

ANNE LAINE & KAISA HEIKKINEN

TURVETUOTANNON KALASTOVAIKUTUKSET

KIRJALLISUUSSELVITYS

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS
HELSINGIN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI
Helsinki 1991

Etukannen kuva: Turvetuotannon vaikutuksia kalojen lisääntymiseen tutkitaan mädinistutuksin.

Kuva: Anne Laine

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:
Valtion painatuskeskus, PL 516, 00101 Helsinki
puh. (90) 56 601/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-4728-3
ISSN 0786-9592

HELSINKI 1991

ANNE LAINE & KAISA HEIKKINEN

TURVETUOTANNON KALASTOVAIKUTUKSET

KIRJALLISUUSSELVITYS

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS
HELSINGIN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI
Helsinki 1991

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämääräTekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Anne Laine & Kaisa Heikkinen

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)Turvetuotannon kalastovaikutukset
(Torvbrytningens effekter på fisk)Julkaisun laji

Kirjallisuuskatsaus

Toimeksiantaja

Oulun vesi- ja ympäristöpiiri

Toimielimen asettamispvmJulkaisun osatTiivistelmä

Suomessa on tällä hetkellä 60 000 ha suota valmisteltuna turvetuotantoa varten. Pinta-alasta puolet sijaitsee Oulun ja Vaasan läänien alueella. Soiden turveteollinen hyödyntäminen lisää vesistöjen kiintoaine-, humus- ja ravinnekuormitusta, jonka suuruuteen vaikuttavat sekä ojituksen aikaansaama valuman kasvu että valumaveden laadussa tapahtuneet muutokset. Turvetuotannon aiheuttaman kuormituksen on todettu lisäävän alapuolisten vesien bakteeriplanktonitiheyksiä ja saaneen aikaan muutoksia kasviplanktonlajistossa. Perifytonin biomassassa on kasvanut, mutta eläinplanktonlajisto on yksipuolistunut ja biomassassa pienentynyt. Pohjaeläimistöissä on myös havaittu muutoksia.

Turvetuotannon aikaansaamat veden laadun ja elinympäristön muutokset voivat vaikuttaa kaloihin joko suoraan, niille tarjolla olevan ravinnon tai lisääntymisen kautta. Suorat vaikutukset voivat ilmetä kalojen karkottumisena, heikentyneenä kuntona ja edelleen taudeille altistumisena, makuvirheinä ja pahimmassa tapauksessa jopa kalakuolemina. Huomattavin vaikutus lisääntymiseen ja ravinnoksi käytettävien pohjaeläinten saatavuuteen lienee pohjille sedimentoituvalla sekä orgaanisella että epäorgaanisella kiintoaineella. Haittoihin on luettava myös kalastuksen vaikeutuminen pyydysten likaantumisen ja pyyntipaikkojen luonteen muuttumisen vuoksi.

Kalastossa tapahtuvien muutosten suuruuteen vaikuttaa vesistöalueen luonne, turvetuotantoalueiden laajuus ja niiden sijoittuminen vesistöalueen sisällä sekä tuotantoalueilta tulevan kuormituksen ajoittuminen ja määrä, joihin voidaan vaikuttaa erilaisin vesiensuojeluteknisin toimenpitein.

Asiasanat (avainsanat)

Turvetuotanto, vesistövaikutukset, kalat, ravut

Muut tiedotSarjan nimi ja numeroVesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja
- sarja A 82ISBN

951-47-4728-3

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

59

Kieli

Suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

JakajaValtion painatuskeskus
PL 516, 00101 HelsinkiKustantajaVesi- ja ympäristöhallitus
PL 250, 00101 Helsinki

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

UtgivningsdatumFörfattare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)

Anne Laine & Kaisa Heikkinen

Publikation (även den finska titeln)

Torvbrytningens effekter på fisk

(Turvetuotannon kalastovaikutukset)

Typ av publikation

Litteraturstudie

Uppdragsgivare

Uleåborgs vatten- och miljödistrikt

Datum för tillsättandet av organetPublikationens delarReferat

För närvarande finns det i Finland c:a 60 000 ha torvmarker avsedda för torvproduktion. Hälften av ytan ligger i Uleåborgs och Vasa län. Torvbrytningen ökar transporten av organiska och oorganiska substanser och näringsämnen. Belastningens storlek påverkas både av ökande avrinning och av förändringarna i avrinningsvattnets kvalitet. Torvbrytningens vattendragbelastning har påvisats öka bakterieplanktons täthet och förändra sammansättningen av växtplankton nära dikningsområden. Biomassa av perifyton har ökat, men sammansättningen av djurplankton och dess biomassa har minskat. Förändringar i bottenfauna har också konstaterats.

De förändringar i vattenkvaliteten och fiskens livsmiljö, som torvbrytningen har förorsakat, kan påverka fisk direkt eller genom deras reproduktion och näringsunderlag. Direkta påverkningar kan fördriva fisken eller leda till försämrad kondition och motståndskraft mot sjukdomar, påverka smak eller t.o.m. döda fisken. Sedimentation av både organiska och oorganiska substanser torde ha den mest betydande påverkan på fiskens reproduktion och bottenfaunatillgången, som fiskens tillväxt till stor del bestäms av. Igenslamningen av fiskeredskap och förändringar i fiskens lekplatser verkar störande på fisket.

Förändringarna som sker i fiskbestånden påverkas naturligtvis av avrinningsområdets karaktär, täktområdets storlek och lokalisering i avrinningsområdet samt belastningens omfattning i förhållande till den tidpunkten, då avrinning sker.

Nyckelord

Torvbrytning, miljöpåverkan, fisk, kräfta

Övriga uppgifterSeriens namn och nummerVatten- och miljöförvaltningens publikationer,
- serie A 82ISBN

951-47-4728-3

ISSN

0786-9592

Sideantal

59

Språk

Finska

PrisSekretessgrad

Offentlig

DistributionStatens tryckericentral
PB 516, 00101 HelsingforsFörlagVatten- och miljöstyrelsen
PB 250, 00101 Helsingfors

DOCUMENTATION PAGE

Published by

National Board of Waters and the Environment, Finland

Date of publicationAuthor(s)

Anne Laine & Kaisa Heikkinen

Title of publication

Fishery Impacts of peat production

Type of publication

Literature review

Commissioned by

Water and Environment District of Oulu

Parts of publicationAbstract

The total area of Finland's peat mining areas is approx. 60 000 ha. More than half of this area is located in the provinces of Oulu and Vaasa. Increase in runoff from peat mining areas and changes in the quality of the runoff water, such as rises in solid matter, humus and nutrient content, result in a higher load on the lakes and rivers downstream peat mining areas. Loading from peat mining areas has been found to increase the bacterioplankton densities and change the species composition of phytoplankton in watercourses. Periphytic biomass has increased but zooplankton biomass and diversity have decreased. Corresponding changes and decreases in the number of species have also been observed in the bottom fauna of flowing waters.

The loading caused by peat mining affects the fish stocks either directly or via changes in reproduction conditions and the availability of food organisms. Direct effects can be revealed as withdrawal of fish, their weakened condition and increased susceptibility to diseases, tainting or, in the worst case, even fish kills. Both organic and inorganic solid matter loading which deposits on the bottom have the most pronounced effects on fish reproduction and bottom fauna used as their food. Soiling of nets and changes in the condition of the fishing areas have a detrimental effect on fisheries.

The changes that take place in the fish stocks are affected by the nature of the water system, the size of peat mining areas and their location within the catchment area, as well as the quantity and timing of load coming from the peat mining areas. These can be influenced through technical water protection measures.

Keywords

Peat production, environmental impacts, fish, crayfish

Other informationSeries (key title and no.)

Publications of the Water and Environment
Administration - series A 82

ISBN

951-47-4728-3

ISSN

0786-9592

Pages

59

Language

Finnish

PriceConfidentiality

Public

Distributed by

Government Printing Centre
P.O.Box 516, SF-00101 Helsinki, Finland

Publisher

National Board of Waters and the Environment
P.O.Box 250, SF-00101 Helsinki, Finland

ALKUSANAT

Viime vuosina maassamme on selvitetty turvetuotannosta aiheutuvaa vesistökuormitusta ja mahdollisuuksia kuormituksen vähentämiseen. Tietoa on saatu myös kuormituksen vaikutuksista järvien planktoniin, päällyslievästään, vesikasveihin ja pohjaeläimiin sekä virtaavien vesien bakteeriplanktoniin. Sen sijaan turvetuotannon vaikutuksia rapuun, kalastoon tai kalatalouteen ei vielä täysin tunneta, vaikka käytännön kokemukset ja useat selvitykset viittaavat yhteyksiin laaja-alaisen turvetuotannon sekä kaloissa havaittujen makuvirheiden, pyydysten likaantumisen ja kalaston koostumuksessa tapahtuneiden muutosten välillä.

Tähän kirjallisuusselvitykseen on koottu turvetuotannon rapu- ja kalastovaikutuksista olemassa olevaa tietoa. Tiedon pohjalta on pyritty luomaan vuoden 1991 aikana käynnistyvää varsinaista tutkimusta varten teoria siitä, miten turvetuotannon johdosta kalojen elinympäristössä tapahtuvat muutokset heijastuvat kalastoon ja kalastukseen etenkin virtaavissa vesissä. Myös turvetuotannon vaikutuksia rapuun tarkastellaan. Erityisesti latvapurojen ja -jokien luonnontilaan on turvetuotannon lisäksi myös metsätaloudella ollut suurta vaikutusta. Sen vaikutuspiiriinhan kuuluu noin kolme neljännestä Suomen pinta-alasta. Metsätalouden kalastovaikutuksia käsittelevä kirjallisuusselvitys tehdään Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa, ja se ilmestyy keväällä 1992.

Rahoitus tähän selvitykseen saatiin maa- ja metsätalousministeriöstä, vesi- ja ympäristöhallituksesta sekä turvetuottajilta. Suorituspaikkana oli Oulun vesi- ja ympäristöpiiri. Käsikirjoitusvaiheessa arvokkaita kommentteja antoivat Erkki Alasaarela, Seppo Huuskonen, Pirkko Kortelainen, Satu Kouvalainen, Jari Marja-aho, Jukka Nyrönen, Mikko Pajunen ja Pirkko Selin sekä metsätalouden kalastovaikutuksia selvittävästä työryhmästä Martti Rask, Veijo Pruuki, Eero Jutila ja Anssi Ahvonen. Esitämme heille lämpimät kiitoksemme, kuten myös rahoittajille ja koko turvetuotannon kalastovaikutukset-esityksensä seurantaryhmälle, jossa oli vesi- ja ympäristöhallituksen, Oulun vesi- ja ympäristöpiirin, Oulun kalastuspiirin, Oulun yliopiston sekä turvetuottajien edustajia.

Oulussa 18.6.1991
Anne Laine

Kaisa Heikkinen

S I S Ä L L Y S

	Sivu
ALKUSANAT.....	6
1 JOHDANTO	9
2 TURVETUOTANTOSOIDEN ALUEELLINEN SIJOITTUMI- NEN	10
2.1 Tuotantoalat	10
2.2 Rannikkojokien erityispiirteet	11
2.3 Sisävesien erityispiirteet	14
2.4 Vesistöalueen luonne ja maankäyttömuodot	15
3 TURVETUOTANNON VAIKUTUKSET VESISTÖSSÄ	16
3.1 Hydrologia	16
3.2 Veden ja pohjan laatu	17
3.2.1 Kiintoaine	18
3.2.2 Liuennut orgaaninen aines	19
3.2.3 Ravinteet	19
3.2.4 Happamuus	20
3.2.5 Metallit	20
3.3 Vaikutukset vesistöjen biologiaan	21
4 RAVUN JA KALOJEN VEDENLAATUVAATIMUKSET	23
4.1 Rapu	23
4.2 Kalat	24
4.2.1 Happipitoisuus	25
4.2.2 Kiintoaine ja humus	26
4.2.3 Happamuus	26
4.2.4 Metallien esiintyminen	27
4.2.5 Rehevöityminen	28
5 TURVETUOTANNON VAIKUTUKSET RAPUUN, KALOIHIN JA KALASTUKSEEN	28
5.1 Virtaavat vedet	28
5.1.1 Jokiekosysteemin erityispiirteet	28
5.1.1.1 Joen yläjuoksu	29
5.1.1.2 Joen keski- ja alajuoksu	30
5.1.2 Paikalliset kalat	31
5.1.3 Vaelluskalat	33
5.1.4 Nahkiainen	34
5.1.5 Rapu	35
5.2 Järvet	36
5.2.1 Järviekosysteemin erityispiirteet	36
5.2.2 Järvikalat	36
5.3 Kalastukselle aiheutuvat haitat	38
6 KALASTOMUUTOSTEN VAIKUTUSMEKANISMIT	39
6.1 Yleiset piirteet	39
6.2 Tarjolla oleva ravinto	40
6.3 Lisääntyminen	42
6.4 Turvetuotannon kalastomallin kehittäminen	43

	Sivu
7 LISÄTIEDON TARVE	45
8 TIIVISTELMÄ	45
9 SUMMARY	47
KIRJALLISUUS	50

1 J O H D A N T O

Maamme suopinta-alasta oli 1980-luvun lopussa varattu turvetuotantoon noin 100 000 ha, ja tuotantokuntoon oli valmisteltu kaikkiaan 60 000 ha suota (Hertell 1991). Turvetuotantoon varattujen soiden pinta-alasta yli puolet sijaitsee Oulun ja Vaasan läänien alueella, missä turvetuotantoalueet sijoittuvat yleensä vähäjärvisien, luonnostaan humuspitoisten ja muutenkin kuormitettujen jokivesistöjen varsille ja latvoille.

Tähän mennessä maassamme on selvitetty turvetuotannosta aiheutuvaa vesistökuormitusta (Sallantaus 1986a) ja mahdollisuuksia kuormituksen vähentämiseksi laskeutuslaitailla, pintavalutuksella, kuormituksen pidättämisellä sarkaojiin ja turvesuodatuksella (Selin ja Koskinen 1985, Ihme ym. 1990a,b). Lisäksi on tutkittu turvetuotannon kuormituksen vaikutuksia veden laatuun järvissä ja virtaavissa vesissä (Marja-aho ja Koskinen 1989, Heikkinen 1990a,b). Tietoja on saatu kuormituksen vaikutuksista järvien planktoniin, päällysläpästöön, vesikasveihin ja pohjaeläimiin (Marja-aho ja Koskinen 1989) sekä virtaavien vesien bakteeriplanktoniin (Heikkinen ja Visuri 1990). Ruotsissa on lisäksi tutkittu kuormituksen vaikutuksia virtaavien vesien pohjaeläimistöön (Olsson ja Näslund 1985, Olsson ym. 1987).

Turvetuotannon rapu- ja kalastovaikutuksia tai vaikutuksia ravustukseen ja kalastukseen ei ole tutkittu laajemmin millään vesistöalueella. Käytännön kokemukset ja useat suppeahkot selvitykset viittaavat yhteyksiin laaja-alaisen turvetuotannon sekä kaloissa havaittujen makuvirheiden, pyydysten likaantumisen ja kalaston koostumuksessa tapahtuneiden muutosten välillä. Tutkimuksen kannalta ongelmallista on se, että kalaston koostumukseen vaikuttavat monet ympäristötekijät, muutokset kalastossa voivat tapahtua hyvinkin pitkällä aikavälillä, eivätkä ne rajoitu pelkästään välittömästi kuormituslähteen alapuolisiin vesiin. Vertailu on vaikeaa myös kalojen liikkuvuuden vuoksi. Etenkin joen alajuoksulla yksittäisten kuormittajien vaikutuksia on vaikea arvioida.

Koska vesissä kemialliset, fysikaaliset ja biologiset tekijät ovat keskenään kiinteässä vuorovaikutussuhteessa, heijastuu vesiekosysteemin jollakin osa-alueella tapahtuva muutos väistämättä muillekin tasoille. Onkin mahdollista muuttaa vesiekosysteemin toimintaa joko oligotrofiseen tai eutrofiseen suuntaan esimerkiksi pelkästään kalastusta säätelemällä (Andersson ym. 1978, Lindqvist ym. 1989). Tämä tarkoittaa sitä, että pedot tai toisen asteen kuluttajat vaikuttavat jopa perustuotantoon siinä missä perustuotanto kuluttajien kautta petoihin. Kyseessä onkin hyvin monimuotoinen prosessi, jonka kaikkiin osiin olisi osattava kiinnittää riittävästi huomiota vaikkapa pelkästään kuormituksen aiheuttamia kalastovaikutuksia arvioitaessa.

Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä käynnistyi vuonna 1990 esitutkimus turvetuotannon kalastovaikutuksista. Työn tarkoituksena oli koota aiheesta jo olemassa olevaa tietoa ja luoda myöhemmin käynnistyvää varsinaista tutkimusta varten teoria siitä, miten turvetuotannon aiheuttamat ja vesistöissä tapahtuvat muutokset heijastuvat kalastoon ja kalastukseen.

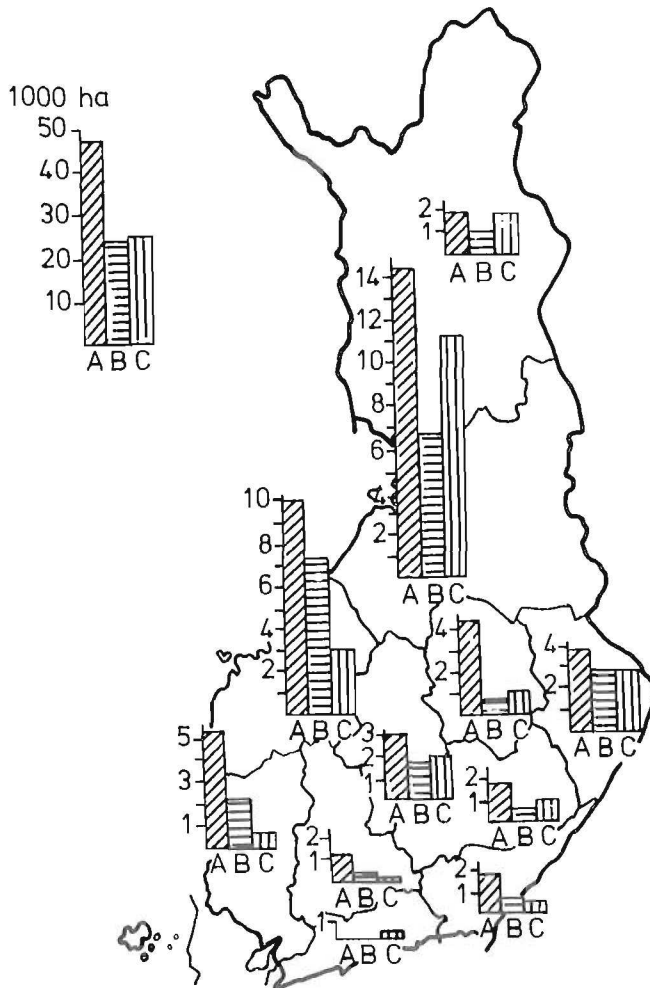
2 TURVETUOTANTOSOIDEN ALUEELLI- NEN SIJOITTUMINEN

2.1 TUOTANTOALAT

Maamme soita on 1960-luvulta lähtien ojitettu varsin voimaperäisesti metsä- ja turvetalouden tarpeita varten. 1980-luvun loppuun mennessä suoalastamme (n. 10 milj. ha) yli puolet on ojitettu. Nykytekniikalla turvetuotannossa hyödynnettävä ala on arvioitu olevan 500 000 ha, eli 5 % suo-alasta. Turvetuotantoalueita on tällä hetkellä on n. 500, ja tuotantokuntoon on valmisteltu yhteensä 60 000 ha suota (Hertell 1991). Nykyisten polttoturvetta käyttävien energiantuotantolaitosten edellyttämä tuotanto-ala on kaikkiaan yli 100 000 ha, joten uutta tuotantoaluetta tarvittaneen vielä n. 40 000 ha siinäkin tapauksessa, että uusia laitoksia ei rakenneta. Uusien tuotantoalueiden tarvetta lisää vanhojen alueiden ehtyminen.

Yli kolme neljännestä polttoturvetuotantoon soveltuvasta suopinta-alasta sijaitsee Lapin, Oulun ja Vaasan lääneissä (Turvekomitean mietintö 1983). Lapin läänin alueella tuotantoon valmisteltuja soita on kuitenkin selvästi vähemmän kuin Oulun ja Vaasan lääneissä, joissa 1980-luvun puolivälissä sijaitsi yli puolet maamme kunnostetusta suoalasta (Komiteanmietintö 1987, Kuva 1).

Vesi- ja ympäristöpiireistä v. 1990 saatujen tietojen mukaan turvetuotannon painopistealueet ovat valtaosin pysyneet samoina kuin vuoden 1984 lopussa, vaikka tuotantopinta-ala onkin kasvanut voimakkaasti mm. Lapin läänin eteläosissa sekä Tampereen ympäristössä. Selkeimmin turvetuotanto on tällä hetkellä keskittynyt Pohjanmaalle.



Kuva 1. Tuotantokuntoisten (A), ojitettujen (B) ja turvetuotantoon varattujen (C) soiden pinta-alat lääneittäin vuoden 1984 lopussa (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1985, Komiteanmietintö 1987).

2.2 RANNIKKOJOKIEN ERITYISPIIRTEET

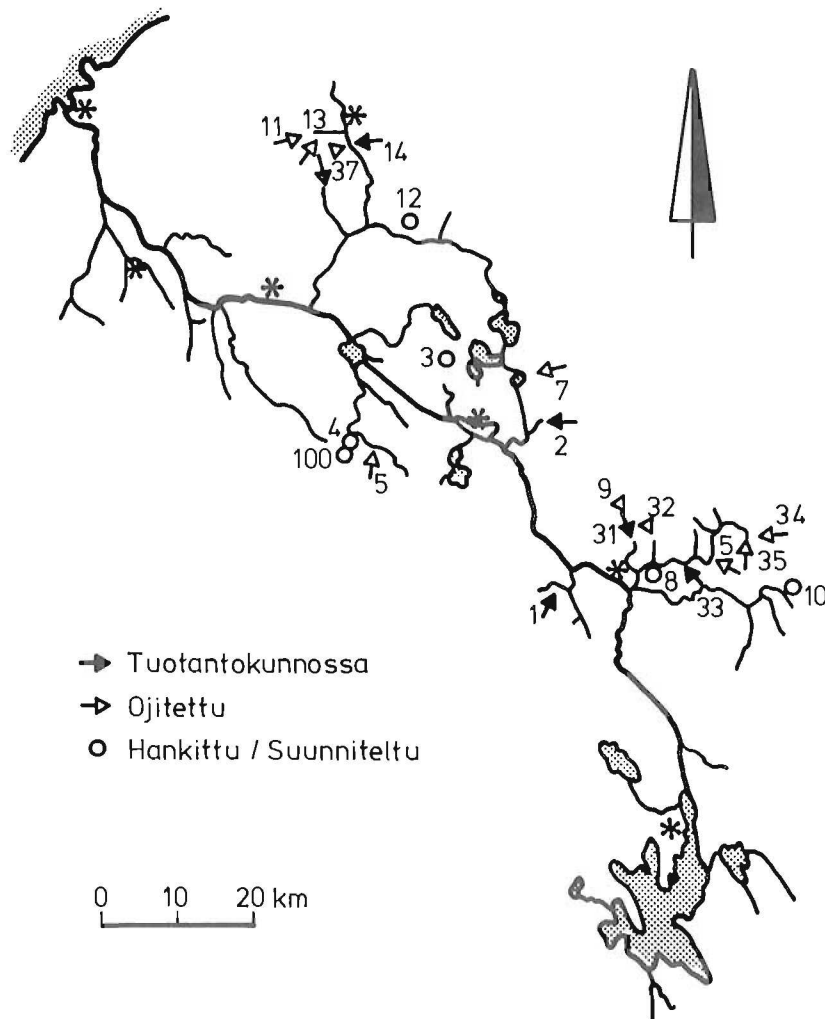
Turvetuotannon ydinalueen, Pohjanmaan, turvetuotantosuo sijaitsevat tyypillisesti runsassoisella Suomenselän vedenjakaja-alueella, vähäjärvisien jokivesistöjen latvaosissa, keskijuoksulla tai sivuhaarojen varsilla. Rannikkoalueelta turvetuotantoon soveltuvat suot puuttuvat. Eniten tuotantopinta-alaa on tällä hetkellä Simo-, Ii-, Kiiminki-, Oulu-, Siika-, Pyhä- ja Kyrönjokien vesistöalueilla (Taulukko 1). Pienistä vesistöistä Kuivajoella ja Temmesjoella tuotantoalan osuus valuma-alueen pinta-alasta on yhtä suuri kuin esimerkiksi Kiiminkijoella. Näiden jokien virtaamat ovat kuitenkin Kiiminkijoen virtaamia huomattavasti pienemmät.

Pyhäjoen vesistöalue on esimerkkinä turvetuotantosoiden sijoittumisesta Pohjanmaan rannikkojoen vesistöalueelle (Kuva 2 ja Taulukko 2). Suomenlahteen laskevien jokien varsilla olevien turvetuotantoa varten kunnostettavien,

reservissä tai tuotannossa olevien soiden pinta-alat ovat Pohjanlahteen laskevien jokien tuotantoaloihin verrattuna pieniä.

Taulukko 1. Pohjanlahteen laskevien rannikojokien valuma-alueiden pinta-alat (km²), keskiylivirtaama (MHQ), keski- virtaama (MQ) ja keskialivirtaama (MNQ) sekä turvetuotantoalueiden yhteenlaskettu pinta-ala (ha) ja sen osuus koko valuma-alueen pinta-alasta (%) vesi- ja ympäristöpiireiltä v. 1990 saatujen tietojen mukaan. Turvetuotantoalueiksi on luettu niin tuotannossa olevat suot kuin tuotantokuntoiset tai vasta ojitusvaiheessa olevat suotkin.

Vesistöalue	Valuma-alue (km ²)	MHQ (m ³ /s)	MQ (m ³ /s)	MNQ (m ³ /s)	Turvetuotantoalueet (ha)	(%)
Tornionjoki	39 820	2 190	381	86	1 053	0,03
Kemijoki	50 910	3 373	569	120	1 622	0,03
Simojoki	3 133	410	39	5,6	4 773	1,52
Kuivajoki	1 367	190	16	1,6	998	0,73
Iijoki	14 319	876	170	43,0	3 814	0,27
(Pääuoma					725)	
(Siuruanjoki					2 810)	
(Kivarinjoki					251)	
(Kortejoki					28)	
Kiiminkijoki	3 660	287	36	5,2	2 771	0,76
Oulujoki	22 572	452	234	61	3 814	0,17
(Ala-Oulujoki					2 333)	
(Ylä-Oulujoki					24)	
(Oulujärvi					796)	
(Hyrnsalmen reitti					210)	
(Sotkamon reitti					243)	
Temmesjoki	1 124	110	9	0,5	662	0,59
Siikajoki	4 325	400	34	2,2	3 970	0,92
Pyhäjoki	3 724	260	31	7,4	4 223	1,13
Kalajoki	4 308	340	36	4,0	624	0,14
Lestijoki	1 409	92	12	1,6	260	0,18
Perhonjoki	2 560	164	24	2,8	970	0,38
Kruunupyynjoki	767	46	6	0,9	300	0,39
Ähtävänjoki	2 048	34	16	5,6	570	0,28
Lapuanjoki	4 137	190	31	4,5	1 615	0,39
Kyrönjoki	4 920	295	43	4,0	3 215	0,65
Närpiönjoki	996	70	8	0,5	30	0,03
Teuvanjoki	530	42	4	0,2	30	0,06
Lapväärtinjoki	1 112	111	10	2,5	130	0,12
Karvianjoki					600	



Kuva 2. Pyhäjoen vesistöalueella olevat turvetuotantoalueet vuonna 1986 Kainuan (1988) mukaan. Tuotantoalueiden pinta-alat on esitetty Taulukossa 2. Nuolen suunta osoittaa tuotantoalueilta purkautuvien vesien laskusuuntaa. Suurimmat taajamat on esitetty tähdillä.

Taulukko 2. Pyhäjoen vesistöalueen Pyhäjokeen laskevat turvetuotantosuoet (Kainua 1988, Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1990).

Suon numero (ks. kuva 2)	Suon nimi	Tuotantokunnossa v. 1989 (ha)	Tuotannossa v. 1989 (ha)
1	Hankilanneva		
2	Piipsanneva	1 667	1 667
3	Haaponeva	290	290
4	Puutioneva		
5	Äljönneva		
7	Paskoneva		
8	Siloneva	75	75
9	Onkineva		
10	Patasuo		

Suon numero (ks. kuva 2)	Suon nimi	Tuotantokunnossa v. 1989 (ha)	Tuotannossa v. 1989 (ha)
11	Pitkäisneva		
12	Kuuhkamonneva	260	100
13	Ahmaneva		
14	Tavaskanneva	27	27
15	Ojaneva	123	123
31	Onkineva I	110	110
32	Onkineva II		
33	Pihlajaneva	261	140
34	Pieni-Hangasneva		
35	Vuohtoisneva		
37	Raitaräme		
51	Lehtoneva	140	140
100	Pöhlölänneva		
	Nurmesneva	299	299
	Vittouvenneva	73	73

Pohjanmaalla turvetuotantosoiden kuormitusalueet ovat luonnostaan suoalueilta purkautuvien vesien ruskeaksi värjäymiä, jossain määrin happamia ja karuja vesiä, joiden virtaamat ovat ajoittain erittäin pienet, ja laimentumisolosuhteet heikot. Lisäksi järvioltaat ovat usein matalia, jolloin kuormitusmuutokset ilmenevät niissä nopeasti. Yleensä vesistöalueilla on suoritettu mittavia metsäojitushankkeista. Useimmat Pohjanmaan joista ovat jo ennestään kuormitettuja, ja niiden lisäkuormituksen sietokyky on arvioitu heikoksi (Kilpinen 1990), vaikka latvavedet usein ovatkin vielä suhteellisen hyvässä kunnossa.

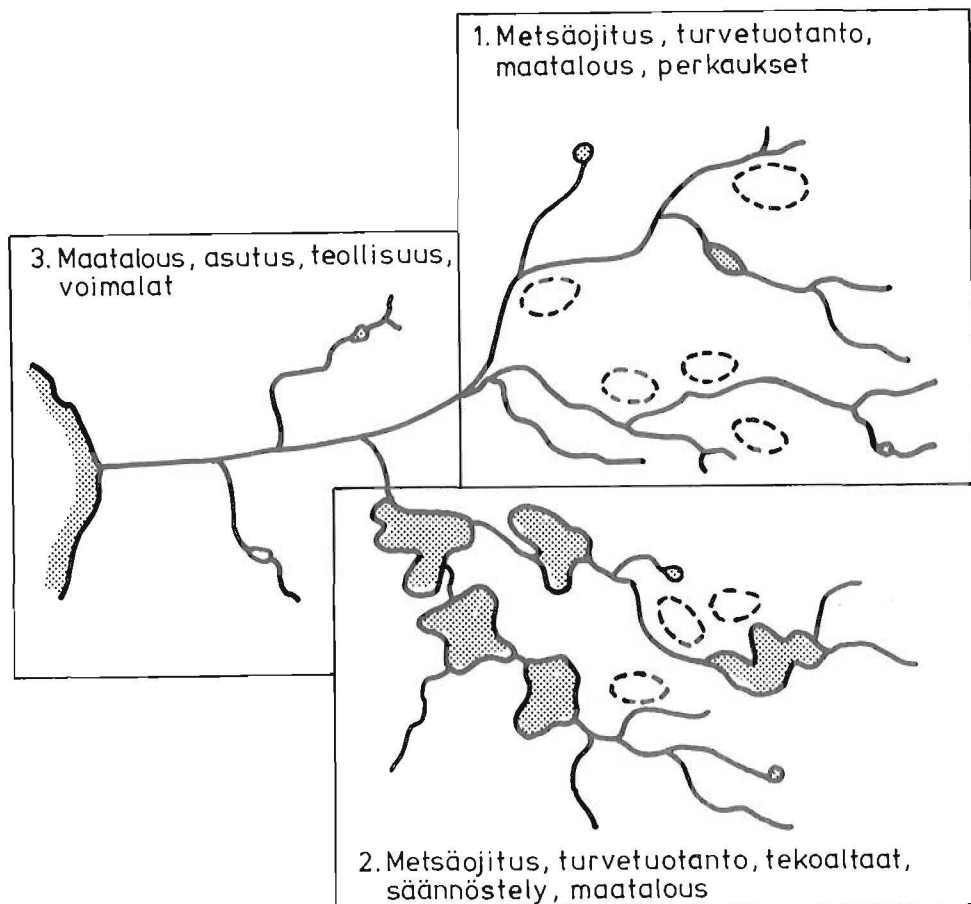
2.3 SISÄVESIEN ERITYISPIIRTEET

Sisävesialueella Kuopion ja Pohjois-Karjalan lääneissä sijaitsevien tuotantoalueiden pinta-alat (4 667 ha ja 4 885 ha) ovat suunnilleen yhtä suuret kuin pelkästään Simojoen vesistöalueen turvetuotantosoiden yhteenlaskettu pinta-ala (4 773 ha, ks. Taulukko 1). Keski-Suomen läänissä ala on jonkin verran suurempi (5 718 ha), mutta Kymen läänissä turvetuotantoalueita on selvästi vähemmän (1 100 ha).

Keski- ja Itä-Suomen reittivesissä suuri osa veden mukanaan kuljettamista aineista pidättyy turvetuotantoalueiden alapuolisista järvistä ylimpiin. Esimerkiksi Saarijärven reitin keskusjärvien veden laadussa ei ole havaittu turvetuotannosta aiheutuvia muutoksia, mutta tuotantoalueiden lähellä olevien purojen ja järvien kiintoaine-, ravinne- ja rautapitoisuudet ovat nousseet ja vesi on tummunut (Selänne 1990).

2.4 VESISTÖALUEEN LUONNE JA MAANKÄYTTÖMUODOT

Kuvassa 3 on esitetty kaavamaisesti turvetuotantoalueiden sijoittuminen kuvitteellisen vesistöalueen luonteeltaan ja maankäyttömuodoiltaan erilaisille osa-alueille. Tyypillisen suomalaisen rannikkojoen luonnontilaa ovat ojitusten lisäksi muuttaneet jokiuomien perkaukset, maatalouden ja asutuksen kuormitus sekä usein myös teollisuuden jätevedet ja voimatalouskäyttö. Perkausten, kuormituksen, säännöstelyn ym. tekijöiden ohella joen eri osa-alueiden hydromorfologiset erityispiirteet vaikuttavat ratkaisevasti siihen, millaisiksi turvetuotannosta aiheutuvat vesistövaikutukset muodostuvat.



Kuva 3. Turvetuotantoalueiden (katkoviiva) sijoittuminen kuvitteellisen joen vesistöalueelle ja vesistön luokittelu luonnontilojen ja maankäyttömuotojen mukaan.

Vähäjärvisellä jokiosuudella (osa-alue 1) kuormitusvaikutukset kohdistuvat puhtaasti virtaavaan veteen, eivätkä ne tämän vuoksi rajoitu pelkästään välittömästi turvetuotantoalueiden alapuolelle. Alueelle on luontaisesti ominaista virtaaman voimakas vaihtelu. Latvavesien ja koskipaikkojen perkaukset mm. uittaa varten ovat usein vähentäneet virtakalojen elin- ja lisääntymisalueita. Usein laaja-alaisten metsä- ja suo-ojitusten sekä alueelle sijoittuvan turvetuotannon vaikutukset voidaan havaita mm.

rehevöitymisenä ja pohjan liettymisenä. Joidenkin uomien harjus- ja taimenkannat sekä rapu ovat voineet vähentyä viimeisten vuosikymmenten tai jopa muutaman vuoden aikana.

Runsasjärviseltä jokiosuudelta (osa-alue 2) pääuomaan purkautuu huomattavasti tasaisempi virtaama kuin järveltömältä tai vähäjärviseltä osuudelta. Turvetuotantosoiden ja metsänojitusalueiden alapuolisista järvistä ylimmät keräävät varsin tehokkaasti kiintoainetta, joka ei näin ollen kulkeudu yhtä kauas kuin vähäjärvisissä sivuvesistöissä. Myös ravinteista suuri osa pidättyy ylimpiin järviin, joiden pohja voi olla liettynyt ja happitilanne etenkin pohjan tuntumassa heikentynyt. Pyydysten likaantumista voi olla havaittavissa kesäisin. Vaikutusten suuruus vaihtelee järvestä toiseen mm. järvien sijainnista, koosta ja niissä vallitsevista virtauksista riippuen. Turvetuotannon vesistövaikutukset järvien alapuolisissa jokiuomissa lienevät vähäisemmät kuin osa-alueella 1.

Joen alajuoksulla (osa-alue 3) järviä on yleensä vähän, ja matalahkot koskialueet ja suvannot vuorottelevat. Varsinkin kesällä vähän veden aikana suvannot ovat suotuisaa aluetta kasviplanktonin ja koskialueet perifytonin perustuotannolle. Alajuoksulla on myös enemmän kuormituslähteitä ja tämän seurauksena enemmän ravinteita kuin latvavesissä. Alueella voikin olla havaittavissa eri kuormituslähteistä johtuen mm. kalojen makuvirheitä, pyydysten ja pohjien limoittumista ja kasvillisuuden muutoksia. Eri kuormittajien osuutta kokonaiskuormituksesta ja sen aiheuttamista ympäristömuutoksista on usein varsin vaikea arvioida.

Turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta lienee suurimmillaan joen yläjuoksulla ja sivujokien ja -purojen varsilla, jonne suurin osa tuotantoalueista yleensä keskittyy, ja jossa metsäojitusten ohella muuta kuormitusta on alajuoksuun verrattuna suhteellisen vähän. Kokonaiskuormitus on kuitenkin suurin alajuoksulla.

3 TURVETUOTANNON VAIKUTUKSET VESISTÖSSÄ

3.1 HYDROLOGIA

Suuri osa turvetuotantoon otetuista soista on jo aiemmin ojitettu. Turvetuotantoa varten niissä on kuitenkin tehtävä samat toimenpiteet kuin aiemmin ojittamattomissa soissa. Aluksi tuotantokentän ympärille kaivetaan usein kivennäismaahan ulottuvat eristysojat, joiden kautta alueen ulkopuoliset vedet voidaan johtaa kentän ohitse. Sen jälkeen itse tuotantokenttä ojitetaan sarka- ja veto-ojilla. Veto-ojat keräävät sarkaojia myöten tulevat vedet laskuojaan. Ennen tuotannon aloittamista alueelta poistetaan kasvillisuus, kentän pinta tasoitetaan ja sarat muotoillaan sarkaojiin viettäviksi.

Turvetuotantosoon kuivatus- ja valmistusvaihe kestää yleensä 3 - 6 vuotta, varsinainen tuotantovaihe mahdollisen reservivaiheen jälkeen vielä 15 - 20 vuotta. Tuotantovaihetta seuraa tuotannon jälkivaihe. Kuormitus on suurin ojitus- ja tuotantovaiheessa, mutta myös jälkivaiheen aikana kuormitusta esiintyy.

Suolla tehtävät ojitukset kasvattavat valumia suon vesivaraston tyhjäntyessä, haihdunnan vähentyessä ja virtauksen nopeutuessa (Mustonen ja Seuna 1971, Sallantaus 1986a). Välitön hydrologinen vaikutus ilmenee kokonaisvaluman, kesäaikaisten alivalumien ja sateiden aiheuttamien ylivalumien kasvuna. Valuman kasvu ei ole tasaista, vaan talvella ja kesällä se voi ajoittain tyrehtyä kokonaan (Selin ja Koskinen 1985). Ojitusalueen alapuolisen vesistön virtaama on kuitenkin luonnontilaista suurempi vielä useita vuosia ojituksen jälkeen. Tuotannon edetessä suolta purkautuu yhä vähemmän vettä.

Turvetuotantosoiden alat ovat valuma-alueen pinta-alaan verrattuna yleensä hyvin pieniä, ja puhtaasti turvetuotannosta aiheutuvat hydrologiset vaikutukset alapuolisessa vesistössä onkin todettu pieniksi (Sallantaus 1985, Komiteamietintö 1987). Vaikka vaikutus vesistöjen kokonais- ja ylivirtaamiin on yleensä vähäinen, voidaan muutoksia kuitenkin havaita, jos tuotantoalueet ovat laajat ja vastaanottavan vesistön virtaama on pieni, ja etenkin jos ympäristössä on lisäksi tehty metsäojituksia. Turvetuotannosta aiheutuvien virtaamamuutosten kalastovaikutuksia ei tällä hetkellä tunneta, ja niidenkin merkitys arvioidaan pieneksi (Olsson ja Näslund 1985).

3.2 VEDEN JA POHJAN LAATU

Soiden turveteollinen hyödyntäminen lisää omalta osaltaan vesistöjen kiintoaine-, humus- ja ravinnekuormitusta sekä nostaa joidenkin metallien, mm. raudan ja alumiinin pitoisuuksia valumavedessä (Sallantaus 1986a, Komiteamietintö 1987). Kuormituksen suuruuteen vaikuttavat sekä ojituksen aikaansaama valuman kasvu että valumaveden laadussa tapahtuneet muutokset. Oleellinen merkitys on lisäksi ojitus- ja tuotantoalueen koolla, erilaisilla vesiensuojeluteknisillä toimenpiteillä sekä mm. vesimäärästä ja virtausnopeudesta riippuvalla uomaeroosiolla (Stenbeck 1985, Selänne 1990).

Kuormituksen aikaansaamat veden laadun muutokset voivat aiheuttaa mm. rehevöitymistä ja pohjan liettymistä, jotka vaikuttavat vesistöjen luontaisten kala- ja rapukantojen elinolosuhteisiin sekä kalastukseen. Talvella tehdyissä ojituksissa suon vesivaraston tyhjeneminen ja kuormituksen alkaminen ajoittuu kevääseen, jolloin lohikalojen mäti vielä kehittyy vastaanottavassa vesistössä. Kuormituksen vesistövaikutukset ovat suurimmillaan alivalumakausina, joille useimmat kalojen, ravun ja nahkiaisen kriittiset vaiheet ajoittuvat. On myös muistettava, että paikallinen muutos jollakin alueella vaikuttaa ainesten

spiraalimaisen kierron vuoksi myös tämän alueen alapuolella, jolloin muutokset eivät rajoitu pelkästään varsinaiselle kuormitusalueelle.

Usein tuotantoalueen valmisteluun liittyy myös alapuolisten uomien perkauksia ja mahdollisesti muitakin varsinaisen tuotantoalueen ulkopuolisia järjestelyjä, joilla on omat vaikutuksensa tuotantoalueiden alapuolisten uomien veden ja pohjan laatuun.

3.2.1 K i i n t o a i n e

Kiintoainekuormitusta saavat aikaan lähinnä kuivatuksen edellyttämät kaivutyöt, sarkaojien puhdistaminen ja syventäminen, uomien eroosio ja sortuminen, sekä tuotantokentän eroosiolta suojaavan kasvipeitteen puuttuminen (Selin ja Koskinen 1985, Sallantaus 1986b). Turvetuotannon kiintoainekuormitus keskittyy pääasiassa sulanmaankautisiin tulva- ja sadejaksoihin. Erityisesti kevättulvan aikaisen kuormituksen osuus koko vuoden kiintoainekuormituksesta on suuri (Sallantaus 1987). Turvetuotantoalueilla tehtävät vesiensuojelutoimet tähtäävät tällä hetkellä nimenomaan kiintoaineen talteenottoon.

Vesistöihin joutuva kiintoaine koostuu sekä orgaanisesta että epäorgaanisesta aineksesta. Epäorgaaninen kiintoaine on raskasta ja laskeutuu nopeasti veden virtauksen hidastuessa. Orgaaninen kiintoaine laskeutuu hitaammin ja toisin kuin kivennäismaa löyhäksi, tilaa vieväksi kerrokseksi (Sallantaus 1983). Useimmiten suurin osa turvetuotannon valumavesien kiintoaineesta on orgaanista.

Järvissä kiintoaineen vaikutusalue on melko pieni (Marjaaho ja Koskinen 1989). Hiesu jää lasku-uomien lähialueelle rantavyöhykkeeseen hiedan ja hiekan sedimentoitua pääosin jo järveen laskevan purovesistön painanteisiin ja suvantoihin (Komiteanmietintö 1987). Hienot lajitteet voivat kuitenkin levitä laajalle järvioltaisiin (Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1987a). Turvetuotannosta johtuvalla kiintoainekuormituksella ei katsota olevan haittaa suurehkoissa järvissä, joiden oma orgaanisen aineen tuotanto on usein kuormitusta suurempi (Komiteanmietintö 1987), mutta myös näissä liettymisvaikutuksia voidaan todeta, mikäli kuormitus kohdistuu mataliin lahtiin.

Jokivesissä kiintoaineen vaikutusalue on laajempi kuin järvissä. Orgaaninen kiintoainekuormitus voi muuttaa joen detritusravintoketjujen rakennetta. Suurimmillaan kiintoaineen aiheuttamat haitat ovat tuotantoalueiden alapuolisissa jokiosuuksissa sekä näihin liittyvissä matalissa järvioltaissa. Vaikka vuosittain toistuva kevättulva puhdistaaakin uoman pohjaa sinne vuoden aikana kertyneestä kiintoaineesta, kuljettaa se mukanaan myös uutta kiintoainetta.

3.2.2 L i u e n n u t o r g a a n i n e n a i n e s

Suurin osa etenkin ruskeiden jokivesien liuenneesta orgaanisesta aineksesta koostuu humusaineista. Turvetalous keskittyy selkeästi alueille, joilta humuksen huuhtoutuminen on luonnostaankin runsasta. Keidassoiden alueelle perustettujen turvetuotantokenttien ojituksen aikana on havaittu jopa 5 - 7-kertaisia huuhtoumia luonnonhuuhtoumaan verrattuna (Sallantaus 1983). Kuormitus on ollut suurimmillaan ojituksen jälkeen ja etenkin paksuturpeisia ja vetisiä soita ojitettaessa (Sallantaus 1986b). Luonnon-tilaiseen suohon verrattuna liukoisen humushuuhtouman kasvu on suurimmillaan vähävetisinä kausina (Sallantaus 1983).

Aapasuoalueella turvetuotannolla on ollut vain vähäinen vaikutus liukoiseen humusainekuormitukseen. Esimerkiksi Kiiminkijoen suurimmassa sivujoessa, Nuorittajoessa on arvioitu liukoisen orgaanisen hiilen huuhtouman lisääntyvän alle 3 % kesällä ja syksyllä, mikäli kaikki tähän mennessä tuotannossa olevat ja tuotantoon varatut suot, noin 2 % valuma-alueesta, otetaan tuotantoon (Heikkinen 1990a). Ojitusten humusainekuormitusta lisäävä vaikutus näyttää useissa tapauksissa olevan seurausta lähinnä valuman kasvusta ja suon kuivumisen aiheuttamasta turpeen voimistuneesta hajoamisesta.

Humusaineet muodostavat vedessä komplekseja sitoen mm. raskasmetalleja, rautaa, mangaania ja fosforia. Ne vähentävät toksisten aineiden ja metallien myrkyllisyyttä, mutta toisaalta voivat myös lisätä vedessä kasveille tarjolla olevia ravinnepitoisuuksia.

3.2.3 R a v i n t e e t

Turvetuotanto on usein lisännyt vesistöihin kohdistuvaa fosfori- ja typpikuormitusta (Sallantaus 1983, 1988, Stenbeck 1985, Heikkinen 1990a). Toisin kuin luonnon-tilaisten soiden valumavesissä (Sallantaus 1983, Kauppi 1984) turvetuotantosoiden valumavesien typpi on suurelta osin epäorgaanista (Sallantaus 1983, 1986a, Heikkinen 1990a). Soiden ojitus ja käyttö turvetuotantoa varten lisääkin erityisesti epäorgaanisen typen huuhtoutumista. Lisääntynyt ravinnekuormitus johtuu pääasiassa kuivatuksen seurauksena tapahtuvasta turpeen voimistuneesta hajoamisesta ja todennäköisesti myös ravinteita sitovan kasvillisuuden puuttumisesta turvetuotantokentiltä.

Typen on todettu rajoittavan leväkasvua vesistöissä, joissa typpi-fosforisuhdekokonaispitoisuuksien perusteella laskettuna on alle 10 ja epäorgaanisten ravinteiden kokonaispitoisuuksien perusteella laskettuna alle 5 (Forsberg ym. 1978). Esimerkiksi Kiiminkijoen vesistön Nuorittajoella turvetuotantoalueiden yläpuolisella alueella em. N:P-suhteet ovat olleet kesällä ja syksyllä keskimäärin 9,4 ja 1,3, jolloin typen on arvioitu ainakin ajoittain toimivan minimiravinteena (Heikkinen 1990a). Mikäli

turvetuotanto aloitetaan Nuorittajoen kaikilla tähän mennessä turvetuotantoon varatuilla soilla, turvetuotannon johdosta jokeen kesällä ja syksyllä kohdistuvan ammoniumtyppikuormituksen on arvioitu olevan 2 - 5-kertainen vastaavana aikana joessamitattuun ammoniumtyppihuuhtoumaan verrattuna. Nitraattityppikuormituksen on arvioitu vastaa-
vasti olevan 27 - 54 % joen nitraattityppihuuhtoumasta (Heikkinen 1990a).

Virtaavissa vesissä jatkuva, vaikkapa pienikin ravinnepi-
toisuuden lisäys voi vaikuttaa rehevöittävästi ns. virtaus-
vaikutuksen vuoksi. Nitraattia poistuu kuitenkin virtaa-
vista vesistä denitrifikaatiolla, jonka merkitys voi
olla suuri etenkin humuspitoisissa, mutapohjaisissa
jokivesissä (Hill 1981). Typpi- ja fosforikuormituksen
merkitys virtaavissa vesissä lienee suurin kesän ja
syksyn pienten virtaamien aikana, jolloin laimentuminen
jokiuomassa on vähäisintä ja perustuotanto voimakkaimmil-
laan.

3.2.4 H a p p a m u u s

Ojituksen vaikutus valumavesien happamuuteen riippuu
suon laadusta. Aapasuoalueella ojituksella on ollut
valumavesiä neutraloiva vaikutus. Valumavesien happamuus
on lisääntynyt lähinnä keidassuoalueen paksuturpeisia rah-
kasoita ojitettaessa (Sallantaus 1986b). Sielläkin happa-
moituminen vähenee syvimpiin turvekerrokseen edettäessä.

3.2.5 M e t a l l i t

Turvetuotantoon soveltuville soilla turpeen raskasmetalli-
pitoisuudet ovat yleensä alhaisia. Silti humuspitoisten
vesistöjen eliöiden elohopeapitoisuudet ovat yleisesti
korkeita. Syitä tähän ei vielä täysin tunneta (Sallantaus
1986b, Marja-aho ja Koskinen 1989, Verta 1990). Soiden
ojituksen on kuitenkin todettu voimistavan raskasmetallien
huuhtoutumista (Huttunen 1990), ja viitteitä esimerkiksi
elohopeahuuhtouman kasvusta metsäojitusten jälkeen on
saatu (Simola ja Lodenius 1982, Verta ym. 1986). Merkittävä
osa vesistöjen elohopeasta on peräisin ilmaperäisestä
laskeumasta.

Turvetuotannon tiedetään ajoittain lisäävän vesistöihin
kohdistuvaa rautakuormitusta etenkin minerotrofisilla
aapasuoalueilla (Heikkinen 1990a), joilla turpeen rautapi-
toisuudet lisääntyvät turpeessa syvemmälle edettäessä
(Puustjärvi 1953). Turvetuotantoalueilta rautaa huuhtoutuu
kiintoaineeseen sitoutuneena, jolloin suuri rautakuormitus
on osittain seurausta suuresta kiintoainekuormituksesta.
Pääosa turvetuotantoalueiden valumavesien raudasta on
kuitenkin sitoutunut humusaineisiin.

Kiiminkijoen suurimmassa sivujoessa, Nuorittajoessa,
turvetuotannon on arvioitu lisäävän kesällä ja syksyllä
vain vähän, alle 3 %, "liukoisen" humusaineisiin sitoutu-

neen raudan huuhtoutumista (Heikkinen 1990a). Aineiston vähäisyyden vuoksi arviota kiintoaineeseen sitoutuneen raudan kuormituksesta ei esitetty. Tutkimuksissa havaittiin turvetuotantoalueilta huuhtoutuvien humusaineiden olevan luonnontilaiselta suoalueelta huuhtoutuvia humusaineita rautapitoisempia (Heikkinen 1990b). Myös joessa huuhtoutuvien humusaineiden rautapitoisuuden lisääntyminen jossakin määrin turvetuotannon seurauksena todettiin mahdolliseksi.

Lisääntynyt rautapitoisuus voi tehdä humusaineiden suurimolekyylipainoisimman osan helpommin saostuvaksi jokiuomassa tapahtuvissa erilaisissa fysikaalis-kemiallisissa ja biologisissa prosesseissa (Shapiro 1964, Gjessing 1970, Kuntze 1982). Tämä muutos voi vaikuttaa joen orgaanisten aineiden käyttöön perustuvaan ekosysteemiin, koska orgaanisten aineiden saostumisen on arveltu olevan yksi tapa, millä liukoiset orgaaniset aineet joutuvat bakteerien hajotustoiminnan kohteeksi virtaavissa vesissä (Cummins 1974). Rautapitoinen humus pidättyy helposti kaikenlaisille pinnoille, mm. pohjakiville (Thurman 1985).

Myös alumiinin esiintymismuodoissa voi tapahtua ajoittain vesieliöstölle epäedullisia muutoksia. Tilanne on ongelmallisin silloin, kun happamat valumavedet joutuvat lievästi emäksisiin vastaanottovesiin. Tällöin epäorgaaninen alumiini muodostaa eliöille myrkyllisiä hydroksideja (Driscoll ym. 1980). Alumiini voi muodostua ongelmaksi kohosuoalueilla, joilla valumavedet ovat paikoitellen voimakkaasti happamia. Sen sijaan minerotrofisten aapasoiden alueella, missä maamme turvetuotantoalueet pääosin sijaitsevat, turvetuotannon valumavesien pH on useimmiten alueella 5,5 - 6,0, ja alumiinista aiheutuvat ongelmat ovat todennäköisesti vähäisiä.

3.3 VAIKUTUKSET VESISTÖJEN BIOLOGIAAN

Turvetuotannon vaikutuksia vesistöjen biologiaan on tutkittu maassamme pääasiassa järvivesistöissä (Marja-aho ja Koskinen 1989), joskin joitakin osaselvityksiä on tehty myös virtaavissa vesissä (Heikkinen ja Visuri 1990). Ruotsalaiset tutkimukset ovat keskittyneet virtaavien vesien pohjaeläimiin (Westling 1984, Olsson ja Näslund 1985), mutta myös järvien eläinplanktonia ja pohjaeläimistöä koskevia selvityksiä on tehty (Bergquist ja Andersson 1984).

Heikkinen ja Visuri (1990) ovat tutkineet turvetuotannon vaikutusta bakteeriplanktonin tiheyksiin Nuorittajoen valuma-alueella. Bakteeriplanktoninkokonaistiheddet olivat turvetuotantoalueiden valumavesissä suuremmat kuin runsasoiselta luonnontilaiselta vertailualueelta virtaavassa ojassa. Myös Nuorittajoessa turvetuotantosoiden alapuolella tiheydet lisääntyivät. Tutkimuksen perusteella tärkeimmät bakteeriplanktonitiheyksiin vaikuttavat tekijät jokivedessä olivat lämpötila, ammoniumtyyppipitoisuus, orgaanisen kiintoaineen pitoisuus sekä orgaanisten rauta-fosforikoloidien pitoisuus. Turvetuotannon kuormitus lisäsi baktee-

riplanktonitiheyksiä todennäköisesti lähinnä ammoniumtyypen ja orgaanisen kiintoaineen kuormituksen kautta.

Turvetuotannon aikaansaama ravinnepitoisuuden kasvu voi teoriassalisätä kasviplanktonituotantoa. Toisaalta humuspitoisuuden nousu tummentaa ainakin kirkkaiden järvivesien vettä, mikä kaventaa perustuotannolle sopivaa vesikerrosta. Ravinnepitoisuuden nousu ja veden tummuminen voivat ainakin osittain kumota toistensa vaikutuksia, jolloin liukoisten ravinteiden aiheuttama kuormitus kohdistuu merialueeseen jokien suilla. Kuormituksen kohdistuessa luontaisesti humuspitoisiin vesiin vedenlaadun muutokset eivät aiheuta selviä lajistomuutoksia kasviplanktonissa (Marja-aho ja Koskinen 1989). Rehevöitymisen aikaansaamaa lajilukumäärän ja valtalajien biomassan kasvua on kuitenkin näissäkin vesissä todettu. Kuormituksen kohdistuessa kirkkaisiin järvivesiin voi alkuperäinen kasviplanktonlajisto vähitellen muuttua humuspitoisten järvien lajiston kaltaiseksi.

Marja-aho ja Koskinen (1989) ovat todenneet pinnoilla kasvavan eliöstön eli perifytonin biomassan kasvua välittömästi turvetuotantoalueiden alapuolella. Erityisesti turvetuotannon kuormitusta ilmentäviä lajeja ei tutkimuksessa voitu osoittaa, vaikkakin valtaosin piilevät runsastuivat. Myös useissa turvetuotantosoiden tarkkailuissa on havaittu rehevöitymistä kuvaavaa perifytonbiomassan kasvua turvetuotantoalueen alapuolella. Toisaalta paikoitainen turvetuotannon kuormituksesta johtuva veden värin voimistuminen kirkkaissa joki- ja purovesissä voi myös heikentää valosta riippuvan perifytonlevästön kasvua (Stenbeck 1985).

Veden värin tummumisen aikaansaama valaistun vesikerroksen oheneminen ja lisääntyneestä sedimentaatiosta johtuva pohjan laadun muutos saa aikaan myös eräiden uposlehtisten kasvien taantumista (Marja-aho ja Koskinen 1989). Rannoilla kasvavien ilmaversoisten kasvien kasvua turvetuotannon aiheuttama järvien rehevöityminen ja sedimentaatio voivat voimistaa, mikä nopeuttaa joidenkin järvien umpeenkasvua (Sevola 1981, Komiteanmietintö 1987).

Turvetuotantoalueiden alapuolella on todettu eläinplanktonbiomassan pienenemistä. Syyksi on epäilty mm. kiintoainepitoisuuden kasvamisesta johtuvaa ravinnonoton vaikeutumista (Bergquist ja Andersson 1984). Tulokset eivät kuitenkaan ole täysin yksiselitteisiä. Eläinplanktonlajistonyksipuolistumistaturvetuotantoalueiden alapuolisissa lammissa on todettu (Marja-aho ja Koskinen 1989). Valtalajeina olivat lähinnä flagellaatteja, detritusta ja bakteereita ravinnokseen käyttävät rataseläimet, joita yleensäkin on runsaasti nimenomaan ruskeissa vesissä, sekä pienet vesikirput. Lampivesille oli myös tyypillistä petojen, kuten hankajalkaisten ja useiden vesikirppulajien vähäisyys.

Turvetuotannon mahdollisesti aiheuttamista järvien pohjaeläimistön muutoksista ei tähän mennessä ole saatu selkeää

kuvaa (Marja-aho ja Koskinen 1989). Mikäli turvetuotanto aiheuttaa järvien rehevöitymistä ja tämän seurauksena happikadot yleistyvät, alkavat vähähappisissa oloissa menestyvät harvasukamadot ja surviaissääsken toukat vallita pohjaeläinyhteisöissä (Welch 1980, Stenbeck 1985, Vuori 1990). Turvetuotantoalueelta tulevankiintoaineen peittäessä kovia kivikko- ja sorapohjia vaikutus pohjaeläimistöön on luonnollisesti suurempi kuin jo ennestään pehmeillä mutapohjilla.

Virtaavien vesien pohjaeläimistössä on havaittu muutoksia turvetuotannon seurauksena. Esimerkiksi Irlannissa pohjaeläinfaunan tiheyden on todettu pienentyneen kiintoainekuormituksen vuoksi (Mills 1971). Ruotsalaisten tutkimusten mukaan lisäksi lajiston monimuotoisuus on kärsinyt (Olsson ja Näslund 1985, Stenbeck 1985). Eniten kiintoainekuormitus on vaikuttanut leviää ravinnokseen käyttäviin kaapijoihin, mutta jossain määrin myös eräät suodattajat ja pilkkojat ovat vähentyneet (Olsson ja Näslund 1985, Olsson ym. 1987). Nimenomaan verkoilla ja muilla pyyntilaitteilla ravintonsa keräävien pohjaeläinten uhkana on epäilty olevan pyyntilaitteiden tukkeutuminen, mikä heikentää näiden eläinten ravinnonsaantia (Westling 1984). Suodattajista bakteereja hyväkseen käyttävien mäkäräntoukkien on kuitenkin todettu hyötyvän lisääntyneestä orgaanisen aineen kuormituksesta (Erman ja Chouteau 1979, Stenbeck 1985).

Turvetuotantoalueiden valumavesien vaikutukset pohjaeläimistöön johtunevat pääosin kiintoainekuormituksesta, mutta mahdollisesti myös muusta veden ja pohjan laadun muutoksesta kuormitusalueella. Heikkinen ja Visuri (1990) ovat kirjallisuuskatsauksessaan tarkemmin kuvanneet orgaanisten aineiden ja pohjaeläinyhteisöjen välisiä riippuvuussuhteita virtaavissa vesissä. Näiden riippuvuussuhteiden perusteella voitaneen olettaa, että orgaanisen kiintoainekuormituksen vaikutukset virtaavien vesien pohjaeläimistöön ovat suurimmat kirkasvetisten latvapurojen alueella.

4 RAVUN JA KALOJEN VEDEN LAATU - VAATIMUKSET

4.1 RAPU

Pohjaeläimenä rapu kärsii jo vähäisestäkkin happivajauksesta. Sen kriittinen happiraja riippuu mm. veden happamuudesta ja lämpötilasta. Myös happamuudelle rapu on herkkä, eikä lisääntyminen onnistu, mikäli veden pH laskee 5,5:n tuntumaan. Lyhytaikaisesti rapujen tiedetään sietävän suurempaakin happamuutta (Westman 1979). Happamuuden sietokykyyn vaikuttavat happamuuden muutosnopeuden ja keston ohella myös veden lämpötila, happi- ja rautapitoisuus sekä ravun elämänvaihe (Lehtonen 1990).

Metallien yhteyksiä rapujen esiintymiseen ei toistaiseksi tunneta, mutta happamuuden yhdessä korkean rautapitoisuuden kanssa tiedetään olevan ravulle tuhoisia (Sevola ym. 1977, Järvenpää 1988), samoin alumiinilla on tietyissä oloissa toksisia vaikutuksia. Happamassa ympäristössä myös elohopean ja mangaanin on todettu rikastuvan rapuihin (France 1983).

Veden kiintoainepitoisuuden vaikutusta rapujen esiintymiseen ei tarkasti tunneta. Koska ravulla kuitenkin on erittäin hienojakoiset kidukset, ne voivat helposti tukkeutua kiintoaineen ja saostuneen raudan vaikutuksesta (Westman ja Nylund 1984), vaikkakin rapu jossain määrin kykenee mekaanisesti puhdistamaan kiduksiaan (Erichsen Jones 1964). Likaantuneessa vedessä ravun kunto heikkenee, se on tavallista herkempi taudeille ja kestää huonosti kuorenvaihdon aiheuttaman rasituksen (Lahti 1986). Herkimmillään rapu onkin kesäkuun lopusta heinäkuun loppuun ajoittuvien kuorenvaihtojen aikana. Myös nuoren ravun ensimmäiset elinkuukaudet heinäkuun alussa tapahtuvan kuoriutumisen jälkeen ovat veden laadun ja kiintoainekuorituksen suhteen kriittistä aikaa (Lahti 1986, Jokela 1988a).

4.2 KALAT

Elinympäristössä tapahtuvien fysikaalisten muutosten (virtaama, virtausnopeus, pohjan rakenne) lisäksi veden happipitoisuuden, happamuuden sekä ravinne- ja kiintoainepitoisuuden lyhytaikaisetkin muutokset vaikuttavat kaloihin. Kalat ovat aina jossain määrin sopeutuneet ympäristöönsä luontaisesti tapahtuviin muutoksiin. Se miten kala tiettyyn muutokseen reagoi, riippuu aina sen sisäisistä tekijöistä ja vaihtelee niin lajien kuin saman lajin yksilöidenkin välillä (Billard ym. 1981). Reaktio voi olla puhtaasti fysiologinen tai liittyy kalan käyttäytymiseen. Myös geneettisiä muutoksia voi tapahtua (Wedemeyer ja McLeay 1981).

Ensimmäisenä merkkinä kalan yrityksistä sopeutua muuttuneeseen tilanteeseen on adenokortikotrooppisen hormonin ja ns. stressihormonien (katekolamiinit ja kortikosteroidit) erittyminen. Myöhemmin voi olla havaittavissa mm. proteiini-, rasva- ja hiilihydraattiaineenvaihduntaan liittyviä fysiologisia muutoksia (Pickering 1989), kuten hyperglykemia, heikentynyt veren hyytyminen, maksan glykogeenin kuluminen, typpitasapainon muutokset ja lisääntynyt virtsaneritys (Wedemeyer ja McLeay 1981).

Yksilötasolla sellainen ympäristönmuutoksista aiheutuva stressi, joka ylittää kalan fysiologisen sietokyvyn johtaa lopulta kuolemaan. Lievempi stressi voi mm. heikentää kasvua, vaikuttaa kalan vaelluskäyttäytymiseen, kudun onnistumiseen ja smolttiutumiseen, ja altistaa kalan loisille ja taudeille (Wedemeyer ja McLeay 1981). On muistettava, että vaikka esimerkiksi veden laadussa tapahtuvat muutokset aiheuttavat välittömän kalakuoleman

ainoastaan erittäin akuuteissa tapauksissa, ne saattavat kalatautien esiintymistiheyttä lisäämällä pienentää kalakantaa (Bylund 1988).

Tauteja aiheuttavia bakteereja on aina vedessä, kalan iholla tai kiduksissa. Tauti saattaa kuitenkin puhjeta vasta sitten, kun kalan kunto jostakin syystä heikentyy tai veden laatu muuttuu ratkaisevasti. Stressihormonina tunnetunkortisolinyhteyspuolustusjärjestelmässä toimivien veren valkosolujen vähenemiseen ja edelleen kalan vastustuskyvyn heikkenemiseen on voitu todistaa (Pickering 1989). Myös loisten haitallisuuteen stressillä on yhteyksiä (Lehtonen 1990). Kalatautien esiintyminen ei riipukaan yksinomaan patogeenien esiintymisestä vaan patogeenin, kalan ja ympäristön luontaisen tasapainon muuttumisesta huonompaan suuntaan. Tässä tapahtumaketjussa ympäristön muutoksen kalalle aiheuttama stressi on usein ratkaisevassa asemassa (Wedemeyer ja McLeay 1981).

Populaatiotasolla vaikutukset voivat ilmetä kudun epäonnistumisena, lisääntyneenä poikaskuolleisuutena ja eri ikäryhmiin kohdistuvan rekrytoinnin pienenemisenä. Muutokset heijastuvat populaation kokoon ja tietyllä alueella esiintyvän kalayhteisön koostumukseen (McFarlane ja Franzin 1978). Kalapopulaation vastustuskyky ympäristön muutoksille riippuu suurelta osin kalayksilöiden kyvystä sopeutua uusiin oloihin fysiologisten muutosten tai käyttäytymiseen liittyvien prosessien avulla (Wedemeyer ja McLeay 1981).

4.2.1 H a p p i t o i s u u s

Virtaavien vesien happipitoisuus laskee harvoin kaloille liian pieneksi (Hynes 1970). Ongelmana alhainen happipitoisuus on etenkin rehevissä tai rehevöityneissä järvissä loppukesällä ja talvella. Ensimmäiseksi vähähappisesta vedestä kaikkoavat kylmää ja hapekasta vettä (10 - 16 mg/l) suosivat lohikalat kuten taimen, lohi, siika ja muikku. Myös muttu, kivennuoliainen ja kivisimppu alkavat hakeutua muualle. Ahven, kuha, harjus, made, turpa ja törö vaativat myös suuren happipitoisuuden, normaalisti vähintään 7 - 10 mg/l. Kiiski, hauki ja särki menestyvät vielä 5 mg/l happipitoisuudessa lahnan, karpin, suutarin, pasurin ja ruutanan kestäessä jopa alle 1 mg/l happipitoisuuksia (Vuori 1990).

Kalojen kasvua rajoittava happipitoisuuden raja riippuu useista ympäristötekijöistä, mm. veden lämpötilasta. Elinympäristön alhainen happipitoisuus vähentää aikuisten kalojen aktiivisuutta ja heikentää niiden uintikykyä ja kasvua, mutta ennen kaikkea vaikuttaa kalojen lisääntymistulokseen pidentämällä mätimunien hautoutumisaikaa, heikentämällä kalanpoikasten kasvua ja lisäämällä niiden kuolleisuutta (Erichsen Jones 1964, Hynes 1970, Welch 1980, Kärmeniemi ja Leivonen 1983). Erityisesti lohikalajien soran seassa kehittyvä mäti vaatii runsaasti virtauksen mukanaan tuomaa hapetta (Hynes 1970, Fraser 1972).

4.2.2 K i i n t o a i n e j a h u m u s

Pohjalle sedimentoituvan kiintoaineen on todettu lisäävän mätimunien kuolleisuutta ja vaikuttavan etenkin nuorten kalojen kasvuun ravintotilanteen heikentyessä (Mills 1971). Karlssonin (1982) mukaan veden korkea kiintoainepitoisuus (300 - 500 mg/l) ei kuitenkaan haittaa mädin kehitystä läheskään samassa määrin kuin heikentyneet happiolosuhteet. Toisaalta pohjalle kertyvä sedimentti haittaa mädin hapensaantia vähentämällä mädille hapetta tuovaa veden virtausta soran huokosissa ja lisäksi takertamalla mädin pinnalle (Erichsen Jones 1964).

Kalastukselle kiintoaineesta on todettu olevan haittaa sen pitoisuuden ollessa vedessä yli 25 mg/l. Huomattavin vaikutus on pyyntipaikkojen ja pyydysten likaantuminen. Veden kiintoainepitoisuuden ollessa yli 80 mg/l kalastus vaikeutuu huomattavasti, ja pitoisuudessa 400 mg/l se on jo lähes mahdotonta (EIFAC 1974).

Veden suurta humuspitoisuutta on perinteisesti pidetty eräille kalalajeille, erityisesti lohikaloille haitallisenä. Tämä johtuu siitä, että humusvesissä happipitoisuudet ovat yleensä pienemmät kuin kirkkaissa vesissä. Lisäksi runsaana esiintyessään ja vesistön pohjaan sedimentoituessaan humus voi myös vaikuttaa kalojen lisääntymiseen ja ravinnonsaantiin (Olsson ja Näslund 1985).

Humusvesien eläinplankton- ja kalatuotanto ovat monesti kuitenkin suurempia kuin mitä kasviplanktonin perustuotanto yksin edellyttäisi. Humuspitoisten vesien hauki-, ahven- ja jopa muikkukannat voivat olla merkittäviä, eikä veden luontainen humuspitoisuus yleensä olekaan vesistöön sopeutuneelle kalastolle haitallista (Jokela 1988a). Esimerkiksi Pohjanmaan joet ovat aina olleet ala- ja keskiosaltaan humuspitoisia ja silti toimineet lohikalojen nousu- ja lisääntymisjokina. Kirkasvetisen vesistön muuttuminen tummavetiseksi on sen sijaan haitallista, koska eliöstö ei kykene häiriöttä sopeutumaan muuttuneeseen tilanteeseen.

4.2.3 H a p p a m u u s

Särki- ja lohikalat ovat kaloista herkimpiä veden happamuudelle (alhaisin pH-alue 5,0 - 6,0) ja ahven, hauki ja ankerias kestävimpiä (pH 4,0 - 5,0, Kenttämies 1988). Kaloille haitallisina pidetään yleisesti vesiä, joiden pH on alle 4,5 (Eddy 1981). Veden happamoituminen heikentää kalan kykyä nestetasapainon säätelyyn. Vaikutukset voivat ilmetä mm. kasvun heikkenemisenä tai lisääntymishäiriöinä, mutta myös vähentyneenä aktiivisuutena tai esimerkiksi hajuaistin heikentymisenä. Tietyn kalalajin "kriittinen pH-taso" voi vaihdella enemmän kuin yhden pH-yksikön verran, mikä Stenbeckin (1985) mukaan tarkoittanee sitä, että happamissa tai happamoituneissa luonnonvesissä on vetyionien lisäksi muitakin kaloille toksisia komponentteja.

Veden happamoitumisen aiheuttamia akuutteja kalakuolemia on havaittu yleensä jokivesissä, joiden pH-arvot ovat lumien sulamisen tai rankkasateiden seurauksena nopeasti muuttuneet (Nikunen ja Soivio 1984, Vuorinen ym. 1984, Hesthagen 1989). Vaikka liiallinen happamuus onkin kaloille vaarallista, eivät kalat siedä myöskään liian emäksisiä vesiä. Esimerkiksi matalissa järvien lahdissa veden pH saattaa lämpiminä kesäpäivinä kohota voimakkaan perustuotannon vuoksi kaloille liian suureksi, jopa pH-arvoihin 9 - 10 (Joensuu ja Sarajärvi 1986).

Herkkyyys veden happamuudelle vaihtelee saman kalalajin eri kantojen välillä. Ruskeavetisten humusjärvien kalat sietävät huomattavasti suurempaa happamuutta kuin lajitoverinsa vähähumuksisissa järvissä (Vuori 1990). Vähittäiseen happamuuden muutokseen kalat pystyvät jossain määrin sopeutumaan, mutta äkilliset ja voimakkaat pH:n muutokset, joita saattaa ilmetä erityisesti keidassuoalueilla ojitusvaiheessa ja turvetuotannon alkuvaiheissa, ovat useimmiten haitallisia. Erityisen herkkiä pH:n muutoksille ovat mäti, maiti ja vastakuoriutuneet poikaset (Rask 1984, Rask ja Virtanen 1986).

4.2.4 Metallien esiintyminen

Raskasmetallien on todettu aiheuttaneen häiriöitä kalojen lisääntymiselle ja alkionkehitykselle. Häiriöt ovat ilmenneet siten, että poikasia on kuoriutunut normaalia vähemmän, ne ovat olleet normaalia pienempiä ja epämuodostumia on ollut tavallista enemmän. Myös kalojen kasvu on useissa altistuksissa hidastunut (Vuorinen ym. 1984). Raskasmetallien tiedetään vaurioittavan kidusten rakennetta, mikä saa aikaan häiriöitä kalojen suola- ja nestetasapainon säätelyssä (Eddy 1981). Niin veden pH kuin alkaliniteettikin vaikuttavat metallien myrkyllisyysasteeseen erilaisten hydroksidi- ja karbonaattiyhdisteiden muodostumisen kautta (Stenbeck 1985).

Orgaanisiin aineisiin sitoutunut alumiini ei ole osoittautunut kaloille tai muille veden eliöille vaaralliseksi (Baker ja Schofield 1980), sen sijaan alumiinin hydroksidit ja epäorgaaninen alumiini (Al^{3+}) on todettu kaloille haitallisiksi (Driscoll ym. 1980). pH-gradientissa, esimerkiksi 4,5 - 5,5, alunperin liukoinen alumiini (Al^{3+}) muodostaa hydroksideja (esimerkiksi $Al(OH)_3$), jotka vaikeuttavat hengitystä (Rosseland 1980) ja nestetasapainon säätelyä (Eddy 1981, Tuunainen ym. 1986) vaurioittamalla kiduksia ja lisäämällä liman eritystä.

Pääosa happipitoisten vesien "liukoisesta" raudasta on sitoutunut humusaineisiin (mm. Shapiro 1964, Ghassemi ja Christman 1968). Monet kalalajit menestyvät humuspitoisissa vesissä, joissa on verraten suuret rautapitoisuudet, mikä viittaa siihen, että humusaineisiin sitoutunut rauta ei ole kaloille haitallista. Kalat ovat sietäneet hyvin 1 - 3 mg Fe/l rautapitoisuuksia (Joensuu ja Sarajärvi 1986). Hapettomassa vedessä rauta pelkistyy kahdenarvoisek-

si ferroraudaksi (Fe^{2+}) ja liukenee veteen. Ferrorauta saostuu erilaisille pinnoille, myös kidusten ja pohjalla kehittyvän mädin pinnalle hydroksideina ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), jotka estävät kaasujenvaihdon.

4.2.5 R e h e v ö i t y m i n e n

Rehevöitymisen aikaansaama kasvillisuuden lisääntyminen suosii useita kevätkutuisia kaloja niiden kutu- ja syönnös-alueiden laajentuessa. Erityisesti särki, sorva, pasuri, sulkava ja salakka hyötyvät, mutta myös lahna tulee toimeen rehevöityneissä vesissä. Lievää rehevöitymistä kestävät ahven, kuha, kiiski, hauki ja kuore. Eniten vesistöjen rehevöityminen haittaa lohikaloja ja madetta, jotka ovat herkimpiä heikentyneille happiolosuhteille eivätkä kykene lisääntymään yhtä hyvin kuin aikaisemmin. Lohikaloille myös ravinnon saanti voi muodostua ongelmaksi.

Rehevöitymistä ja siihen liittyvää kalaston muuttumista särkikalavaltaiseksi seuraa usein kalastuksen väheneminen ja kalakantojen tiheyden kasvaminen niin, että sopivasta ravinnosta tulee pulaa. Tämä suosii edelleen särkikaloja, jotka pystyvät hyödyntämään myös eloperäistä pohja-ainesta (Lappalainen 1989, Bergstrand 1990, Vuori 1990).

5 T U R V E T U O T A N N O N V A I K U T U K S E T R A P U U N , K A L O I H I N J A K A L A S T U K - S E E N

Turvetuotannon lisäksi kaikki muutkin vesistöjen luonnontilaa muuttavat toimenpiteet kuten jätevesien johtaminen vesistöön, uitto, vesistöjen ruoppaukset, tulvasuojelu, patoaminen ja säännöstely sekä pelto-, metsä- ja suo- ojitukset vaikuttavat rapuihin ja kalastoon joko suoraan fysikaalis-kemiallisten ympäristömuutosten tai esimerkiksi tarjolla olevassa ravinnossa ja lisääntymisolosuhteissa tapahtuvien muutosten kautta. Kalaston koostumuksessa ja kalojen laadussa tapahtuvat muutokset sekä kalastusolosuhteiden heikkeneminen vaikuttavat edelleen kalastukseen ja myös tätä kautta kalatalouteen.

Etenkään virtaavissa vesissä turvetuotannon vaikutukset eivät rajoitu pelkästään välittömästi turvetuotantoalueiden alapuoliselle alueelle.

5.1 V I R T A A V A T V E D E T

5.1.1 J o k i e k o s y s t e e m i n e r i t y i s - p i i r t e e t

Turvetuotannon kuormituksen aikaansaamat vesistövaikutukset ja näin ollen myös kalastovaikutukset riippuvat siitä, mihin joen osaan ja mihin vuodenaikaan kuormitus kohdistuu. Pohjanmaan joilla esimerkiksi virtaavien vuodenaikaiset vaihtelut ovat todella suuria.

Jokitutkimuksen eturintamassa on nykyisin keskeisenä tutkimusta suuntaavana teoriana ns. jokijatkumoteoria (River Continuum Concept, Cummins 1979, Vannote ym. 1980), jonka mukaan biologiset yhteisöt muuttuvat jokiuomassa jatkuvalla, ennustettavalla tavalla latvavesien alueelta jokisuulle siirryttäessä. Yhteisöjen koostumukseen vaikuttavat jokiuoman gradientti ja morfologia, pohjasedimentin laatu, rantapenkereen kaltevuus, rannan kasvupiteen tiheys sekä veden valaistusolosuhteet ja lämpötila. Pääosa jokiekosysteemien energiasta on peräisin valuma-alueella tuotetuista ja sieltä jokeen kulkeutuneista orgaanisista aineista. Kalojen ravintona toimivat pohjaeläimet ovat bakteerien ja sienten ohella tärkeitä jokeen kulkeutuneiden orgaanisten aineiden hyväksikäyttäjiä.

5.1.1.1 Joen yläjuoksu

Latvapuroissa ja -joissa vesi vaihtuu nopeasti eikä kasviplanktonia pääse muodostumaan. Perustuottajina toimivatkin lähinnä sammaleet, rihmalevät sekä kivien pinnalla kasvavat levät. Purot ovat usein rantapuuston ja pensaikkojen varjostamia ja vesi on useimmiten kirkasta, koska humus- ja kiintoainepitoisuudet ovat yleensä pieniä. Kaloille ravinnoksi tärkeitä pohjaeläimiä ovat mm. karkearakeista orgaanista ainesta, esimerkiksi lehtikariketta pilkkomaan erikoistuneet vesisiirat ja monet koskikorentojen ja vesiperhosten toukat.

Latvapurojen ja -jokien alueelle kohdistuessaan turvetuotannon kiintoainekuormitus aiheuttaa veden kiintoainepitoisuuden kasvua ja pohjan liettymistä. Tämä vähentää kalojen kutu- ja poikasalueita, ravun suojapaikkoja ja todennäköisesti muuttaa myös alueella luontaisesti esiintyvän pohjaeläimistön rakennetta. Karkeaa kasvkariketta pilkkovien pohjaeläinten tiheydet voivat vähentyä samalla kun vedestä suodattamalla ja pohjasta keräilemällä ravintonsa hankkivien pohjaeläinten tiheydet vähitellen mahdollisesti lisääntyvät. Todennäköisesti ainakin kuormituksen ensimmäisinä vuosina kaloille ravinnoksi tarjolla oleva pohjaeläimistö vähenee. Mikäli kuormitus ei ole kovin suurta, voi biomassassa jopa kasvaa. Alkuvaiheen jälkeen pohjaeläinbiomassat vähitellen lisääntynevät muuttuneen lajiston sopeutuessa ympäristön uusiin olosuhteisiin.

Turvetuotantoalueilta tulevat humuspitoiset vedet voivat paikoitellen voimistaa alunperin kirkkaiden latvapurojen ja -jokien veden väriä. Voimistunut väri voi nostaa veden lämpötilaa ja pienentää veden happipitoisuutta. Muutokset ovat epäedullisia kirkkaita, kylmiä ja runsashappisia vesiä suosiville kaloille. Toisaalta veden värin voimistumisella voidaan katsoa olevan kalastoon myös positiivisia vaikutuksia silloin, kun humusta tai kiintoainetta ei esiinny haitallisen korkeina pitoisuuksina. Esimerkiksi lohikalojen poikasten reviiirikoko on kirkkaissa vesissä suurempi kuin sameissa tai voimakkaasti virtaavissa vesissä (Fraser 1972). Reviirin koon pieneneminen mahdollistaa suuremman poikastuotannon koskipinta-alaa

kohti, mikäli poikaspopulaation koko, tarjolla oleva ravinto ja muut ympäristötekijät sen sallivat.

Turvetuotannon ravinnekuormituksen seurauksena alueella voi esiintyä pohjakaasvillisuuden muutoksia ja jopa rehevöitymiseen liittyviä kalojen makuhaittoja. Kevättulvan aikana latvapurojen veden pH voi laskea hetkellisesti lähes lumensulamisvesistä mitattujen pH-arvojen 4,6 - 4,8 tasolle. Mikäli puroihin kohdistuu samanaikaisesti rautakuormitusta turvetuotantoalueilta, voi mädin kehittyminen kutualueilla vaarantua.

5.1.1.2 Joen keski- ja alajuoksu

Jokien keskijuoksulla vesi samenee ja siinä kulkeutuvien ravinteiden määrä kasvaa. Lisääntynyt ravinnepitoisuus, rantakasvillisuuden varjostuksen väheneminen ja veden lämpeneminen voimistavat perifytonin kasvua. Hitaasti virtaavassa jokiuomassa happea on usein niukemmin kuin koskialueilla, pohja on pehmeää ja vesikasveja esiintyy runsaasti. Ylempää huuhtoutuu alueelle muokkautunutta hiukkasmaista orgaanista ainesta. Myös jokisuvannoissa syntyvä kasvi- ja eläinplankton lisäävät orgaanisen aineksen määrää. Tuloksena on hienojakoisen orgaanisen aineksen määrän lisääntyminen suhteessa karkearakeisempaan orgaaniseen ainekseen.

Koskialueiden pohjaeläimistössä vedestä suodattamalla ja pinnoilta kaapimalla ravintonsa hankkivien ryhmien, mm. vesiperhosten ja päivänkorentojen osuus lisääntyy. Hitaasti virtaavan jokiuoman ja suvantojen pohjalla on puolestaan tarjolla ravintoa simpukoille, harvasukamadoille ja hyönteisille, joista vallitsevat lähinnä surviaissääskien ja päivänkorentojen toukat (Hynes 1970). Nämä joko laiduntavat pohjakaasvillisuudessa tai suodattavat ja keräilevät hienojakoista orgaanista materiaalia. Alajuoksulla veden värin yhä lisääntyessä perustuotanto jälleen heikkenee. Keski- ja alajuoksun hitaasti virtaavissa osuuksissa paikallisen kalaston tyyppilajeja ovat kevätkutuiset särkikalat, ahven ja hauki sekä talvella kuteva made.

Jokivesistöjen keski- ja alajuoksulle kohdistuessaan turvetuotannon kiintoainekuormitus voi aiheuttaa pohjan paikoittaista liettymistä ja veden kiintoainepitoisuuden kasvua. Myös täällä pohjaeläimistön rakenne voi muuttua, joskin muutokset lienevät vähäisempiä kuin yläjuoksulla ja latvavesistöjen alueella. Kiintoainepitoisuuden kasvun seurauksena suodattamalla ravintonsa hankkivien pohjaeläinten pyyntiverkot voivat tukkeutua ja näin niiden tiheydet voivat vähentyä.

Erityisesti keskijuoksulla, missä on parhaat edellytykset perustuotannolle, voi esiintyä rehevöitymiseen liittyviä kalojen makuhaittoja turvetuotannon ravinnekuormituksen seurauksena. Myös kutupohjat ja esimerkiksi ravun vaatimat suojapaikat voivat paikoittain liettyä. Vaikka kuormitus on suurinta joen alajuoksulla, lienevät pelkästään turve-

tuotannosta aiheutuvat vaikutukset siellä vähäisemmät kuin yleensä yläjuoksulle ja sivujokien varsille sijoittuvien tuotantokeskittymien alapuolella. Alajuoksulla veden ravinne- ja kiintoainepitoisuudet ovat usein luontaisesti suurimmillaan, ja eri kuormituslähteiden yhteisvaikutus on selvimmin havaittavissa. Useiden jokien alajuoksu on jo siinä kunnossa, että kalojen karkoittumista ja makuhaittoja havaitaan. Näin lisäkuormituksen sietokyky onkin hyvin heikko.

5.1.2 P a i k a l l i s e t k a l a t

Purotaimen ja paikallinen jokiharjus ovat tyypillisiä latvajokien ja purojen hyvää veden laatua vaativia kaloja. Ne viihtyvät parhaiten viilleissä, runsashappisissa, karuissa ja kirkaissa vesissä, joiden pohja on puhdasta hiekkaa, soraa tai kiveä. Suomenlahteen laskevien jokien kannat ovat sopeutuneet elämään huomattavasti sameammissakin vesissä, ja myös Pohjanmaan tummissa vesissä on elinvoimaisia taimen- ja harjuskantoja.

Purotaimen vallitsee yleensä ahtaissa virraltaan voimakkaissa uomissa, kun taas syvemmissä puro- ja jokijaksoissa harjus on voimakkaampi kilpailija (Seppovaara 1982). Harjuksen ja taimenen lisäksi latvajokien kalastoon kuuluvat mm. made ja kevätkutuisista kaloista hauki, ahven ja eräät särkikalat. Ympäristövaatimuksiltaan kevätkutuiset kalat eivät ole harjuksen ja taimenen luokkaa, ja kestävät mm. rehevöitymisen vaikutuksia huomattavasti näitä paremmin.

Taimen kutee syksyllä ja harjus aikaisin keväällä heti kevättulvan huipun jälkeen (Thörne ja Sjöstrand 1988). Taimenen kutupohjat ovat matalia soraikkoja, ja mäti voidaan haudata aina 25 cm:n syvyyteen (Ottaway ym. 1981). Usean kuukauden hautoutumisen jälkeen poikaset kuoriutuvat ja pysyttelevät soran seassa koko ruskuaispussivaiheensa ajan (Roth ja Geiger 1963). Sorasta noustuaan poikaset alkavat vähitellen saalistaa koskien tyypillisten pohjaeläinten lisäksi myös virran mukanaan tuomaa ravintoa ja pintahyönteisiä. Toisin kuin taimen, harjus voi kutea myös kiviselle hiekkapohjalle. Harjus ei juuri hautaa mätiään (Thörne ja Sjöstrand 1988), joka kehittyy noin neljän viikon ajan kivien koloissa tai soran seassa, yleensä enintään muutaman senttimetrin syvyydessä.

Pohjalle laskeutuva kiintoaine pienentää virtaavien vesien koskialueiden paikalliskaloille soveliaiden kutu- ja poikastuotantoalueiden pinta-alaa ja vähentää kuoriutuvien poikasten määrää. Hienojakoisen orgaanisen kiintoaineen on todettu olevan erityisen haitallista taimenen mädille (Olsson ja Näslund 1985, Olsson ja Persson 1986), koska soraikkoon sedimentoitua se estää veden virtausta soran seassa, jolloin mädin hapensaanti heikkenee ja kuolleisuus lisääntyy. Hienojakoisen materiaalin, kuten hiekan tai turpeen, tukkiessa soran huokosia taimenen poikasten on todettu nousevan vapaaseen veteen jo ruskuais-

pussivaiheessa, jolloin ne vielä ovat huonoja uimareita ja helppoa saalista pedoille (Olsson ja Näslund 1985, Olsson ja Persson 1986,1988).

Kalojen kasvuun vaikuttaa niin saaliseläinten koko kuin saatavuuskin. Kalojen on todettu valikoivan planktonin lisäksi myös pohjaeläimiä niiden koon ja liikkuvuuden perusteella (Stenson 1979, Palomäki 1981). Etenkin lohikalat valikoivat suurikokoisimpia ja aktiivisimpia eläimiä, ja herkimmin kalan mahaan joutuvatkin pohjan pinnalle näkyvät eläimet kuten vesiperhosten, päivänkorentojen, sudenkorentojen ja surviaissääskien toukat, kotilot, vesisiirat ja jääneäyriäiset.

Taimen on keskittynyt enemmän virran mukana ajautuvien pohjaeläinten saalistamiseen kuin harjus, joka puolestaan haeskelee ravintonsa mieluummin pohjasta. Hyönteisravintoa käyttävät kalat eivät syö kuitenkaan yksinomaan pohjaeläimiä. Hynes (1970) on todennut, että esimerkiksi taimenen kesäaikaisesta ravinnosta lähes puolet on veteen joutuneita maaselkärangattomia. Näistä osa on kuitenkin viettänyt toukkavaiheensa virtaavissa vesissä. Myös harjuksella pintaravinnon osuus on kesäaikana varsin suuri. Kalojen syönti alkaakin tyypillisesti sadekuurojen jälkeen, jolloin veden noustessa ja virtauksen voimistuessa pohjaeläimet tulevat esiin, osa niistä joutuu virran kuljettamaksi ja myös maaselkärangattomia joutuu normaalia enemmän veteen. Lämpötilan laskiessa syönti vähenee ollen talvella minimissään.

Virtaavissa vesissä turvetuotannon seurauksena havaitut pohjaeläinmuutokset ovat tähänastisten tutkimusten perusteella olleet kalastolle haitallisia, koska useat tärkeät ravintokohteet ovat taantuneet ja joidenkin pohjaeläinten kokojakauma on kehittynyt mm. taimenen kannalta epäedulliseen suuntaan (Olsson & Näslund 1982,1985). Pohjaeläimistön köyhtymistä voi lisäksi seurata kuoriutuvien toukkien esiintymisenmuuttuminen lyhytaikaisiksi esiintymiksi, jotka eivät takaa kaloille tasaista ravinnon saantia niiden kasvukauden aikana (Stenbeck 1985).

Turvetuotannon vesistöjä kuormittavat vaikutukset ovat olleet voimakkaimmat pienvesistöissä, etenkin järvettömissä purovesistöissä (Komiteanmietintö 1987), jotka ovat purotaimenen ja harjuksen tärkeimpiä elinympäristöjä. Näillä alueilla on ollut runsaasti myös suo- ja metsäojituksia, joilla on ollut kalastoon ja kalojen elinolosuhteisiin omat vaikutuksensa. Esimerkiksi Oulu- ja Kiiminkijoen ylimpien latvavesien taimenkantojen on todettu monin paikoin taantuneen voimakkaasti metsä- ja suo-ojitusten seurauksena (Auvinen ja Klapuri 1977, Viitala ja Hyvärinen 1986). Kiiminkijoen sivupuroissa ojitus- ja aurasalueilta kulkeutunut hiekka on täyttänyt purotaimenelle suojapaikkoina välttämättömiä syvänteitä, ja näin heikentänyt taimenen elinmahdollisuuksia (Viitala ja Hyvärinen 1986). Myös harjuskantojen tuhoutumisten perimmäisenä syynä pidetään usein ojitusten ja turpeennoston aikaansaamaa kutupohjien liettymistä (Seppovaara 1982, Luotonen 1984).

Kitkajärvässä ja siihen laskevissa joissa tehtyjen voimakkaiden suo- ja metsäojitusten on tiedustelujen mukaan todettu alentaneen pH:ta ja nostaneen rautapitoisuutta, mistä on koitunut uhkaa sikäläisille harjuskannoille (Kallio-Nyberg ja Koljonen 1990). Kalakuolemien riski on erityisen suuri silloin, kun ojitus- tai turvetuotantoalueilta tulevilla happamissa kuivatusvesissä on suuria rauta- tai alumiinipitoisuuksia, vastaanottavien vesien happamuus on pieni ja happitilanne samanaikaisesti hyvä (Holmgren ja Karlsson 1981).

5.1.3 Vaelluskalat

Tilapäisillä ja lyhytkestoisilla kuormitushuipuilla ei jokeen nousevien kalojen kannalta liene kovin suurta merkitystä, mutta pitkäaikaisempi ja nimenomaan nousuajankohtaan sattuva veden huono laatu voi karkottaa jokeen nousevia kaloja. Esimerkiksi Lestijoella matalahkojen pH-arvojen on yhdessä korkeahkojen rautapitoisuuksien kanssa epäilty karkottaneen nousutaimenia (Jokela 1988b). Kutu- tai syönnösvaelluksellaan lohikalat valitsevat kirkkaan veden, jos niillä on siihen mahdollisuus (Sumner ja Smith 1939). Usein valintamahdollisuutta kotijokeen palaavalla kalalla ei kuitenkaan ole.

Lohen, taimenen ja vaellussiian kutu ajoittuu syksyyn, yleensä lokakuulle. Niiden mäti hautoutuu koskialueilla soran huokosissa. Normaalisti poikaset kuoriutuvat kutua seuraavana keväänä jäiden lähdön aikaan. Käytettyään ruskuaispussissa olevan ravinnon ne nousevat sorasta vapaaseen veteen. Jokien koskialueilla lohen ja taimenen poikaset asustavat vuodesta useisiin vuosiin, kun taas vaellussiian poikaset alkavat ajautua kohti merta jo kevättulvan mukana pian kuoriutumisen jälkeen.

Nuoret lohen ja taimenen poikaset oleskelevat koskien matalissa osissa. Kasvaessaan ne siirtyvät syvemmälle ja valtaavat itselleen reviiirit, taimen yleensä matalammista ja hidasvirtaisemmista koskenosista kuin lohi. Varsinkin taimenille lohikareiden, puiden ja kivenkolojen muodostamat suojapaikat ovat välttämättömiä. Ensimmäisenä kesänään lohenpoikanen syö pohjaeläimiä, virran mukana kulkeutuvia pieniä hyönteistoukkia sekä pintahyönteisiä. Taimen käyttää ravinnokseen lähinnä virran mukanaan tuomaa ravintoa, kuten hyönteistoukkia, äyriäisiä ja aikuisia hyönteisiä. Vaelluskalojen poikasten ravintokilpailijoina koskialueilla ovat mm. simput.

Taimenen ja lohen poikastuotanto edellyttää Jokelan (1988a) mukaan hyvää veden laatua syksyllä mädin hedelmöityessä, mutta myös keväällä poikasten kuoriutuessa ja niiden ensimmäisen kesän aikana. Turvetuotannon kiintoainekuormituksen aiheuttama liettyminen vaarantaa erityisesti lohen ja taimenen lisääntymistulosta, koska niiden pohjasoran huokosissa hautoutuva mäti vaatii runsaasti happea aina seuraavaan kevääseen asti. Jos liete ja hiekka tukkivat pohjan, mätimunat tukehtuvat (Hynes 1970).

Erittäin haitallista on pohjalle ja mädin pinnalle takertuva hienojakoinen orgaaninen kiintoaine, joka saattaa estää hapensaantia, lisätä mädin kuolleisuutta sekä aiheuttaa ennenaikaisen kuoriutumisen (Erichsen Jones 1964, Olsson ja Näslund 1985, Olsson ja Persson 1986).

Kiintoaineen sedimentoituminen myös madalluttaa vesistöä ja pienentää kutualueita. Mm. Lapväärtin-Isojoella metsänojitusalueilta tulvan mukana alavirtaan kulkeutunut hiekka on täyttänyt meritaimenen kasvu- ja talvehtimisreivirejä elinkelvottomiksi (Jutila ja Ikonen 1990).

Jokien rakentaminen, perkaukset, veden laadun heikentyminen sekä kalastuksen tehostuminen ovat kaikki osaltaan olleet vaikuttamassa vaelluskalakantojen heikentymiseen. Turvetuotannon on haastatteluissa erikseen mainittu uhkaavan vaellussiikakantoja Siikajoella ja Kiiminkijoella (Kallio-Nyberg ja Koljonen 1990). Simojoella turvetuotannon ja ojitusten aikaansaaman rautapitoisuuden lisääntymisen on epäilty olevan yksi joen lohikantaa uhkaava tekijä.

5.1.4 N a h k i a i n e n

Nahkiainen nousee syksyllä jokeen, jossa se talvehtii ennen touko-kesäkuun vaihteessa tapahtuvaa kutua. Kutukuopan nahkiainen kaivaa kosken niskalla tai sen alapuolella olevalle sora- tai kivipohjalle (Tuikkala 1971, Valtonen 1986). Hedelmöityneet mätijyvät takertuvat hiekkajyväsiin (Potter 1980), ja jo kahden viikon kuluttua kudusta toukat kuoriutuvat. Ne ajautuvat alapuolisiin hiekkasärkkiin, mistä ne myöhemmin vaeltavat hitaasti virtaavien jokialueiden törmiin. Jokitörmillä toukat viipyvät lietteeseen kaivautuneina yli neljä vuotta, aikuistuvat ja vaeltavat mereen (Valtonen 1986).

Ravinnokseen nahkiaisen toukat siivilöivät virran mukanaan tuomasta lietteestä pääasiassa piikuorisia leviä, mutta myös muuta eloperäistä ainesta kuten vesihyönteisiä, alkueläimiä ja bakteereja (Moore ja Mallatt 1980, Suominen 1980). Talvella, kun leviä on tarjolla vähän, detritus muodostaa toukkien ravinnosta pääosan (Hynes 1970). Valtosen (1990) mukaan ojitusten lisäämä humuskuormitus voi osaltaan jopa lisätä nahkiaisen toukkien menestymismahdollisuuksia. Myös turvetuotantoalueiden alapuolella havaittu piilevien runsastuminen (Marja-aho ja Koskinen 1989) voi vaikuttaa nahkiaiskantoihin positiivisesti.

Nahkiaisten epäillään välttävän nousua jokeen, mikäli vedenlaatu tilapäisestikin heikentyy (Valtonen 1986). Koska nahkiainen ei tiettävästi ole yhtä kotijokiuskollinen kuin lohi tai taimen, se saattaa epäedullisten olojen vallitessa nousta viereisiin jokiin kutemaan. Mikäli veden laatu heikkenee mätivaiheessa, saattaa kuoriutuvi- en toukkien määrä vähentyä. Myös toukan ensimmäinen kesä ja talvi lienevät kriittistä aikaa, sillä pohjaan kaivautunut toukka kestää vapaana uivia kaloja huonommin veden laadun vaihtelua (Ojutkangas 1990). Nahkiaisen toukkien

herkkyyttä veden laadun muutoksille ei kuitenkaan täysin tunneta (Niemi ja Kauppinen 1986).

Vaikka nahkiaisen toukat ovatkin sopeutuneet elämään suhteellisen alhaisissa happipitoisuuksissa (Suominen 1980, Valtonen 1986), on toukka erittäin herkkä alhaisille happipitoisuuksille viimeisen jokikesänsä elo-syyskuussa, mereen laskeutumista edeltävän muodonmuutoksen aikana (Kainua ja Valtonen 1980). Aikuisen nahkiaisen veden laadun suhteen kriittiset vaiheet ajoittuvat talveen tai kevääseen. Tällöin veden happipitoisuuden heikentyminen voi olla kohtalokasta, sillä paaston aikana veren hapensitomiskyky on heikentynyt. Myös äkillisiä happamuuden muutoksia aikuiset nahkiaiset kestävät tällöin huonosti (Ojutkangas 1990).

Nahkiainen on selvinnyt lohta, meritaimenta ja vaellussiikaa paremmin ihmisen jokivesistöissä aiheuttamista ympäristömuutoksista. Monien jokien kannat ovat kuitenkin huomattavasti heikentyneet vesistöjen rakentamisen ja likaantumisen johdosta (Niemi 1990) huolimatta siitä, että nahkiainen tulee toimeen suhteellisen voimakkaastikin muuttuneissa vesissä (Dahlström & Munne 1990).

5.1.5 R a p u

Pohjanmaan jokivesistöjen rapukannat ovat heikentyneet huomattavasti vesistöjen rakentamisen, likaantumisen ja rapuruton vuoksi. Kun aiemmin joet olivat kokonaan raputuotannossa, tavataan rapua nykyään lähes pelkästään latvavesien alueella joidenkin jokien, mm. Simo-, Kiiminki- ja Kalajoen pääuomia lukuunottamatta. Kivien, puunrunkojen, risujen ja maakolojen muodostamat suojapaikat ovat ravun viihtymiselle ehdoton edellytys. Se karttaa paljasta hiekka-, kallio- ja mutapohjaa sekä tiheäkasvuisia rantavesiä. Ravinnokseen rapu käyttää niin kasveja, eläimiä kuin pohjaan vajonnutta kuollutta eläin- ja kasviainestakin.

Pyhäjoella vuonna 1978 alkaneeseen rapukannan tuhoutumiseen vaikutti pääasiassa ruoppausten ja muiden vesistöiden aiheuttama kiintoainekuormitus, jonka vaikutus ulottui 50 km alavirtaan (Niemi 1982a,b). Kiintoainemäärät olivat suurimmillaan 500 - 600 mg/l rautapitoisuuden ollessa 16-18 mg/l (Jokela 1988a). Ravulle elintärkeät suojapaikat vähenivät ja joiltakin alueilta ne hävisivät kokonaan.

Temmesjoen sivujoen, Tyrnävänjoen 1980-luvulla tapahtuneen rapusaaliiden vähenemisen syynä ravustajat ovat pitäneet metsäojituksia sekä lisääntynyttä turvetuotantoa. Samanlaisesti rapujen vähenemisen kanssa havaittiinkin huuhtoumaperäisissä vedenlaatutekijöissä pitoisuuksia, jotka olivat jatkuvasti normaalitasoa kaksi kertaa suurempia (Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1987b).

5.2 JÄRVET

5.2.1 J ä r v i e k o s y s t e e m i n e r i t y i s - p i i r t e e t

Järviekosysteemeissä perustuotannolla on suurempi merkitys kuin virtaavan veden ekosysteemeissä. Järven pohjaeläintuotantoon vaikuttaa mm. plankton-, päälly- ja pohjalevien sekä ranta- ja vesikasvien tuottaman orgaanisen aineksen määrä. Pohjaeläimistö on samankaltaista kuin jokien suvannoissa. Ravinnepitoisuuden nousu johtaa järven rehevöitymiseen, joka heikentää happitilannetta etenkin loppukesällä ja talvella. Kaloille luontaisesti tarjolla olevan ravinnon, mm. eläinplanktonin ja pohjaeläimistön koostumus muuttuu, ja särkikalat alkavat vallita kalayhteisössä (Bergstrand 1990). Rehevöitymisen seurauksena voi lisäksi ilmetä kalojen makuhaittoja.

Kalojen lisääntymiseen vaikuttaa ojitus- ja turvetuotantoalueilta pitkän ajan kuluessa järviältäisiin kertyvä liete, joka leviää tasaiseksi kerrokseksi järven pohjalle ja voi peittää alleen kalojen kutualueita ja toisaalta estää pohjalla olevan mädin kehittymisen. Lisäksi liete voi vaikeuttaa kalojen ravinnon saantia heikentämällä pohjaeläimistön elinolosuhteita (Luotonen 1984). Myös mahdollinen kuormituksen seurauksena syntyvä happivajaus voi vähentää lajistoa järvien pohjafaunassa. Mikäli turvetuotannon humusainekuormitus aiheuttaa järvisedden värin tummumista ja sameuden lisääntymistä, voi näkönsä avulla saalistavien kalojen ravinnonhankinta vaikeutua (Eggers 1977).

Turvetuotannon aikaansaamat veden ja pohjan laadussa tapahtuvat ja kalojen viihtymiseen vaikuttavat muutokset ovat merkittävämpiä pienissä ja matalissa järvissä kuin suurissa järvissä, joissa happitilanne on yleensä hyvä, ja joissa kuormituksen aiheuttama rehevöityminen ilmenee lähinnä matalimmissa lahdissa.

5.2.2 J ä r v i k a l a t

Matalien ja tummavetisten järvien tyypillisimpiä kaloja ovat made, hauki, ahven ja särkikalat, jotka voivat myös vaeltaa järvestä jokeen ja päinvastoin. Muikku ja siika ovat yleensä suhteellisen kirkasvetisten järvien asukkeja, mutta myös humuspitoisissa järvissä voi esiintyä runsaita kantoja. Alhaisen lämpötilan ja korkean happipitoisuuden ohella eläinplanktonin riittävä määrä on muikulle elinehto (Hakkarainen 1972).

Lähes kaikkien kalalajien nuoruusvaiheet, aikuisena muikun lisäksi mm. useat särkikalat ja eräät siiat käyttävät ravinnokseen eläinplanktonia. Muikku ja siika saalistavat mielellään suurikokoisia eläinplanktonlajeja kuten hankajalkaisäyriäisiä ja toisaalta joko pigmentoitumisen tai liikkumisen vuoksi selvästi havaittavia vesikirppuja (Andersson ym. 1978, Palomäki 1981, Heikinheimo-Schmidt

1982). Siikojen ravinnonkäyttö on hyvin joustavaa, ja ne pystyvät sopeuttamaan ravinnonkäyttönsä kulloinkin tarjolla oleviin ravintovaroihin muikun ollessa selvemmin keskittynyt eläinplanktoniin (Kolari 1989). Lohikalat ovat tunnettusti riippuvaisia näköaistista saalistaessaan. Erityisesti siian on todettu olevan hyvin herkkä veden samentumiselle (Stenbeck 1985).

Valikoiva ja intensiivinen eläinplanktoniin kohdistuva saalistus vähentää nimenomaan suuria eläinplanktereita. Jos predaatio johtaa siihen, että pienikokoiset eläinplanktonilajit alkavat vallita, on särjellä etuasema muihin kaloihin nähden (Bergstrand 1990). Tehokkaalla eläinplanktonpredaatiolla särjet heikentävät edelleen kasviplanktonbiomassan säätelyä (Hessen 1984, Bergstrand 1990), mikä voi saada aikaan kasviplanktonin runsastumista, veden samenumista ja jopa pH:n muutoksia (Andersson ym. 1978). Särkikannan tiheyden edelleen kasvaessa ravinnosta voi tulla pulaa. Tällöin särjet alkavat yhä enemmän hakea ravintoaan myös pohjalietteestä, jolloin veteen vapautuu mm. fosforia (Lappalainen 1989). Turvetuotannosta johtuvien eläinplanktonilajistossa tapahtuneiden muutosten yhteyksiä kaloihin ei ole tutkittu. Kuitenkin juuri kaloille mieluisimmat suurikokoiset yksilöt ovat vähentyneet tuotantoalueiden alapuolella.

Pohjaeläimistössä turvetuotannon johdosta tapahtuvien muutosten vaikutuksia kaloihin ei vielä tunneta. Todennäköisesti ne eivät suosi lohikalvoja, koska pehmeillä pohjilla ja lietteen seassa elävät lajit hyötyvät kovien pohjien lajien kustannuksella. Esimerkiksi Pohjois-Suomen vesitutkimustoimiston (1988) tekemien selvitysten mukaan orgaanisia aineita ravinnokseen käyttävän pohjaeläimistön (harvasukamadot, surviaissääsken ja sulkahyttysten toukat) lisääntyminen turvetuotannon johdosta Iijoen Kivarinjärvesä tulee hyödyttämään lähinnä särki- ja lahnakantoja.

Useimmissa järvissä muikku kutee syksyllä, joskin myös talvi- ja kevätkutuisia kantoja tunnetaan (Airaksinen 1968, Lind ja Turunen 1968). Muikun kutualusta on paljasta ja kovaa savea, hietaa tai soraa kutusyvyvyyden ollessa muutamasta metristä jopa kymmeneen metreihin (Hakkarainen 1972, Nissinen 1972, Valkeajärvi 1983). Yleensä lokakuussa tapahtuvan kudun jälkeen muikku siirtyy järven syvänpaikkoihin talvehtimaan. Myös järvissä elävät paikalliset siiat kutevat syksyllä. Mäti laskeutuu pohjalla kivien ja soran sekaan hautoutumaan, ja poikaset kuoriutuvat yleensä jäiden lähdön aikaan (Tuunainen 1986).

Turvetuotantoalueilla tehtyjen ojitusten on todettu nostavan alapuolisen järven pohjanläheisten vesikerrosten hapenkulutusta noin 30 % (Bergquist ja Andersson 1983). Happitilanteen heikkeneminen merkitseekin uhkaa ensisijaisesti syyskutuisten kalalajien kuten muikun, siian ja taimenen sekä talvella kutevan mateen mädille, jonka täytyy hautoutua kutupohjilla useiden kuukausien ajan. Uhkaa veden ja pohjan rehevöitymisestä koituu myös aikuiselle mateelle, joka pohjakalana vaatii runsaasti happea myös talviaikana veden pohjakerroksissa.

Muikkukatoja on Lehtosen (1989) mukaan tapahtunut eräissä maamme järvissä, joihin tulee runsaasti humuspitoista vettä suo- ja metsäojitusalueilta. Erityisesti turvetuotannon aloittamisen ja tähän liittyvän rehevöitymisen on arvioitu olevan muikkukantojen pahimpana uhkana esimerkiksi Pohjois-Karjalan Pyhäjärvässä (Kallio-Nyberg ja Koljonen 1990). Varmaa tietoa vaikutuksista ei kuitenkaan ole.

5.3 KALASTUKSELLE AIHEUTUVAT HAITAT

Periaatteessa kaikki edellä esitetyt turvetuotannon kuormituksesta aiheutuvat ja kala- ja rapukantoihin kohdistuvat muutokset haittaavat niin kalastusta kuin ravustustakin ja heijastuvat edelleen kalatalouteen. Pohjaeläimistön ja planktonlajiston muuttuminen ja yksipuolistuminen sekä happamuuden ja muiden veden laatutekijöiden muutokset heijastuvat kalojen kasvuun. Rehevöityminen saa aikaan vesistön umpeenkasvua ja lohikalojen väistymistä, jolloin särkikalat alkavat vallita kalastossa. Rehevöityminen vaikeuttaa virkistyskäyttöä ja kalastusta. Jokisuulla ja itse joessa kuormitus voi karkottaa kudulle nousevia kaloja, kutualustoissa voi tapahtua epäedullisia muutoksia, liettyminen voi vaikeuttaa mädin hautoutumista ja heikentää lisääntymistulosta.

Rehevyytason sekä kiintoainemäärän kasvu aiheuttavat ja lisäävät pyydysten likaantumista ja haittaavat vesien käyttöä. Heinosen ym. (1984) mukaan tärkeimmät limoittumista aiheuttavat levät ovat piileviä. Eutrofisissa vesissä rehevöitymiskehitystä kuvaavan klorofylli a:n määrä koverkoissa oli 60 - 200 µg/g verkkomateriaalia, kun oligotrofisissa vesissä pitoisuus oli 3 - 20 µg/g kiintoainepitoisuuksien ollessa vastaavasti 30 - 50 mg/g ja 2-8 mg/g. Osuutta verkkojen likaantumiseen voi olla myös rautapitoisella humuksella, joka takertuu herkästi erilaisille pinnoille.

Esimerkiksi Oulun kalastuspiiriin on tehty ilmoituksia pyydysten limoittumisesta ainakin Kuivajoen Oijärveltä, Iijoen Siuruanjoelta, Kiiminkijoelta, Siikajoelta ja Pyhäjoelta (Ylitalo 1987), joilla kaikilla on laajaa teollista turvetuotantoa (ks. Taulukko 1). Myös Simojoella verkkojen likaantuminen on ollut 1980-luvun tulvakesinä niin voimakasta, että pyynti on ajoittain estynyt (Jutila, suull. ilm.). Syyksi on epäilty soilla tehtyjä ojituksia ja turvetuotantoa.

Samoilta alueilta, missä on havaittu pyydysten likaantumista, on Oulun kalastuspiiriin tehty ilmoituksia myös kalojen ja nahkiaisten makuvirheistä (Ylitalo 1987). Esimerkiksi Siikajokisuulla ilmeni kalojen, ja etenkin nahkiaisen voimakkaita makuvirheitä ensimmäisen kerran syksyllä 1977, jolloin aloitettiin turvetuotanto Rantsilan Kurunnevellalla, Myllynevellalla ja Savalojanevellalla uuden tuotantoalan ollessa yhteensä n. 710 ha (Anon. 1985). Myllymaan (1979) mukaan Siikajoella todennäköisin makuvirheiden aiheuttaja on ollut veden suuri typpi- ja fosforipiti-

toisuus, joka aiheuttaa myös pohjan ja pyydysten limoittumista.

Turvetuotannon mahdollisesti aiheuttamat makuvirheet kaloissa voivat vaikuttaa kalatalouteen mm. kalakaupan kautta huomattavasti laajemmalla alueella kuin toiminnan vesistövaikutukset.

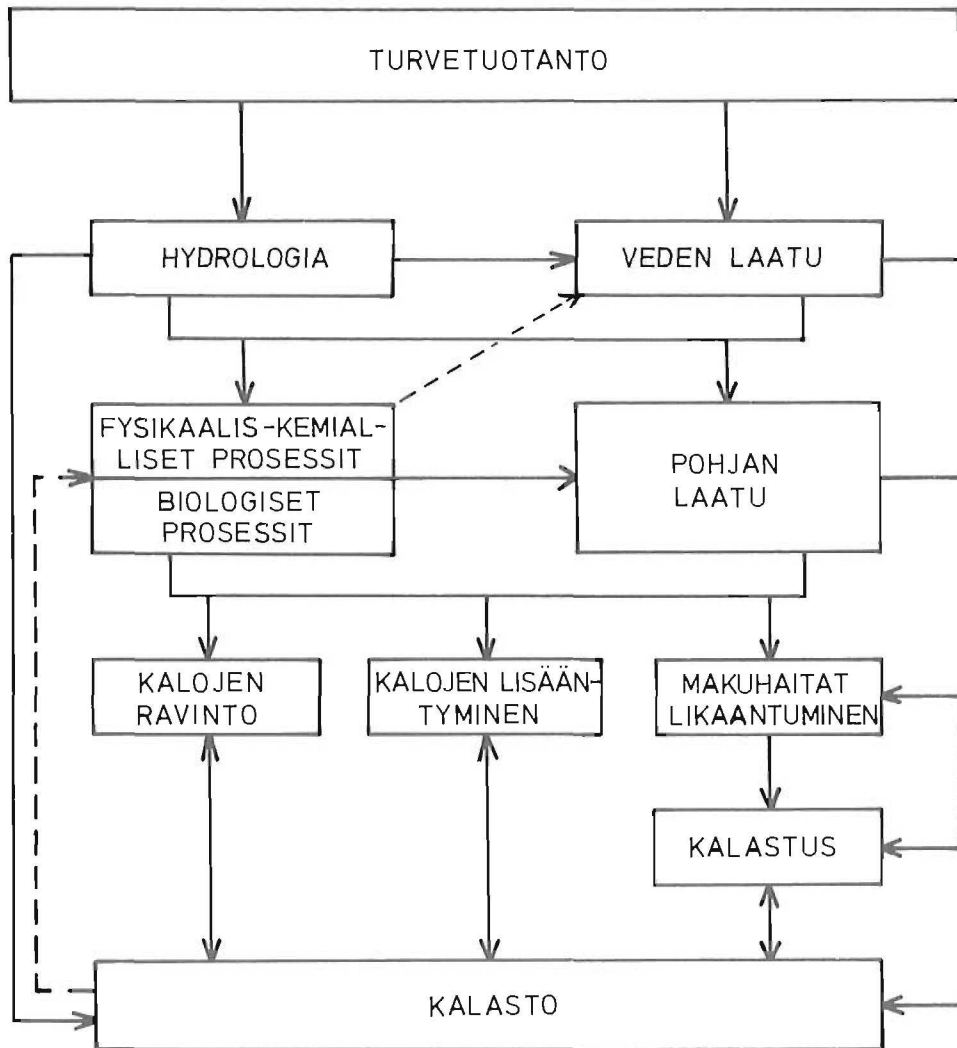
6 KALASTOMUUTOSTEN VAIKUTUS - MEKANISMIT

6.1 YLEISET PIIRTEET

Turvetuotanto vaikuttaa sekä alapuolisten vesien virtaamiin että veden laatuun. Virtaaman ja veden laadun muutokset voivat edelleen vaikuttaa joko suoraan tai erilaisten fysikaalis-kemiallisten prosessien, kuten kulkeutuminen ja kasaantuminen, ja biologisten prosessien, kuten tuotanto ja hajotus, kautta pohjan laatuun. Turvetuotannon kuormitus ja muutokset kalojen elinympäristössä vaikuttavat vastaanottavan vesistön kaloihin ja kalastukseen. Esimerkiksi kiintoaineen mekaaninen vaikutus, pH:n tai metallien toksiset vaikutukset tai hapenpuute joko karkottavat kaloja tai aiheuttavat kaloissa fysiologisia muutoksia ja altistavat ne loisille ja patogeeneille. Vaikutukset voivat kohdistua kaloihin myös ravintovarojen, ravinnon saatavuuden ja lisääntymisolosuhteiden muuttumisen kautta (Kuva 4).

Kaloihin suoraan tai välillisesti, esimerkiksi ravinnon kautta, kohdistuvat vaikutukset saavat vähitellen aikaan muutoksia, jotka näkyvät lähinnä kalaston rakenteessa ja kuormitusalueella elävien paikallisten kalojen kasvussa. Vaikutukset kohdistuvat tietyiltä osin myös kalastukseen, ja ilmenevät mm. makuhaittoina sekä pyydysten ja pyyntipohjien likaantumisenä. Samalla tavalla kuin kalastus säätelee kalakantoja, on kalastossa tapahtuvilla muutoksilla omat vaikutuksensa kalastukseen.

Arvioitaessa kuormituksen vaikutuksia kalakantoihin on huomioitava, että mahdolliset muutokset ovat useimmiten tulosta usean eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Joskus muutokset voivat ilmetä verraten nopeasti. Esimerkiksi veden laadun muutoksilla voi olla kaloja karkottava vaikutus jo silloin, kun pitoisuudet ovat vielä huomattavasti tunnetun sietorajan alapuolella. Myös kaikenlaiset elinympäristöä huonontavat muutokset, kuten lisääntymis- sekä poikas- ja talvehtimisalueille kohdistuvat perkaukset ja kiintoaineen sedimentoituminen, voivat karkottaa kaloja, ja veden laadun heikkeneminen voi vaikuttaa kalojen vaelukseen. Kuormituksella voi olla myös pitkän ajan kuluessa ilmeneviä vaikutuksia kalakantoihin. Näihin voivat vaikuttaa esimerkiksi muutokset kaloille tarjolla olevassa ravinnossa ja kalojen lisääntymisolosuhteissa.



Kuva 4. Turvetuotannon kuormituksen vaikutukset kaloihin ja kalakantoihin sekä tärkeimmät vaikutusreitit.

6.2 TARJOLLA OLEVA RAVINTO

Tarjolla olevassa ravinnossa tapahtuvien muutosten kautta vesistöönkohdistuvastakuormituksesta kärsivät virtaavissa vesissä eniten pohjaeläimiä ravinnokseen käyttävät kalat ja järvissä näiden lisäksi planktonravinnon syöjät. Petokaloille ja kaloille, joiden ravinnosta valtaosa on veteen joutuneita maaselkärangattomia, haitat ovat selvästi pienemmät. Myös maaselkärangattomien saatavuuttanimenomaan näköaistinsa avulla saalistaville kaloille veden samentuminen voi heikentää.

Taulukossa 3 on esitetty turvetuotannon vesistöissä aiheuttamat tärkeimmät vaikutukset, jotka kohdistuvat pohjaeläimiin sekä vaikutusmekanismi ja vaikutuksen suuruutta säätelevät tekijät pääpiirteissään. Esimerkiksi uomien perkaukset saavat aina aikaan nopeita ja suuria, vaikkakin kohtalaisen paikallisia muutoksia pohjaeläimistöissä virtauksen voimistuessa ja elinpaikkojen tuhoutuessa. Luonnollisesti perkausten laajuus ja luonne vaikuttavat

siihen, millä alueella ja missä määrin vaikutuksia voidaan havaita. Kun uomien perkaukset vaikuttavat pohjaeläimistöön hyvinkin nopeasti ja totaalisesti, ilmenevät puolestaan rehevöitymisen, kiintoaineen kulkeutumisen ja sedimentaation sekä virtaaman muutosten aiheuttamat muutokset yleensä hitaammin ja etenkin virtaavissa vesissä huomattavasti laajemmalla alueella.

Taulukko 3. Turvetuotannon vesistöissä aiheuttamat tärkeimmät pohjaeläimiin kohdistuvat vaikutukset.

Prosessi	Vaikutus - mekanismi	Säätelijä
Tuotantoalueiden alapuolisten uomien perkaukset	Muutos pohjaeläinten esiintymisessä ja biomassassa - virtauksen voimistuminen - elinpaikkojen muuttuminen - kiintoainekuormitus perkausaluiden alapuolelle	Perkausten laajuus ja luonne
Kiintoaineen sedimentaatio	Muutos pohjaeläinten koostumuksessa ja biomassassa - pohjan laadun muuttuminen - tarjolla olevan ravinnon laadun ja saatavuuden muuttuminen - pyyntilaitteiden tukkeutuminen	Lähtöpitoisuus Virtaama Vesistön luonne
Virtaaman muutokset	Pohjaeläinten esiintyminen - huuhtoutuminen virran mukana - kuiville jääminen - pohjan jäätyminen talvella - ravinnon saannin vaikeutuminen	Vesistön luonne Muut ympäristötekijät
Ravinteiden aikaansaama rehevöityminen	Muutos pohjaeläinten koostumuksessa ja biomassassa - happitilanteen heikkeneminen - pelkistyneen raudan esiintyminen - liettyminen	Lähtöpitoisuus Virtaama Vesistön luonne Ajoittuminen

Veden tummuminen ja samentuminen humus- ja kiintoainepitoisuuden kasvaessa vaikuttaa kaloihin heikentämällä plankton- tuotannon lisäksi myös perifytontuotantoa, mikä heijastuu edelleen niitä ravinnokseen käytäviin pohjaeläimiin. Virtauksen mukana kulkeva ja pohjalle sedimentoitava kiintoaine oletettavasti myös heikentää pinnoilla liikkuvien pohjaeläinten elinolosuhteita tukkimalla pohjakivien kolot ja raot sekä eräiden ravintonsa vedestä suodattamalla keräävien pohjaeläinten pyyntilaitteet. Ravinnon saannin vaikeutuminen ja toisaalta kerätyn ravinnon ravintoarvon heikkeneminen huonontaa näiden pohjaeläinten kasvua ja lisää mahdollisesti niiden ajautumista alavirtaan.

Pohjaeläimistä kiintoaine- ja humuskuormituksesta hyötyvät lietteen sisällä viihtyvät sedimentinsyöjät ja suodattajista ainakin mäkäräntoukat. Vaikka lajisto voi muuttua ja yksipuolistua, voi biomassa pysyä samana, koska kiintoaineen kertyminen suosii pehmeän pohjan lajeja. Näillä ei kuitenkaan ole samaa merkitystä esimerkiksi lohikalojen ravinnossa kuin kovan pohjan isokokoisilla lajeilla.

6.3 LISÄÄNTYMINEN

Niin virtaavissa vesissä kuin järvissä turvetuotannon kuormitusvaikutukset kohdistuvat mädin ja poikasten lisäksi myös itse kutualueisiin (Taulukko 4). Turvetuotantoalueiden alapuolisten purojen perkausten yhteydessä voivat joidenkin kalalajien kutu- tai poikasalueet pahimmillaan jopa hävitä kokonaan. Ojitus tai turvetuotanto voi lisäksi aiheuttaa virtaaman muutoksia lähinnä matalissa latvajoissa ja puroissa, etenkin jos alueella on lisäksi tehty metsäojituksia.

Kiintoaineen ja humuksen sedimentoituminen ja pohjassa tapahtuva hajoaminen sekä rehevöityminen muuttavat kutu- ja poikastuotantoalueiden luonnetta ja voivat heikentää mädin ja poikasten kehitystä. Mädin hautoutumisen kannalta turvetuotantoalueilta tulevan kiintoaineen sedimentoituminen on haitallisinta talvella sekä keväällä ennen kuoriutumista. Haitallisimpina vaikutukset kohdistuvat pohjalla kuteviin kaloihin ja niistäkin nimenomaan syyskutuisiin kaloihin ja mateeseen, joiden mäti joutuu olemaan joen tai järven pohjassa talven yli.

Talven aikana ja keväällä hienojakoinen aines voi peittää soraa, jolloin virtaus vähenee ja mädin hapensaanti heikentyy. Mikäli soran seassa on tarpeeksi turvehiukkasia tai hiekkaa, nousevat poikaset soran huokosista liian aikaisin vapaaseen veteen, jolloin ne ovat alttiina predaatiolle.

Ravinnekuorman ajoittuminen kesän alivirtaamakausiin erityisesti pienissä vesistöissä on ongelmallista, koska tällöin perustuotanto on suurimmillaan ja lisäkuormitus näkyy varsin nopeasti rehevöitymisenä. Kun järven pohjalla happipitoisuudet pienenevät, voivat niin mäti kuin kalanpoikaset joutua kärsimään. Lisäuhkana on raudan pelkistyminen hapettomissa vesissä ja saostuminen niin mädin pinnalle kuin poikasten kiduksiin.

Taulukko 4. Turvetuotannon vesistöissä aiheuttamien muutosten vaikutukset kalojen lisääntymiseen.

Prosessi	Vaikutus - mekanismi	Säätelijä
Uomien perkaus	Kalojen esiintyminen - kutualueiden muuttuminen - poikasaluiden muuttuminen - suojapaikkojen muuttuminen - virtauksen voimistuminen	Perkausten laajuus ja luonne
Virtaaman muutokset	Kutualueiden vähentyminen - virtaaman muuttuminen kutuaikana Mädin hautoutuminen - virtaaman muuttuminen haudonta-aikana Poikasten esiintyminen - virtaaman muuttuminen poikasvaiheen aikana	Vesistön luonne Virtaama Ajoitus
Kiintoaineen ja humuksen sedimentoituminen	Häiriöt kutukäyttäytymisessä - kutualueiden luonteen muuttuminen - hapensaanti, pelkistynyt rauta Poikasten ennenaikainen nousu sorasta - kolojen tukkeutuminen, hapensaannin heikkeneminen Poikasaluiden luonteen muuttuminen - hapensaanti, pelkistynyt rauta, suojapaikat	Vesistön luonne Virtaama Etäisyys kuormituslähteestä Kuormituksen ajoittuminen
Pohjalle sedimentoituvan orgaanisen aineen hajoaminen	Kutualueiden luonteen muuttuminen Mädin hautoutuminen - happitilanne, rauta Poikasten selviytyminen - happitilanne, rauta	Vesistön luonne Virtaama Etäisyys kuormituslähteestä Ajoittuminen Happamuus Happitilanne
Rehevoityminen	Kutualueiden luonteen muuttuminen Mädin hautoutuminen - happitilanne, rauta Poikasten selviytyminen - happitilanne, rauta	Vesistön luonne Virtaama Etäisyys kuormituslähteestä Ajoittuminen Happamuus Happitilanne

6.4 TURVETUOTANNON KALASTOMALLIN KEHITTÄMINEN

Erilaisia malleja on jo ollut käytössä esimerkiksi tietyn vesistön veden laadussa tapahtuvien muutosten ennustamiseen. Myös kalojen populaatiodynamiikkaa ja kalakantojen kehitystä on varsin pitkälle pystytty mallintamaan, ei tosin täysin ilman kritiikkiä. Mallien perusteella tapahtuva erilaisten ympäristömuutosten kalastovaikutusten arvi-

ointi ei sen sijaan ole ollut kovinkaan yleisesti käytössä, ja usein mallit ovat olleet liian abstrakteja johtaakseen kokeellisesti testattaviin ennustuksiin (DeAngelis 1988). Marttunen (1989) on esittänyt säännöstelyn vaikutuksia kalakantoihin kuvaavan systeemimallin, jonka perusrakenne on peräisin kalakantojen arvioinnissa käytetyistä monilajimalleista.

Turvetuotannon vaikutukset kalastoon ja kalakantoihin on varsin laaja ongelmakenttä, joka sisältää useita osa-alueita. Turvetuotannon aikaansaamat hydrologiset ja veden laatua koskevat muutokset vaikuttavat alapuolisten vesistöjen kaloihin karkeasti jaoteltuna joko suoraan tai ravintovarojen ja lisääntymisen kautta (Kuva 4). Vaikutuksia voidaan tarkastella joko yksilötasolla (stressivaikutus, fysiologiset muutokset, yksilöiden kasvu) tai populaatiotasolla (lisääntymisen onnistuminen, rekrytointi, ravinnonsaanti, kalaston rakenne).

Varsinaista turvetuotannon kalastomallia laadittaessa olisikin lähdettävä liikkeelle eri osa-alueilla vaikuttavien mekanismien selvittämisestä. Yhtenä osa-alueena olisi selvitettävä se, miten turvetuotantoalueiden vaikutusvesissä tapahtuvat muutokset vaikuttavat esimerkiksi kalojen poikastuotantoon. Tällöin erillisiä selvityksiä vaativat mm. kudun ajoittuminen, kutupaikkojen valinta, kutukäyttäytyminen, mädin hautoutuminen ja kuoriutumisen, poikasten nousu sorasta vapaaseen veteen, niiden kasvu ja selviytyminen sekä näiden tekijöiden yhteys mm. veden laatuun ja petojen esiintymiseen.

Ravinnon kautta kaloihin kohdistuvista vaikutuksista tulisi selvittää esimerkiksi pohjaeläinten yhteydet pohjalle kertyvään sedimenttiin ja pohjaeläimistössä mahdollisesti tapahtuvien muutosten merkitys niitä ravinnoksi käyttäville kaloille. Lisäksi olisi tunnettava esimerkiksi ne veden kiintoainepitoisuudet, jotka karkottavat kaloja tai saavat niissä aikaan fysiologisia muutoksia turvetuotannon vaikutusalueilla.

Edellä esitettyjen vaikutusmekanismien selvittäminen johtaa aluksi osamalleihin, jotka tulisi kehittää erikseen sekä virtaaville vesille että järvivesistöille. Osamalleja voidaan hyödyntää myöhemmin mahdollisesti kehitettävän turvetuotannon kalastomallin rakentamisessa, jossa on otettava huomioon mm. useiden tekijöiden interaktio luonnossa. Osa-alueethan eivät ole erillisiä kokonaisuuksia, sillä jos esimerkiksi ravintoa on tarjolla vähän, myös lisääntyminen kärsii, mikä on todettu mm. lohikaloilla (Billard ym. 1981). Myös sosiaalinen paine voi heijastua hedelmällisyyteen joko suoraan tai epäsuorasti mm. feromonien välityksellä.

7 L I S Ä T I E D O N T A R V E

Tällä hetkellä maamme järvi-ekosysteemien rakenne ja toiminta sekä myös turvetuotannon fysikaalis-kemiallisten ja biologisten vaikutusten yleinen suunta järvivesissä tunnetaan melko hyvin. Kun kuitenkin turvetuotanto on maassamme keskittynyt suurelta osin jokien valuma-alueille, tulisi selvittää vaikutusmekanismeja myös virtaavissa vesissä. Viimeaikainen, lähinnä muissa maissa hankittu tietous virtaavien vesien ekosysteemien toiminnan pääperiaatteista ja erityisesti ekosysteemimallien kehittäminen antaa uusille tutkimuksille hyvän pohjan, vaikka virtaavien vesien biologisia toimintoja etenkin maamme humuspitoisissa jokivesissä on tutkittu vielä verraten vähän.

Teoreettisen tarkastelun ohella on samanaikaisesti tehtävä kenttätutkimuksia ja kokeellisia selvityksiä. Kenttätutkimuksissa keskeisessä asemassa ovat selvitykset turvetuotannon vaikutuksista pohjaeläimistön rakenteeseen. Lisäselvityksiä vaatii myös se, miten turvetuotantoalueen alapuolisessa virtaavan veden pohjaeläinyhteisössä mahdollisesti tapahtuvat muutokset heijastuvat alueen kalakantoihin, ja mitkä kaikki tekijät vaikuttavat kalojen lisääntymiseen turvetuotannon vaikutusvesissä. Ravun ja kalojen eri kehitysvaiheiden sietokyky kuormittaville tekijöille vaatii lisäksi luonnossa ja laboratorioissa tehtäviä lisätutkimuksia.

8 T I I V I S T E L M Ä

Turvetuotantoa varten Suomessa on tällä hetkellä valmisteltu n. 60 000 ha suota. Tuotantoala tulee arvioiden mukaan kasvamaan vielä vähintään 40 000 ha. Turvetuotanto on varsin voimakkaasti keskittynyt Lapin läänin eteläosaan sekä Oulun ja Vaasan lääneihin. Pohjanmaan turvesuot sijaitsevat tyypillisesti vähäjärvisien jokivesistöjen latvaosissa tai sivuhaarojen varsilla. Näillä alueilla vastaanottovedet ovat luonnostaan suovesien ruskeaksi värjäämiä, jossain määrin karuja ja happamia vesiä. Järvialtaat ovat usein matalia ja virtaamat pieniä, minkä vuoksi kuormitusmuutokset ilmenevät niissä nopeasti.

Turvesuon kuivatus- ja valmistusvaihe kestää yleensä 3-4 vuotta ja varsinainen tuotantovaihe 15 - 20 vuotta. Ojituksen aikana ja tuotannon alkuvaiheissa suolta vesistöön tuleva valuma kasvaa suon vesivaraston tyhjentyessä ja haihdunnan vähentyessä. Sekä valuman kasvu että valumaveden laadussa tapahtuneet muutokset, kuten kiintoaine-, humus- ja ravinnepitoisuuden kasvu aiheuttavat lisäkuormitusta alapuoliseen vesistöön.

Turvetuotannon on todettu kasvattaneen tuotantoalueiden alapuolisten vesien bakteeriplanktonituotantoa sekä perifytonin biomassaa. Turvetuotantoalueiden alapuolisissa lammissaeläinplanktonlajistoon yksipuolistunut yksilömäärien keskittyessä harvojen valtalajien osalle. Myös

virtaavien vesien pohjaeläimistössä on havaittu lajistomuutoksia ja yksilötiheyden pienenemistä. Pohjaeläimistä nimenomaan kaapijat, mutta myös eräät suodattajat ja pilkkojat ovat kärsineet kasvaneesta kiintoainekuormituksesta.

Turvetuotannon vaikutuksista kaloihin ja kalakantoihin ei ole käytettävissä varsinaisia tutkimustuloksia. Tiedetään kuitenkin, että happipitoisuuden, happamuuden sekä ravinne- ja kiintoainepitoisuuden lyhytaikaisetkin muutokset huonoon suuntaan voivat olla kohtalokkaita. Esimerkiksi happipitoisuuden alentuminen vaikuttaa aikuisten kalojen aktiivisuuden ja kasvun ohella myös lisääntymistulokseen pidentämällä mätimunien hautoutumisaikaa, heikentämällä poikasten kasvua ja lisäämällä niiden kuolleisuutta. Hapettomassa vedessä rauta voi pelkistyä kahdenarvoiseksi ferroraudaksi, joka liukenee veteen. Ferrorauta voi saostua kidusten ja mahdollisesti myös pohjassa kehittyvän mädin pinnalle hydroksideina, jotka estävät kaasujenvaihdon. Myös kiintoaineen sedimentoituminen pohjalle lisää mätimunien kuolleisuutta ja vaikuttaa etenkin nuorten kalojen kasvuun ravintotilanteen heikkenemisen kautta.

Virtaavissa vesissä biologiset yhteisöt muuttuvat jokiuomassa jatkuvalla, ennustettavalla tavalla siirryttäessä latvavesienalueelta jokisuulle. Jokiekosysteeminenergiasta pääosa on peräisin valuma-alueella tuotetuista ja sieltä jokeen kulkeutuneista orgaanisista aineista. Kalojen ravintona toimivat pohjaeläimet ovat bakteerien ja sienten ohella tärkeitä jokeen kulkeutuneiden orgaanisten aineiden hyväksikäyttäjiä.

Turvetuotannon vesistökuormituksen vaikutukset ovat olleet voimakkaimmat pienvesistöissä, etenkin järvettömissä purovesissä, jotka ovat purotaimenen ja harjuksen tärkeimpiä elinympäristöjä. Latvapurojen ja -jokien alueelle kohdistuessaan kiintoainekuormitus aiheuttaa veden kiintoainepitoisuuden kasvua ja pohjan liettymistä, mikä vähentää kutupohjia ja tietyille kaloille ja ravulle välttämättömiä suojapaikkoja. Lisäksi kiintoaine muuttaa alueella luontaisesti esiintyvän pohjaeläimistön rakennetta ja voi näin vaikuttaa kaloille tarjolla olevaan ravintoon. Veden voimistunut väri voi nostaa veden lämpötilaa ja heikentää happipitoisuutta. Muutokset ovat epäedullisia kirkkaita, kylmiä ja runsashappisia vesiä suosiville kaloille.

Jokien keskijuoksulla lisääntynyt ravinnepitoisuus, rantakasvillisuuden varjostuksen väheneminen ja veden lämpeneminen aiheuttavat perifytonin kasvun voimistumisen. Hitaasti virtaavassa jokiuomassa happea on usein niukemmin kuin koskialueilla, pohja on pehmeää ja vesikasveja esiintyy runsaasti. Ylempää huuhtoutuu muokkautunutta hiukkasmaista orgaanista ainesta, jokisuvannoissa syntyvä plankton lisää myös orgaanisen aineksen määrää. Alajuoksulla veden värin yhä lisääntyessä perustuotanto jälleen heikenee. Paikallisen kalaston tyyppilajeja ovat särkikalat, ahven, hauki ja made. Jokien keski- ja alajuoksulla

kiintoainekuormitus voi aiheuttaa veden kiintoainepitoisuuden kasvua ja pohjan paikoittaista liettymistä. Alueella voi esiintyä ravinnekuormituksen seurauksena rehevöitymiseen liittyviä kalojen ja nahkiaisen makuhaittoja. Vaelluskaloista nahkiainen on selvinnyt parhaiten ihmisen jokivesistöissä aiheuttamista ympäristömuutoksista, mutta monien jokien nahkiaiskannat ovat kuitenkin heikentyneet vesistöjen rakentamisen ja likaantumisen johdosta.

Järviekosysteemeissä perustuotannolla on suurempi merkitys kuin virtaavan veden ekosysteemeissä. Järvivedessä tapahtuva ravinnepitoisuuden nousu voi johtaa järven rehevöitymiseen. Rehevöityminen heikentää happitilannetta loppukesällä ja -talvella. Pohjanläheisten kerrosten happitilanteen heikkeneminen merkitsee uhkaa ravulle ja syyskutuisten kalojen kuten muikun, siian ja taimenen mädille, mutta myös mateelle. Rehevöityminen voi myös muuttaa kaloille tarjolla olevan ravinnon määrää ja koostumusta ja heikentää kalojen viihtyvyyttä. Rehevöitymisen seurauksena voi ilmetä myös kalojen makuhaittoja. Kalojen lisääntymiseen vaikuttaa ojitus- ja turvetuotantoalueilta pitkän ajan kuluessa järviältäisiin kertyvä liete, joka voi peittää alleen kutualueita ja toisaalta estää mädin kehittymistä.

Turvetuotannon kuormitus vaikuttaa kaloihin joko suoraan tai ravintovarojen ja lisääntymisolosuhteiden muuttumisen kautta. Vaikutuksia voidaan tarkastella niin yksilö-, populaatio- kuin ekosysteemitasolla, ja ne kohdistuvat tietyiltä osin myös kalastukseen ilmeten mm. kalojen ja nahkiaisen makuhaittoina sekä pyydysten ja pyyntipohjien likaantumisenä. Kalakannoissa tapahtuvat muutokset ovat tulosta usean eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Veden laadun muutoksilla voi olla kaloja karkottava vaikutus jo silloin, kun pitoisuudet ovat vielä sietorajan alapuolella. Myös elinympäristöä huonontavat muutokset voivat karkottaa kaloja verraten nopeasti. Kuormituksella voi olla kalakantoihin myös pitkän ajan kuluessa ilmeneviä vaikutuksia, jotka ovat seurausta esimerkiksi muutoksista tarjolla olevassa ravinnossa ja lisääntymistuloksessa.

Tällä hetkellä maamme järviekosysteemien rakenne ja toiminta sekä myös turvetuotannon vaikutusten yleinen suunta järvidesissä tunnetaan melko hyvin. Kun kuitenkin turvetuotanto on maassamme keskittynyt suurelta osin jokien valuma-alueille, tulisi selvittää turvetuotannosta aiheutuvia ja kaloihin johtavia vaikutusmekanismeja myös virtaavissa vesissä. Eri osa-alueiden vaikutusmekanismien selvittäminen johtaa osamalleihin, joita voidaan hyödyntää myöhemmin mahdollisesti kehitettävän turvetuotannon kalastomallin rakentamisessa.

9 S U M M A R Y

There are currently 500 peat mining areas in Finland, with a total area of approx. 60 000 ha, which is expected to increase at least by another 40 000 ha in the future.

Most of the areas are located in the southern part of the province of Lapland and in the provinces of Oulu and Vaasa, chiefly near the upper courses of rivers with a low incidence of lakes or beside branches of rivers. These inflow areas are characterized by fairly barren, acid water with a natural brown colour caused by water issuing from peatlands. As the lake basins are often shallow and flow rates low, loading changes are rapidly reflected in these.

The drainage and preparation stages at peat mining area usually last 3 - 4 years and actual mining from 15 to 20 years. Runoff from the peatland into the lakes and rivers during ditching work and the initial stages of the mining process increases as the water resources of the bog are exhausted and evaporation decreases. Both this increase in runoff and changes in the quality of the runoff water, such as rises in solid matter, humus and nutrient content, result in a higher load on the lakes and rivers downstream.

Peat mining has been found to increase the production of bacterium plankton in the water systems downstream as well as the periphytic biomass. The diversity of zooplankton species has decreased most of the occurrences representing only the few most common species. Corresponding changes and decreases in the number of species have also been observed in the bottom fauna of flowing water systems. The scrapers, filter feeders and shredders in particular have suffered from the increased solid matter loading.

Although no results of actual investigations into the effect of peat mining on fish and their stocks are yet available, even short-term deteriorations in oxygen content, acidity and nutrient and solid matter content are known to be potentially detrimental. A decrease in oxygen content, for example, affects not only the activity and growth of mature fish but also their reproduction by increasing the time required for the spawn to develop, hampering the growth of fingerlings and increasing their mortality rate. In the case of an oxygen deficiency, iron may become reduced to its divalent ferrous form, which dissolves in water and may be precipitated out in the form of iron hydroxides on the surfaces of the gills and possibly the spawn developing on the bottom, thus preventing gas exchange. The sedimentation of solid matter on the bottom also increases mortality among the spawn and affects the development of young fish in particular.

The biological communities occurring in river beds change constantly and predictably from the upper course to the estuary. Most of the energy in a river ecosystem is derived from organic substances which have developed in the drainage basin and have been transported to the river. In addition to bacteria and fungi, the bottom fauna used for nutrient purposes by fish comprises the most important utilizers of the organic substances transported into the river.

The most pronounced loading by peat mining is imposed on small water systems, particularly brook systems containing no lakes, which are the most important natural environments for brown trout and grayling. When imposed on brooks and the upper reaches of rivers, a solid matter loading will increase the solid matter content of water and the deposition of mud on the bottom, which in turn will reduce the number of spawning and sheltering sites available for fish and crayfish. In addition, the structure of the natural bottom fauna in the area will also be altered, which may affect the food available for the fish. The darker colour may increase the water temperature and reduce its oxygen content, changes which will again be detrimental to fish that are accustomed to living in clear, cold, oxygen-rich water.

The increased nutrient content, reduced shading from the shore vegetation and higher water temperatures increase the growth of periphyton in the middle courses of the rivers. A river bed with a slow flow rate often has a lower oxygen content than an area with rapidly flowing water, and also a soft bottom and a high number of water plants. Adapted granular organic substances are transported from upstream and the plankton originating from stretches of smooth water in the river increases the amount of organic matter. As the water downstream continues to become darker, basic production is again reduced. Local fish stocks will consist of perch, pike, burbot and various cyprinids. Loading may increase the solid matter content in the lower and the middle courses of rivers and cause occasional mud formation on the bottom, while nutrient loading may lead to eutrophication and thus affect the taste of fish and lampreys. Of the migratory fish, the lamprey has been able to resist the environmental changes caused by man in rivers most successfully, but stocks have nevertheless dwindled as a result of pollution and the construction of hydroelectric power stations.

Basic production plays a more important role in lake ecosystems than in river ones. A rise in the nutrient content of a lake may lead to eutrophication, which will reduce oxygen content in late summer and winter. A deterioration in the oxygen content of the layers nearest to the bottom constitutes a threat to crayfish, autumn spawning fish such as the vendace, whitefish and trout, and the burbot. Eutrophication may also alter the amount and composition of the nutrients used by the fish, thus impairing their living conditions and affecting their taste. The sludge entering lake basins from ditching and peat mining areas may affect the reproduction of fish in the long run by covering their spawning sites and hindering the development of the spawn.

The loading caused by peat mining affects the stock of fish either directly or via changes in reproduction conditions and the availability of their food organisms. These effects, which may be examined at the individual, population or ecosystem levels, also affect fishing by

detracting from the taste of fish and lampreys and soiling the nets and fishing areas. Changes in fish stocks can be caused by a number of factors, and changes in water quality may drive the fish away even at a stage when the loading is still below the tolerance limit. Changes which detract from their living conditions can also cause fish stocks to disappear fairly rapidly. Loading may also have long-term effects on fish stocks, caused by changes in the availability of their food organisms and in reproduction.

The structure and operation of our lake ecosystems and the effects of peat mining on lakes are relatively well known. As most peat mining areas are established in the drainage basins of rivers, the various mechanisms by which fish stocks are affected should be examined, particularly in the case of flowing water systems. Such investigations into sub-areas allow the creation of sub-models which could be used later to construct a fish stocks model for the purposes of peat mining.

K I R J A L L I S U U S

- Airaksinen, K. J. 1968. Preliminary note on the winter-spawning vendace (*Coregonus albula* L.) in some Finnish lakes. *Ann. Zool. Fennica* 5:312-314.
- Andersson, G., Berggren, H., Cronberg, G. & Gelin, C. 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry. *Hydrobiologia* 59(1):9-15.
- Anon. 1985. Siikajoen vesiensuojelusuunnittelun työryhmä 1985. Työryhmän ehdotus. Vesihallituksen monistesarja 357. 191 s.
- Auvinen, H. & Klapuri, K. 1977. Kalatalous. Alustava selvitys. Liite Oulujoen vesistön vesien käytön kokonaissuunnitelmaa, II osa. Vesihallitus. Tiedotus 125.
- Baker, J.P. & Schofield, C.L. 1980. Aluminium toxicity to fish as related to acid precipitation and Adirondack surface water quality. In: Drablos, D. & Tollan, A. (eds.): *Ecological impact of acid precipitation*. SNFS-project. 292-293.
- Bergstrand, E. 1990. Changes in the fish and zooplankton communities of Ringsjön, a Swedish lake undergoing man-made eutrophication. *Hydrobiologia* 191:57-66.
- Bergquist, B. & Andersson, A. 1983. Forskningsredogörelse SNV 1983-01-17. Skogs- och myrdikningens limnologiska konsekvenser. Rapport nr. 7, 11 s.
- Bergquist, B. & Andersson, A. 1984. Skogs- och myrdikning. Konsekvenser för akvatisk fauna och flora. *Limnol. Inst. Uppsala univ.*, 13 s.

- Billard, R., Bry, C. & Gillet, C. 1981. Stress, environment and reproduction in teleost fish. In: Pickering, A.D. (ed.), Stress and fish. Academic Press, London, s. 185-208 (367 s.).
- Bylund, G. 1988. Kalataudit veden laadun indikaattoreina. Teoksessa: Niemi, J. (toim.): Hälyttävät muutokset vesiekosysteemeissä. VKA ry: 55-60.
- Cummins, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience* 24: 631-641.
- Cummins, K.W. 1979. The natural stream ecosystems. In: Ward, J.V. & Stanford, J.A. (eds.): The ecology of regulated streams. Plenum Press. New York, London. 7-24.
- Dahlström, H. & Munne, P. 1990. Kantojen hoitotarve kalastusviranomaisen kannalta. Nahkiaiskantojen hoitoseminaari 17.-18.10.1989. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 208:51-54.
- DeAngelis, D.L. -1988. Strategies and difficulties of applying models to aquatic populations and food webs. *Ecol. Modelling* 43:57-73.
- Driscoll, C.T., Baker, J.P., Bisogni, J.J. & Schofield, C.L. 1980. Effects of aluminium speciation on fish in dilute mountain waters. *Nature* 284:161-164.
- Eddy, F.B. 1981. Effects of stress on osmotic and ionic regulation in fish. In: Pickering, A.D. (ed.), Stress and fish. Academic Press, London, s. 77-102 (367 s.).
- Eggers, D.M. 1977. The nature of prey selection by planktivorous fish. *Ecology* 58(1):46-59.
- EIFAC 1974. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on finely divided solids and inland fisheries. FAO.
- Erichsen Jones, J.R. 1964. Fish and river pollution. London, Butterworths, 203 s.
- Erman, D.C. & Chouteau, W.C. 1979. Fine particulate organic carbon output from fens and its effect on benthic macroinvertebrates. *Oikos* 32:409-415.
- Forsberg, C., Ryding, S., Claesson, A. & Forsberg, Å. 1978. Water chemical analyses and/or algal assay. -Sewage effluent and polluted lake water studies. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 21: 352-363.
- France, R.L. 1983. Response of the crayfish *Orconectes virilis* to experimental acidification of a lake with special reference to the importance of calcium. *Freshwater crayfish* 5: 98-111. AVI Publishing company, Westport, Conn.

- Fraser, J.C. 1972. Regulated discharge and the stream environment. In: Oglesby, R.T., Carlson, C.A. & McCann, J.A. (eds.), River ecology and man. Academic Press. s. 263-285.
- Ghassemi, M & Christman, R.F. 1968. Properties of the yellow organic acids in natural waters. Limnol. Oceanogr. 13: 583-597.
- Gjessing, E.T. 1970. Some factors affecting the stability of aquatic humus in streams. Vatten 2: 135-143.
- Hakkarainen, E. 1972. Muikusta, sen levinneisyydestä, ekologiasta ja taloudellisesta merkityksestä. Aqua Fennica 1: 109-131 (Erikoisnumero 1: Kalat ja vedet).
- Heikinheimo-Schmidt, O. 1982. Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännöstellyssä järvessä. RKTL kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 4. 64 ss.
- Heikkinen, K. 1990a. Transport of organic and inorganic matter in river, brook and peat mining water in the drainage basin of the river Kiiminkijoki in Northern Finland. Aqua Fennica 20 (in press).
- Heikkinen, K. 1990b. Nature of dissolved organic matter in the drainage basin of a boreal humic river in Northern Finland. J. Environ. Qual. (in press).
- Heikkinen, K. & Visuri, A. 1990. Orgaanisten aineiden merkityksestä ja pidättymisestä virtaavan veden ekosysteemissä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. Sarja A. 49:9-41.
- Heinonen, P., Herve, S. & Yli-Karjanmaa, S. 1984. A method for estimation of sliming of nets in lake waters. Aqua Fennica 14(1):59-64.
- Hertell, M. 1991. Turvetuotannon vesiensuojelun valvontaohje ja toimintaohjelma. Turvetuotanto ja sen vesiensuojeluteknologian kehittäminen. Oulun yliopistossa 11.-12.10.1990 pidettyjen koulutuspäivien esitelmät. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, s. 95-101.
- Hessen, D.O. 1984. From a grazer food-chain to a detritus food-chain. Effects of manipulation with fish and nutrients in a eutrophic lake. In: Interactions between trophic levels in freshwater. Nordic limnological symposium, Fagerfjell, Norway. 13 s.
- Hesthagen, T. 1989. Episodic fish kills in an acidified Salmon river in Southwestern Norway. Fisheries 14:10-17.
- Hill, A.R. 1981. Nitrate-nitrogen mass balances for two Ontario rivers. In: Fontaine, III, T.D. & Bartell, S.M. (eds.). Dynamics of Lotic Ecosystems, Ann. Arbor Science, The Butterworth Group, Michigan, p. 457-477.

- Holmgren, S. & Karlsson, T. 1981. Vattenkvalitet i bäckar och åar, som avvattnar planerade torvtäkter i Jämtlands län. Länstyrelsen i Jämtlands län, rapport. 7 s.
- Huttunen, P. 1990. Suometsien hyödyntämisen ympäristöriskit. VYH monistesarja 268:23-29.
- Hynes, H.B.N. 1970. The ecology of running waters. Univ. Toronto Press, Toronto. 555 s.
- Ihme, R., Isotalo, L., Heikkinen, K. & Lakso, E. 1990a. Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Luonnos 21.3.1990. 109 s.
- Ihme, R., Heikkinen, K. & Lakso, E. 1990b. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Luonnos. 186 s.
- Joensuu, O. & Sarajärvi, K. 1986. Tunne ja hoida kalavetesi. Kalavesien hoito-opas. Kustannuskiila Oy. Kuopio. 169 s.
- Jokela, S. 1988a. Lestijoen luonnontaloudellinen kehittämissuunnitelma: Veden laatu sekä sen parantamistarpeet ja mahdollisuudet. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 83:1-90.
- Jokela, S. 1988b. Alueellinen vesistötiedon raportti: Lestijoki. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 84. 133 s.
- Jutila, E. & Ikonen, E. 1990. Lapväärtin-Isojoki ja sen meritaimenkanta uhattuina. Suomen Kalastuslehti 97:49-54.
- Järvenpää, T. 1988. Happamoitumisen vaikutus rapuihin. Teoksessa: Niemi, J. (toim.) Hälyttävät muutokset vesiekosysteemeissä. VKA ry: 24-32.
- Kainua, K. 1988. Pyhäjoen tilan seuranta. Teoksessa: Aitto-oja, J. & Nurmela, T. (toim.) Pyhäjoki-Symposium I. Oulaisten kaupunki. 162 s.
- Kainua, K. & Valtonen, T. 1980. Distribution and abundance of European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) larvae in three rivers running into Bothnian Bay, Finland. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:1960-1966.
- Kallio-Nyberg, I. & Koljonen, M.L. 1990. Kalakantarekisteri; siika, muikku ja harjus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 4. 55 s.
- Karlsson, O. 1982: Ruoppaustöiden vaikutukset rannikkoalueiden tilaan ja kalatalouteen. Väliraportti Tie- ja Vesirakennushallitukselle. Abo akademi, Institutionen för biologi (Luonnos, ei nähty, sit. Kärmeniemen & Leivosen 1983 mukaan).
- Kauppa- ja teollisuusministeriö 1985. Polttoturpeen käyttöarvio vuoteen 2000. Helsinki. 10 s.

- Kauppi, L. 1984. Nitrate in runoff and river waters in Finland in the 1960's and 1970's. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, 57: 31-40.
- Kenttämies, K. 1988. Happamoituminen Suomessa. Teoksessa: Niemi, J. (toim.) Hälyttävät muutokset vesiekosysteemeissä. VKA ry: 15-23.
- Kilpinen, K. 1990. Teollinen turvetuotanto ja kalatalous. Suomen Kalastuslehti 97(8):337-340.
- Kolari, I. 1989: Eläinplanktonia ja pohjaeläimiä syövien kalojen, erityisesti siikojen, ravinnonkäyttö. Kirjallisuuskatsaus. - RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 91. 86 s.
- Komiteanmietintö 1987. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö 1987:62. Helsinki. 344 s.
- Kuntze, H. 1982. Iron clogging in soils and pipes, analysis and treatment. German Assoc. for Water Resour. and Land Improvement, Boston, MA.
- Kärmeniemi, T. & Leivonen, J. 1983. Ruoppausten vesistövaikutukset. Vesihallituksen monistesarja 213. 44 s.
- Lahti, E. 1986. Rapuvesien hoito ja raputalouden parantaminen. Teoksessa: Huhta, V. (toim.) Suomen eläimet 5:76-77.
- Lappalainen, K.M. 1989. Roskakalatko osa sinileväongelmaa? Vesitalous 3(1989):1-3.
- Lehtonen, H. 1989. Muikku. Teoksessa: Toivonen, ym. (toim.), Kalamiehen tietokirja 2. s. 274-282.
- Lehtonen, H. 1990. Rapu. Teoksessa: Toivonen, ym. (toim.), Kalamiehen tietokirja 3. s. 174-194.
- Lind, E.A. & Turunen, J. 1968. Talvikutuisen muikun levinneisyysalue hahmottumassa. Suomen Kalastuslehti 75:106-109.
- Lindqvist, O.V., Vielma, J., Ritola, O. & Lahti, E. 1989. Suomen sisävesien kalatalous. Suomen voimalaitosyhdistys ry. 5. 249 s.
- Luotonen, H. 1984. Iijoki-selvitys. Kalatalous. Pohjois-Pohjanmaan seutukaavaliiton julkaisusarja A. 71. 140 s.
- Marja-aho, J. & Koskinen, K. 1989. Turvetuotannon vesistövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 36. Helsinki. 203 s.
- Marttunen, M. 1989. Säännöstelyn kalataloudellisia vaikutuksia kuvaava systeemimalli. Vesitalous 1989(5):30-35.

- McFarlane, G.A. & Franzin, W.G. 1978. Elevated heavy metals: A stress on a population of white suckers, *Catostomus commersoni*, in Hammel Lake, Saskatchewan. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35:963-970.
- Mills, D. 1971. Salmon and trout: a resource, its ecology, conservation and management. Oliver & Boyd. Edinburgh. 351 s.
- Moore, J.W. & Mallatt, J.M. 1980. Feeding of larval lamprey. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:1658-1664.
- Mustonen, S.E. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. 63 s.
- Myllymaa, U. 1979. Lausunto Siikajoen kalastusvahinkojen syistä ja niiden tutkimisesta. Oulun vesipiirin vesitoimisto.
- Niemi, A. 1982a. Vesistötoiden vaikutuksista rapukantaan Pyhäjoessa. *Suomen Kalastuslehti* 89:131-135.
- Niemi, A. 1982b. Pyhäjoen yläosan vesistösuunnitelman I vaiheen kalataloudellinen tarkkailututkimus. Jatkotarkkailu 1979-1981. Kokkolan vesipiirin vesitoimisto. Moniste. 26 s + 6 liitettä.
- Niemi, A. 1990. Kantojen ja hoidon kehitys. Nahkiaiskantojen hoitoseminaari 17.-18.10.1989. Vesihallituksen monistesarja 208:47-50.
- Niemi, A. & Kauppinen, V. 1986. Vesistötoiden vaikutuksesta nahkiaiskantaan Kala- ja Pyhäjoella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Monistettuja julkaisuja 46:28-42.
- Nikunen, E. & Soivio, A. 1984. Happamoitumisen vaikutukset kaloihin. Kirjallisuuskatsaus. Suomen Voimalaitosyhdistys ry. 33 s.
- Nissinen, T. 1972. Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun, *Coregonus albula* L. kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. Helsinki. RKTL kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 1. 114 s.
- Ojutkangas, E. 1990. Viljely Perämeren alueella. Nahkiaiskantojen hoitoseminaari 17.-18.10.1989. Vesihallituksen monistesarja 208:82-87.
- Olsson, T.I. & Näslund, I. 1982. Biologiska konsekvenser vid torvtäkt med särskild hänsyn till den vattenlevande faunan. *IVA Rapport* 227:35-41.
- Olsson, T.I. & Näslund, I. 1985. Effects of mire drainage and peat extractions on benthic invertebrates and fish. In: *Proceedings of the Peat and the Environment 1985. International Peat Society Symposium, 17.-20.9.1985, Jönköping, Sweden. The Swedish National Peat Committee and the International Peat Society.* 147-152.

- Olsson, T.I. & Persson, B.-G. 1986. Effects of gravel size and peat material on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. *Hydrobiologia* 135:9-14.
- Olsson, T.I., Persson, B.-G. & Sjöberg, G. 1987. Miljökonsekvenser vid torvbrytning - Effekter på bottenfauna och fisk. Lägesrapport. Umeå Universitet, institutionen för ekologisk zoologi. 29 s.
- Olsson, T.I. & Persson, B.-G. 1988. Effects of deposited sand on ova survival and alevin emergence in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Arch. Hydrobiol.* 113:621-627.
- Ottaway, E.M, Carling, P.A., Clarke, A. & Reader, N.A. 1981. Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta* Linnaeus, redds. *J. Fish. Biol.* 19:593-607.
- Palomäki, R. 1981. Inarijärven siikamuodot ja niiden ravinnonvalinta. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, biologian laitos. 101 s.
- Pickering, A.D. 1989. Factors affecting the susceptibility of salmonid fish to disease. *Freshwater biological association. 57th annual report*, p. 61-80.
- Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1987a. Pudasjärvellä sijaitsevan Mertajärven sekä Hopia- ja Kääpöjan luusuan pohjasedimenttien määrän ja laadun selvitys. 5 s.
- Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1987b. Tyrnävänjoen ja Ängeslänjoen järjestelyn kala- ja raputaloudellinen tarkkailu.
- Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto 1988. Kivarijärven ja Kivarijärven kalasto- ja kalastusselvitykset v. 1988. 12 s.
- Potter, I.C. 1980. Ecology of larval and metamorphosing lampreys. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:1641-1657.
- Puustjärvi, V. 1953. Raudan saostuminen soissa. Summary: The precipitation of iron in peat soils. *Suo* 4: 5-12.
- Rask, M. 1984. The effect of low pH on perch, *Perca fluviatilis* L. II. The effects of acid stress on different development stages of perch. *Ann. Zool. Fennici* 21(1):9-13.
- Rask, M. & Virtanen, E. 1986. Responses of perch, *Perca fluviatilis* L., from an acidic and a neutral lake to acidic water. *Water, Air and Soil Poll.* 30:537-543.
- Rosseland, B.O. 1980. Effects of acid water on metabolism and gill ventilation in brown trout, *Salmo trutta*, and brook trout, *Salvelinus fontinalis*, Mitchill. In: Drablos, D. & Tollan, A. (eds.) *Ecological impact of acid precipitation. SNFS-project.* 348-349.
- Roth, H. & Geiger, W. 1963. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Bachforellenbrut in der Laichgrube. *Schweiz. Z. Hydrobiol.* 25:202-218.

- Sallantaus, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosaston julkaisuja. Sarja D:29. 122 s.
- Sallantaus, T. 1985. Turvemaiden metsätalouden ja turvetuotannon vesistövaikutukset - katsaus tutkimuksiin ja tutkimustarpeeseen. Metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset -seminaari. VKK Munkkiniemi. 12.11.1985.
- Sallantaus, T. 1986a. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset. Kirjallisuuskatsaus. Helsinki. Maa- ja metsätalousministeriö. Luonnonvarajulkaisuja 11. 203 s.
- Sallantaus, T. 1986b. Valtaojitus ja perkaus kiintoainekuormittajina turvetuotantoalueilla - alustavia tuloksia. Turveteollisuus 1986,2: 43-53.
- Sallantaus, T. 1987. Uutta turvetuotannosta vesistöjen kuormittajana. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 22:45-54.
- Sallantaus, T. 1988. Water quality of peatlands and man's influence on it. p. 80-98 In Symposium on the Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions. Vol. 2, Joensuu, Finland, 6-8 June. The Publications of the Academy of Finland 5/1988. Gov. Print. Centre, Helsinki, Finland.
- Selin, P. & Koskinen, K. 1985. Laskeutusaltaiden vaikutus turvetuotantoalueiden vesistökuormitukseen. Vesihallitus. Tiedotus 22. 112 s.
- Selänne, A. 1990. Selvitys turvetuotantoalueiden kuormituksesta ja vesistövaikutuksista Saarijärven reitillä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 249. Helsinki. 222 s.
- Seppovaara, O. 1982. Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Helsinki. RKTL Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 5:1-88.
- Sevola, P. 1981. Turvetuotannosta uusi uhka vesistöille. Suomen Luonto 1981(8):402-404.
- Sevola, P., Gustafsson, E., Svarvar, P.-O. & Uusikylä, T. 1977. Kala- ja rapututkimukset Vaasan vesipiirin alueella 1977. Väliraportti, Vaasan vesipiirin vesitoimisto. Moniste. 31 s.
- Shapiro, J. 1964. Effect of yellow organic acids on iron and other metals in water. J. Am. Water Works Assoc. 56: 1062-1082.
- Simola, H. & Lodenius, M. 1982. Recent increase in mercury sedimentation in a forest lake attributable to peatland drainage. Bull. Environm. Cont. Toxicol. 29:298-305.
- Stenbeck, G. 1985. Energitorvtäkt, tänkbara miljökonsekvenser. Miljökonsekvenser Nr 28. Torv, biomassa, kol. Statens naturvårdsverk. Rapport 3003. 278 s.

- Stenson, J.A.E. 1979. Predator-prey relations between fish and invertebrate prey in some forest lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 58:166-183.
- Sumner, F.H. & Smith, O.R. 1939. A biological study of the effect of mining debris dams and hydraulic mining on fish life in the Yuba and American rivers of California. Stanford university, California. 51 s.
- Suominen, T. 1980. Likomadosta ympyräsuiseksi silmuksi. Suomen Luonto 39:189-193.
- Thurman, E.M. 1985. Developments in biogeochemistry. Organic geochemistry of natural waters. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Boston, MA.
- Thörne, L. & Sjöstrand, P. 1988. Invertering av lekområden för harr i Vätterns tillflöden. Inform. Sötvattenslab. Drottningholm 1988(2). 25 s.
- Tuikkala, A. 1971. Nahkiaisien elintavoista ja sen pyynnistä Pyhäjoella. Kalataloussäätiön monistettuja julkaisuja 40:1-59.
- Turvekomitean mietintö 1983. Helsinki. 241 s. Komiteamietintö 1983: 4.
- Tuunainen, P. 1986: Siiat. Teoksessa: Huhta, V. (toim.) Suomen eläimet 3:115-120.
- Tuunainen, P., Vuorinen, P., Rask, M. & Vuorinen, M. 1986. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1985. RKTL monistettuja julkaisuja 50. 63 s.
- Valkeajärvi, P. 1983. Muikun kalastus ja kannanvaihtelut Konnevedessä. Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen Tiedonantoja 33:7-38.
- Valtonen, T. 1986. Nahkiaisien elämänvaiheet. RKTL monistettuja julkaisuja 46:15-25.
- Valtonen, T. 1990. Nahkiainen Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 208:7-12.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:130-137.
- Verta, M. 1990. Mercury in Finnish forest lakes and reservoirs: anthropogenic contribution to the load and accumulation in fish. Publications of the Water and Environment Research Institute, National Board of Waters and the Environment, Finland No. 6.
- Verta, M., Rekolainen, S., Mannio, J. & Surma-aho, K. 1986. The origin and level of mercury in Finnish forest lakes. Helsinki. Nat. Board of Waters, Finland. p. 21-31. Publications of the Water Research Institute 65.

- Viitala, L. & Hyvärinen, P. 1986. Kiiminkijoen vesistöalueen taimen- ja harjuspurojen tilaselvitys. Vesihallituksen monistesarja 391. 63 s.
- Vuori, K.-M. 1990. Kalan elämää pilaantuneessa vedessä. Suomen metsästäjä- ja kalastajaliitto. 34 s.
- Vuorinen, P.J., Vuorinen, M. & Nyholm, K. 1984. Vesistöihin joutuvi- en aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä. RKTL kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 23: 35-118.
- Wedemeyer, G.A. & McLeay, D.J. 1981. Methods for determining the tolerance to environmental stressors. In: Pickering, A.D. (ed.): Stress and fish. Academic Press, London. s. 247-275 (367 s.).
- Welch, E.B. 1980. Ecological effects of waste waters. Cambridge university press. 337 s.
- Westling, O. 1984. Biologiska effekter av torvtäkt. Forsknings- redogörelse SNV 1984-01-27, IVL-rapport. 16 s.
- Westman, K. 1979. Raputaloudellisen vahingon kompensointi. Teoksessa Auvinen, H. & Muhonen, J. (toim.), kalatalousvahinkojen arviointi, kompensointi ja korvaaminen: 97-106.
- Westman, K. & Nylund, V. 1984. Rapu ja ravustus. Helsinki. 173 s.
- Ylitalo, A. 1987. Turvetuotannon vaikutukset ja haitat kalataloudelle. Tiivistelmä alustuksesta Oulun kalatalouspiirin vuosikokouksessa 24.4.1987.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA

1. Melanen, Matti (toim.): Julkaiseminen vesi- ja ympäristöhallinnossa. Helsinki 1987.
2. Heikkilä, Raimo: Kyrönjoen deltan sedimenttitutkimus 1983 - 1985. Helsinki 1986.
3. Nyman, Kurt; Anttila, Marja-Eliisa; Lax, Hans-Göran & Sarvala, Jouko: Koskien pohjaeläimistö jokien laatuluokittelun perustana.
Nyman, Kurt; Anttila, Marja-Eliisa & Lax, Hans-Göran: Pohjaeläinnäytteenotto käsihaavilla virtaavasta vedestä. Helsinki 1986.
4. Vesistöhankeiden vaikutusten arviointi. Helsinki 1986.
5. Talsi, Tuija: Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1965 - 1984. Helsinki 1987.
6. Lax, Hans-Göran: Vattenkvalitet och longitudinell zonerings hos makrozoobentos i forsavnitt i Malax å (västra Finland). Helsinki 1987.
7. Korhonen, Markku & Oikari, Aimo: Järvisimpukka (*Anodonta piscinalis*) kloorifenolien ilmentäjänä Etelä-Saimaalla. Helsinki 1987.
8. Pitkänen, Heikki; Kangas, Pentti; Mieltinen, Veijo & Ekholm, Petri: The state of the Finnish coastal waters in 1979 - 1983. Helsinki 1987.
9. Forsius, Martin: Suomen järvien alueellinen happamuustilanne. Helsinki 1987.
10. Laikari, Hannu: Aktiivilietepuhdistamon pystyselkeyttimen lietepatjan simulointimalli. Helsinki 1987.
11. Palko, Jukka & Saari, Markus: Lapväartin-Isojoen vesistöalueella sijaitsevan Storsjön järvi kuivion happamat sulfaattimaat.
Palko, Jukka & Myllymaa, Urpo: Happamien sulfaattimaiden vesistövaikutuksista, esimerkkinä Limingan Tupoksen täydennyskuivatusalue.
Palko, Jukka; Räsänen, Matti & Alasaarela, Erkki: Luodon-Öjänjärven valuma-alueen maaperän ja vesistön happamuuskartoitus. Helsinki 1987.
12. Eloranta, Pertti: Hapro-projektin perifytonleviä koskevat tutkimukset vv. 1984 - 1985.
Huttunen, Pertti; Hovi, Arto & Hämäläinen, Heikki: Virtaavien vesien pohjaeläimet ja happamoituminen.
Kortelainen, Pirkko: Orgaanisen aineen vaikutus pintavesien happamuuteen - kirjallisuusselvitys. Helsinki 1987.
13. Nenonen, Marjaleena (toim.): Kemijärven tila ja kalatalous. Helsinki 1987.
14. Manninen, Pertti: *Gonyostomum semen* (Ehrenb.) Dies. Raphidophyceae kannan tiheys ja elinolosuhteet humuspitoisissa lammissa. Helsinki 1987.
15. Vesihuoltolaitokset 31.12.1986. Helsinki 1987.
16. Nybom, Carita: Vesikasvien poiston koetoiminta vuosina 1972 - 1986. Helsinki 1988.
17. Lax, Hans-Göran & Vainio, Taru: Återhämtning hos makrozoobentos i littoralen och på mjukbotten efter Eira olyckan.
Lax, Hans-Göran & Vainio, Taru: Akvarietest av responsen på olja och dispergeringsmedel hos *Lymnaea peregra* (mollusca).
Lax, Hans-Göran & Vainio, Taru: Raakaöljyn vaikutus *Lymnaea peregran* käyttäytymiseen akvaariokokeen perusteella. Helsinki 1988.
18. Heikkinen, Kaisa & Alasaarela, Erkki: Happamoituneiden vesistöjen neutralointi - kirjallisuuskatsaus. Helsinki 1988.
19. Palko, Jukka: Happamien sulfaattimaiden kuivatus ja kalkitus Limingan koekentällä 1984 - 1987. Helsinki 1988.
20. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. Helsinki 1988.
21. Palko, Jukka; Merilä, Eero & Heino, Soini: Maankuivatuksen suunnittelu happamilla sulfaattimailla. Helsinki 1988.
22. Pitkänen, Heikki; Puolanne, Juhani; Pietarila, Matti; Lääne, Ain; Loigu, Enn; Kuslap, Peep & Raia, Tiiu: Pollution load on the Gulf of Finland in 1982 - 1984. Helsinki 1988.
23. Airila, Jukka: Bishopin vakavuuslaskentamenetelmän integraaliratkaisu ja minimivarmuuskertoimen määrääminen gradienttimenetelmällä. Helsinki 1988.

24. Lätti, Mervi: Vesiensuojelu ja kansanliikkeet. Helsinki 1988.
25. Hynninen, Pekka: Veden laadun kehityksestä Kiiminkijoessa vuosina 1971 - 1985. Helsinki 1988.
26. Ruoppa, Marja & Ojala, Tiina: Ahventutkimukset Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden edustan merialueella vuosina 1984 ja 1985.
Nakari, Tarja & Ruoppa, Marja: Tervakoski Oy:n jätevesien vaikutuksista seeprakalan mätiin ja kuoriutuneisiin poikasiin sekä kirjolohien elintoi-
mintoihin.
Rekolainen, Seppo & Kauppi, Lea: Arvio Maatalous 2000 -komitean esittä-
mien toimenpiteiden vaikutuksista ympäristöön.
Pitkänen, Heikki & Kettunen, Ilppo: Sorannoston vaikutukset rannikkove-
sialueen tilaan: itäisen Suomenlahden, erityisesti Pyhtään edustan
vedenlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät. Helsinki 1988.
27. Heinonen, Pertti & Hongell, Harri: Oulun läänin Pyhäjärven rehevöitymi-
nen kesällä 1985.
Ranta, Eeva: Kuorasjärven ja Iso-Allasjärven vesikasvillisuus vuonna
1984. Helsinki 1988.
28. Vesihuoltolaitokset 31.12.1987. Helsinki 1988.
29. Reinikainen, Asta: Bioroottorit ja biosuodin asumisjäteveden käsittelys-
sä. Helsinki 1988.
30. Nyroos, Hannele: Veden laadun arviointi vesiensuojelun suunnittelussa.
Helsinki 1988.-
31. Heitto, Lauri: Vesikasvit ja ilmaperäinen happamoituminen suomalaisissa
metsäjärvisissä.
Huttunen, Pertti & Hämäläinen, Heikki: Purojen minimi-pH:n ennustaminen
pohjaeläinten avulla.
Meriläinen, Jarmo & Hynynen, Juhani: Happamien ja happamoitumiselle
herkkien metsäjärvien pohjaeläimistö.
Turkia, Jaana: Sedimentin piilevät ja järvien happamoituminen.
Helsinki 1989.
32. Mononen, Paula: Enso-Gutzeit Oy:n Pankakosken kartonkitehtaan erityis-
haittavaikutukset Lieksanjoessa.
Nakari, Tarja & Miettinen, Veijo: Enso-Gutzeit Oy:n Pankakosken karton-
kitehtaan jätevesien vaikutuksista 2-kesäisten kirjolohien (*Salmo*
Gairdneri R.) elintoi-
mintoihin ja vesikirpun (*Daphnia Magna* L.) poikas-
ten elinkykyyn. Helsinki 1989.
33. Lehtonen, Kari: Öljyn ja dispersantin vaikutuksista Merenkurkun sinisim-
pukoihin. Helsinki 1989.
34. Lakso, Esko; Lindroos, Sirpa & Weppling, Kjell: Neutralointiohjeet
happamien sulfaattimaiden valumavesille. Helsinki 1989.
35. Kännö, Sakari & Salonen, Erno: Kalastus, kalakannat ja istutusten
vaikutukset Kemijoen rakentamattomassa latvaosassa Savukoskella vuosina
1979 - 1985.
Kännö, Sakari & Anttinen, Pertti: Kemijoen vesistön suurimpien jokien
kalataloudellinen tila 1980-luvun alkupuolella. Helsinki 1989.
36. Marja-aho, Jari & Koskinen, Kirsti: Turvetuotannon vesistövaikutukset.
Helsinki 1989.
37. Siirala, Maisa (toim.): Tamnisaaren saaristoprojekti. Helsinki 1989.
38. Mäkinen, Päivi: Happamoituminen ja hapan pohjavesi haja-asutusalueiden
vesihuollon ongelmana. Helsinki 1989.
39. Vesilaitosten veden laatu vuonna 1987. Helsinki 1989.
40. Tolonen, Eira & Myllymaa, Urpo: Kiiminkijoen vesistöalueen järvien tila
ja käyttökelpoisuusluokitus. Helsinki 1989.
41. Siuntionjokineuvottelukunta: Siuntionjoen vesistön käytön ja suojelun
yleissuunnitelma. Helsinki 1989.
42. Vilhunen, Oili: Hankoa ympäröivän merialueen tila vuosina 1976 - 1986.
Helsinki 1989.
43. Vantaanjoen vesistön vesiensuojelun toimenpideohjelma. Helsinki 1990.
44. Jeltsch, Ulrich: Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Helsinki 1990.
45. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun Nurmes-
tutkimuksessa.

46. Heikkilä, Raimo: Vaasan läänin uhanalaiset suokasvit. Helsinki 1990.
47. Korkka-Niemi, Kirsti: Tutkimus kaivovesien happamoitumisesta Suomessa. Helsinki 1990.
48. Kauppi, Lea; Sandman, Olavi; Knuuttila, Seppo; Eskonen, Kristiina; Liehu, Anita; Luokkanen, Sinikka & Niemi, Maarit: Maankäytön merkitys vesien käytölle haitallisten sinileväkukintojen esiintymisessä. Helsinki 1990.
49. Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Orgaanisten aineiden merkityksestä ja pidättymisestä virtaavan veden ekosysteemissä.
Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Turvetuotannon typpikuormituksen vaikutuksista virtaavissa vesissä. Helsinki 1990.
50. Pitkänen, Heikki; Kangas, Pentti; Sarkkula, Juha; Lepistö, Liisa; Hällfors, Guy & Kauppila, Pirkko: Veden laatu ja rehevyys Itäisellä Suomenlahdella. Raportti vuosien 1987 - 88 tutkimuksista. Helsinki 1990.
51. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Suomenlahden öljyvahinko 1987. Helsinki 1990.
52. Levinen, Riitta: Puhdistamolietteen viljelykäytön edellytykset. Helsinki 1990.
53. Niemi, Reino A: Makrofytyt vesien tilan seurannassa. Helsinki 1990.
54. Lammassaari, Veikko: Uitto ja sen vesistövaikutukset. Helsinki 1990.
55. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin toiminnan suuntaviivat 1990-luvun alkupuoliskolla. Helsinki 1990.
56. Perälä, Jaakko & Reuna, Marja: Lumen vesiarvojen alueellinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1990.
57. Haja-asutuksen vedenhankinnan kehittäminen. Helsinki 1990.
58. Puustinen, Jukka: Typen merkitys rannikkovesien rehevöitymisessä. Helsinki 1990.
59. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Pohjanmaan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1990.
60. Saviranta, Leena & Katko, Tapio (toim.): Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen 1981 - 1990 Suomessa. Helsinki 1990.
61. Katko, Tapio (ed.): The international drinking water and sanitation decade 1981 - 1990 in Finland. Helsinki 1990.
62. YV-projekti: Kokemuksia osallistumisesta ja vaikutusten arvioinnista vesiensuojelun suunnittelussa. Helsinki 1990.
63. Antikainen, Sari; Smolander, Ulla & Järvinen, Olli: Näytteenottomenetelmän luotettavuus luonnonvesien raskasmetalliseurannassa. Helsinki 1990.
64. Saarela, Jouko: Kaivosjätteiden geoteknisistä ominaisuuksista ja ympäristövaikutuksista. Helsinki 1990.
65. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Vesien käyttö ja hoito 1990-luvulla Varsinais-Suomi ja Etelä-Satakunta. Helsinki 1990.
66. Mukherjee, Arun B: The use of chlorinated paraffins and their possible effects in the environment. Helsinki 1990.
67. Assmuth, Timo: Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset. Riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Helsinki 1990.
68. Porvoonjoen kuormitusselvitystyöryhmä; Lehtonen, Eija & Penttilä, Sirpa (toim.): Porvoonjoen kuormitusselvitys. Helsinki 1991.
69. Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri: Mikkelin läänin vesien hoito 1990-luvulla. Helsinki 1991.
70. Louekari, Kimmo; Saarikoski, Heli & Joki-Kokko, Eeva: Kadmium ympäristössä. Helsinki 1991.
71. Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Pohjanmaan vedet ja ympäristö. Helsinki 1991.
72. Freindling, Alexander & Heitto, Lauri: Primary production of inland waters. Helsinki 1991.
73. Pennanen, Jussi: Toutain Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen järjestelyn vaikutusalueella. Helsinki 1991.
74. Hildén, Mikael; Hakaste, Tapio; Korhonen, Pekka & Rahikainen, Eljas: Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen kalatalouden intrinssi-analyysi. Helsinki 1991.
75. Ihme, Raimo; Heikkinen, Kaisa & Lakso, Esko: Pintavalutus turvetuotanto-alueiden valumavesien puhdistuksessa. Helsinki 1991.

76. Pasanen, Jaana: Öljyisen maan ja jätteen mikrobiologinen puhdistus. Helsinki 1991.
77. Ihme, Raimo; Isotalo, Lauri; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa.
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä.
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvetuotantoalueiden kuorituksen pidättäminen sarkaojiin. Helsinki 1991.
78. Rantala, Aulis (toim.): Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Helsinki 1991.
79. Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnittelun työryhmä; Hynninen, Pekka (toim.): Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1991.
80. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Suomen kehittyvät vesivarat. Helsinki 1991.
81. Haapala, Kirsti: Luonnonvesien ja jätevesien kiintoainemäärityksen ongelmista. Helsinki 1991.



ISBN 951-47-4728-3
ISSN 0786-9592