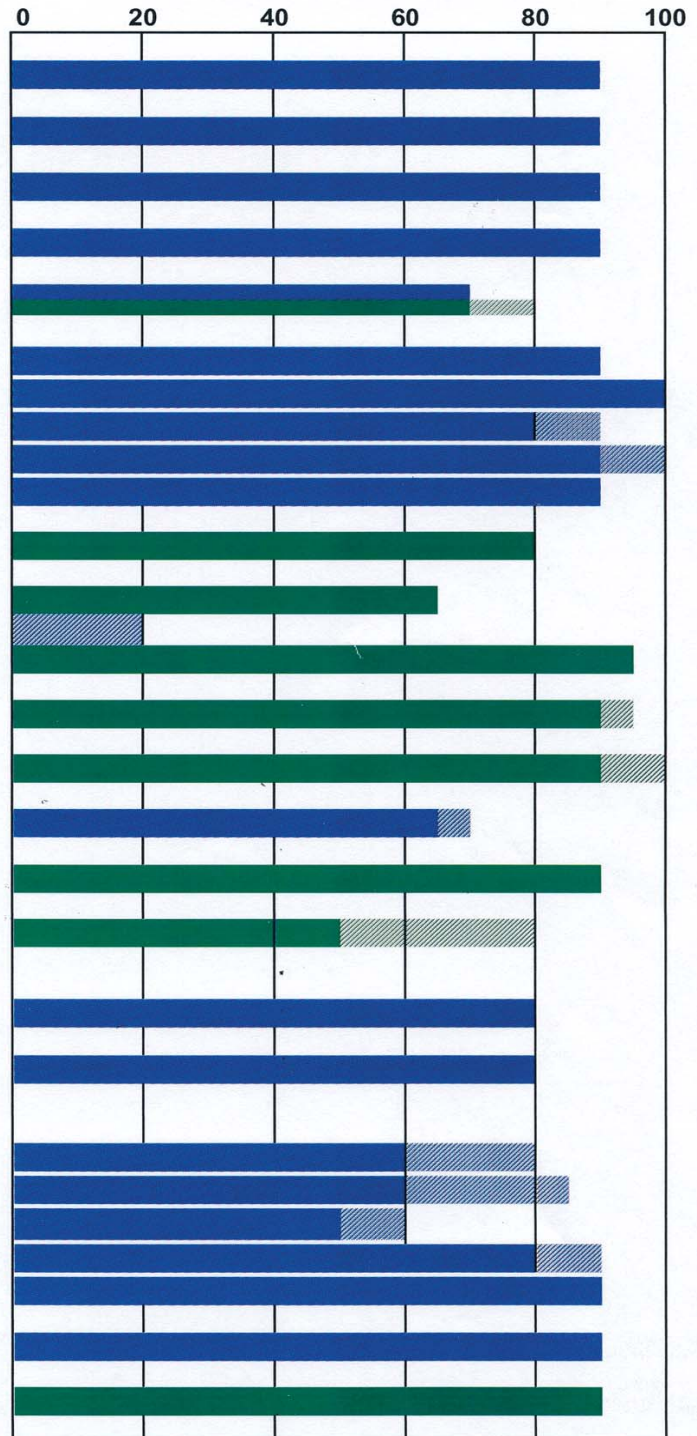
kalojen kasvatusta ja infektointi

kalojen istutusmenetelmät

Viljely/emosimpukat

hankinta& käsittely

Seurantamenetelmät



METODIEN VALMIUSASTE, %

RAPU

Kunnostusmenetelmät

tarve: täydentävät osiot

Veden laatu/kertyminen

tarve: täydentävät testit

TAIMEN

Mädinhaudontakokeet

in situ

laboratoriossa

Veden laatu

vastakuoriutuneiden fysiologinen tila

aikuisten fysiologinen tila

smolttiutuminen

Kutualueiden kuntoinvestointi

VESISAMMAL

Seurantamenetelmät

luonnon& siirtoistutetut sammalet

raskametallit

epäorgaaninen kiintoaine.

tarve: orgaaninen kiintoaine

Kunnostusmenetelmät

tarve: lisätastukset

VESIPERHOSTOUKAT

Toukat/ veden laatu

kolonisaatioalustat

mikrokosmokset

morfologia

käyttäytyminen

pyyntiverkot

kasvu&kuolevuus

metallien kertyminen

SÄÄNNÖSTELY

Ekologiset vaikutukset

pohjan laatu

virtausnopeus

lyhytaikaissäätö

JÄRVISYYHY

humukseton vesi

tarve: humusvesi

SIIRRETTÄVÄ KENTTÄAUTOMATIikka

Meri

suolaisuus

lämpötila

klorofylli

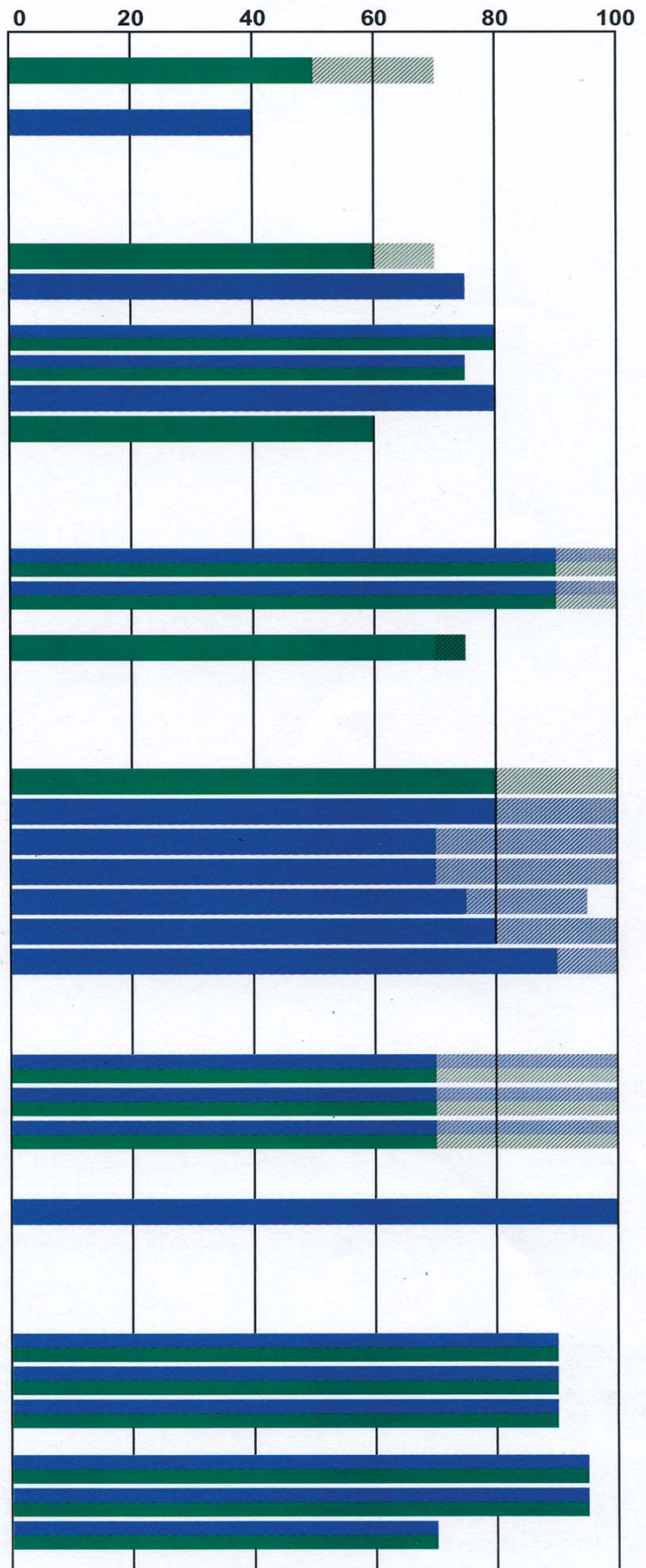
Joet

sameus

lämpötila

pH

tarve: ravinteet



Kirjallisuus

- Anon. 2003:** Murikankosken perkaus – Kalataloudellinen tarkkailututkimus. Väliraportti. Länsi-Suomen ympäristö-keskus.
- Anon. 2004:** Tarkkailujen periaatteet ja menettelytavat. Ympäristöministeriön asettaman velvoitetarkkailutyöryhmän raportti 30.6.2004.
- Aronen, K. 1995:** Kalajoen kalataloudellinen tarkkailututkimus 1990-1992 Alavieskan tulvasuojelutöiden vaikutukset Kalajoen vedenlaatuun sekä kala-, nahkiais- ja rapukantoihin. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 456.
- Aronen, K. ja Ruhanen, T. 1995:** Perhonjoen alaosan kalataloudellinen kunnostussuunnitelma. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus. Vesioikeussuunnitelma. 79 s., liitteet.
- Aronsuu, I., Vuori, K-M. & Nieminen, M. 1999:** Survival and growth of transplanted *Fontinalis dalecarlica* (Bryophyta) in controlled flow and short-term regulated flooded flow sites in the Perhonjoki river, Western Finland. - Regulated Rivers: Research & Management, 15 : 87-97.
- Aronsuu, K. 1999:** Erikokoisten nahkiaisten (*Lampetra fluviatilis*) toukkien kaivautumisalustan valinta laboratorio-olosuhteissa. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Moniste. 16 s.
- Aronsuu, K. 1999:** Suunnitelma ravun ja nahkiaisen lisääntymisedellytysten parantamiseksi Kalajoessa. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Vesioikeussuunnitelma. 71 s., liitteet.
- Aronsuu, K. 1999:** Kälviänjoen perkaushankkeen vaikutuksista. Raportti.
- Aronsuu, K. ja Virkkala, P. 1999:** Erikokoisten nahkiaisen toukkien pohjasedimentin valinta laboratorio-olosuhteissa. - Teoksessa Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus. Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167 : 72-73.
- Aronsuu, K., Wennman, K. ja Ojutkangas, E. 2001:** Malisjoella vuosina 1998 – 2000 toteutettujen vesistöjärjestelyiden vaikutukset veden laatuun sekä kala- ja rapukantoihin. Alueelliset julkaisu nro. 17. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Aronsuu, K. ja Tuohino, J. 2002:** Kuinka kauan nahkiaisten toukat viiptyvät kutukuo-passa. Esikoe ja jatkosuunnitelmat. Moniste 7 s. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Asplund, T. 2000:** Genetic differentiation of brown trout. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Moniste. 6 s.
- Asplund, T., Veselov, A., Primmer, C.R., Bakhmet, I., Potutkin, A., Titov, S., Zubchenko, A., Studenov, I., Kaluzchin, S. ja Lumme, J. 2004:** Geographical structure and postglacial history of mtDNA haplotype variation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) among rivers of the White and Barents Sea basins. Ann. Zool. Fennici 41: 465-475.
- Bärlund, I., Tattari, S., Yli-Halla, M. and Åström, M. 2004:** Effects of sophisticated drainage techniques on groundwater level and drainage water quality on acid sulphate soils. - The Finnish Environment, environmental protection, 68 s. www.environment.fi/publications.
- Böhling, P. & Rahikainen, M. 1999:** Kalataloustarkkailu, periaatteet ja menetelmät. - Riistan- ja kalantutkimus, 303 s. Nykypaino.
- Dahlin, C., Torp, J. ja Forssten, T. 2001:** Pärilan i Esse å. Flodpärmusslan. Ett miljöhistoriskt projekt om flodpärl-musslan i Esse å Pedersöre gymnasium.
- Eden, P., Weppling, K., ja Jokela, S. 1999:** Natural and land-use induced load of acidity, metals, humus and suspended matter in Lestijoki river, a river in western Finland. Boreal Environment Research. Vol. 4, 31-43.
- Gabrielsson, U. (Toim.) 1999:** Biotieteiden tutkimus ja soveltaminen. Tulevaisuuden odotuksia ja kehittämistarpeita. Tutkaksen julkaisuja nro 2.
- Halonen, O. 1998:** Viisi vuotta Lestijoen vesistöalueen luonnontaloudellisesta kehittämisuunnitelmasta. Kalataloudellisten tavoitteiden toteutuminen - Lestijoen vesistöalueen kalastusmatkailun sosio-ekonomiset vaikutukset. Alueelliset ympäristöjulkaisut ; 51. 85 s.
- Haimi, J. 2003:** Hajottajaeläimet maaperän kontaminaation arvioinnissa. Esimerkkinä Kokkola ja Harjavalta. Biotestiseminaari. Kokkola.
- Hongell, H., Hudd, R., Jokela, S., Koponen, K., Korpijärvi, V., Kälax, P., Lindström-Seppä, P., Myllynen, K., Tuomainen, M., Pakkala, J., 2000:** Öljyvahinko Kalajoen edustalla 1997. MS Hälsinglandin karilleajon jälkeiset lyhytaikaisvaikutukset kaloihin ja ympäristöön. Luonnos.
- Hudd, R., Leskelä, A. 1998:** Acidification-induced species shifts in coastal fisheries off River Kyrönjoki, Finland: A case study. Ambio Vol. 27, No 7, nov.
- Huolila, M., Marjomäki, T. ja Laukkanen, E. 1997:** The succes of crayfish stocking in a dredged river with and without artificial increase. Fisheries Research 32 185-189.

- Huhmarniemi, A. Aronsuu, K. 2001:** Kalajoen vaellussiika. Lisääntymisongelmia ja istukkaiden liikapyyntiä. Kalantutkimuksia no 18: Riistan- ja kalantutkimus, RKTL. (Kalajoen vaellussiika- tutkimukset 1980-luvun alusta lähtien: siikojen määrän kasvu, lisääntyminen ja meripyyntin vaikutus, keinoja kannan vahvistamiseksi.
- Hämäläinen, H., Koskenniemi, E., Vuori, K-M., Lax, H.-G. & Siren, O. 1996:** Osa 3. Pohjaeläimet ja raskasmetallitasot ekosysteemissä. - Teoksessa: Huttula, E., Nenonen, M.-L., Koskenniemi, E. & Suominen, M. (toim.): Tenojoen vesistön veden laatu ja biomonitorointi. Seurantaporotti. Alueelliset ympäristöjulkaisut / 23. Lapin ympäristökeskus. Rovaniemi. s. 35-56.
- Härkönen, J., Vuori, K-M. 2000:** Kemira Fine Chemicals - Viemäroittävien vesien ekotoksisuuden testaus- ja tarkkailumenetelmien kehittämissuunnitelma. **Ei julkinen**
- Joensuu, I., Vuori, K-M., 1993:** Esse Elektro Kraft Oy Ab:n voimalaitoksen kunnostustöiden vaikutus epäorgaanisen aineksen määrään Fontinalis-sammaltupossa. 6 s
- Joensuu, I., Vuori, K-M. & Bagge, P:** Spatio-temporal changes in the distribution and abundance of benthic invertebrates in the regulated River Perhonjoki, Western Finland. Esitelmä 4.8.1994. Sixth International Symposium on Regulated Streams 3.-6.8.1994 Ceske Budejovice, Czech Republic
- Joensuu, I. 1995:** Distribution of Rhyacophila nubile and its simuliid prey in a regulated river. Esitelmä 24.2.1995, Trophic Interactions on Northern streams, Konnevesi, Suomi.
- Joensuu, I., Vuori, K-M., Nieminen, M. 1996:** Vesistöarakentamisen ja lyhytaikaisäännöstelyn vaikutus Perhonjoen koskien eliöyhteisöihin. Suomen ympäristö / 79. 87 s.
- Joensuu, I., Miettinen, L. ja Vuori, K-M. 1997:** Tikaskorven metsäojitushankkeen vesistövaikutukset Lestijoessa. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen moniste nro 10. 34 s.
- Joensuu, I., Vuori, K-M & Nieminen, M. 1997:** The survival of transplanted Fontinalis dalecartica in the short-term regulated river Perhonjoki, Western Finland.- Esitelmä 28.8.1997, Seventh International Symposium in Regulated Streams 25.-29.1997, Chattanooga, Tennessee, USA.
- Joensuu, I., Vuori, K-M & Nieminen, M. 1999:** Small-scale experiments on the responses of simuliids, rhyacophila nibila, Hydropsyche siltailai and Arctopsyche ladogensis to short-term flow regulation and substrate quality.- Poster, Third Nordic Benthological Meeting 9.-12.9.1999, Jyväskylä, Suomi.
- Jokela, S. 2002:** Luonnon ja teollisuuden ekotoksisuus. Teoksessa Tietoa ja tunnetta maakunnasta Keski-Pohjanmaan tiedepäivä 2001. Heino Rekilä, Kangas (toim.)
- Jokela, S. 2002:** Korvuanjoen tarkkailumetodien vertailu. Moniste.
- Jokela, S. 2003:** Biotestauksen sovellutukset Länsi-Suomen ympäristökeskuksen toiminnassa. Biotestiseminaari. Kokkola.
- Jormola, J., Harjula, H. ja Sarvilinna, A. 2003:** Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistö-suunnitteluun. Suomen ympäristö nro 631.
- Jääskä, T. 2002:** Hedelmöitysjen ja vesimäärän vaikutus nahkiaissiittiöiden (Lampetra fluviatilis) hedelmöitymis-kykyyn, sekä huuhtoutumiskertojen vaikutus mädin eloonjääntiin viljely- olosuhteissa. Turun ammattikorkeakoulu Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma. **Opinnäytetyö.**
- Kallioliina, M. 2003:** **Kokkolan edustan yhteistarkkailun tulokset 2002. Pohjanmaan vesien suojeluyhdistys ry. 34 s. + liitteet. Pietarsaari 2003.**
- Kananen, I. 2001:** Lyhytaikaisäännöstelyn vaikutukset Perhojoen eläimistöön. Pro gradu työ. Jyväskylän yliopisto.
- Kanckos, M. 2003:** Nattsländelarver (Trichoptera; Hydropsychidae, Arctopsychoidea) som bioindikatorer i vattendrag påverkade av sura sulfatjordar. Pro gradu avhandling. Åbo Akademi. Institution för Biologi.
- Kangas, P. & Marttila, V. 2004:** Maailman tulevaisuus luonnon säilymisen varassa. Helsingin Sanomat. Vieraskynä. 19.04.2004.
- Karhu, E., Gustafsson, J., Korhonen, H., Londesborough, S., Mannio, J., Mehtonen, J., Pilke, A., Ruoppa, M., Saarinen, K., Salonen, H., Silvo, K. Vuoristo, H. 2004:** Haitallisten aineiden velvoitetarkkailun kehittäminen. Suomen ympäristökeskuksen monistesarja nro 311.
- Kauppi, L. 2003:** Suomen sisävedet herkkiä ravinteille ja myrkyille. Helsingin Sanomat. Vieraskynä. 4.07.2003.
- Keskinen, T., Latvala, J., Tuhkanen, J. ja Vuorinen. 2002:** Kyrönjoen vaellussiikakannan tila. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 278. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Kiiski, A., Soimasuo, M. 2002:** Kymijoen alajuoksun sedimenttien biologiset testit. Silmu - Hanke. Väliraportti 8/2002.
- Kiiski, A. 2002:** Kairinevan turvetuotantoalueen vesistövaikutusten arviointi surviais-sääsken toukkien epämuodostumien avulla. Monista.
- Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri, 1989:** Lestijoen vesistön luonnontaloudellinen kehittämissuunnitelma.

- Korhonen, H. ja Londesborough, S. (toim.) 2004:** Haitallisten aineiden ympäristöseurantojen tehostaminen. HAASTE - hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö nro 722.
- Kourilehto, K. 2004:** Suomen ympäristökeskuksen kehittäminen. Selvitystyöryhmän raportti. YM, MMM ja SYKE.
- Kukkonen, J. 2003:** Jokivesien ja sedimenttien biotestaus. Esitelmä biotesti-seminaarissa. Kokkola 3.-4.02.2003.
- Kustula, V. & Witick, A., 2003:** Rintalan alueen happamien valumavesien käsittely SAPS-koelaitoksella. Tutkimusraportti 175 s.
- Laine, H., Lehto, O., Virtanen, K., Westerberg, L.-M., Jokela, S., 1992:** Turpeen metalli- ja ravintosisältö sekä metallien liukoisuus Lestijoen valuma-alueen ojitetuilla ja luonnontilaisilla soilla. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 438, 48 s.
- Lassila, H. 2004:** Vesisammalten (*Fontinalis* sp.) ja vesiperhosten (Trichoptera) soveltuvuus maankäytön vesistö-vaikutusten arviointiin Pohjanmaan jokivesistöissä. Pro gradu. Jyväskylän yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedelunta. Ympäristötieteet. Ympäristöanalytiikka ja ekotoksikologia.
- Lassila, H. 2004:** Pohjanmaan jokivesistöjen ekologiset riskit vuonna 2002: riskinarviointi vesisammal- ja vesiperhos-toukkamenetelmällä. Raportti Länsi-Suomen ympäristökeskukselle.
- Lax, H.-G., Vainio, T. 1998:** Raakaöljyn vaikutus Lymnea peregran käyttäytymiseen akvaariokokeen perusteella. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu nro 17.
- Lehtinen, K.-J., Tana, J., Granlund, J. ja Karlsson, P. 1998:** Kemira Oy. Kokkolan tehtaiden hienokemikaalitehtaan MONI-II:n jätevesien vaikutukset kaloihin. Suomen ympäristötutkijaryhmä Oy.
- Leka, J. 1997:** Metallien kertyminen ravun (*Astacus astacus* L.) kudoksiin ja ravintoon Perhonjoessa. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristö-tieteiden laitos. Hydrobiologian osasto. 39 s., liitteet.
- Meissner, Kristian. 1998:** Lyhytaikaissäännöstelyn vaikutus Perhonjoen mäkärätoukkien (Diptera: Simuliidae) tiheyksiin suhteessa alustan laatuun: tulokset kontrollidusta laboratorioskokeesta. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Moniste.
- Meissner, K. 1999:** Perhonjoen lyhytaikaissäännöstelyn vaikutukset mäkärätoukkien (Diptera Simuliidae) ja niiden luonnollisen pedon *Rhyacophila nubila* (Trichoptera) vesiperhosen tiheyksiin ja tilajärjestyksiin suhteessa alustan laatuun: laboratorio- ja luonnonkoe. Moniste.
- Meissner, K., 2000:** Experimental methods in the assesment and monitoring of rivers: benefits, limitations and integration with field surveys. Regional Environmental Publications no. 189.
- Meissner, K., 2001:** Perhojen Kaitforsin voimalaitoksen muuttuvien lupaehtojen ympäristövaikutusten arviointi: seurantasuunnitelma pohjaeläinten osalta, 9 s.
- Meissner, K., Muotka, T. ja Kananen, I. 2002:** Drift responses of larval black flies and their invertebrate predators to short-term flow regulation. Arch. Hydrobiol. 154:4.
- Meissner, K., Juntunen, A. & Muotka, T. 2004:** Influences of experimental flow variation on the habitat choice of larval blackflies and their predators. Manuscript..
- Mikkola, M. ja Pakkala, J. (toim.) 1997:** Keski-Pohjanmaan vesistöjen tila ja vesiensuojelun kehittämissuunnitelma. Alueelliset ympäristöjulkaisut ; 27. 218 s.
- Myllynen, K. ja Nikinmaa, M. 1992:** Happaman veden, alumiinin ja raudan vaikutuksista nahkiaiseen luonnonvedessä: raportti Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirille. 8 s.
- Myllynen, K. ja Nikinmaa, M. 1992:** Metsä-, pelto- ja suo-ojista tulevan valunnan vaikutus nahkiaisentoukan selviytymiseen. Raportti. 7 s.
- Myllynen, K. ja Nikinmaa, M. 1992:** Veden happamuuden, raudan ja alumiinin vaikutus nahkiaisen toukkaan: LC₅₀-kokeet. Moniste. 7 s.
- Myllynen, K. 1993:** Raudan, alumiinin ja alhaisen pH:n vaikutus nahkiaisen toukan hapenkulutukseen luonnon-vedessä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos, fysiologian osasto. 33 s.
- Myllynen, K. ja Nikinmaa, M. 1993:** Raudan, alumiinin ja alhaisen pH:n vaikutus nahkiaisen mädin kuoriutumiseen. Moniste. 7 s.
- Myllynen, K. 1997:** Nahkiaisen muodonmuutos 1. metamorfoosi: siihen vaikuttavat tekijät sekä koe suolaisen veden sietokyvystä. Moniste 28 s. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Myllynen, K., Ojutkangas, E., Nikinmaa, M. 1997:** River Water with High Iron Concentration and Low pH Causes Mortality of Lamprey Roe and Newly Hatched Larvae. - Ecotoxicology and Environmental Safety 36, 53-48.
- Myllynen, K., Pakkala, J., Mäenpää, E. 2000:** Kokeellinen tutkimus eri kalalajien ja -kantojen soveltuvuudesta jokihelmisimpukan (*Margaritifera margaritifera*) isäntäkalaksi Suomessa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja ; 57. 12 s.

- Mäenpää, E. 1999:** Vaellussiikanaaraan (*Coregonus lavaretus L.*) koon vaikutus mädin ja varhais-poikasten kuolleisuuteen. Turun yliopisto, Biologian laitos. Pro gradu -tutkielma. 35 s.
- Mäenpää, E., Myllynen, K., Pakkala, J. ja Aronsuu, K. 1999:** Talvehtimis- aikaisen veden laadun vaikutus suku-kypsien nahkiaisten fysiologiseen tilaan ja mädin hedelmöittymiseen. - Teoksessa Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus. Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167 : 89-90.
- Mäenpää, E. 2002:** Nahkiaisen toukkien elinalueiden kartoitukset ja tiheydet Länsi-Suomen joissa. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 265. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Mäenpää, E. ja Pakkala, J. 2002:** Isojoen ja Ähtävänjoen jokihelmisimpukkakantojen tila. Raportti vuoden 2001 maastotutkimuksista.
- Mäenpää, E. 2003:** Mato-ojan ja Härkäojan perkaus: vesistötarkkailu vuosina 1998-2003. Länsi-Suomen ympäristö-keskus. Moniste.
- Mäenpää, E., Teppo, A. ja Paavola, R. 2004:** Kyrönjoen pohjaeläimistön ja vesisammalten metallipitoisuudet – vesistö rakentamisen vaikutusten arviointi. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 345. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Niemi, A. 1981:** Avustavan virkamiehen lausunto jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista Kokkolan edustan merialueella. Raportti.
- Niemi, J. 1998:** The quality of river waters in Finland. European Water Management volume 1 nro 3.
- Nieminen, M. 1995:** Mäkäräntoukkien ja petovesiperhosen (*Rhyacophila nubila*, Zett.) esiintyminen ja runsaus lyhytaikaisäännöstellyssä Perhonjoessa. Pro gradu -tutkielma. 39 s. Jyväskylän yliopisto.
- Nilsson, J., Gross, R., Asplund, T., Dove, O., Jansson, H., Kelloniemi, J., Kohlmann, K., Löytynoja, A., Nielsen, E.E., Paaver, T., Primmer, C.R., Titov, S., Vasemägi, A., Vesolov, A., Ost, T. and Lumme, J. 2001:** Matrilinial phylogeography of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in Europe and postglacial colonization of the Baltic Sea Area. *Molecular Ecology*. 10 : 89-102.
- Nyberg, K. ja Vikström, R. 1999:** Perhonjoella keväällä 1999 tehdyt vastakuoriutuneiden vaellussiian poikasten merkintä- ja takaisinpyyntikokeet. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen moniste; 50. 15 s.
- Nyberg, K., Pakkala, J. ja Vikström, R. 2002:** Perhonjokeen istutettujen merkittyjen nahkiaisentoukkien tutkimukset vuosina 1995-1998. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro: 251. 50 s. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Oittinen, M. 2003:** Kiintoaineen vaikutus nahkiaisenmädin (*Lampetra fluviatilis*) kuolleisuuteen suppilohaudonnassa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.
- Ojutkangas, E. 2003:** Nahkiaiset bioindikaattoreina. Biotestiseminaari. Kokkola.
- Paasivirta, J., Soimasuo, M. 2001:** Eräiden Kemira Chemicals - tuotantolaitoksen päästö-aineiden Kokkolan meri-alueelle aiheutuvan ympäristöriskin arviointi. Keski-Pohjanmaan teknologiapalvelukeskuksen julkaisu. **Ei julkinen.**
- Paasivirta, J. 2003:** Kemikaalin ympäristöriskin arviointi – ympäristön ja kemikaalin ominaisuuksiin perustuvan mallintamisen käyttö. Biotestiseminaari. Kokkola.
- Pakkala, J., Myllynen, K. ja Pynnönen-Oudman, K. 1996:** Happaman humusveden, raudan ja alumiinin vaikutus jokihelmisimpukan (*Margaritifera margaritifera*) glokidiotoukkien selviytymiseen. Poster.
- Perälä, T. ja Jormola, J. 2001:** Lestijokilaakson maisemanhoitosuunnitelma. Alueelliset ympäristöjulkaisut; 167. 77 s.
- Pitkänen, H. 2004:** Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhaten vaihteessa, Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö; 669. 104 s.
- Posti, T. 2004:** Jokihelmisimpukan (*Margaritifera margaritifera*) populaatioihin kohdistuvien ympäristöaineiden erojen arviointi Livojoella ja Isojoella. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Kokkolan toimipaikka. Moniste.
- Rautio, L.M ja Ilvessalo, H. 2001:** Länsi-Suomen ympäristöohjelma vuoteen 2006. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 201. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Ruoppa, M. ja Ojala, T. 1998:** Ahventutkimukset Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden edustan merialueella vuosina 1984 ja 1985. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu nro 26.
- Sarell, J. ja Nyberg, K. 1998:** Reis- ja Vuohojärvellä tehtyjen rapu- ja kuhakompensatioiden tuloksellisuus. Alueelliset ympäristöjulkaisut. Nro 101. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Sarell, J., Hokki, J., Ojutkangas, E., Aronsuu, K., Mäenpää, E. ja Vikström, R. 1999:** Nahkiaisen kotijoki-uskollisuus ja merivaiheen kesto. – Teoksessa Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus. Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167:105.
- Sarell, J., Mäenpää, E. ja Pakkala, J. 2002:** Korvuanjoen jokihelmisimpukkakannan hoitotoimenpiteet vuosina 1999-2001. Moniste.

- Seppälä, T. ja Myllynen, K. 1999:** Siiponjoen vesistöjärjestelyt ja niihin liittyvät tarkkailututkimukset vuosina 1994-1998. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen moniste ; 10. 67 s.
- Sipponen, M. 1977:** Vesistöjen happanemisesta ja sen vaikutuksista hauen mädin kehittymiseen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopiston ympäristönsuojelun laitos. 95 s.
- Sipponen, M. 1978:** Paljonko kalat sietävät vesien happanemista? - Luonnon Tutkija 82:97-99.
- Slotte, T., Järvinen, A., Karpale, K., Partanen, R., Talonen, P. ja Pöllänen, E. 2002:** Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusohjelma.
- Soimasuo, M. 2001:** Kemira Fine Chemicals Oy:n viemäroittävien jätevesien ekotoksikologinen riskiarviointi sekä optimoitujen toksisuuden arviointi- ja mittausmenetelmien valinta ja kehittäminen. Keski-Pohjanmaan teknologia-palvelukeskus. **Ei julkinen.**
- Soimasuo, M. 2001:** Teollisuusjätevesien toksisuuden ja ympäristöhaitallisuuden arviointi. Keski-Pohjanmaan teknologiapalvelukeskuksen julkaisu.
- Soimasuo, M. ja Jokela, S. 2001.** Ympäristölaboratorion toimintaverkon kehittäminen (ENVILABNET) – tutkimustoiminnan kehittäminen. Keski-Pohjanmaan teknologiapalvelukeskuksen julkaisu.
- Soimasuo, M. 2002:** OMG Kokkola Chemicals Oy:n jätevesien ekotoksikologinen riskinarviointi sekä toksisuuden testi- ja mittausmenetelmien arviointi ja valinta. Keski-Pohjanmaan teknologiapalvelukeskus. **Ei julkinen.**
- Soimasuo, M. 2003:** Maaperän metallikontaminaation ja biologisten vaikutusten kartoitus Kokkolan alueella. Ympäristötutkimus Biomark Ky, Jyväskylä & Jyväskylän yliopisto. Moniste.
- Soimasuo, M. 2003:** Teollisuuden jätevesien haitallisuuden testaus. Esimerkinä Kokkolan alue. Biotestiseminaari. Kokkola.
- Soivio, A., Myllynen, K., Pakkala, J. ja Jokela, S. 1999:** Smolting of the trout (*Salmo trutta* L.) in Lestijoki water. *Boreal Environment* 3:387-393.
- Sundström, R., Åström, M. ja Österholm, P. 2002:** Comparison of the metal content in acid sulfate soil runoff and industrial effluents in Finland. *Environmental Science and Technology*. 36, 4269-4272.
- Teppo, A., Latvala, J. ja Sivil, M. 1999:** Kyrönjoen yläosan vesistöiden vaikutukset veden laatuun sekä kala-, rapu- ja nahkiaiskantoihin vuosina 1996-1997. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 108. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Tertsunen, J. 2001:** Nahkiaisten kutualustan valinta. Turun ammattikorkeakoulu. Teknikkotyö.
- Tuohino, J. 2002:** Perhonjoen yläosan uittosäännön kumoaminen. Kalataloudellinen tarkkailututkimus vuosina 1999-2001. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen julkaisu nro 289.
- Tuohino, J. 2002:** Ylisiirrettyjen nahkiaisten telemetriapaikannus Perhonjoella syksyllä 2002/ Radiotelemetrian käyttö nahkiaistutkimuksissa. Väliraportti.
- Weppling, K., Innanen, M. ja Jokela, S. (toim.) 1999:** Life Lestijoki - happamien sulfaattimaiden hoito. Life Lestijoki - managing acid sulphate soils. WWF Finland Report ; 11.
- Wahlström, E., Reinikainen, T. ja Hallanaro, E-L. 1992:** Ympäristön tila Suomessa. Vesi ja ympäristöhallitus. Ympäristötietokeskus. Gaudeamus-kirja.
- Valovirta, I., Tuulenvire, P. ja Englund, V. 2003:** Jokihelmisimpukan ja sen elinympäristön suojelun taso LIFE-Luonto-projektissa. Helsingin yliopisto. Luonnontieteellinen keskusmuseo. Helsinki.
- Weppling, K., 1997:** On the assesment of feasible waters in Finland. Dissertationes geographinecare universitaties Tartuensis No 5.
- Vikström, R. 1999:** Evijärven mätisumputus keväällä 1999: työraportti. Moniste 8 s.
- Vikström, R. 1999:** Purmonjoen ja Ähtävänjoen suosan kunnostus ja tulvasuojelu. Velvoitetarkkailu 1993-1997. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 114. 119 s.
- Vikström, R. 2002:** Nahkiaisviljelyä ja viljelykokemuksia. Nejonögonodling och uppfödningserfarenheter. Alueelliset ympäristöjulkaisut nro 252.
- Vikström, R. 2003:** Perhonjoen keskiosan järviyhmän säännöstely: Ylisiirrettyjen nahkiaisten ja istutettujen nahkiaisen toukkien tuloksellisuuden seuranta vuonna 2003. Raportti.
- Vikström, R. 2003:** Evijärven Kniivilänlahden perkausten seuranta: mätisumputukset ja sedimentaatioseuranta vuosina 1999 ja 2000. Moniste. 12 s. + liitteet.
- Vikström, R. ja Mäenpää, E. 2003:** Mato- ja Härkäojan perkaus: Kalataloustarkkailu vuosina 1998-2003.
- Virkkala, P. ja Aronsuu, K. 2000:** Nahkiaisen (*Lampetra fluviatilis*) toukkien sedimentin valinta laboratorio-olosuhteissa ensimmäisen kasvukauden aikana./Alueelliset ympäristöjulkaisut. 183.

- Vuori, K-M., Witick, A. ja Jokela, S. 1990:** Accumulation of aluminium in *Fontinalis Dalecarlica* Br. Eur. in a brownwater river in Western Finland. *Aqua Fennica* 20,2.
- Vuori, K-M. 1993:** Hydropsychidae-heimon vesiperhostoukat ympäristökuormituksen mittareina virtaavissa vesissä. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A*; 170.
- Vuori, K-M., Aronsuu, I., Siren, O., Kulovaara, M. ja Jokela, S. 1998:** Vesisammalet ja pohjaeläimet Lestijoen vesistökuormituksen ilmentäjinä. WWF:n River 2000 -projektin tutkimukset v. 1996-1997. Alueelliset ympäristö-julkaisut nro 92. 27 s.
- Vuori, K-M., Aronsuu, I. ja Meissner, K. 2000:** Lyhytaikaissäätötyön vaikutukset Perhonjoen koskieliöstöön. Habitaattitutkimukset ja laboratoriotutkimukset vuosina 1997-1998. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö nro 403. 32 s.
- Vuori, K-M. 2000:** Vesisammalten käyttö Korvuanjoen jokihelmisimpukka-alueen kunnostustöiden seurannassa Taivalkosken Metsäkylässä: Raportti vuoden 1998 seurantaloksista.
- Vuori, K-M. 2001:** Vesisammalten rautapitoisuuksien seuranta Korvuanjoella v 2000
- Vuori, K-M. 2001:** Härkäojan ja Mato-ojan perkausten velvoitetarkkailu: vaikutukset sammalten metalli- ja kiinto-ainepitoisuuksiin sekä pohjaeläimistöön Lestijoen alueella.
- Vuori, K-M. 2001:** Perhonjoen pohjaeläintarkkailujen kokonaisarviointi v. 1996-2001 ja suositukset jatkotoimenpiteiksi. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Vuori, K-M., Jokela, S. ja Härkönen, J. 2001:** Applying ecological risk assessment methodology in the management of boreal river basins: development needs and case of the river Lestijoki basin, western Finland. Poster konferenssissa Management of Northern River Basins. Oulu.
- Vuori, K-M., Tuppurainen, J., Jokela, S. 2001:** Ekologiset riskit jokivesistöissä. Arviointimenetelmät ja niiden soveltaminen borealisille jokiekosysteemeille. Suomen ympäristö 496.
- Vuori, K-M. 2002:** Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Suomen ympäristö 571. Kokkola. LSU.
- OSA I:** Vesisammalten käyttö metallikuormituksen arvioinnissa ja seurannassa (Vuori).
- OSA II:** Vesisammalten siirto-istutusmenetelmän käyttö Perhonjoen metallikuormituksen arvioinnissa (Vuori, Siren, Korpjärvi, Jokela).
- OSA III:** Hydropsychidae-vesiperhoset jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Maasto- ja laboratoriotutkimusten menetelmäohjeet (Vuori).
- Vuori, K-M., Siren, O. ja Luotonen, H. 2003:** Metal contamination of streams in relation to catchment silvicultural practices: a comparative study in Finnish and Russian headwaters. *Boreal Environment Research* 8: 61-70.
- Vuori, K-M. 2004:** Perhonjoen keskiosan sääntötyön vaikutukset pohjaeläimistöön. Ympäristötoimisto INSTAROS Ky.
- Vähäsöyrinki, T. & Asplund, T. 2002:** Anadromous Lampetra fluviatilis of Bothnian Bay: a very large population size revealed by PRC-RFLP of mitochondrial DNA. Raportti LSU:lle.
- Vähäsöyrinki, T. 2002:** Köyhäjokisuun pengerpumppaamo – vesien ja pohjasedimenttien akuuttinen toksisuus. Raportti.
- Ylitalo, K. 1999:** Tutkimus vesisammalten elohopea-akkumulaatiosta. Päättötyö. Seinäjoen ammattioppilaitos. Prosessi- ja laboratoriotekniikan osasto. 63 s., liitteet.

Videot:

- Yhteistyötä Kokkolassa jokiluonnon hyväksi, 1998.
- Kutea kerran ja kuolla, nahkiaisen elinkierto, 2001.
- Pohjalainen joki, Den Österbottniska älven, Finnish coastal rivers. River Life project, 2001.

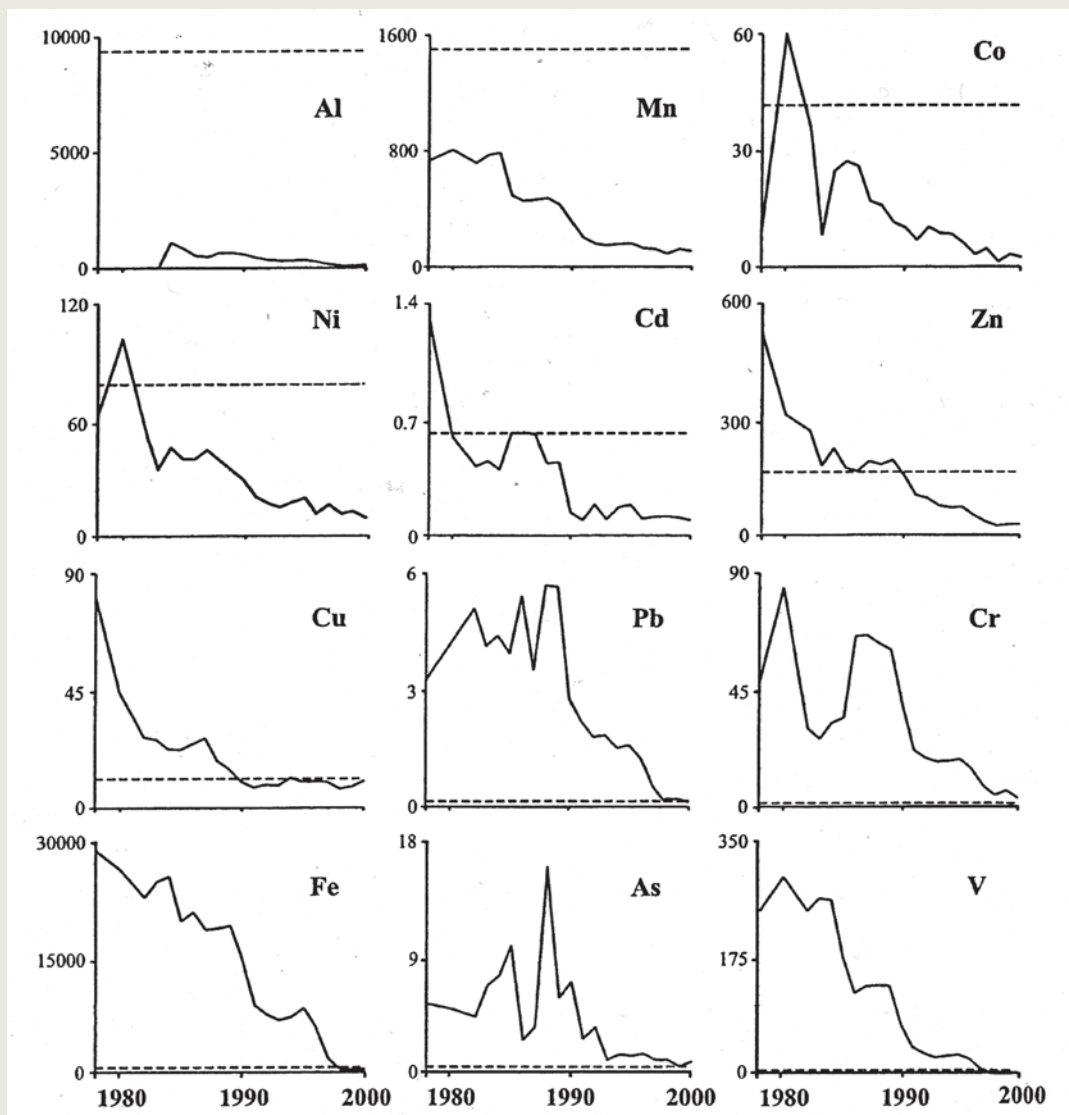
Seminaarit:

- Ympäristönsuojelun ja maatalouden yhteistyöllä tuloksiin, kv. seminaari, Kokkola 1994.
- Happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmat, Vaasa 1998. (Suomen ympäristökeskuksen moniste nro 142. Toim. S. Joukainen).
- Rakennettujen ja sääntötyön jokien seminaari: Vesipolitiikan uudet haasteet, Kokkola 2001.
- Biotestit – ympäristötutkimuksen täsmätyökalut, Kokkola 2003.

METALLIKUORMITUS vv. 1978 - 1980 (Sundström ym., 2002)

SUOMEN TEOLLISUUDEN METALLIKUORMITUS (yhtäjaksoinen viiva)

HAJAKUORMITUKSENA VILJELLYILTÄ HAPPAMILTA SULFAATTIMAILTA HUUHTOUVUVA KUORMITUS (katkoviiva)



Kuvailulehti

Julkaisija	Länsi-Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika Joulukuu 2004
Tekijä(t)	Sinikka Jokela	
Julkaisun nimi	KOKEELLINEN TUTKIMUS Katsaus kokeelliseen ja ekotoksikologiseen tutkimukseen Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	http://www.ymparisto.fi/lsu >>Palvelut, tuotteet ja lomakkeet>Julkaisut>Sähköiset julkaisut http://www.ymparisto.fi/julkaisut >>Alueelliset ympäristöjulkaisut -sarja	
Tiivistelmä	<p>Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen jokivesistöjen herkkien eliölajien, meritaime- nen, nahkiaisen ja helmisimpukan kannat ovat voimakkaasti taantuneet eikä kehitystä ole saatu pysäytetyksi.</p> <p>Harjoitetulla tutkimustoiminnalla on tuotettu tietoa uhanalaistuneen luonnon ympäristövaati- muksista, uhkatekijöistä ja ennallistamistarpeista jo lähes 30 vuoden ajan. Yli 10 vuoden ajan on hyödynnetty Länsi-Suomen ympäristökeskuksen Kokkolan laboratorion antamia ekotoksikologisen tutkimuksen ja koetoiminnan antamia mahdollisuuksia. Yhtäaikaisesti vaikuttavien painetekijöiden, säännöstelyn, pohjan laadun ja veden laadun osuus toisis- taan on saatu eriteltyä. Tutkimustoimintaan on tarvittu monipuolista menetelmien kehittä- mistä ja laajaa yhteistyöverkostoa.</p> <p>Ympäristön tilaa kuvaavan menetelmäkehityksen painopiste on ollut jokiluonnossa, erityi- sesti herkissä, humusvesiin soveltuviissa ja haitallisten aineiden vaikutuksia kuvaavissa "täsmämenetelmissä". Ekotoksikologian alan asiantuntemus edustaa nyt myös mm. alue- kehitykseen liittyvää osaamista Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusverkossa. Ko- keellista lähestymistapaa on sovellettu monissa alueen jokiprojekteissa erityisesti maa- ja metsätalousministeriön rahoittamissa velvoitteissa sekä ympäristöministeriön ja alueen muissa yhteistyöprojekteissa.</p> <p>Tietopohja on kehittynyt niin, että ekologisen tilan parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä on voitu toteuttaa käytännön tasolla ja merkkejä niiden onnistumisesta on olemassa. Erityinen uhka liittyy ympäristön haitallisiin aineisiin maankäytön ja pistekuormituksen vaikutuksesta.</p>	
Asiasanat	kokeellinen tutkimus, biotestit , ekotoksikologia , ympäristötutkimus , ympäristönsuojelu , Länsi-Suomi , Kokkola, joet, ympäristöindikaattorit , haitalliset aineet, metallit, laboratorio	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Alueelliset ympäristöjulkaisut 370	
Julkaisun teema	Ympäristötutkimuksen priorisointi ja linjaaminen biodiversiteetin turvaamiseksi.	
Projektihankkeen nimi ja projektinnumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Länsi-Suomen ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-1921-7, 952-11-1922-5 (pdf)
	Sivuja 79	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 20 € (sis.alv 8%)
Julkaisun myynti/ jakaja	Länsi-Suomen ympäristökeskus puh. (06) 367 5211, fax (06) 367 5251, mail: neuvonta.lsu@ymparisto.fi Edita Oyj, Helsinki, puh. 020 450 05, fax 020 450 2380, mail: asiakaspalvelu@edita.fi	
Julkaisun kustantaja	Länsi-Suomen ympäristökeskus	
Painopaikka ja -aika	Ykkös-Offset Oy, Vaasa, 2004	

Presentationsblad

Utgivare	Västra Finlands miljöcentral	Datum	december 2004
Författare	Sinikka Jokela		
Publikationens titel	EXPERIMENTELL FORSKNING Översikt över experimentell och ekotoxikologisk forskning på Västra Finlands miljöcentral		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma project	http://www.miljo.fi/lsu >>Tjänster, produkter och blanketter>Publikationer>Elektroniska publik. http://www.miljo.fi/publikationer >>Alueelliset ympäristöjulkaisut -sarja		
Sammandrag	<p>Bestånden av känsliga organismarter i å- och älvvattnen på Västra Finlands miljöcentrals område har kraftigt minskat och utvecklingen har inte kunnat stoppas. Forskningsverksamheten har framställt information om den hotade naturens miljökrav, hotfaktorer och iståndsättningsbehov redan i nästan 30 år. I över tio år har man utnyttjat de möjligheter som den ekotoxikologiska forskningen och försöksverksamheten vid laboratoriet i Karleby har kommit fram med. Andelen reglering, rensning, uppdämning och belastning av skadliga ämnen har specificerats. Forskningsverksamheten har fordrat mångsidig metodutveckling och omfattande samarbetsnätverk.</p> <p>Utvecklingen av metoder som beskriver miljös tillstånd har prioriterat å- och älvnatur, i synnerhet riktade metoder för känsliga, humusrika vatten, vilka beskriver skadeämnenas effekter. Den ekotoxikologiska sakkunskapen representerar nu också bl.a. kunnandet som ansluter sig till regionutvecklingen inom ramen för kunskapsnätverket för kemi i Karleby. Experimentella metoder har tillämpats i många å- och älvprojekt i regionen, i synnerhet i förpliktelser som finansieras av jord- och skogsbruksministeriet samt i miljöministeriets och regionens andra samarbetsprojekt.</p> <p>Informationen har utvecklats så att åtgärder som syftar till att förbättra det ekologiska tillståndet har kunnat genomföras i praktiken och det finns också tecken på att de har haft framgång. Ett särskilt hot är de miljökadliga ämnena från markanvändningen och punktbelastningen.</p>		
Nyckelord	experimentell forskning, biotest, ekotoxikologi, miljöforskning, miljöskydd, västra Finland, Karleby, åar och älvar, miljöindikatorer, skadliga ämnen, metaller, laboratorium.		
Publikationsserie och nummer	Regionala miljöpublikationer 370		
Publicationens tema	Miljöforskningens prioritering och riktlinjer för att trygga biodiversiteten.		
Projektets namn och nummer			
Finansär/ uppdragsgivare	Västra Finlands miljöcentral		
Organisationer i projektgruppen			
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-1921-7, 952-11-1922-5 (pdf)	
	Sidantal 79	Språk finska	
	Offentlighet och andra villkor Offentlig	Pris 20 € (moms. 8% inkl.)	
Beställningar/ distribution	Västra Finlands miljöcentral, tfn (06) 367 5211, fax (06) 367 5251, e-post: neuvonta.lsu@ymparisto.fi Edita Abp, tfn 020 450 05, fax 020 450 2380, e-post: asiakaspalvelu@edita.fi		
Förläggare	Västra Finlands miljöcentral		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Ykkös-Offset Oy, Vasa, 2004		

Documentation page

Publisher	West Finland Regional Environment Centre	Date December 2004
Author(s)	Sinikka Jokela	
Title of publication	EXPERIMENTAL RESEARCH A glance at experimental and ecotoxicological research in West Finland Regional Environment Centre	
Parts of publication/ other project publications	http://www.ymparisto.fi/lsu >> Palvelut, tuotteet, ja lomakkeet> Julkaisut> Sähköiset julkaisut http://www.ymparisto.fi/julkaisut >> Alueelliset ympäristöjulkaisut –sarja	
Abstract	<p>There has been some serious declination in the susceptible species of the West Finland Regional Environment Centre's river areas, namely with sea trout, lamprey, and pearl oyster population. So far, this progress has remained unstoppable.</p> <p>Research activities have brought information about endangered natures environmental requirements, threatening factors and restoration needs for almost 30 years. For over 10 years West Finland Regional Environment Centre's laboratory in Kokkola has been utilized for ecotoxicological research and experiment possibilities. The portions of simultaneously interacting regulation, ground quality and water quality have been specified. Versatile development of methods and a extensive cooperation network was needed for research activities.</p> <p>Method development, which describes the state of the nature, has focused on river valley, and especially in "precise methods" which can be suited to susceptible humus waters to describe the effects of harmful substances. The expertise in ecotoxicological field is also represented, among other things, in know-how related to regional development in Kokkola regions chemistry know-how network. Experimental approach has been applied in many of the regions river projects, especially in obligations financed by the Ministry of Agriculture and Forestry, and also in Ministry of the Environment's projects and regions other cooperation projects.</p> <p>Knowledge base has developed so that measures aimed for improving ecological status have been carried out in practice, and there are signs indicating their success. A specific threat is associated to environments harmful substances by the impact of point source pollution and land use.</p>	
Keywords	experimental research, bioassays, ecotoxicology, environmental research, environmental protection, West Finland, Kokkola, rivers, environmental indicators, harmful substances, metals, laboratory	
Publication series and number	Regional Environment Publications 370	
Theme of publication	Prioritization and definition of environmental research for protecting biodiversity.	
Project name and number, if any		
Financier/ commissioner	West Finland Regional Environment Centre	
Project organization		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-1921-7, 952-11-1922-5
	No. of pages 79	Language Finnish
	Restrictions Public	Price 20 €
For sale at/ distributor	West Finland Regional Environment Centre tel. (06) 367 5211, fax (06) 367 5251, mail: neuvonta.lsu@ymparisto.fi Edita PLC, Helsinki, tel. 020 450 05, fax 020 450 2380, mail: asiakaspalvelu@edita.fi	
Financier of publication	West Finland Regional Environment Centre	
Printing place and year	Ykkös-Offset Ltd, Vaasa, 2004	

KOKEELLINEN TUTKIMUS

Katsaus kokeelliseen ja ekotoksikologiseen tutkimukseen Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen jokivesistöjen herkkien eliölajien, meritaimenen, nahkiaisen ja helmisimpukan kannat ovat voimakkaasti taantuneet eikä kehitystä ole saatu pysäytetyksi. Ähtävänjoen helmisimpukkakannan suojelulla on kiire, sillä yksilöt ovat reilusti yli satavuotiaita eikä niillä voi olla enää paljon elinaikaa.

Harjoitetulla tutkimustoiminnalla on tuotettu tietoa uhanalustuneen luonnon ympäristövaatimuksista, uhkatekijöistä ja ennallistamistarpeista jo lähes 30 vuoden ajan. Vuodesta 1992 lähtien on hyödynnetty Kokkolan laboratorion antamia ekotoksikologisen tutkimuksen ja koetoiminnan antamia mahdollisuuksia. Yhtaikaisesti vaikuttavien painetekijöiden, säännöstelyn, pohjan laadun ja veden laadun osuus toisistaan on saatu eriteltyä. Tutkimustoimintaan on tarvittu monipuolista menetelmien kehittämistä ja laajaa yhteistyöverkostoa.

Ympäristön tilaa kuvaavan menetelmäkehityksen painopiste on ollut jokiluonnossa, erityisesti herkissä, humusvesiin soveltuviissa ja haitallisten aineiden vaikutuksia kuvaavissa "täsmä-menetelmissä". Valmista metodiikkaa on ollut käytettävissä eliöiden fysiologisiin mittauksiin, joita on hyödynnetty mm. eliöitä sumputtamalla joki- ja rannikkoympäristössä. Ekotoksikologian alan asiantuntemus edustaa nyt myös aluekehitykseen liittyvää osaamista Kokkolan seudun kemian osaamiskeskusverkossa.

Tietopohja on kehittynyt niin, että ekologisen tilan parantamiseen tähtäviä toimenpiteitä on voitu toteuttaa käytännön tasolla ja merkkejä niiden onnistumisesta on olemassa. Esi-merkkeinä mainittakoon habitaattikunnostukset nahkiaisia ja rapuja varten sekä nahkiaisen ja helmisimpukan viljely ja istutustoiminta. Myös geneettisillä tutkimuksilla on ollut tärkeä sija uhanalaisen luonnon hoitotyössä. Erityinen uhka liittyy ympäristön haitallisiin aineisiin maankäytön ja pistekuormituksen vaikutuksesta.

ISBN 952-11-1921-7

ISBN 952-11-1922-5 (pdf)

ISSN 1238-8610

Myynti:

Länsi-Suomen ympäristökeskus, PL 262, 65101 Vaasa

puh. (06) 367 5211, fax (06) 367 5251, mail: neuvonta.lsu@ymparisto.fi

Oy Edita Ab, Helsinki, Julkaisumyynti

puh. 020 450 05, fax 020 450 2380, mail: asiakaspalvelu@edita.fi

