

RAIMO IHME, LAURI ISOTALO, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **TURVESUODATUS TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN PUHDISTUKSESSA**

English summary: Purifying runoff water from peat production areas by peat filtration

RAIMO IHME, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **LASKEUTUSALTAIDEN TOIMIVUUDEN PARANTAMINEN TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN KÄSITTELYSSÄ**

English summary: Development of the sedimentation basin structures for purifying runoff water from peat production areas

RAIMO IHME, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **TURVETUOTANTOALUEIDEN KUORMITUKSEN PIDÄTTÄMINEN SARKAOJIIN**

English summary: Purifying runoff water from peat production areas by field ditch structures



RAIMO IHME, LAURI ISOTALO, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **TURVESUODATUS TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN PUHDISTUKSESSA**

English summary: Purifying runoff water from peat production areas by peat filtration

RAIMO IHME, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **LASKEUTUSALTAIDEN TOIMIVUUDEN PARANTAMINEN TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN KÄSITTELYSSÄ**

English summary: Development of the sedimentation basin structures for purifying runoff water from peat production areas

RAIMO IHME, KAISA HEIKKINEN & ESKO LAKSO

## **TURVETUOTANTOALUEIDEN KUORMITUKSEN PIDÄTTÄMINEN SARKAOJJIIN**

English summary: Purifying runoff water from peat production areas by field ditch structures

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

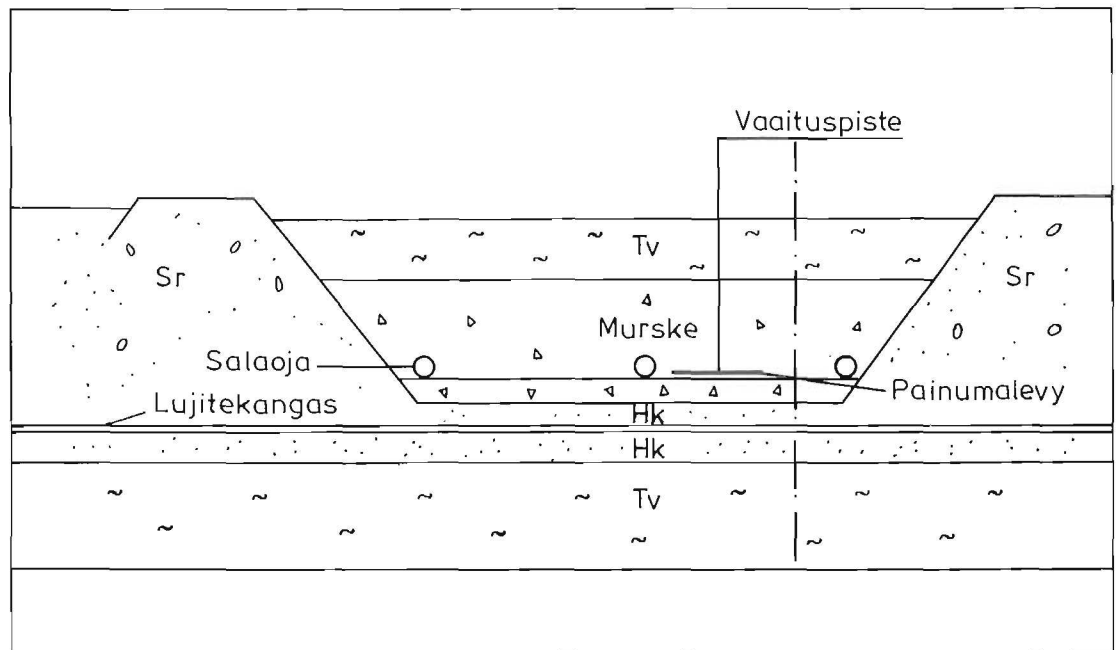
VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:  
Valtion painatuskeskus, PL 516, 00101 Helsinki  
puh. (90) 56 601/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-4721-6  
ISSN 0786-9592

HELSINKI 1991

Valtion painatuskeskus  
Pasilan VALTIMO  
Helsinki 1992

TURVESUODATUS TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN  
PUHDISTUKSESSA



Raimo Ihme  
Lauri Isotalo  
Kaisa Heikkinen  
Esko Lakso



Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

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

Raimo Ihme, Lauri Isotalo, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa  
(Rening av avrinningsvatten från torvproduktionsfält med hjälp av torvfilter)Julkaisun laji

Tutkimusraportti

ToimeksiantajaToimielimen asettamispvmmJulkaisun osatTiivistelmä

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa -ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesi- ja ympäristöviranomaisten, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Turvesuodatus oli yksi projektissa tutkittu uusi menetelmä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa turvesuodattimen puhdistuskyvystä, suunnittelu- ja mitoitusarvoista sekä rakentamisesta ja hoidosta. Tutkimuksessa selvitettiin ensisijaisesti, miten turvesuodattimella saadaan poistettua turvetuotannon valumavedestä kiintoainetta. Lisäksi saatiin tietoa turvesuodattimen käyttökelpoisuudesta liukoisten orgaanisten aineiden ja ravinteiden poistossa olosuhteissa, joissa turvesuodattimeen johdetaan suuria vesimääriä.

Vuosina 1987 - 1989 tehtyjen laboratoriolokokeiden ja täysimittakaavaisten kenttäkokeiden mukaan turvesuodatuksella saadaan poistettua valumavedestä kiintoainetta varsin hyvin. Suodattimen käyttökelpoisuutta rajoittaa kuitenkin verraten nopea tukkeutuminen. Vähän maatonut karkearakeinen rahkapalaturve on parempi suodatinmateriaali kuin jyrshinturve. Jatkossa pitäisi kehittää taloudellinen koneellinen menetelmä, jolla suodattimen tukki-va kiintoaine voidaan poistaa turpeen pinnalta. Orgaanisia aineita ja ravinteita saatiin suodattimella poistettua vähemmän kuin kiintoainetta. Varsinkin fosforipitoisuudet saattoivat lisääntyä turvesuodattimessa.

Asiasanat (avainsanat)

Turvetuotanto, vesistöt, kuormitus, vesiensuojeluteknikka, turvesuodatus

Muut tiedotSarjan nimi ja numeroVesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja  
- sarja A77ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

s. 5 - 116

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)

Raimo Ihme, Lauri Isotalo, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Publikation (även den finska titeln)

Rening av avrinningsvatten från torvproduktionsfält med hjälp av torvfilter  
(Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa)

Typ av publikation

Forskningsrapport

UppdragsgivareDatum för tillsättandet av organetPublikationens delarReferat

På grund av den ökande torvproduktionen inleddes våren 1987 forskningsprojektet "Utveckling av vattenskyddsteknik för torvproduktionen". Projektet genomfördes som ett samarbete mellan handels- och industriministeriet, torvproducenter, vatten- och miljömyndigheterna, byggnadslaboratoriet vid Statens tekniska forskningscentral och Uleåborgs universitet. Uppgiften var att utveckla metoder som så effektivt som möjligt minskar vattendragsbelastningen från en torvmyr i de olika faserna av beredning och produktion. Ett annat mål var att förbättra befintliga metoder. Den andra nya metoden som studerades i projektet var användningen av torvfilter.

Målet för denna undersökning var att klarlägga hur ett torvfilter lämpar sig för rening av avrinningsvatten från torvproduktionsfält. Man ville ha reda på torvfiltrets reningskapacitet, vilka värden som skall användas vid planering och dimensionering och hur filtret skall anläggas och underhållas. Det primära målet var att klarlägga hur suspenderade ämnen kan avskiljas ur avrinningsvattnet från torvproduktionsfälten. Dessutom fick man kunskap om ett torvfilters effekt vid avskiljning av lösliga organiska ämnen och näringsämnen när stora vattenmängder leds genom torvfiltret.

De laboratorieprov och fältprov i full skala som gjordes 1987 - 1989 visar att ett torvfilter mycket effektivt avskiljer suspenderade ämnen ur avrinningsvattnet. Filtrets användbarhet begränsas dock av att det tåpps till rätt snabbt. Lätt humifierad grovkornig vitmosstorv är ett bättre filtermaterial än fräs-torv. I fortsättningen bör man utveckla en ekonomisk maskinell metod för att avlägsna suspenderade ämnen från torvfiltrets yta. Filtret avskilde organiska ämnen och näringsämnen sämre än suspenderade ämnen. I synnerhet fosforhalten kunde öka i torvfiltret.

Nyckelord

Torvproduktion, vattendragsbelastning, vattenskyddsteknik, vattenvård, teknologi, torvfilter

Övriga uppgifterSeriens namn och nummer

Vatten- och miljöförvaltningens publikationer  
- serie A77

ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Sideantal

s. 5 - 116

Språk

Finska

PrisSekretessgrad

Offentlig

Distribution

Statens tryckericentral  
PB 516, 00101 Helsingfors

Förlag

Vatten- och miljöstyrelsen  
PB 250, 00101 Helsingfors



Published by  
National Board of Waters and the Environment

Date of publication

Author(s)  
Raimo Ihme, Lauri Isotalo, Kaisa Heikkinen & Esko Lakso

Title of publication  
Purifying Runoff Water from Peat Production Areas by Peat Filtration

Type of publication                      Commissioned by  
Research report

Parts of publication

Abstract

A research project "Development of water pollution control technology in peat mining", to be carried out jointly by the Ministry of Trade and Industry, the peat producers, the water and environment authorities, the Building Laboratory of the Technical Research Centre of Finland and the University of Oulu, was set out in spring 1987 as a result of the expansion in peat mining. The aim was to develop methods which would provide the most effective way of reducing the watercourse loading coming from mires at the various stages of preparation and mining, and to improve the methods already in use. The new method examined in the project was the peat filtration.

The aim of the present research project was to examine the applicability of peat filtration to the purification of peat mining water and to obtain data on the purification capacity of peat filters, their planning, dimensioning, construction and maintenance. The main question examined was the removal of suspended matter from the runoff water in addition to which the practicability of peat filter for the removal of soluble organic matter and nutrients has also been examined.

Laboratory and full-scale investigations in 1987 - 1989 indicated that good results can be achieved in suspended matter removal from the peat mining water by peat filtration. The results also, however, showed that clogging is a major problem affecting the use of peat filters for the purification of peat mining water. In this respect coarse-grained Sphagnum raw peat of low humification was considered to be a better filter material than milled peat. An economic mechanical method still needs to be developed for removing suspended matter from the peat surface in order to prevent clogging. The results for organic matter and nutrient removal were poorer than those for suspended matter removal. Especially phosphorus content of peat mining water could increase in peat filters.

Keywords

Peat production, water pollution load, water pollution, pollution control technology, peat filtration

Other information

Series (key title and no.)  
Publications of the Water and Environment  
Administration - series A77

ISBN  
951-47-4721-6

ISSN  
0786-9592

Pages  
pp. 5 - 116

Language  
Finnish

Price

Confidentiality  
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

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, vesiviranomaisten, turvetuottajien, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Tämä tutkimus oli yksi osaprojekti.

Tutkimuksen päärahoittajina toimivat kauppa- ja teollisuusministeriö, vesi- ja ympäristöhallitus sekä turvetuottajat.

Tutkimuksia valvoi ja ohjasi työryhmä, johon kuuluivat professori Seppo Mustonen (puh.joht.), ylitarkastaja Raija Pikku-Pyhältö (7.11.1989 - 31.12.1990), ylitarkastaja Aimo Aalto, ylitarkastaja Seppo Oikarinen (1.3.1987-7.4.1989), ylitarkastaja Tarja-Liisa Perttala (7.4.-7.11.1989), DI Antti Lehtinen (projektin vastuullinen johtaja), limnologi Pirkko Valpasvuo-Jaatinen, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Mauno Rönkkömäki, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Altti Luoma (6.4.1988 - 31.12.1990), toimitusjohtaja Raimo Sopo (7.4.1989 - 31.12.1990), toimitusjohtaja Keijo Sahrman (1.3. - 7.4.1989), ympäristönsuojelupäällikkö Pirkko Selin, aluejohtaja Juhani Hakkarainen, tutkimuspäällikkö Harry Uosukainen (6.4.1988-31.12.1990), tekninen johtaja Matti Uusimäki (1.3.1987-6.4.1988), FM Jukka Nyrönen, valtion geologi Eino Lappalainen (7.4.1989 - 31.12.1990) ja apulaisprofessori Esko Lakso (sihteeri). Käytännön töitä ohjasi työryhmä, johon kuuluivat johtoryhmästä Esko Lakso (puh.joht.), Aimo Aalto, Pirkko Selin, Harry Uosukainen ja Antti Lehtinen sekä lisäksi toimialapäällikkö Erkki Alasaarela (1.12.1988-31.12.1990), ylitarkastaja Urpo Myllymaa (1.3.-6.11.1987), toimialapäällikkö Martti Seppälä, suunnittelupäällikkö Kari Väisänen (6.4.1988 - 31.12.1990) ja toimialapäällikkö Matti Lehtimäki. Työryhmän kokouksiin ja tutkimuksiin osallistuivat myös toimialapäällikkö Juha Kauto ja insinööri Kari Arola. Projektin teknisenä asiantuntijana toimi DI Raimo Ihme ja luonnontaloudellisena asiantuntijana FL Kaisa Heikkinen (1.1.1989 - 31.12.1990) sekä FK Kirsti Koskinen (1.3.1987 - 31.8.1988). Projektin asiantuntijat osallistuivat myös johto- ja työryhmän kokouksiin. Johtoryhmä valvoi myös MML Tapani Sallantauksen tutkimuksia (6.4.1988 - 31.12.1990). Tutkimustoimintaan osallistui myös lukuisia muita henkilöitä, jotka ovat ratkaisevasti edistäneet työn toteutumista.

Kiitämme lämpimästi kaikkia edellä mainittuja ja kaikkia muita tutkimukseen osallistuneita hyvästä yhteistyöstä.

Oulussa, helmikuussa 1991

## S I S Ä L L Y S

	Sivu
ALKUSANAT .....	8
1 JOHDANTO .....	11
2 TURVESUODATUKSEN TEOREETTISET PERUSTEET .....	12
2.1 Turpeen ominaisuuksia .....	12
2.2 Turpeen käyttö veden puhdistuksessa .....	14
2.3 Suodatusprosessiin vaikuttavat tekijät .....	15
3 KOKEMUKSIA TURVESUODATTIMEN KÄYTÖSTÄ .....	19
3.1 Turvesuodatin turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa .....	19
3.1.1 Laatikkosuodatin .....	19
3.1.2 Sarkaojasuodatin .....	19
3.1.3 Maapohjainen turvesuodatin .....	20
3.2 Turpeen käyttö jäteveden puhdistuksessa ja yli- jäämälietteen kuivauksessa .....	21
3.2.1 Ylijäämälietteen kuivaaminen turvepohjaista liete- lavaa käyttäen .....	21
3.2.2 Turvesuodatin kalanviljelylaitoksen lieteveden käsittelymenetelmänä .....	24
3.2.3 Turvesuodatus asutuksen jätevesien käsittelyssä .	26
4 TURVESUODATTIMEN PIENOISMALLI .....	30
4.1 Aineisto ja menetelmät .....	30
4.1.1 Pienoismallin rakenne ja koejärjestelyt .....	30
4.1.2 Suodatinturpeen laatu, paksuus ja tutkitut pinta- kuormat .....	33
4.1.3 Vesianalyysit .....	34
4.1.4 Suodattimen toimivuuteen liittyvät tutkimukset ..	35
4.2 Tulokset .....	35
4.2.1 Veden laatu .....	35
4.2.2 Vesi- ja kiintoainemäärät sekä suodattimen tukkeutuminen .....	36
4.2.3 Puhdistustulokset .....	38
4.3 Tulosten tarkastelu .....	40
4.3.1 Veden laatu .....	40
4.3.2 Vesi- ja kiintoainemäärät sekä suodattimen tukkeutuminen .....	41
4.3.3 Turvesuodattimen puhdistusteho .....	42
4.3.4 Turvesuodattimen mitoitus .....	43
5 TURVESUODATUS KÄYTÄNNÖN OLOSUHTEISSA .....	44
5.1 Aineisto ja menetelmät .....	44
5.1.1 Tutkimusalue .....	44
5.1.2 Turvesuodattimen rakenne ja koejärjestelyt .....	44
5.1.2.1 Koealueen perustaminen .....	44
5.1.2.2 Turvesuodattimen rakenne .....	45
5.1.2.3 Pumppaamo .....	45

5.1.3	Rakentaminen ja sen aikana tehdyt tutkimukset ...	49
5.1.3.1	Kesällä 1987 tehdyt työt ja tutkimukset .....	49
5.1.3.2	Talvella tehdyt työt ja tutkimukset .....	50
5.1.3.3	Suodatinlaitteiden rakentaminen syksyllä .....	51
5.1.4	Suodatinturpeen laatu, paksuus ja tutkitut pinta- kuormat .....	52
5.1.5	Vesianalyysit .....	53
5.1.6	Turvetutkimukset .....	54
5.1.7	Sademäärät .....	54
5.2	Tulokset .....	54
5.2.1	Sademäärät .....	54
5.2.2	Koealueen maaperä .....	54
5.2.3	Routakerros .....	54
5.2.4	Painumat .....	56
5.2.5	Pohjaveden korkeus .....	56
5.2.6	Turvesuodattimen rakentaminen .....	57
5.2.7	Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....	58
5.2.8	Vesi- ja ainemäärät .....	60
5.2.8.1	Vesi- ja kiintoainemäärät ja suodattimen tukkeu- tuminen .....	60
5.2.9	Puhdistustulokset .....	62
5.2.9.1	Jyrsinturvesuodatin .....	62
5.2.9.2	Palaturvesuodatin .....	74
5.2.10	Suodatetun veden laatu .....	84
5.3	Tulosten tarkastelu .....	85
5.3.1	Turvesuodattimen rakentaminen .....	85
5.3.2	Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....	86
5.3.3	Keskimääräinen kuormitus .....	88
5.3.4	Vesi- ja kiintoainemäärä ja suodattimen tukkeu- tuminen .....	88
5.3.5	Turvesuodattimen puhdistusteho .....	91
5.3.5.1	Kiintoaine .....	91
5.3.5.2	Orgaaniset aineet .....	92
5.3.5.3	Typpi .....	93
5.3.5.4	Fosfori .....	95
5.3.5.5	Rauta .....	97
5.3.5.6	Suodatinturpeen laadussa tapahtuneet muutokset ..	97
5.3.5.7	Turvelajin, turvekerroksen paksuuden ja pinta- kuorman vaikutus puhdistustulokseen .....	98
5.3.6	Suodatetun veden laatu .....	99
5.3.7	Suodattimen toimivuus .....	99
5.3.8	Turvesuodattimen mitoitus ja soveltuvuus käy- töntöön .....	100
6	JATKOTUTKIMUSTARVE .....	102
7	YHTEENVETO .....	102
	SUMMARY .....	107
	KIRJALLISUUS .....	112

## 1 J O H D A N T O

Turpeen käyttö energiantuotannossa on kasvanut Suomessa nopeasti. Vuonna 1986 oli tuotannossa noin 43 000 ha soita. Näiltä alueilta nostettiin turvetta yli 20 miljoonaa kuutiota. Huomattava osa maamme turvevaroista sijaitsee Oulun läänissä, missä tuotettiin vuonna 1988 turvetta lähes 10 000 ha:n alueella. Tiedossa olevien turpeen käytön laajennushankkeiden vuoksi tuotantoalan on arvioitu kaksinkertaistuvan lähivuosina. Turpeen käytön kehityksen enimmäisarvion mukaan soita olisi kuivatettava ja valmistettava tuotantoon jatkuvasti, keskimäärin 5 000 - 7 000 ha vuodessa (Komiteanmietintö 1987).

Turvetuotannon seurauksena muuttuvat sekä valumavesien määrä että laatu. Kiintoainetta huuhtoutuu vesistöön turvetuotantoalueilta etenkin runsaan valunnan aikana. Myös liukoisen humuksen ja ravinteiden huuhtoumat voivat lisääntyä. Etenkin ammoniumtyypeä huuhtoutuu runsaasti luonnonhuuhtoumaan verrattuna. Turvetuotanto voi olla myös fosforikuormittajana paikallisesti merkittävä.

Turvetuotantoalueelta valuvia vesiä on puhdistettu nykyisin lähinnä laskeutusaltaiden avulla. Lisäksi kuormitusta on pyritty pienentämään rakentamalla sarkaojat mahdollisimman loiviksi. Sarkaojien alapäähän on rakennettu usein sarkaoja-altaat ja päisteputkipidättimet. Käytössä olevilla vesiensuojelurakenteilla ei kuormitusta, varsinkaan ravinnekuormitusta, ole voitu aina pienentää riittävästi.

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin vuonna 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesi- ja ympäristöhallinnon ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion yhteistyönä. Projektin tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tavoitteena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Uusia menetelmiä olivat pintavalutus ja turvesuodatus. Tutkimuskohteet sijaitsevat Oulun läänissä.

Turvesuodatuksen soveltuvuutta turvetuotantoalueelta valuvan veden puhdistamiseen ovat alustavasti tutkineet Selin ym. (1985). Turvetta käytettiin suodatusmateriaalina laatikkosuodattimessa, sarkaojasuodattimessa ja maapohjaisessa suodattimessa. Laatikkosuodattimen todettiin olevan käytäntöön soveltumaton. Sarkaojasuodattimen todettiin olevan huolellisesti hoidettuna tehokas kiintoaineen pidättäjä. Suodatinta on kuitenkin seurattava viikottain. Maapohjaisen turvesuodattinaltaan käyttöä haittasi suodattimen tukkeutuminen.

Suomessa turvesuodattimia (turvepohjainen lietelava) on käytetty myös jätevedenpuhdistamoiden ja kalankasvatuslaitosten ylijäämälietteiden kuivaukseen (Tiitto 1979, Kaunismaa ym. 1987, Selänne ym. 1983). Turvesuodattimet pidätti-

vät ylijäämälietteestä fosforia, typpeä, orgaanisia aineita ja kiintoainetta yli 90 %.

Turvesuodatuksen soveltuvuutta asutuksen jätevesien puhdistamiseen on tutkittu etenkin USA:ssa (Farnham ja Brown 1972, Osborne 1975, Nichols ja Boelter 1982, Brooks ym. 1984). Menetelmällä voidaan näistä vesistä poistaa varsin tehokkaasti kiintoainetta, orgaanisia aineita, bakteereita, fosforia ja typpeä. Se soveltuu parhaiten pienten jätevesimäärien puhdistukseen. Ulkomaisissa tutkimuksissa on runsaasti arvokasta tietoa turvesuodattimien rakentamisesta ja mitoituksesta sekä syistä, jotka vaikuttavat eri ravinteiden pitoisuuksien alenemiseen suodatuksissa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää turvesuodatuksen soveltuvuus turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Tarkoituksena oli saada tietoa turvesuodattimen puhdistuskyvystä, suunnittelu- ja mitoitusarvoista sekä rakentamisesta ja hoidosta. Tutkimuksessa selvitettiin ensisijaisesti, miten turvesuodattimella saadaan poistettua valumavedestä kiintoainetta. Lisäksi tutkittiin turvesuodattimen käyttökelpoisuutta liukoisten orgaanisten aineiden ja ravinteiden poistossa olosuhteissa, joissa turvesuodattimelle johdetaan suuria vesimääriä, suurimmillaan  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  suodattimen neliometriä kohti, ja puhdistettavan veden kiintoainepitoisuus on suuri.

Vuosina 1988 ja 1989 tehtiin tutkimuksia Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa, jonne rakennettiin pienoismalli turvesuodattimesta. Pienoismallin avulla selvitettiin turvesuodattimen eri rakennevaihtoehtoja ja määritettiin alustavat suunnittelu- ja mitoitusarvot täysimittakaavaisen turvesuodattimen rakentamista varten. Täysimittakaavaiset kenttätutkimukset tehtiin Haapaveden kunnassa sijaitsevalla Piipsannevan turvetuotantoalueella vuosina 1988 ja 1989. Pääosa pienoismallitutkimuksista tehtiin ennen kenttätutkimuksia, mutta osa kokeista tehtiin samanaikaisesti laboratorio- ja kenttäolosuhteissa.

## 2 TURVESUODATUKSEN TEOREETTISET PERUSTEET

### 2.1 TURPEEN OMINAISUUKSIA

Turpe on muodostunut orgaanisista kasvinjäänteistä ja se koostuu pääasiassa vaikeasti hajoavista hemiselluloosasta, selluloosasta ja ligniinistä.

Turpeet luokitellaan kasvijäännöskoostumuksen perusteella. Kukin kasvilajiryhmä antaa muodostamalleen turpeelle omat ominaisuutensa. Tärkeimmät turvetta muodostavat kasviryhvät ovat rahkasammalet, lehtisammalet ja sarat. (Puustjärvi 1971). Turpeen seassa voi olla jätteitä myös puumaisista kasveista.

Rahkasammalen tärkeimmät osat ovat lehdet ja varret. Rahkasammalsolukon muodostavat joko lehtivihreälliset tai lehtivihreättömät elävät solut sekä ilmaa tai vettä sisältävät kuolleet vesi- eli rahkasolut. Rahkasolut ovat ohutseinäisiä, laajaonteloisia soluja, joiden tehtävänä on imeä ja johtaa vettä. Rahkasammalen solujen seinämissä on rengasmaisia, kierteisiä tai levymäisiä vahvennoksia. Täten solut eivät painu kokoon, vaan ne pystyvät vielä turpeen maatumisvaiheessakin imemään ja kuljettamaan vettä. Rahkasammalen lehti- ja varsisolut ovat pintaaktiivisia, joten ne pystyvät pidättämään ravinteita (Puustjärvi 1971).

Sarat ovat rahkasammalien jälkeen tyypillisimpiä suokasveja ja tärkeimpiä turpeen muodostajia. Sarojen hajotesa niistä jää jäljelle lähinnä vain juurihuovasto, joka ei pidätä vettä eikä ravinteita yhtä hyvin kuin rahkasammalturve. Saraturve on vettä läpäisevää. Sarat saattavat kuohkeuttaa rahkasammalturvetta ja pitävät sen karkeana (Puustjärvi 1971).

Lehtisammalturpeella veden ja ravinteiden varastointikyky ei ole yhtä hyvä kuin rahkasammalturpeella (Puustjärvi 1971).

Turpeen maatumisaste määritetään yleensä von Post'in menetelmällä. Maatumisaste eli H-arvo ilmoitetaan siinä 10-asteikolla. H 1 tarkoittaa hajoamatonta kasviainesta ja H 10 täydelleen maatunutta turvetta. Vähän maatuneissa turpeissa kasvijäännökset ovat silmin nähtävissä. Sen sijaan pitkälle maatuneen turpeen kasvijäännökset näkyvät vain mikroskoopilla.

Maatumisasteen kohotessa turpeen vedenläpäisevyys pienenee jyrkästi. Täysin maatunut turve on melkein vettä läpäisemätöntä. Heikosti maatunut turve läpäisee vettä melko hyvin. Luonnontilaisilla soilla tapahtuu pääasiallinen virtaus vain ohuessa pintakerroksessa, sillä virtausnopeus on turpeessa, jonka maatumisaste on H 4, vain 2 - 4 % maatumattoman turpeen virtausnopeudesta.

Turvemaat ovat yleensä happamia ja niiden pH on 3,5 - 5,0. Kalkkirikkailla soilla, mm. eräillä letoilla, voi turpeen pH kuitenkin kohota jopa lähelle neutraalia (Heikurainen 1980).

Turpeet ovat yleensä vähäravinteisia. Ravinteisuus on riippuvainen turvelajista, maatuneisuudesta ja paikallisista olosuhteista. Rahkaturve on vähäravinteisempi kuin muut turvelajit. Kivennäismaihin verrattuna turpeen typpipitoisuus on verraten korkea. Typpipitoisuus on yleensä suurempi turpeen syvemmissä kerroksissa kuin pintaosissa. Rahkaturpeessa typpipitoisuus kasvaa 0,82 %:sta 1,72 %:iin maatumisasteen muuttuessa H 2 - H 8. Suurin osa turpeen typestä on sitoutunut vaikeasti hajoaviin orgaanisiin yhdisteisiin. Fosforia on turpeessa yleensä vain 0,01-0,04 % kuiva-aineesta. Fosforia on eniten suon pintaosien vähän hajonneessa turpeessa. Fosfori on turpeessa osaksi

orgaanisesti sitoutunut. Se muodostaa myös vaikealiukoisia yhdisteitä raudan, alumiinin ja kalkin kanssa.

## 2.2 TURPEEN KÄYTTÖ VEDEN PUHDISTUKSESSA

Turvetta käytetään vesien puhdistuksessa ensisijaisesti mekaanisena suodattimena, biologisena suodattimena, pinta-aktiivisena aineena, kationinvaihtajana, veden pidättäjänä ja haihduttavana pintana (Puustjärvi 1971).

Mekaaninen suodatusvaikutus perustuu turpeen huokoisuuteen. Maatumattoman rahkasammalturpeen hiukkaskoko määräytyy suurelta osin sammalien lehtien koon mukaan. Puustjärvi (1971) on esittänyt rahkasammalturpeen huokoskooksi 0,05-0,15 mm. Turpeen vedenläpäisykyky riippuu huokoskoosta sekä turpeen pintaan kohdistuvasta paineesta. Heikosti maaton turve läpäisee vettä hyvin ja täysin maaton turve huonosti. Käytettäessä turvetta mekaanisena suodattimena siihen kasautuvat aineet pienentävät huokoskokoja ja vedenläpäisevyyttä.

Biologinen suodatusvaikutus perustuu turpeen pieneliöstön ravinteiden käyttöön. Pieneliöstö käyttää helposti hajoavaa orgaanista ainesta energian lähteenä muodostaessaan uutta biomassaa. Mikrobit ottavat lisäksi ympäristöstään (esimerkiksi puhdistettavasta vedestä) typpeä ja fosforia. Ravinteiden sitoutumiselle mikrobeihin on suotuisin ympäristö turpeen aerobinen osa (Clymo 1983). Tämän vuoksi turvesuodattimien turpeen ylin kerros pidetäänkin yleensä aerobisena (Brown ja Farnham 1976). Vaikka mikrobien elinikä on lyhyt, niiden kuollessa voi syntyä vaikeasti hajoavia orgaanisia aineita. Tältä osin sitoutuminen mikrobeihin johtaa ravinteiden pysyvään pidättymiseen. Yhtenä turpeen biologisena suodatusvaikutuksena voidaan pitää myös turpeen anaerobisessa osassa tapahtuvaa denitrifikaatiota, jonka kautta typpeä poistuu turvesuodattimesta ilmakehään.

Turpeen pinta-aktiivisuus perustuu molekyylien välisiin koheesiovoimiin, jotka saavat aikaan fysikaalisen adsorption. Mitä suurempi on kiinteän aineen ulkopinta painoyksikköä kohden, sitä tehokkaammin se pidättää pinnoilleen molekyyliä ja erilaisia muita hiukkasia. Rahkasammaleen ulkopinta on noin  $200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ . Pinta-aktiivisuus on suurin kuivassa turpeessa. Kosteassa turpeessa hiukkasten pintaan on kiinnittynyt vesimolekyyliä, eikä se tällöin enää juuri pysty sitomaan muita hiukkasia.

Turpeen kationinvaihto-ominaisuudet ovat hyvät. Turvehiukkasten pinnalla on karboksyyli-ryhmiä ja fenolisia hydroksyyli-ryhmiä. Nämä antavat turpeelle heikon hapon luonteen. Kationinvaihtokapasiteetti määräytyy siis mm. pH:n mukaan. Se on suurempi neutraalissa ja emäksisessä kuin happamassa ympäristössä (Belkevich et al. 1976). Kationinvaihtokapasiteetti on pH 7:ssä  $100 - 400 \text{ me } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Kationi pidättyy sitä voimakkaammin mitä kor-



keampi on kationin valenssi. Niinpä esimerkiksi rauta ja alumiini pidättyvät erittäin voimakkaasti, mutta yksiarvoiset kationit, kuten natrium ja kalium, melko heikosti (Puustjärvi 1971). Erityisesti rahkaturpeen kationinvaihtokapasiteetti on suuri (Clymo 1983).

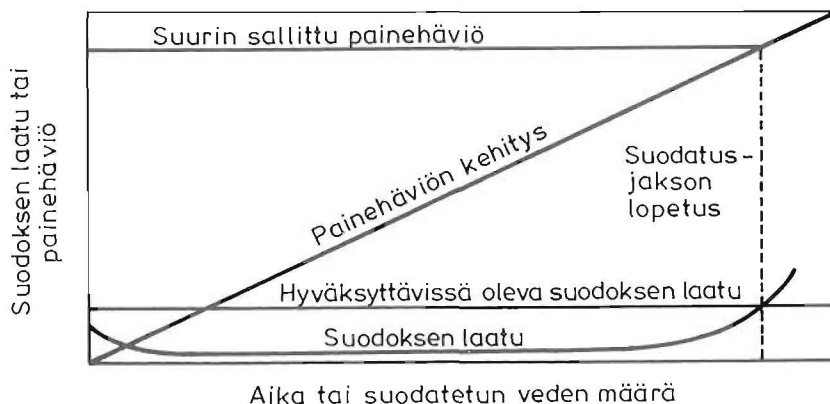
Turpeen vedensitomiskyky perustuu toisaalta seinämävahvennoksien varustettujen rahkasolujen sisäiseen kapillaarisysteemiin ja toisaalta ulkopintojen aikaansaamaan ulkoiseen kapillaarisysteemiin. Turpeen painoyksikköä kohden laskien pintaturve sitoo 11 - 13 -kertaisen määrän painonsa vettä. Vettä haihtuu turpeesta huomattavasti enemmän kuin kivennäismaasta.

Turve on vaikeasti hajoavaa. Tämän vuoksi turvesuodattimet voivat olla kauan käyttökelpoisia. Esimerkiksi erään asutuksen jätevesien puhdistukseen suunnitellun turvesuodattimen käyttöikäksi arvioitiin 10 vuotta (Farnham ja Brown 1972).

### 2.3 SUODATUSPROSESSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Turvesuodatuksella pyritään kiintoaineen, ravinteiden ja liuenneiden aineiden poistoon puhdistettavasta vedestä. Kiintoainepartikkelit ja sen mukana kulkeutuvat ravinteet pidättyvät turpeen pintakerrokseen. Ravinteita pidättyy myös fysikaalis-kemiallisten ja biologisten prosessien kautta turpeeseen.

Kun turpeen varastointikapasiteetti on käytetty loppuun eli kun turve ei enää pidätä ravinteita, vaan päästää niitä yhä enenevässä määrin lävitseen, tai kun kiintoainepartikkelit ovat tukkineet suodattimen siinä määrin, että suotimelle sallittu suurin painehäviö on saavutettu, on suodatus lopetettava ja suodatin kunnostettava. Ravinteiden pidätyskyvyn heikkeneminen edellyttää turpeen vaihtoa. Kiintoainetta täytyy poistaa suodattimen pinnalta. Ideaalitapauksessa suurimman sallitun painehäviön saavuttaminen ja partikkeleiden tunkeutuminen suotimen läpi tapahtuvat samanaikaisesti (kuva 1).

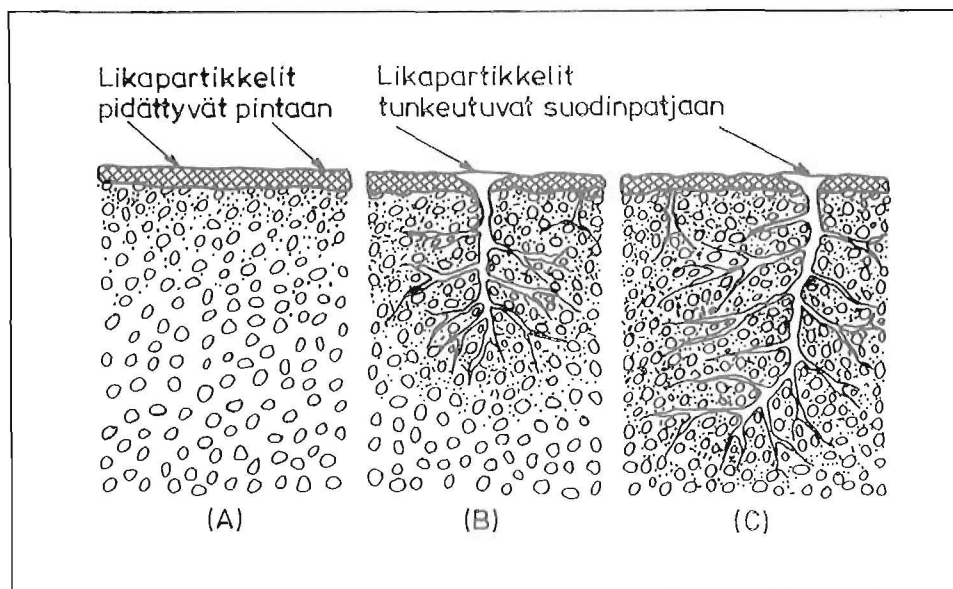


Kuva 1. Suodatusjakson pituuden määräytyminen sallitun painehäviön ja suodoksen laadun mukaan (Tebbut 1971).

Suunniteltaessa partikkelien poistoa suodatuksella on otettava huomioon eri tekijät siten, että saadaan korkealaatuista suodosta ja suodosjakso on riittävän pitkä. Näihin tekijöihin vaikuttaa mm. lietepartikkeleiden tunkeutumistapa suodinmateriaaliin (kuva 2).

Jos suodinaine on pinnastaan hienorakeista tai lietepartikkelit huonosti särkyviä, pidättyvät partikkelit suodinaineen pintakerrokseen aiheuttaen tiiviiksi iskostuneen pintakerroksen tai nopean painehäviön kasvun (kuva 2 a). Edullisin tilanne syntyy, kun aluksi pintaan kerääntynyt flokki särkyä ja alkaa painua syvemmälle suodinaineeseen johonkin suureen huokoskanavaan keskittyvän nopean vesivirran mukana (kuva 2 b). Virtauksen ollessa nopea partikkelit eivät kiinnity suodinaineeseen, mutta huokoskanavan mutkittelussa ja haaroittuessa virtausnopeus pienenee ja pidättymistä alkaa tapahtua. Lietepartikkeleiden levitessä koko suodinkerrokseen painehäviö kasvaa hitaammin ja suodatusjakso pitenee. Partikkeleiden tunkeutumissyvyys voi olla myös liian suuri, jolloin suodoksen laatu heikenee nopeasti (kuva 2 c).

Suodatuksen onnistumiseen vaikuttavat monet tekijät. Osa näistä tekijöistä, kuten suodatettavan veden ominaisuudet, ovat sellaisia, joihin suunnittelulla voidaan vain rajoitettusti vaikuttaa. Suodintyyppin valinnan jälkeen suunnittelu kohdistuu lähinnä raekokoon, suodinpatjan paksuuteen ja suodatusnopeuden suunnitteluun ja ne ovat vuorovaikutussuhteissa toisiinsa (taulukko 1).



Kuva 2. Likapartikkeleiden tunkeutuminen tasarakeiseen suodinmateriaaliin (Baylis ym. 1971).

Taulukko 1. Suodatuksen suunnittelun päämuuttujat (Waste-water Engineering 1979).

MUUTTUJA	MERKITYS
1. Materiaaliominaisuudet a) raekoko b) rakeisuus c) raemuoto, tiheys ja koostumus d) rakeiden varaus	vaikuttavat puhdistustehoon ja painehäviön kehitykseen
2. Huokoisuus	vaikuttaa varastointikapasiteettiin
3. Suodatinpatjan paksuus	vaikuttaa painehäviöön ja suodatusjakson pituuteen
4. Suodatusnopeus	kohdissa 1, 2, 3 ja 6 esitettyjen muuttujien kanssa vaikuttaa alkupainehäviöön
5. Sallittu painehäviö	suunniteltava parametri
6. Tulevan veden ominaisuudet a) kiintoainepitoisuus b) flokin koko ja jakauma c) flokin sitkeys d) flokin varaus e) virtausominaisuudet	vaikuttavat pidättymisominaisuuksiin

Suodinmateriaalin ominaisuuksista raekoko on tärkein suodatuksen vaikuttava ominaisuus. Se vaikuttaa suodatusjakson alkupainehäviöön ja painehäviön kehitykseen. Jos materiaaliksi valitaan liian pienirakeinen materiaali, suuri osa käyttövoimasta tuhlataan suodinvastuksen voittamiseen. Toisaalta, jos valitaan liian suuri raekoko, pienet partikkelit läpäisevät suodattimen.

Suodinpatjan paksuuden on oltava sellainen, että lietepartikkelit kulkiessaan patjan läpi ehtivät pidäytyä siihen. Raekoko ja patjan syvyys määräävät partikkeleiden ja rakeiden kontaktipinnan sekä varastokapasiteetin. Partikkeleiden pidäytyessä suodattimen pintaan, ei suodatinkerroksen paksuudella ole merkitystä puhdistustehoon. Mitä syvemmälle partikkelit suodattimessa kulkeutuvat, sen suurempi pitää suodinpatjan paksuuden olla. Tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat partikkelin pidättymisominaisuudet, flokin koko ja sitkeys sekä suodatusnopeus.

Suodatusnopeus on valittava sellaiseksi, että lietepartikkeleiden muodostamat flokit eivät haitallisesti rikkoonnu virtauspaineen vuoksi. Valintaan vaikuttavat tulevan flokin sitkeys, suodinmateriaalin raekoko ja vaadittu puhdistusteho. Suodatusnopeus määrää pystyvirtaussuotimisessa suodinpinta-alan.

Suodatuksen suunnittelussa on kolme tavoitetta. Perustavoite on saavuttaa hyväksyttävä suodoksen laatu, vaikka tuleva kiintoainepitoisuus vaihtelee ja partikkeleiden koko ja koostumus vaihtelevat. Toinen päämäärä on ylläpitää katkeamaton suodatustoiminta kuormitusvaihteluista huolimatta, eli suotimen varastointikyvyn on oltava sopiva suhteessa kehittyvään painehäviöön. Kolmantena tavoitteena on se, että suodin on voitava puhdistaa kunnolla.

Ravinteiden poistoon turvesuodatuksella vaikuttavat myös monet tekijät. Osa ravinteista poistuu kiintoaineseen sitoutuneena. Ravinteita voidaan poistaa myös suodattimen pinnalla kasvatettavankasvillisuuden avulla. Epäorgaaninen typpi ja fosfori pidättyvät varsin tehokkaasti turpeen mikrobeihin. Tämä pidättyminen, sekä myös suodattimen pinnan kasvillisuus vaativat aerobiset olosuhteet. Tärkein syy epäorgaanisen typen poistumiselle puhdistettavasta vedestä on kuitenkin biologinen denitrifikaatio (Rock ym. 1984). Epäorgaanista typpeä ja fosforia pidättyy myös fysikaalis-kemiallisesti turpeeseen.

Ravinteiden puhdistustulokseen vaikuttavat turpeen laatu, turvekerroksen paksuus ja suodattimelle johdettava vesimäärä sekä veden laatu (Brown ja Farnham 1976).

Epäorgaanisia ravinteita saadaan poistetuksi parhaiten vähän hajonneella turpeella, jonka tulisi kuitenkin olla homogeenista veden tasaisen leviämisen saavuttamiseksi (Brown ja Farnham 1976). Suodatinkerroksen paksuus on usein ollut vähintään 0,30 m (ks. kohta 3.2.3). Turvesuodattimen pinta-ala määräytyy puhdistettavan vesimäärän (pintakuorman) ja ravinnepitoisuuden perusteella. Koska biologinen ravinteiden pidättyminen vaatii aikaa, voidaan suodatuksissa käyttää vain pieniä ( $0,29 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ ) pintakuormia (ks. taulukko 2). Turvesuodatusta voidaankin soveltaa parhaiten ravinteiden poistoon silloin, kun puhdistettavaa vettä on suhteellisen vähän.

Jotta ylin turvesuodatinkerros saataisiin aerobiseksi, on sen alla oltava hyvin vettä läpäisevä kerros. Biologisen denitrifikaation aikaansaamiseksi on suodattimiin usein rakennettu vettä johtavan kerroksen alle anaerobinen veden peittävä turvekerros (Brown ja Farnham 1976). Fosforin pidättymistä voidaan tehostaa sekoittamalla turpeeseen kalkkikiveä.

Turvesuodatuksella voidaan poistaa ravinteita vain lämpimänä vuodenaikana, jolloin biologiset prosessit pääasiassa tapahtuvat. Esimerkiksi biologinen denitrifikaatio on hidasta alle  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa (Lance 1972). Puhdistettavat asutuksen jätevedet on yleensä varastoitu talvikaudeksi.

### 3 K O K E M U K S I A T U R V E S U O D A T T I M E N K Ä Y T Ö S T Ä

#### 3.1 TURVESUODATIN TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN PUHDISTUKSESSA

##### 3.1.1 L a a t i k k o s u o d a t i n

Laatikkosuodattimen soveltuvuutta turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistamiseen ovat selvittäneet Selin ym. (1985). Turvesuodattimen mitoitusta varten tehtiin laboratorikokeita muoviputkesta valmistetulla suodatinlaitteistolla. Suodatettavan veden kiintoainepitoisuus oli  $154\text{--}2\,027\text{ mg l}^{-1}$ . Suodattimen läpäisseen veden kiintoainepitoisuus oli  $4\text{--}58\text{ mg l}^{-1}$ . Kiintoainepoistuma oli  $97\text{--}99\%$ .

Laboratoriokoetulosten perusteella rakennettiin laatikkosuodatin noin 10 ha:n palaturvetuotantoalueen laskuojaan kesällä 1984. Suodattimelle ei tullut tuotantoalueen ulkopuolisia vesiä. Suodattimelle tuleva vesi johdettiin jakokourun avulla viiteen turpeella täytettyyn suodatinlaatikkoon, joiden koko oli  $1,0\text{ m} \times 3,0\text{ m}$ . Laatikoiden pohjamateriaalina oli metalliverkko. Suodosvesi valui suodattimen alla olevaa aaltopeltiä pitkin kokoojakouruun ja siitä laskuojaan. Turvekerroksen paksuus oli  $0,38\text{ m}$ .

Suodatinturve vaihdettiin siten, että laatikko tyhjenettiin traktorin nostolaitteella kentälle ja laatikko täytettiin uudella turpeella. Tarvittava turvemäärä oli  $5\text{--}6\text{ m}^3$ . Turve vaihdettiin vain kerran tutkimusjakson aikana, koska suodattimen toiminnassa havaittiin rakenteellisia heikkouksia.

Suodatin pystyi poistamaan kiintoainetta noin neljä viikkoa. Eri suodatuksissa keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli tulevassa vedessä  $45\text{ mg l}^{-1}$  ja lähtevässä vedessä  $20\text{ mg l}^{-1}$ . Kiintoainehuuhtoumat olivat vastaavasti  $6,6\text{--}132,4\text{ kg d}^{-1}\text{ km}^{-2}$  ja  $2,8\text{--}39,6\text{ kg d}^{-1}\text{ km}^{-2}$ . Kiintoainepoistuma oli  $54\text{--}72\%$ . Ravinteet ja liuennut orgaaninen aines saattoivat vähentyä tai lisääntyä suodatuksen tuloksena.

Selvitykset osoittivat laatikkosuodattimen rakenteeltaan käytäntöön soveltumattomaksi. Erillisten laatikoiden tyhjentäminen on vaikeaa. Suodattimen ohivirtauksilta on lähes mahdoton välttyä. Turpeen pintakerroksen tukkeutuessa tuleva vesi valuu suodatinlaatikoiden reunojen yli.

##### 3.1.2 S a r k a o j a s u o d a t i n

Sarkaojasuodattimen soveltuvuutta turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistamiseen ovat selvittäneet Selin ym. (1985). Vuonna 1984 rakennettiin turvesuodatin sarkaojaan päisteputken etupuolelle. Suodattimen valuma-alue oli

0,9 ha ja siihen tuli vain jyrsinturvetuotantoalueen valumavesiä. Suodatin koostui kahdesta peräkkäisestä turvekasetista, jotka oli rakennettu laudasta ja metalliverkosta. Tuleva vesi johdettiin suodattimelle ojaan tehtyjen lautarakenteiden ja penkan tiivistyksen avulla. Kokeen aikana vain toinen kaseteista oli täytetty turpeella. Kasetissa oli 0,1 m<sup>3</sup> turvetta.

Turvemateriaalia vaihdettaessa estettiin sarkaojaan patoutuneen veden pääsy laskuojaan täyttämällä toinen kasetti uudella turpeella ennen tyhjennettävän kasetin poisnostoa. Kasetteja voitiin käsitellä ilman konetyövoimaa.

Ojasuodattimen turve vaihdettiin seurantajakson aikana (15.5. - 9.10.) kaksi kertaa. Vaihtoväli riippui ratkaisevasti säätilasta ja suodattimelle tulevasta kuormasta. Suodatuskapasiteetin heikkeneminen ilmeni läpäisevyyden huononamisena ja sarkaojan vedenpinnan kohoamisena.

Keskimääräinen kiintoainepoistuma kiintoainehuuhtouman mukaan laskettuna oli 3 - 94 %. Keskimääräinen kiintoainehuuhtouma eri suodatuksissa oli tulevassa vedessä 27,3-315,0 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja lähtevässä vedessä 9,2 - 54,1 kg d<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Suurin kiintoainepoistuma oli 9,3 kg d<sup>-1</sup>. Pisin yhtäjaksoinen suodatusjakso oli noin neljä viikkoa. Jakson loppuosalla suodatin tukkeutui. Suodattimelle ei voida laskea käyttöikää ajan mukaan, sillä suodattimelle tuleva vesimäärä ja sen sisältämä kiintoaine vaikuttavat ratkaisevasti suodattimen toiminta-aikaan. Ravinteet ja liuennut orgaaninen aines saattoivat vähentyä tai lisääntyä suodatimessa.

Tutkimuksessa käytetyn suodattimen hinta oli noin 180 mk ha<sup>-1</sup> (vuoden 1985 hintataso). Suodatinyksikön pituus oli 3,0 m, mutta havaintojen mukaan sitä voidaan lyhentää niin, että sen pituus on 1,0 m.

Sarkaojasuodatin on huolellisesti hoidettuna tehokas kiintoaineen pidättäjä. Suodatin vaatii kuitenkin viikottaista seurantaa, joten sitä ei voida sijoittaa sellaisille alueille, jotka ovat pitkiä aikoja miehittämättöminä. Suodatinmateriaali on vaihdettava noin viisi kertaa roudattomana kautena. Turvesuodattimen todettiin olevan yksi vaihtoehto pitkälle maatuneiden kenttien vesiensuojeluratkaisuksi (esimerkiksi vanhat tuotantoalueet). Turvesuodatinta ehdotettiin kokeiltavaksi myös pienehkön turvetuotantolohkon laskuojassa, jolloin suodatinrakenne olisi tehtävä suuremmaksi kuin sarkaojasuodatinrakenne.

### 3.1.3 M a a p o h j a i n e n t u r v e s u o d a t i n

Maapohjaista turvesuodatinta kokeiltiin Vapo Oy:n Haapasuolla vuonna 1988. Turvetuotantoalueelta, jonka pinta-ala on 150 ha, johdettiin vedet laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaan alapuolella oli välppä, joka erotti vedestä suuret kelluvat roskat ja karkean kiintoaineen. Laskeutusaltaasta vesi johdettiin teräsputkea (halkaisija 0,6

m) pitkin teräsrumpuun eli pumppukaivoon (halkaisija 1,8 m). Putken etuosassa oli välppä, jonka säleväli oli 3,0 cm. Vesi pumpattiin maapohjaiselle turvesuodattimelle pehmeää letkua (halkaisija 200 mm) pitkin (kuva 3).

Pumppausteho oli  $60 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kun pumppausteho ei riittänyt, vesi virtasi ohitusojaa pitkin alapuoliseen laskuojaan. Pumpun automaattinen käyttökoneisto kytkeytyi päälle, kun vesi nousi pumppukaivossa tietylle korkeudelle. Pumput olivat käytössä myös talvella.

Maapohjaisen turvesuodattimen pinta-ala oli noin  $350 \text{ m}^2$ . Vesi levitettiin suodattimelle PVC-muoviputkella, jonka halkaisija oli 160 mm. Putkeen oli tehty sivuleikkurilla viiltoja. Suodatinmateriaalina oli pintaosassa 0,3 m kasvuturvekerros, joka oli imuvaunulla nostettua jyrshinturvetta. Turve levitettiin kuivana ja tiivistettiin ajamalla traktorilla sen päällä. Turvekerroksen alla oli 0,4 m murskekerros, jonka raekoko oli 0 - 35 mm. Murskekerroksen alapuolella oli 0,15 m salaojahiekkakerros. Salaojahiekan alapuolella olivat salaojaputket (halkaisija 110 mm), joiden keskinäinen etäisyys oli noin 0,1 m. Salaojaputkien kaltevuus oli  $10 \text{ }^\circ/\text{‰}$ . Salaojaputkien alapuolella oli salaojahiekkaa 0,05 - 0,10 m. Alimmaisena kerroksena oli suodatinkangas (kuva 3).

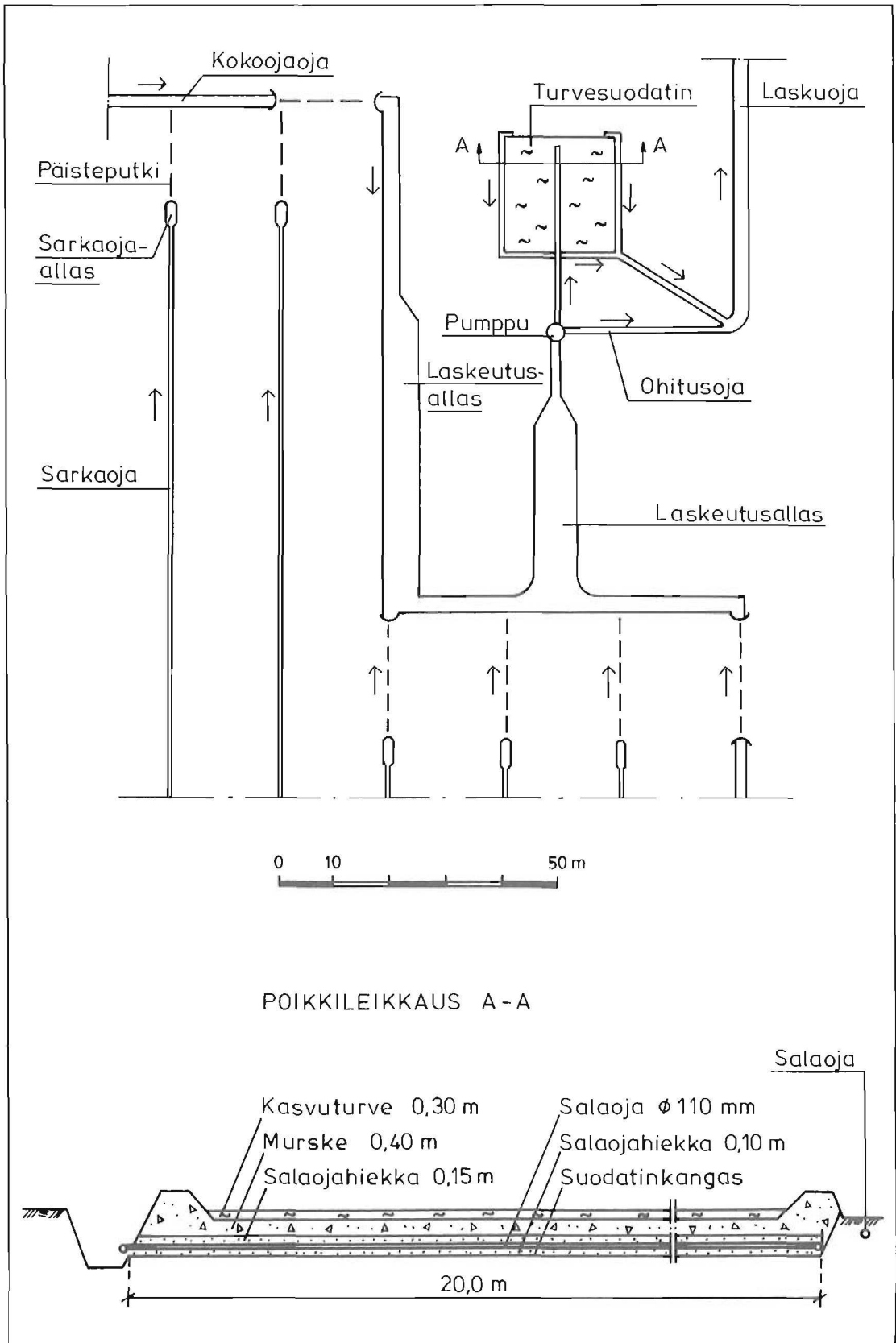
Maapohjaisen suodatinaltaan alapuolella on noin 1,0 m turvetta ja sen alapuolella savea sekä silttiä.

Turvesuodatin tukkeutui hyvin nopeasti, eikä tuloksia saatu. Suodattimen tukkeutuminen saattoi johtua mm. suodattimen rakennusvaiheessa sattuneista virheistä. Suodattimessa käytetty murske sisälsi hienoa ainesta, mikä saattoi osaltaan vaikuttaa tukkeutumiseen. Turvekerrosta saatettiin tiivistää liikaa. Traktorilla tiivistäminen on voinut aiheuttaa myös suodattimen pohjalla olevan salaojaputken litistymisen ja tukkeutumisen.

### 3.2 TURPEEN KÄYTTÖ JÄTEVEDEN PUHDISTUKSESSA JA YLIJÄÄMÄLIETTEEN KUIVAUKSESSA

#### 3.2.1 Y l i j ä ä m ä l i e t t e e n k u i v a a m i n e n t u r v e p o h j a i s t a l i e t e l a v a a k ä y t t ä e n

Pienillä jätevedenpuhdistamoilla joudutaan ylijäämäliete ajamaan usein kaatopaikalle. Puhdistamojen toimivuus heikkenee ja vesistöön johdettavan veden laatu huononee, ellei lietettä voida poistaa riittävän useasti. Turvepohjaisia lietelavoja (turvesuodattimia) on käytetty 1970-luvulta lähtien ylijäämälietteen kuivauksessa (Tiitto 1979). Myös jätevesilietteen hyötykäyttöä voidaan parantaa ja kuljetuskustannuksia vähentää kuivaamalla liete jo puhdistamolla.



Kuva 3. Laskeutusallas, pumppaamo ja maapohjainen turvesuodatin Haapasuolla.



Turvepohjaisella lietelavalla vesi poistuu lietteestä haihtumalla ja pohjan läpi suotautumalla. Talvella lietelavassa käytetään hyväksi pakkasen aiheuttamaa jäätymistä veden ja kiintoaineen erottamiseksi (Tiitto 1979).

Kesällä 1978 tehtiin Ruukin jätevedenpuhdistamolla kokeita kasvuturvepohjaisilla lietelavoilla. Jätevedenpuhdistamo oli tehostettu lammikkopuhdistamo, jossa oli betoninen esisaostusallas. Saostuskemikaalina käytettiin finfferriä. Laitokselle tuleva jätevesimäärä oli noin  $150 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ . Lietettä syntyi vuosittain noin  $150 \text{ m}^3$  (Tiitto 1979).

Kesäkuussa 1978 rakennettiin kaksi lietelavaa (turvesuodatinta), joiden pinta-alat olivat  $65 \text{ m}^2$  ja  $70 \text{ m}^2$ . Liete pumpattiin lavoille uppopumpulla esisaostusaltaasta. Liete levitettiin suodattimelle laudasta rakennetun syöttötasanteen avulla tai pumppaamalla liete tynnyriin, josta se valui suodattimelle. Lietekerroksen paksuus suodattimen päällä oli  $0,60 - 0,73 \text{ m}$ . Suodattimen pinnalla oli  $0,3 \text{ m}$  kasvuturvetta, jonka maatumisaste oli H 3 - H 4. Turvekerroksen alla oli  $0,4 \text{ m}$  murskekerros, jonka raekoko oli  $5 - 20 \text{ mm}$ . Murskekerroksen alapuolella olivat salaojaputket, joiden halkaisija oli  $90 \text{ mm}$ . Salaojaputkien keskinäinen etäisyys oli alle  $4,0 \text{ m}$  ja kaltevuus  $1,0 \%$ . Alimmaisena kerroksena oli muoviverhous, jolla estettiin suodosvesien pääsy pohjavesiin. Lietelavojen mitoitusarvona käytettiin  $0,013 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  kuiva-ainetta (Tiitto 1979).

Liete tunkeutui turvekerroksen alle reunamuovia pitkin, koska turve oli liian kuivaa, eikä sitä oltu tiivistetty. Liete pääsi muutamista kohdista suoraan sepelikerrokseen. Tämä vaikutti parin ensimmäisen tunnin aikana suodosveden laatuun. Turvekerrosta jouduttiin korjaamaan polkemalla uutta turvetta vuotokohtiin. Turpeen tulisikin olla kosteaa asennuksen aikana. Lisäksi se olisi tiivistettävä esimerkiksi polkemalla, ettei se nousisi lietekekerroksen päälle lavoja täytettäessä (Tiitto 1979).

Turvesuodattimelle tulevan lieteveden kiintoainepitoisuus oli keskimäärin  $5\,570 \text{ mg l}^{-1}$ , kokonaistyyppi-pitoisuus  $249 \text{ mg l}^{-1}$  ja kokonaisfosforipitoisuus  $182 \text{ mg l}^{-1}$ . Tulevan veden kiintoainekuormitus oli  $24,5 \text{ kg d}^{-1}$ , kokonaistyyppi-kuormitus  $6,7 \text{ kg d}^{-1}$  ja kokonaisfosforikuormitus  $1,52 \text{ kg d}^{-1}$ . Suodattimella saatiin poistettua kiintoainetta  $73 - 92 \%$ , kokonaistyyppiä  $74 - 90 \%$  ja kokonaisfosforia  $94 - 99 \%$ . Kahden ensimmäisen vuorokauden aikana suodattimesta huuhtoutui humusaineita (Tiitto 1979).

Ylijäämälietettä kuivattiin talvella jäädyttämällä sitä turvesuodattimissa. Täydellisen jäätyksen, sulamisen ja sulamisvesien poiston jälkeen oli lietteen kuiva-ainepitoisuus  $20 - 30 \%$ . Jäätyminen muuttaa lietteen rakenteen huokoiseksi, eikä esimerkiksi sade kastele lietettä pysyvästi, vaan sadevesi valuu lietteen läpi. Jäätynyt turve kuitenkin hienonee ja saattaa aiheuttaa lisäkuormitusta (Tiitto 1979).

Turvesuodatin voidaan tyhjentää lapioimalla tai koneellisesti. Suurilla laitoksilla kannattaisi Tiiton (1979) mukaan kokeilla puutarhatraktoreita tai pieniä lumitraktoreita. Jos puhdistaminen tehdään koneellisesti, on turvesuodattimen yhdelle reunalle tehtävä portti ja ajourat koneita varten.

Kasvuturvepohjaisilla lietelavoilla tehtiin kokeita myös Konneveden kunnan jätevedenpuhdistamolla. Puhdistamo oli tyypiltään biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jossa käsiteltiin noin 1000 asukkaan jätevedet. Lisäksi puhdistamolle tuli jätevesiä kalanviljelylaitoksen perkaamosta (Kaunismaa ym. 1986).

Puhdistamon yhteyteen rakennettiin kolme suorakaiteen muotoista turvepohjaista lietelavaa, joiden yhteispinta-ala oli 667 m<sup>2</sup>. Ylijäämäliete johdettiin jakokaivon kautta lietelavoille. Tuloputken kohdalla oli altaan luis-kassa painekyllästetty suojalaudoitus. Turvelietelavat olivat rakenteeltaan lähes vastaavanlaiset kuin Ruukin jätevedenpuhdistamon lietelavat. Alimpana kerroksena oli kuitenkin suodatinkangas. Lisäksi salaojien alla oli 0,05 m hiekkakerros ja salaojat yhdistettiin kokoojakai-voon. Salaojat huuhdeltiin erillisestä huuhtelukaiivosta, johon putket oli yhdistetty. Lietelavojen rakentamiskustannukset olivat noin 180 000 mk (Kaunismaa ym. 1987).

Turvelietelavalle tulevan veden kiintoainepitoisuus oli 3,1 - 23,0 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppipitoisuus 180 - 1 200 mg l<sup>-1</sup> ja kokonaisfosforipitoisuus 130 - 640 mg l<sup>-1</sup>. Poistuma kiintoainekuorman suhteen oli 98 - 99 %, kokonaistyyppi-kuorman suhteen 80 - 90 % ja kokonaisfosforikuorman suhteen 99 - 100 % (Kaunismaa ym. 1987).

Yhdellä turvekuutiolla voitiin pidättää noin 170 kg kiintoainetta, 7 kg typpeä ja 5 kg fosforia poistuman pysyessä vielä hyvänä. Ylijäämälietteen laatu vaihteli paljon. Sen vuoksi turvepohjaisen suodattimen mitoitus on laskettava käsiteltävän lietemäärän tarvitsemää turvemäärää kohti. "Normaalia" puhdistamo- tai sakokaivolietettä voidaan johtaa 12 - 15 m<sup>3</sup> turvekuutiota kohti. Turvekerros on vaihdettava vähintään vuoden välein, koska turvekerroksen päälle jäävä liete kerros hidastaa suotautumista. Suotautumista voidaan parantaa pintaan muodostuvaa liete kerrosta rikkomalla ja kääntämällä (Kaunismaa ym. 1987).

### 3.2.2 Turvesuodatin kalanviljely- laitoksen lieteveden käsit- telymenetelmä

Turvesuodattimia on käytetty myös kalanviljelylaitosten lieteveden käsittelymenetelmänä. Kokeita tehtiin vuosina 1980 - 1981 Laukaan, Joutsan ja Luhangan kalanviljelylai-toksilla (Selänne ym. 1983).

Laukaan turvesuodatin rakennettiin vesitiiviiseen pys-tyseinämäiseen vanerikehikkoon, jonka mitat olivat 4,0 x

2,4 m<sup>2</sup>. Kehikko jaettiin neljään yhtä suureen osaan (2,0 x 1,2 m<sup>2</sup>). Näissä eri osissa tutkittiin seuraavat soran ja turpeen kerrosyhdistelmät: 1) 0,15 m soraa, ei turvetta, 2) 0,15 m soraa ja 0,15 m turvetta, 3) 0,15 m soraa ja 0,30 m turvetta, 4) 0,15 m soraa ja 0,45 m turvetta.

Joutsan kalanviljelylaitoksella liete pumpattiin selkeytysaltaasta maapohjaiselle turvesuodattimelle. Turvesuodattimen pinta-ala oli 255 m<sup>2</sup>. Suodattimen yläosassa oli 0,33 m turvekerros. Turvekerroksen alapuolella oli 0,50 m sorakerros ja sen alapuolella salaojaputket (halkaisija 80 mm). Putkien keskinäinen etäisyys oli 2,0 m.

Luhangan kalanviljelylaitoksella liete pumpattiin kalan kasvatusaltaasta kahteen rakenteeltaan erilaiseen turvesuodattimeen. Turvesuodatin I rakennettiin suoraan maapohjan päälle ja salaojat (halkaisija 50 mm) ympäröitiin salaojakerroksella. Salaojien keskinäinen etäisyys oli noin 2,0 m. Turvepatjan paksuus oli 0,1 - 0,3 m. Suodattimen pinta-ala oli 32 m<sup>2</sup>. Turvesuodatin II:ssa oli alimpana kerroksena 0,3 m murskekerros. Turvepatjan paksuus oli 0,3 m ja turpeen päällä oli suodatinkangas. Suodattimen pinta-ala oli 41 m<sup>2</sup>.

Laukaan kalanviljelylaitoksella oli tulevan veden kiintoainepitoisuus keskimäärin 650 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppi-pitoisuus 92 mg l<sup>-1</sup> ja kokonaisfosforipitoisuus 40 mg l<sup>-1</sup>. Eri suodatinkerrosyhdistelmillä oli poistuma kiintoainekuorman suhteen 87 - 99 %, kokonaistyyppikuorman suhteen 73 - 96 % ja kokonaisfosforikuorman suhteen 52 - 86 %. Turvekerroksen paksuudella ei ollut selvää vaikutusta puhdistustulokseen. Suodattimessa 2 havaittiin oikovirtauksia, jotka heikensivät puhdistustulosta.

Joutsan kalanviljelylaitoksella (17.6. - 23.9.) oli tulevan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus 4 301 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppi-pitoisuus 87,6 mg l<sup>-1</sup> ja kokonaisfosforipitoisuus 21,3 mg l<sup>-1</sup>. Tutkimuksen aikana lietevedettä pumpattiin suodattimelle 515 m<sup>3</sup> ja muuna aikana 355 m<sup>3</sup>. Keskimääräinen kiintoainekuormitus oli 213,0 kg d<sup>-1</sup> kokonaistyyppikuormitus 55,2 kg d<sup>-1</sup> ja kokonaisfosforikuormitus 4,1 kg d<sup>-1</sup>. Keskimääräinen poistuma oli kiintoainekuorman suhteen 98 %, kokonaistyyppikuorman suhteen 89 % ja kokonaisfosforikuorman suhteen 96 %. Turvesuodatin toimi hyvin, eikä se tukkeutunut, vaikkakin turvesuodattimen vedenläpäisevyys pieneni.

Luhangan kalanviljelylaitoksen turvesuodattimille tulevan veden keskimääräiset pitoisuudet olivat lähes samansuuruisia kuin Joutsan kalanviljelylaitoksen veden pitoisuudet. Turvesuodatin I, joka rakennettiin suoraan tiiviin maapohjan päälle, todettiin rakenteellisesti puutteelliseksi ja se jouduttiin korjaamaan. Turvesuodattimella II oli keskimääräinen poistuma kiintoainekuorman suhteen 40 %, kokonaistyyppikuorman suhteen 60 % ja kokonaisfosforikuorman suhteen 85 %. Suodattimelle I johdettiin vettä 19,6 m<sup>3</sup> ja suodattimelle II 7,3 m<sup>3</sup>. Vedenläpäisevyydet olivat pienem-

mät kuin Joutsan suodattimella. Turvesuodatin I oli liian kalteva, jolloin lietevesi valui pintavirtauksena suodattimen poistopäähän ja vedenläpäisy tapahtui pääasiassa suodattimen loppuosassa. Tällöin suodattimen kokonaispinta-ala ja tilavuus eivät olleet käytettävissä.

Kalanviljelylaitoksilla tehtyjen tutkimusten mukaan annettiin turvesuodattimen rakentamiseksi seuraavia ohjeita:

- turvesuodattimen yläpuolisen osan, täyttövaran, tulisi olla vähintään 0,5 m, jotta ylivuotoa ei pääsisi tapahtumaan
- tuleva vesi tulisi johtaa tasaisesti suodattimelle jakolevyn tai syöttötasanteen avulla
- turvekerroksen paksuuden tulisi olla 0,3 - 0,5 m
- turve tulisi tiivistää tasaisesti kostuttamalla oikovirtausten ja kellumisen estämiseksi
- turvekerroksen alle tulisi asentaa salaojasora- tai murskekerros sekä salaojat
- salaojan kaltevuuden tulisi olla riittävä tukkeutumisen ehkäisemiseksi
- maanvarainen allas on hyvä, sillä esimerkiksi turvesuodattimen ja vaneriseinän väliin muodostuu helposti rako turpeen kuivuessa ja tämä aiheuttaa oikovirtauksia
- turvesuodatin tulisi sijoittaa siten, että suotautuvan veden laatua voidaan seurata

Joutsan turvesuodattilla saatiin parhaat tulokset. Kokeiden perusteella esitettiin kalanviljelylaitoksen turvesuodattimen alustaviksi mitoitusravinteiksi 0,2 kg kokonaisfosforia, 0,9 kg kokonaistyppeä ja 65,0 kg kuiva-ainetta turvekuutiota kohti.

### 3.2.3 Turvesuodatus asutuksen jätevesien käsittelyssä

Turvesuodattimia on tähän mennessä käytetty pääasiassa asutuksen ja teollisuuden jätevesien puhdistukseen. Tällöin on vesistä pyritty poistamaan ravinteita, orgaanisia aineita, bakteereita, öljyjä, fenoleita, tekstiilien väriaineita ja raskasmetalleja (McLellan ja Rock 1986). Useimmiten menetelmää on käytetty esipuhdistettujen jätevesien lisäpuhdistukseen alueella, missä jätevedet vastaanottavan vesistön tila on edellyttänyt tehostettua puhdistusta (mm. Osborne 1975, Nichols ja Boelter 1982).

Turvesuodatinta käytettiin ensimmäisen kerran asutuksen jätevesien puhdistukseen Minnesotan yliopistossa (Farnham ja Brown 1972). Eri tarkoituksiin soveltuvien turvesuodattimien rakenteita ja toimintaperiaatteita ovat kuvanneet tarkemmin Brown ja Farnham (1976) (kuva 4).

Vesi johdettiin suodattimelle jätevesilevittäjän avulla. Suodattimien pinta-alat olivat noin 315 - 710 m<sup>2</sup> ja ne olivat muodoltaan pyöreitä (kuva 4). Suodattimen pinnalla kasvatettiin heinää. Suodattimessa 1 turvekerros pidettiin aerobisena, jotta puhdistettavasta vedestä saataisiin tehokkaasti poistettua orgaanista ainetta (ks. kohta

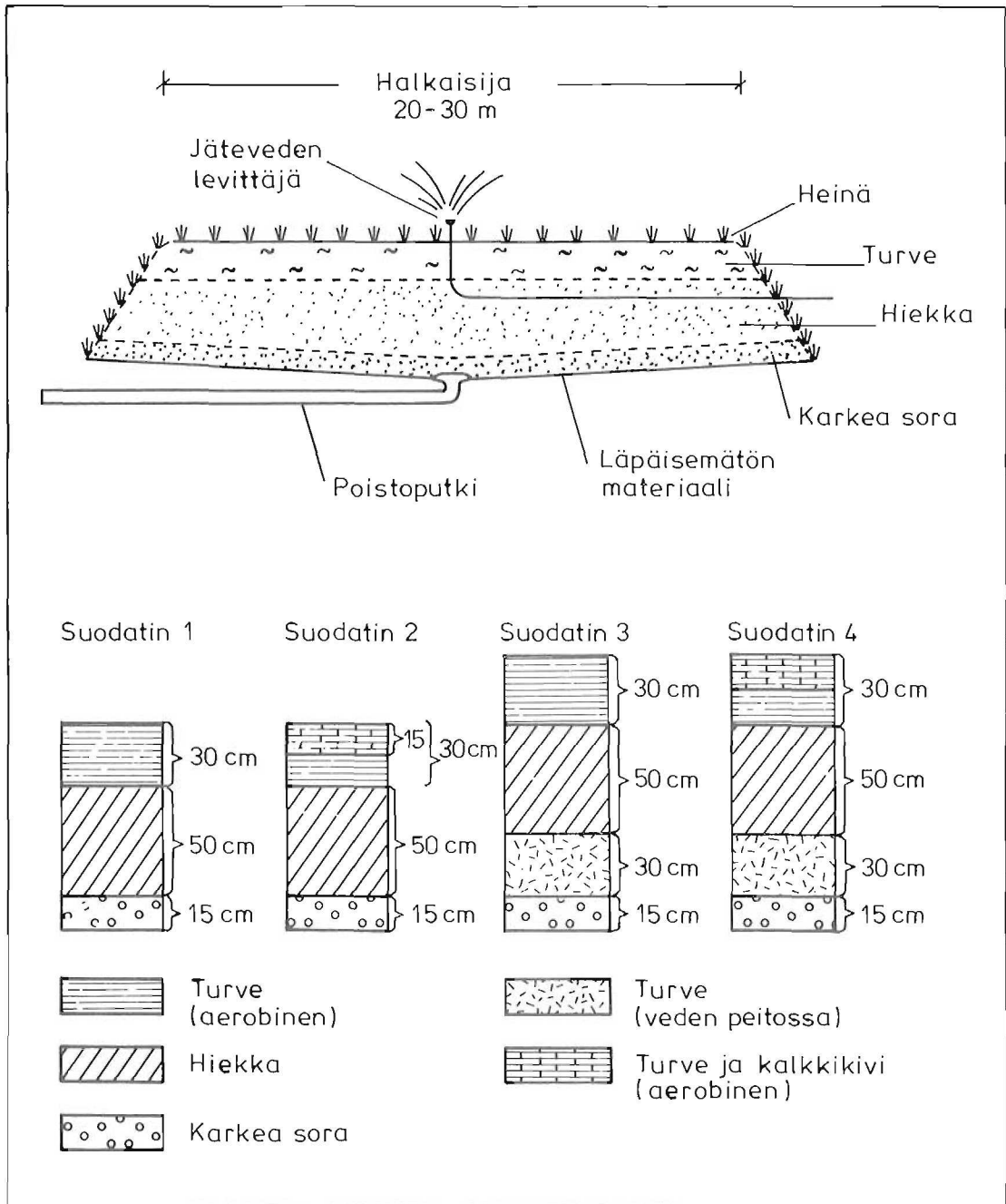
2.3). Suodattimessa 2 käytettiin turvekerroksen pintaosassa kalkkikiveä tai muuta  $\text{CaCO}_3$ -pitoista mineraalia. Tarkoituksena oli saostaa fosforia kalsiumfosfaattina. Suodatin 3 oli rakenteeltaan lähes samanlainen kuin suodatin 1. Siinä oli kuitenkin hiekkakerroksen alla veden peittämä turvekerros denitrifikaation aikaansaamiseksi (ks. kohta 2.3). Suodatin 4 oli rakenteeltaan lähes samanlainen kuin suodatin 3. Siinä oli myös hiekkakerroksen alapuolinen veden peittämä turvekerros. Tällaisella suodattimella saadaan vedestä poistettua tehokkaasti typpeä, fosforia ja orgaanisia aineita.

Turpeen tulisi olla vähän hajonnutta ja sen tiheyden tulisi olla sama koko turvekerroksessa, eli turve tulisi homogenoida (Brown ja Farnham 1976). Aerobisen turvekerroksen paksuuden tulisi olla vähintään 0,30 m. Kalkkikiven Ca:Mg-suhteen tulee olla 7:1. Siinä saa olla korkeintaan 50 % 1,0 mm suurempia ja vähintään 25 % 0,15 mm pienempiä hiukkasia. Hiekan raekoon tulisi olla 0,10 - 0,50 mm, eikä siinä saisi olla enempää kuin 10 % hietaa tai savea, joiden raekoko on alle 0,05 mm. Hiekkakerroksen paksuuden tulisi olla 0,50 - 0,60 m, jotta vesi poistuisi tehokkaasti yläpuolisesta turpeesta. Sen alla on 0,15 m sorakerros. Alimmaisena kerroksena on tiivis materiaali. Vesi johdetaan suodattimesta pois poistoputken kautta (kuva 4).

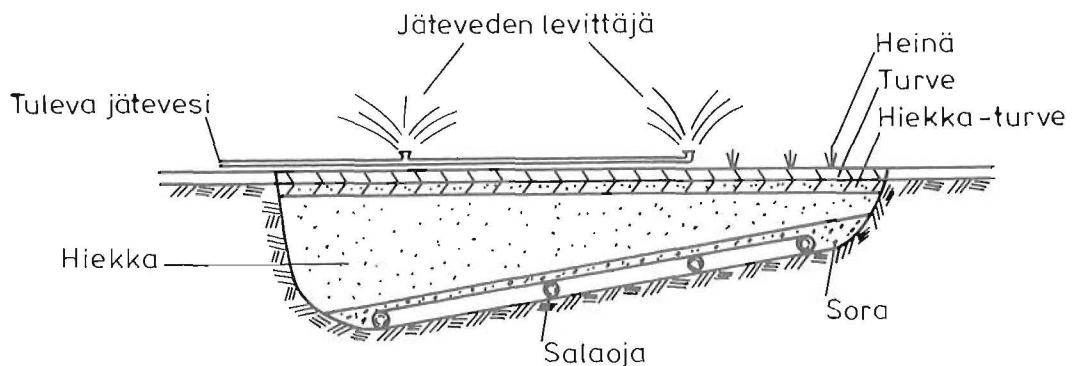
Jätevettä johdettiin turvesuodattimeen pintakuormalla  $0,3 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ . Tämä vastaa noin 80 henkilön jätevesikuormitusta. Turvesuodattimen avulla saatiin jätevesistä poistettua lähes täydellisesti fosfori ja muut liukoiset ja kiinteät aineet. Farnham ja Brown (1972) arvioivat turvesuodattimen käyttöiäksi vähintään 10 vuotta, mikäli sitä käytetään vain lämpimänä vuodenaikana.

Erään leirintäalueen sekundaarisesti puhdistettuja jätevesiä puhdistettiin turvesuodatuksella Minnesotassa (Osborne 1975). Tehostettu puhdistus katsottiin tarpeelliseksi, koska purkuvesistönä toimineen järven kalastus- ja muu virkistyskäyttöarvo oli suuri.

Turvesuodatin, jonka pinta-ala oli  $560 \text{ m}^2$ , rakennettiin vettä läpäisemättömän savimaan päälle (kuva 5). Päällimmäisenä oli 0,15 - 0,20 m turvekerros, sen alla 0,10 m hiekka-turvekerros ja tämän alla 0,50 - 0,60 m hiekkakerros. Alinna oli 0,13 m sorakerros ja salaojat. Suodattimen pinnalla kasvatettiin heinää. Jätevesi johdettiin varastointitankeista levittäjillä suodattimeen. Vuoden kuluttua puhdistuksen aloittamisesta saatiin kokonaisfosforin poistumaksi 97 %, ammoniumtypen poistumaksi 99 %, nitraattitypen poistumaksi 92 % ja kokonaistypen poistumaksi 46 %. Nitraattityppi ja orgaaninen typpi pidättyivät heikosti. Nitraattitypen reduktio lisääntyi 70 %:iin keski-kesällä heinän kasvaessa hyvin (Osborne 1975).



Kuva 4. Turvesuodattimen rakenne ja erityyppisten turvesuodattimien poikkileikkauksia (Brown ja Farnham 1976).



Kuva 5. Turve-hiekka suodattimen poikkileikkaus (Osborne 1975).

Turve-hiekka suodatinta käytettiin erään leirintäalueen sekundaarisesti puhdistettujen jätevesien puhdistuksessa North Star-järven rannalla Chippevan kansallispuistossa Pohjois-Minnesotassa (Nichols ja Boelter 1982). Suodatin oli rakenteeltaan saman tyyppinen kuin Osbornen (1975) esittämä suodatin. Pinnalla oli 0,12 m turvekerros, sen alla 0,10 m turve-hiekkakerros ja tämän alla 0,60 m hiekkakerros. Alinna oli 0,15 m sorakerros. Turve oli laadultaan osmankäämi-saraturvetta. Suodattimen pinnalla kasvatettiin heinää (*Poa trivialis*). Suodatin suunniteltiin maksimaaliselle pintakuormalle  $6,25 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ . Kokonaistyyppipoistuma oli 90 % kolmen ensimmäisen vuoden aikana, mutta enää 50 % viidentenä käyttövuotena. Tämän arvioitiin johtuvan typen vapautumisesta turpeen hajotessa. Kokonaisfosforipoistuma oli yli 99 %. Hyvän fosforinpidätyskyvyn arveltiin johtuvan turpeen suuresta rauta-, alumiini- ja tuhkapitoisuudesta. Suodattimen pinnalla kasvatettu heinä osoittautui tärkeäksi typen ja fosforin pidättäjäksi.

Rahkasammalturvesuodattimen soveltuvuutta asutuksen jätevesien puhdistukseen tutkittiin Mainen yliopistossa Oronosssa (Rock ym. 1984). Kokeissa käytettiin sekä laboratorio-että kenttäsuodattimia. Laboratoriossa rakennettiin turvesuodattimia siten, että muoviputken (halkaisija 0,20 m) pohjalle asetettiin 0,1 m pestyä karkeaa soraa ja tämän päälle 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m, 0,6 m tai 0,9 m rahkaturvetta. Turpeen päälle asetettiin 0,15 m karkeaa soraa. Pintakuorma oli  $1,0 \times 10^{-3} - 25,5 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ .

Kenttäsuodattimissa oli 0,05 m:n sorakerroksen päällä 0,2 m turvetta. Näihin johdettiin jätevesiä pintakuormalla  $1,7 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ . Todettiin, että 0,3 m:n turvekerros (tiheys  $120 \text{ kg m}^{-3}$ ) oli riittävä puhdistamaan sekundaarisesti puhdistettuja jätevesiä pintakuormalla  $3,4 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ . Tällöin saatiin seuraavat poistumat:  $\text{BOD}_5$  yli 95 %, kiintoaine yli 90 %,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  yli 80 %. Fosforista ja typestä pidättyi suodattimen aerobisessa osassa alle 10 %. Kokonaistypestä pidättyi suodattimen anaerobisessa osassa 60 % (Rock ym. 1984).

Turvesuodatinta käytettiin erään koulun mekaanisesti esikäsiteltyjen jätevesien puhdistuksessa Mainessa (Brooks ym. 1984). Turvesuodattimen I pinta-ala oli noin  $90 \text{ m}^2$ . Päällimmäisenä oli 0,90 m rahkaturvekerros. Suodattimen pinnalla kasvatettiin heinää. Jätevesi johdettiin kolmella levitysputkella turpeeseen. Levitysputkien ympärille asetettiin sepelikerros ja ne peitettiin 0,25 m turvekerroksella. Turpeen tiheys oli  $90 \text{ kg m}^{-3}$ . Turvekerroksen alla oli 0,15 m sepelikerros ja salaojat. Niiden alla oli 0,10 m hiekkakerros, jossa oli myös tiivistekerros. Suodatin rakennettiin maalle, missä kallioperän päällä oli vain ohut mineraalimaakerros. Suodatin suunniteltiin päivittäisen  $1,3 \text{ m}^3$  jätevesimäärän puhdistamiseen pintakuormalla  $0,6 \text{ m} \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$ .

Turvesuodatin II rakennettiin savimaalle. Suodattimen rakenne ja käytetty pintakuorma olivat samat kuin turvesuodattimella I. Jätevesi pumpattiin suodattimelle, jonka pinta-ala oli noin  $60 \text{ m}^2$ . Turpeen tiheys oli  $100 \text{ kg m}^{-3}$ .

Turvesuodattimen III pinta-ala oli noin  $30 \text{ m}^2$  ( $6,1 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$ ). Jätevesi johdettiin turpeeseen paineellisena seitsemän levitysputken avulla, jotta koko turvekerros olisi käytössä. Levitysputkien ympärillä oli sepelikerros. Turvetta oli  $0,30 \text{ m}$  levitysputkien alla ja päällä. Turpeen alla oli  $0,05 - 0,25 \text{ m}$  hiekkakerros. Puhdistettu jätevesi virtasi alapuoliseen maaperään. Suodatin rakennettiin maalle, missä kallioperän päällä oli ohut mineraalimaakerros. Suodatin suunniteltiin pintakuormalle  $1,7 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$ .

Kaikissa kolmessa turvesuodattimessa oli poistuma  $\text{BOD}_5$ :n suhteen yli  $90 \%$  ja kemiallisen hapen kulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) suhteen yli  $80 \%$ . Kokonaisfosforin poistumat suodattimissa I, II ja III olivat  $58 \%$ ,  $62 \%$  ja  $96 \%$ . Kokonaistypen poistumat olivat  $69 - 83 \%$ , ammoniumtypen  $66 - 93 \%$  ja orgaanisen typen  $80 - 88 \%$ . Turvesuodatus ei vähentänyt nitraattityypen pitoisuuksia.

Asutuksen jätevesien turvesuodatuksissa on käytetty pintakuormia  $0,3 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$  (taulukko 2). Suodattimen tyypikuormat ovat olleet seuraavat: kokonaistyyppi  $7,7 - 110,8 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , orgaaninen tyyppi  $0,2 - 21,4 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , ammoniumtyyppi  $0,5 - 89,3 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-2}$  ja nitraattityyppi  $0,6 - 11,6 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Suodattimen kokonaisfosforikuormitus on ollut  $3,3 - 23,5 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , kiintoainekuormitus  $7,7 - 110,8 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ja orgaanisten aineiden kokonaiskuormitus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )  $365 - 1\,269,9 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

## 4 TURVESUODATTIMEN PIENOISMAALLI

### 4.1 AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 4.1.1 Pienoismaallin rakenne ja koejärjestelyt

Turvesuodattimen pienoismallikokeet tehtiin Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa vuosina 1988 ja 1989.

Pienoismalli oli  $6,0 \text{ mm}$  pleksilasista rakennettu allas, joka tuettiin teräksisellä huonekaluputkesta rakennetulla kehikolla (kuva 6). Suodatinaltaan pohja oli neliö, jonka sivun pituus oli  $1,0 \text{ m}$ . Suodatinaltaan korkeus oli  $1,2 \text{ m}$ . Suodattimen yläosassa oli vedenjakokouru ja -levy. Suodatinmateriaalina kokeiltiin rahkajyrsinturvetta, jonka maatuneisuusaste oli H 1 - H 3. Turve saatiin Vapo Oy:n Haukinevan tehtailta. Jyrsinturvekerroksen paksuus oli  $0,3 - 0,6 \text{ m}$ . Lisäksi suodatinmateriaalina kokeiltiin



Taulukko 2. Turvesuodattimeen tulevan veden pitoisuudet ( $\text{mg l}^{-1}$ ), suodattimeen kohdistunut kuormitus ( $\text{m h}^{-1}$  ja  $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) ja saavutettu poistuma (%) asutuksen jätevesiä puhdistettaessa.

	Kokeen tekijä		
	Nichols & Boelter (1982)	Brooks ym. (1988)	Rock ym. (1984)
Pintakuorma ( $\text{m h}^{-1}$ ) $\times 10^{-3}$	0,3 - 0,5	0,6 - 1,7	1,7
Kok.N			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )	25,9 - 48,2	48,7 - 65,2	35,0
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )	7,7 - 21,3	30,4 - 110,8	59,8
poistuma (%)	50 - 90	69 - 83	62
Orgaaninen N			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )	0,6 - 13,5	12,3 - 12,6	7,5
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )	0,2 - 6,0	7,7 - 21,4	12,8
poistuma (%)	1)	83 - 88	1)
$\text{NH}_4$ -N			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )	1,7 - 17,2	36,3 - 52,5	27,0
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )	0,5 - 6,9	22,7 - 89,3	46,1
poistuma (%)	1)	66 - 93	1)
$\text{NO}_3$ -N			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )	4,2 - 26,3	0,05- 0,01	0,5
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )	1,7 - 11,6	0,6 - 0,9	0,9
poistuma (%)	1)	2)	1)
Kok.P			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )	7,5 - 12,4	7,7 - 13,8	11,1
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )	3,3 - 3,8	4,8 - 23,5	19,0
poistuma (%)	63	58 - 96	10
Kiintoaine			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )		161 - 296	73
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )		100,6 - 457,3	124,7
poistuma (%)		90	94
COD <sub>Mn</sub>			
pitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )		584 - 747	580
kuormitus ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )		365,0 - 1269,9	990,8
poistuma (%)		>80	86

1) poistumaa ei ilmoitettu

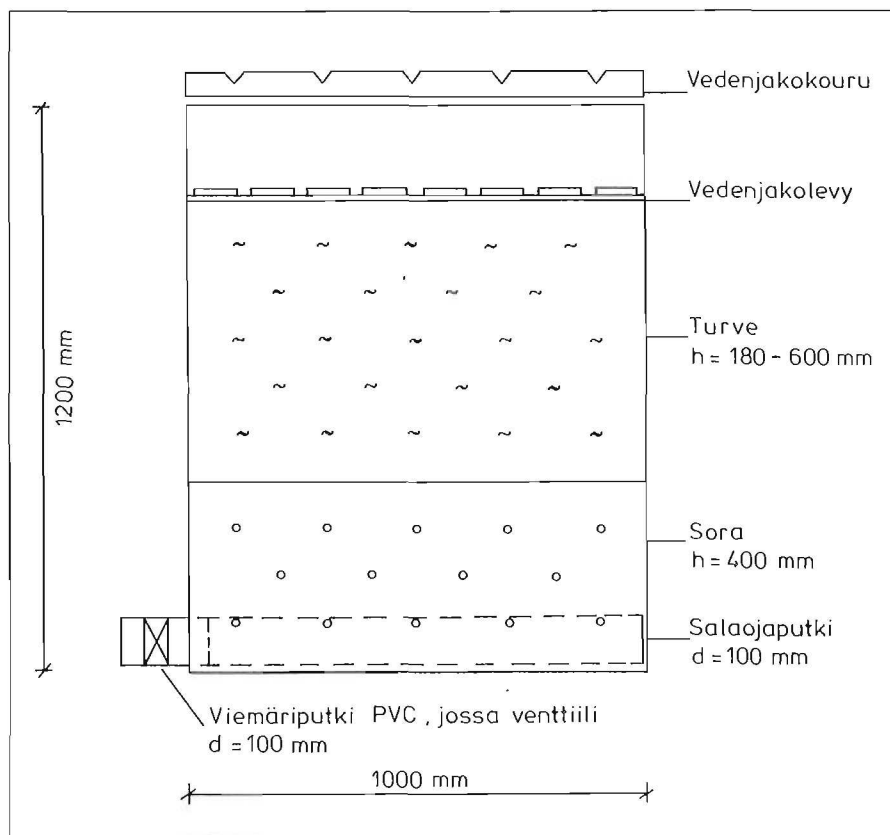
2) pitoisuus ei vähentynyt

palaturvetta. Se on vaaleaa, vähän maatonutta (H 1) rahka-turvetta, joka on leikattu roudan aikana sirkkelillä suon pinnasta 0,15 - 0,4 m paloihin ja irrotettu kaivukoneella routarajaa pitkin (noin 0,4 m syvyydeltä) suon pinnasta. Palaturvekerroksen paksuus oli noin 0,18 m. Turvekerroksen alla oli 0,4 m sorakerros, jonka raekoko oli 5-12 mm ja josta hieno aines oli pesty pois. Salaoja,

jonka halkaisija oli 100 mm, oli murskekerroksen alaosassa. Vedenpoistoputkena oli venttiilillä varustettu PVC-viemäriputki (halkaisija 100 mm).

Ennen jyrsinturvekerroksen asettamista se kostutettiin ja tiivistettiin 50 l muoviastiassa. Astiaan asetettiin 25 l turvetta ja sen jälkeen astiaan suihkutettiin vettä. Turve-vesiseosta sekoitettiin lapiolla, kunnes turve oli kauttaaltaan kostunut. Tämän jälkeen turve-vesiseos asetettiin pienoismalliin. Suodattimessa olevaa turvetta ei enää tiivistetty. Yhdessä jyrsinturvesuodatuksessa käytettiin myös pakkauskuivaa, tiivistämätöntä turvetta.

Palaturpeesta rakennettiin suodatinkerros siten, että turvepaloista leikattiin ylin, vähän maatunein, 0,18 m turvekerros. Palat asetettiin suodattimeen vierekkäin mahdollisimman tiiviisti ja palojen välit tiivistettiin pienillä turvepaloilla.



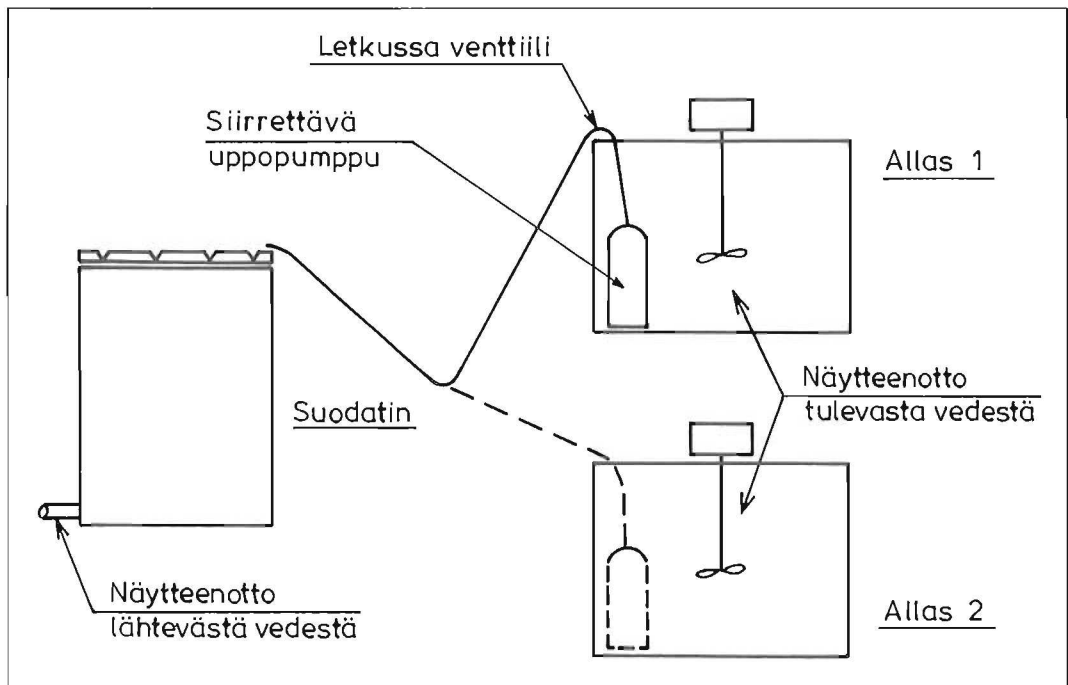
Kuva 6. Turvesuodatinpienoismallin rakenne.

Vedensyöttöaltaina oli kaksi vesivanerista rakennettua allasta, joiden koot olivat  $0,5 \text{ m}^3$  ja  $1,2 \text{ m}^3$ . Altaat tiivistettiin vedenpitäviksi muovikelmulla ja niissä oli sähkömoottorisekoittimet (kuva 7). Vesi pumpattiin vedensyöttöaltaista turvesuodattimelle uppopumpulla muoviletkua (halkaisija 20 mm) pitkin. Pumpun ja letkun välissä oli venttiili virtaaman säätöä varten.

Turvetuotantoalueelta valuvaa vettä ei kuljetettu laboratorioon, sillä suodatuskokeissa tarvittavat vesimäärät ovat suuria. Tämän vuoksi suodatuksissa käytetty kiintoainepitoinen vesi valmistettiin sekoittamalla Piipsannevan turvetuotantoalueen sarkaoja-altaiden pohjalle laskeutunutta kiintoainetta vedensyöttöaltaassa olevaan vesijohtoveteen (kuva 7).

Turvesuodatinpienoismallikokeita tehtiin seuraavasti (kuva 7):

1. Vedensyöttöaltaissa sekoitettiin kiintoainetta vesijohtoveteen. Suspensiota sekoitettiin jatkuvasti, jotta suodatettavan veden kiintoainepitoisuus pysyisi tasalautuisena.
2. Suspensiota pumpattiin suodattimelle säädetyllä pintakuormalla.
3. Vedensyöttöaltaan tyhjentyessä pumpattiin suspensiota toisesta altaasta ja tehtiin uusi suspensio tyhjentyneeseen altaaseen.
4. Vedensyöttöaltaassa olevasta vedestä ja suodatetusta vedestä otettiin vesinäytteitä.
5. Kokeiltiin turvesuodatinkerroksen eri paksuuksia ja eri turvelaatuja sekä eri pintakuormia.



Kuva 7. Turvesuodatinpienoismallikokeen periaatepiirros.

#### 4.1.2 Suodatin turpeen laatu, paksuus ja tutkitut pintakuormat

Pienoismallilla tutkittiin vähän maatuneen rahkajyrsin-turpeen ja palaturpeen soveltuvuutta suodatinmateriaaliksi. Suodatukset tehtiin pintakuormilla  $0,2 - 1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Turvekerroksen paksuus oli suodatuksissa  $0,18 - 0,60 \text{ m}$ . Pienois-mallilla tehtiin yhteensä 13 suodatusta. Yhtäjaksoinen

pisin jyrsinturvesuodatus 9 kesti noin neljä vuorokautta. Suodatuksen aikana turvekerroksen pintaa kuohkeutettiin haravoimalla. Pääosa jyrsinturvesuodatuksista kesti vain muutaman tunnin, koska suodatukset oli keskeytettävä yön ajaksi. Palaturpeella tehtiin yksi lähes yhtäjaksoinen suodatus 13, jonka pituus oli noin kuusi vuorokautta. Suodatus keskeytettiin kuitenkin välillä 41 tunnin ajaksi. Palaturvesuodatin ei näyttänyt tukkeutuvan ja suodatus keskeytettiin (taulukko 3).

Taulukko 3. Turvesuodatinpienoismallilla tehdyt suodatukset vuosina 1988 ja 1989.

Suodatus	Turpeen laatu	Aika (pvm)	Suodatuksen kesto-aika (h)	Turvekerros (m)	Pinta-kuorma ( $m\ h^{-1}$ )	Huom.
1	Jyrsinturve <sup>1)</sup>	9.6.1988	2,5	0,60	1,0	
2	Jyrsinturve	10.6.	2,5	0,60	1,0	
3	Jyrsinturve	15.6.	6,0	0,60	0,2	
4	Jyrsinturve	16.6.	4,0	0,60	0,2	
5	Jyrsinturve	20.6.	3,0	0,60	0,5	
6	Jyrsinturve	22.6.	6,0	0,60	0,5	
7	Jyrsinturve	30.6.	2,5	0,60	1,0	
8	Jyrsinturve <sup>2)</sup>	5.-8.7.	70,3	0,30	0,5	tukkeutui
9	Jyrsinturve	8.-12.8.	93,0	0,50	0,5	tukkeutui, haravointi
10	Jyrsinturve <sup>3)</sup>	12.9.	5,0	0,50	1,0	kuiva turve asetettaessa
11	Jyrsinturve	14.9.	6,0	0,50	1,0	
12	Jyrsinturve	15.9.	5,0	0,50	1,0	
13	Palaturve	12.-20.6.1989	158,0	0,18	0,5	keskeytys välillä 41 h

1) Suodatuksissa 1 - 7 sama turve. Sitä ei ole vaihdettu suodatusten välillä.

2) Turvekerros vaihdettu 4.7.

3) Turvekerros vaihdettu 11.9. Suodatuksissa 10 - 12 sama turve.

#### 4.1.3 Vesianalyysit

Vedensyöttöaltaassa olevasta vedestä ja suodatetusta vedestä otettiin vesinäytteet 0,5 - 3,0 tunnin väliajoin (kuva 7). Näytteet otettiin joko kerta- tai kokoomanäytteinä riippuen suodatusjakson pituudesta.

Kiintoainepitoisuus määritettiin Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa ja Oulun vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratoriossa vesi- ja ympäristöhallinnon käyttämällä menetelmällä (Vesihallitus 1981).

#### 4.1.4 Suodattimen toimivuuteen liittyvät tutkimukset

Ennen varsinaisia suodatuksia kokeiltiin erilaisia vedenjakolevyjä. Vesi on saatava "jakaantumaan" tasaisesti turpeen pinnalle, sillä muuten vedenjakokourusta tuleva vesisuihku rikkoo turvesuodattimen pinnan muodostaen kraaterinmuotoisia kuoppia jakokourun alapuolelle. Kuopista vesi kulkeutuu lähes vertikaalisesti salaojakerrokseen ja sieltä vedenpoistoputkeen, eikä suodatinturve ole kokonaisuudessaan käytössä. Kokeiltavia vedenjakorakenteita olivat suodattimen pinnalle sijoitetut levykappaleet, rei'itetty vesivanerilevy ja puurakenteinen jakolevy. Näistä puurakenteinen jakolevy osoittautui toimivaksi rakenteeksi (kuva 6).

Pumppausjaksojen välisten taukojen aikana (yöt, viikonloput, huollot, käyttöhäiriöt) tapahtuvaa turvekerroksen kutistumista ja halkeilua seurattiin silmämääräisesti ja ottamalla valokuvia.

Suodattimen käyttöikä määräytyy joko suodattimen tukkeutumisen tai puhdistustehon heikkenemisen perusteella. Puhdistustehoa seurattiin analysoimalla suodattimelle tulevasta vedestä ja suodattimelta lähtevästä vedestä otettuja vesinäytteitä.

Suodattimen tukkeutumista seurattiin mittaamalla suodattimen pinnalle kertyneen kiintoainekerroksen ja vesikerroksen paksuus tietyin väliajoin.

Suodattimessa käytetyn sorakerroksen mahdollista liettymistä turvehiukkasilla seurattiin turvekerroksen vaihdon yhteydessä. Liettymisestä tehtiin myös havaintoja tarkkailemalla sorakerroksen kuntoa silmämääräisesti pleksilasini läpi ja ottamalla sorakerroksesta valokuvia.

## 4.2 TULOKSET

### 4.2.1 Veden laatu

Eri jyrsinturvesuodatusten tulevan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli 29,5 - 81,7 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 4). Pienin tulevan veden kiintoainepitoisuus oli 9,9 mg l<sup>-1</sup> ja suurin 94,3 mg l<sup>-1</sup>. Suodattimesta lähtevän veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli vastaavasti 0,5 - 3,5 mg l<sup>-1</sup>. Pienin lähtevän veden kiintoainepitoisuus oli 0 mg l<sup>-1</sup> ja suurin 9,4 mg l<sup>-1</sup>. Suodatetun veden kiintoainepitoisuudet olivat usein korkeita suodatuksen alussa otetuissa ensimmäisissä näytteissä.

Palaturvesuodatuksen tulevan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli 37,2 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 4). Pienin tulevan veden kiintoainepitoisuus oli 14,4 mg l<sup>-1</sup> ja suurin 165,0 mg l<sup>-1</sup>. Suodattimesta lähtevän veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli 2,8 mg l<sup>-1</sup>. Suodoksen pitoisuus oli lähes

suodatusjakson loppuun asti alle  $3,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Viimeisen suodatusvuorokauden aikana suurin lähtevän veden kiintoainepitoisuus oli  $29,9 \text{ mg l}^{-1}$ .

Taulukko 4. Suodattimeen tulevan ja siitä lähtevän veden kiintoainepitoisuudet ( $\text{mg l}^{-1}$ ) ja kiintoainepoistumat (%).

Suodatus	Turvekerros (m)	Pinta-kuorma ( $\text{m h}^{-1}$ )	Tuleva vesi ( $\text{mg l}^{-1}$ )			Lähtevä vesi ( $\text{mg l}^{-1}$ )			Poistuma (%)						
			x	Min	Maks	x	Min	Maks	x	Min	Maks				
1	0,60	1,0	49,8	34,7	57,3	(7,0)	*1,2	0	(35,8)	2,5	(81)	98	(-3)	96	100
2	0,60	1,0	60,7	57,6	63,8	(1,7)	0,5	0	(7,9)	1,8	(97)	99	(88)	97	100
3	0,60	0,2	45,1	45,1	45,1	(7,2)	2,1	1,2	(22,4)	2,7	(84)	95	(50)	94	97
4	0,60	0,2	64,0	64,0	64,0	(13,3)	6,6	1,6	(40,1)	21,1	(79)	90	(37)	67	97
5	0,60	0,5	32,0	26,8	47,4	(4,7)	3,5	2,4	(8,4)	4,0	(84)	89	(67)	85	92
6	0,60	0,5	81,7	69,0	94,3		5,2	3,5		8,4		94		91	96
7	0,60	1,0	57,8	54,1	65,2	(4,7)	3,5	1,1	(10,5)	5,9	(92)	94	(81)	89	98
8	0,30	0,5	79,9	40,6	93,4	(1,8)	1,4	0,1	(12,3)	8,0		98		87	100
9	0,50	0,5	36,6	18,9	94,2	(1,2)	0,9	0	(34,5)	2,8		97	(25)	94	100
10	0,50	1,0	29,5	26,2	37,9		2,8	0,7		5,1		90		81	98
11	0,50	1,0	34,5	28,9	46,7		1,5	1,0		2,0		96		94	98
12	0,50	1,0	34,0	9,9	63,0		2,6	1,0		9,4		92		85	97
13	0,18	0,5	37,2	14,4	165,0		2,8	0		29,9		92		27	100

\*) suluissa olevaan arvoon on otettu mukaan suodatuksen ensimmäisen näytteen korkea pitoisuus

suodatukset 1 - 9 kostutettu jyrsinturve  
 suodatukset 10 - 12 kuivana asetettu jyrsinturve  
 suodatus 13 palaturve

#### 4.2.2 V e s i - j a k i i n t o a i n e m ä ä r ä t s e k ä s u o d a t t i m e n t u k k e u t u m i - n e n

Jyrsinturvesuodatusten aikana johdettiin suodattimille vettä  $0,8 - 46,5 \text{ m}^3$ . Kiintoainekuormitus oli kokeiden aikana  $0,05 - 2,81 \text{ kg}$  turvesuodatinneliometriä kohti eli  $0,08 - 9,35 \text{ kg}$  turvekuutiota kohti (taulukko 5).

Palaturvesuodatuksen aikana johdettiin suodattimelle vettä  $79,0 \text{ m}^3$ . Kiintoainekuorman suuruus oli kokeen aikana  $2,39 \text{ kg m}^{-2}$  eli  $16,33 \text{ kg}$  turvekuutiota kohti (taulukko 5).

Taulukko 5. Eri suodatusjaksojen aikana suodattimille johdetut vesi- ja kiintoainemäärät suodatinneliömetriä sekä turvekuutiota kohti.

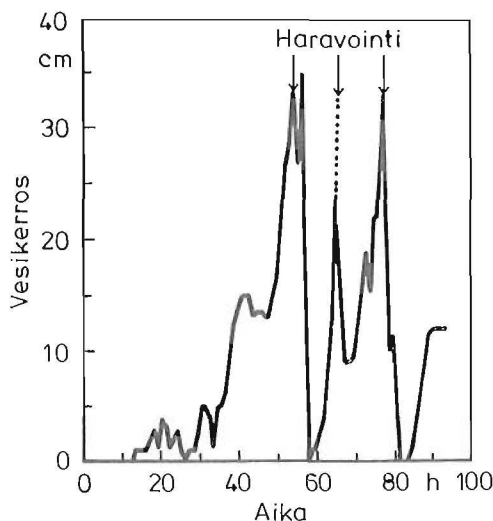
Suodatus	Turveker- rospaksuus (m)	Pinta- kuorma (m h <sup>-1</sup> )	Johdettu vesimäärä (m <sup>3</sup> )	Johdettu kiintoainemäärä	
				(kg m <sup>-2</sup> )	(kg turve-m <sup>-3</sup> )
1	0,6	1,0	2,50	0,13	0,21
2	0,6	1,0	2,50	0,15	0,25
3	0,6	0,2	1,20	0,05	0,09
4	0,6	0,2	0,80	0,05	0,09
5	0,6	0,5	1,50	0,05	0,08
6	0,6	0,5	3,00	0,25	0,41
7	0,6	1,0	2,50	0,15	0,24
8	0,3	0,5	35,13	2,81	9,35
9	0,5	0,5	46,50	1,70	3,40
10	0,5	1,0	5,00	0,15	0,30
11	0,5	1,0	6,00	0,21	0,41
12	0,5	1,0	5,00	0,17	0,34
13	0,18	0,5	79,00	2,39	16,33

suodatukset 1 - 9 kostutettu jyrsinturve  
 suodatukset 10 - 12 kuivana asetettu jyrsinturve  
 suodatus 13 palaturve

Suodattimen tukkeutumista seurattiin jyrsinturvesuodatuk-  
 sessa (suodatus 9) mittaamalla suodattimen pinnalle kerty-  
 neen kiintoainekerroksen paksuus ja vesikerroksen paksuus  
 tietyin väliajoin. Kiintoaine kerääntyi pääasiassa jyrsin-  
 turvesuodatinkerroksen pinnalle sekä noin 5 cm:n pintaker-  
 rokseen. Kun suodatin alkoi tukkeutua, muodostui suodatti-  
 men pinnalle vesikerros (kuva 8). Vesikerroksessa havait-  
 tiin kiintoaineen flokkaantumista ja sedimentoitumista  
 suodattimen pinnalle. Pinnalle sedimentoituneella kiinto-  
 ainekerroksella oli aluksi todennäköisesti positiivinen  
 vaikutus puhdistustulokseen, mutta kiintoainekerroksen  
 kasvaessa myös tukkeutuminen nopeutui. Suodattimen pinta-  
 kerros jouduttiin haravoimaan ja pinnalle kertynyttä kiin-  
 toainetta poistamaan. Haravointi paransi turvesuodattimen  
 vedenläpäisevyyttä vain hetkellisesti. Se ei kuitenkaan  
 vaikuttanut suodattimelta lähtevän veden laatuun. Suodatus  
 kesti 93 tuntia.

Palaturvesuodattimelle pumpattiin vettä yhtäjaksoisesti  
 158 tuntia, eikä suodatin tukkeutunut kokeen aikana (tau-  
 lukko 3).

Pienoismallin sorakerrokseen ei kertynyt kiintoainetta.  
 Suodatinturpeen ja soran rajapinta pysyi koko ajan selkeä-  
 nä, eikä turvekerroksen vaihdon yhteydessä ollut tarvetta  
 kuoria sorakerroksen pintaa pois. Salaoja ei tukkeutunut  
 kokeiden aikana.



Kuva 8. Jyrsinturvesuodattimen pinnalle kertyvän vesikerroksen korkeus ajan funktiona suodatuksessa 9.

Jyrsinturvekerros tiivistyi yläosastaan noin 4 % kuivuesaan suodatusjaksojen välissä (taulukko 3). Tämän vuoksi turvekerroksen yläosan ja suodattimen seinien väliin muodostui noin 2 cm leveä ja 15 cm syvä rako, joka aiheutti oikovirtauksia seuraavan suodatusjakson alussa. Turvekerroksen kastuttua se turposi nopeasti alkuperäiseen tilavuuteensa ja raot umpeutuivat. Täten oikovirtauksilla ei ollut suurta vaikutusta puhdistustulokseen.

#### 4.2.3 P u h d i s t u s t u l o k s e t

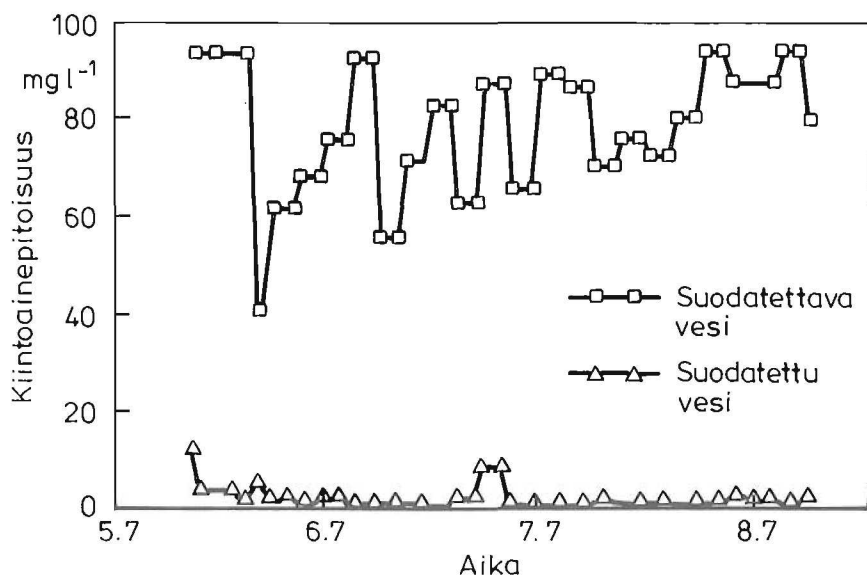
Turvesuodattimet pidättivät kiintoainetta hyvin (taulukko 4). Jyrsinturvesuodatuksissa, joissa turvekerroksen paksuus oli 0,3 m, 0,5 m ja 0,6 m, kokeiltiin pintakuormia  $0,2 \text{ m h}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ m h}^{-1}$  ja  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Eri suodatusten keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 89 - 99 %. Jos otetaan huomioon suodatuksen ensimmäisten näytteiden tulokset, jolloin kiintoainetta huuhtoutui turpeesta, saadaan keskimääräiseksi kiintoainepoistumaksi 81 - 97 %. Suodatusjaksojen aikana kiintoaine pidättyi ajoittain täydellisesti ja pienin hetkellinen poistuma oli 81 %. Suurin keskimääräinen kiintoainepoistuma (99 %) oli turvesuodattimessa, jonka kerrospaksuus oli 0,6 m ja pintakuorma  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Turvesuodattimella, jonka kerrospaksuus oli 0,3 m ja pintakuorma  $0,5 \text{ m h}^{-1}$ , saavutettiin kuitenkin lähes sama tulos (poistuma 98 %) (taulukko 4).

Palaturvekerroksen paksuus oli 0,18 m ja pintakuorma  $0,5 \text{ m h}^{-1}$ . Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 92 %. Suodatusjaksojen aikana kiintoaine pidättyi ajoittain täydellisesti, mutta suodatusjakson lopussa oli kiintoainepoistuma ajoittain vain 27 % (taulukko 4).

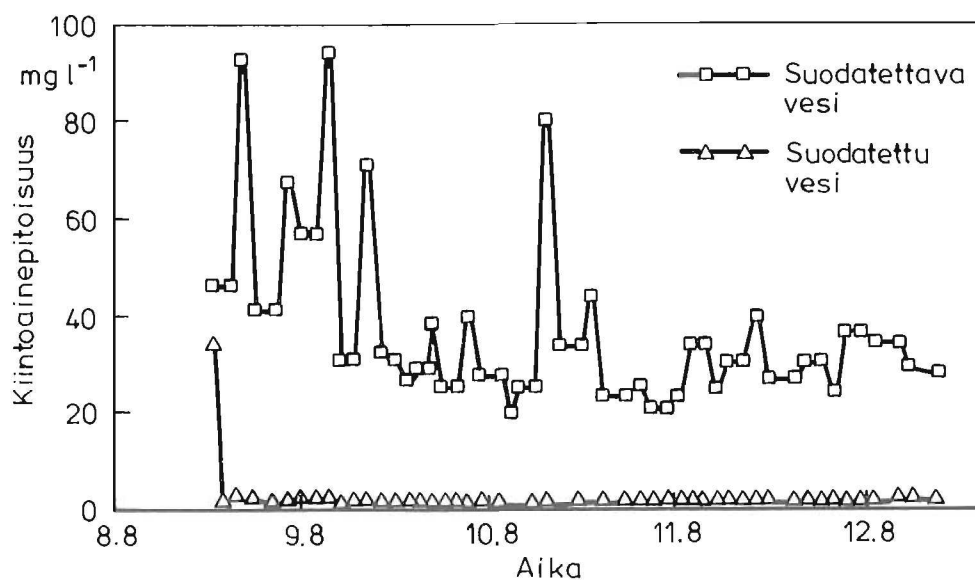
Pisimmissä jyrsinturvesuodatuksissa 8 ja 9 ei suodatetun veden kiintoainepitoisuus vaihdellut suuresti. Kuitenkin



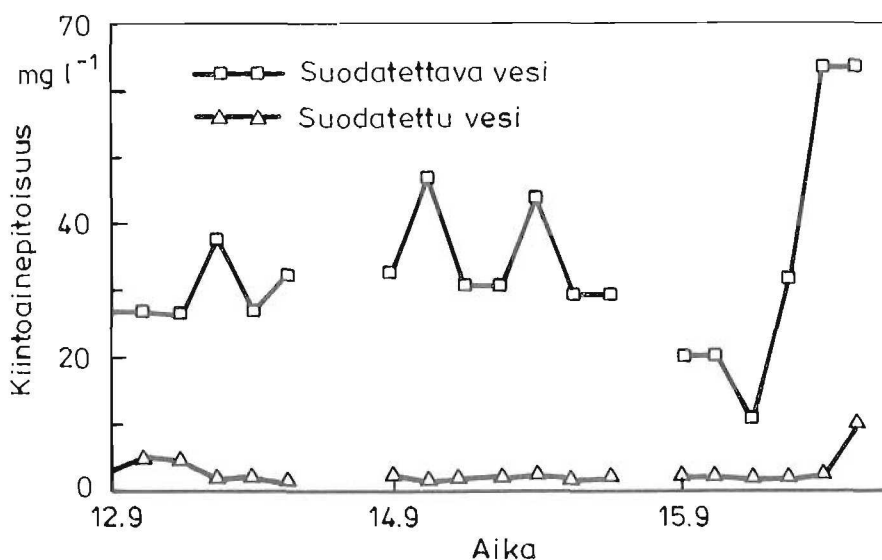
heti suodatusjakson alussa huuhtoutui turvekerroksesta kiintoainetta. Myös suodatusjakson loppuvaiheessa saattoi suodatetun veden kiintoainepitoisuus kasvaa (kuvat 9, 10 ja 11).



Kuva 9. Tulevan ja lähtevän veden kiintoainepitoisuudet jyrshinturvesuodatuksessa, jossa turvekerroksen paksuus oli 0,3 m ja pintakuorma 0,5 m h<sup>-1</sup>.



Kuva 10. Tulevan ja lähtevän veden kiintoainepitoisuudet jyrshinturvesuodatuksessa 9, jossa turvekerroksen paksuus oli 0,5 m ja pintakuorma 0,5 m h<sup>-1</sup>.



Kuva 11. Tulevan ja lähtevän veden kiintoainepitoisuudet jyrshinturvesuodatuksissa 10 - 12, joissa turvekerroksen paksuus oli 0,5 m ja pintakuorma 1,0 m h<sup>-1</sup>.

Turvekerroksen paksuuden lisääminen ei parantanut merkittävästi puhdistustulosta. Sen sijaan suodatusjakson alussa huuhtoutui turpeesta kiintoainetta sitä enemmän ja sitä pitempään, mitä paksumpi turvekerros oli (taulukko 4).

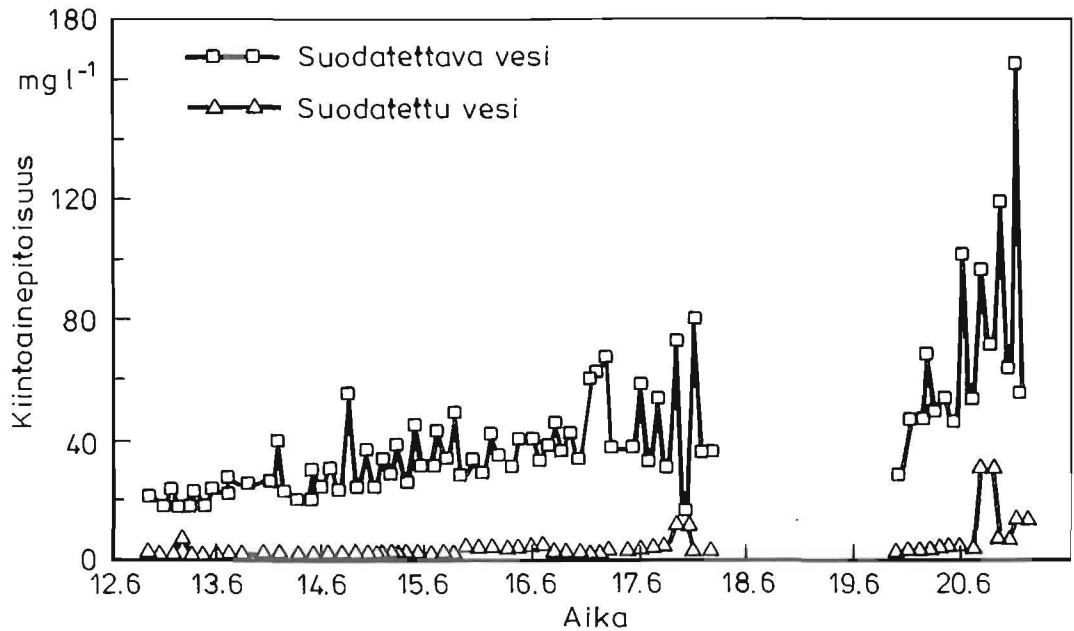
Palaturvesuodattimesta ei kiintoainetta huuhtoutunut yhtä selvästi kuin jyrshinturvesuodattimista. Suodatusjakson loppuvaiheessa pitoisuudet suodattimesta lähtevässä vedessä kuitenkin kasvoivat vastaavasti kuten jyrshinturvesuodatuksissa (kuva 12).

#### 4.3 TULOSTEN TARKASTELU

##### 4.3.1 V e d e n l a a t u

Turvesuodatinkokeiden vesi valmistettiin sekoittamalla Piipsannevanturvetuotantoalueensarkaoja-altaiden pohjalle laskeutunutta kiintoainetta vedensyöttöaltaassa olevaan vesijohtoveteen. Kiintoainesuspendingissä ei ollut siten kaikkein hienojakoisinta kiintoainesta, jota sarkaoja-altaat eivät pysty pidättämään. Täten pienoismallissa käytetty vesi ei vastannut laadultaan täysin turvetuotantoalueelta valuvan veden laatua.

Laboratorio-olosuhteet poikkeavat kenttäolosuhteista myös mm. sadannan ja haihdunnan suhteen. Myös lämpötilavaihtelut ovat erilaiset laboratoriossa kuin kenttäolosuhteissa. Nämä vaikuttanevat sekä suodattimelle tulevan että sieltä lähtevän veden laatuun.



Kuva 12. Tulevan ja lähtevän veden kiintoainepitoisuudet palaturvesuodatuksessa 13, jossa turvekerroksen paksuus oli 0,18 m ja pintakuorma 0,5 m h<sup>-1</sup>.

Suodattimille johdetun veden keskimääräiset pitoisuudet olivat 29,5 - 81,7 mg l<sup>-1</sup>. Piipsannevan turvetuotantoalueen päälaskuojassa oli keskimääräinen kiintoainepitoisuus 39,6 mg l<sup>-1</sup> ajanjaksolla 16.5. - 19.12.1988. Täten pienoismallin kiintoainepitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin turvetuotantoalueelta valuvan veden kiintoainepitoisuus.

#### 4.3.2 V e s i - j a k i i n t o a i n e m ä ä r ä t s e k ä s u o d a t t i m e n t u k k e u t u m i - n e n

Suurin jyrsinturvesuodattimelle johdettu vesimäärä oli 46,5 m<sup>3</sup>. Tämä pumpattiin suodattimelle 93 tunnin aikana. Tämän suodatuksen aikana turpeen pintakerrosta kuohkeutettiin haravoimalla. Suurin palaturvesuodattimelle johdettu vesimäärä oli 79,0 m<sup>3</sup>. Tämä pumpattiin suodattimelle 158 tunnin aikana. Turvetuotantoalueelta, jonka valuma-alue on 100 ha, keskimääräinen valuma 10 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>, virtaa 46,5 m<sup>3</sup> vettä 1,3 tunnissa ja 79,0 m<sup>3</sup> vettä 2,2 tunnissa.

Suurin jyrsinturvesuodattimen kiintoainekuormitus ennen suodattimen tukkeutumista oli 2,81 kg m<sup>-2</sup>. Suurin palaturvesuodattimen kiintoainekuormitus oli 2,39 kg m<sup>-2</sup>, mikä ei vielä johtanut suodattimen tukkeutumiseen. Jos esimerkkinä olevan turvetuotantoalueen valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus on 40,0 mg l<sup>-1</sup>, on sen vuorokauden kiintoainekuormitus 34,6 kg. Jos turvesuodat-

timen pinta-alaksi oletetaan  $80,0 \text{ m}^2$ , on kiintoainekuormitus  $0,43 \text{ kg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Täten jyrsinturvesuodattimen tukkeutumiseen johtava kiintoainekuormitus  $2,81 \text{ kg m}^{-2}$  saavutetaan noin 6,5 vuorokaudessa. Palaturvesuodattimen kuormitus  $2,39 \text{ kg m}^{-2}$  saavutetaan noin 5,5 vuorokauden aikana ja suodatin pysyy toimintakuntoisena ainakin tämän ajan. Palaturvesuodatuksissa ei saatu tietoa suodattimen tukkeutumisen aiheuttavista kiintoainemääristä.

Syynä siihen, että palaturvesuodatin ei tukkeutunut yhtä helposti kuin jyrsinturvesuodatin, on ilmeisesti se, että palaturve on suon karkeinta, suurihuokoisista pintaturvetta. Palaturpeessa ei myöskään ole käsittelyssä hienontunutta ainesta niin paljon kuin jyrsinturpeessa.

Turvesuodattimelle tuleva vesi on saatava jakaantumaan tasaisesti turpeen pinnalle. Tämä onnistui parhaiten turvekerroksen pinnalla olevan puurakenteisen jakolevyn avulla.

Pesty 5 - 12 mm raekoon sora on käyttökelpoinen turpeen alla olevana suodatinkerroksena. Sorasta on poistettava hieno aines, joka voi liettyessään aiheuttaa sorakerroksen tai salaojakerroksen tukkeutumisen.

Käytännön olosuhteissa suodatinrakenteet on tehtävä sellaisiksi, ettei synny oikovirtauksia. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota turpeen ja turvesuodatinaltaan rajapintoihin, joihin voi syntyä helposti oikovirtauksia.

Turvesuodatin vaatii säännöllistä hoitoa ja kunnossapitoa. Kun suodattimen veden läpäisevyys heikkenee on suodattimen pintakerros haravoitava tai pinnalle kertynyt kiintoaine poistettava. Haravointi parantaa suodattimen veden läpäisevyyttä vain hetkellisesti. Käytännön olosuhteita varten on kehitettävä kunnossapito- ja hoitomenetelmiä, joilla suodattimen tukkeutuminen voidaan estää.

Kokeissa käytetyllä kiintoainepitoisella vedellä saadaan suodattimen tukkeutumisesta kenttäolosuhteissa vain likimääräinen kuva. Pienoismallin kiintoainesuspensiossa ei ollut kaikkein hienojakoisinta ainesta, joka olisi todennäköisesti nopeuttanut vettä läpäisemättömän kerroksen muodostumista suodattimen pinnalle ja aiheuttanut suodattimen tukkeutumisen vielä kokeissa havaittua aikaisemmin. Lisäksi kenttäolosuhteissa saattaa suodattimelle tulevan veden kiintoainepitoisuus vaihdella suuresti esimerkiksi rankkasateen jälkeen. Tällöin hetkellinen kiintoainekuormitus saattaa nopeasti tukkia suodattimen.

#### 4.3.3 Turvesuodattimen puhdistusteho

Turvesuodatuksella voidaan poistaa tehokkaasti vedestä kiintoainetta. Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa yli 89 %. Jyrsinturvesuodatuksissa ei turvekerroksen paksuudella ja pinta-

kuormalla ollut merkittävää vaikutusta puhdistustulokseen. Suodatusjakson alussa huuhtoutui kiintoainetta sitä enemmän, mitä paksumpi turvekerros oli. Tämän huuhtoutumisen vaikutus puhdistustulokseen oli kuitenkin vähäinen. Suodattimilla, joissa oli kostutettuna asetettua jyrsinturvetta, saatiin parhaat puhdistustulokset (taulukko 4). Veden turvottamat turvehiukkaset tarttuvat toisiinsa, eivätkä huuhtoudu niin helposti suodattimesta kuin kuivana asetettu turve.

Pienoismallitutkimuksen mukaan jyrsinturvekerros on asennettava kostutettuna. Turvekerroksen paksuuden on oltava 0,3 - 0,6 m ja pintakuorman 0,5 - 1,0 m h<sup>-1</sup>.

Palaturvesuodatuksen keskimääräinen kiintoainepoistuma (92 %) oli hiukan pienempi kuin useimpien jyrsinturvesuodatuksen kiintoainepoistuma. Turvepaloista kootussa suodattimessa vesi pääsee virtaamaan osittain palojen liitoskohtien rakojen kautta, eikä suotaudu niin tehokkaasti kuin jyrsinturpeesta valmistetussa suodattimessa. Kiintoainepoistuma olikin ajoittain pieni (27 %)

Suodatuksen puhdistustulosta voitaneen parantaa lisäämällä palaturvekerroksen paksuutta (suurempi kuin 0,18 m) ja asentamalla turvepaloja limittäin, mikä vähentää oikovirtausten syntymistä.

#### 4.3.4 Turvesuodattimen mitoitus

Pienoismallikokeilla saatiin seuraavat kentälle rakennetun turvesuodattimen mitoitus- ja rakentamisohteet:

- suodatinmateriaaliksi sopii parhaiten vähän maaton karkearakeinen rahkapalaturve
- palaturvesuodattimen kuormituksen mitoitusarvoksi saatiin 2,39 kg m<sup>-2</sup> kiintoainetta (16,33 kg turvekuutiota kohti), jolloin suodatin pysyi vielä toimintakuntoisena, eikä tukkeutunut
- palaturvekerroksen paksuuden tulisi olla suurempi kuin 0,18 m ja usean turvekerroksen limittäminen vähentää oikovirtauksia
- jyrsinturvesuodattimen suurin kuormitusarvo oli 2,81 kg m<sup>-2</sup> kiintoainetta, mikä johti suodattimen tukkeutumiseen
- jyrsinturvekerroksen paksuuden tulisi olla 0,3 - 0,6 m
- jyrsinturvekerros on kostutettava
- pintakuorman tulisi olla korkeintaan 0,5 - 1,0 m h<sup>-1</sup>
- turvesuodattimelle tuleva vesi on saatava jakaantumaan tasaisesti turpeen pinnalle esimerkiksi puurakenteisen jakolevyn avulla
- turvekerroksen alle tulisi asettaa 0,4 m paksu sorakerros, jonka raekoko on 5 - 12 mm ja josta on hieno aines pesty pois
- murskekerroksen alle tulisi asettaa salaojaputket, joiden halkaisija on 100 mm
- oikovirtausten syntyminen suodattimeen on estettävä

## 5 TURVESUODATUS KÄYTÄNNÖN OLO - SUHTEISSA

### 5.1 AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 5.1.1 Tutkimusalue

Tutkimukset tehtiin Haapaveden kunnassa sijaitsevalla Piipsannevan turvetuotantoalueella (kuva 13). Alue oli jo ennen turvetuotantoa metsäojitettu. Ojitukset turvetuotantoa varten on aloitettu vuonna 1973. Vuonna 1985 tuotannossa oli 150 ha ja vuonna 1986 824 ha. Piipsannevan suunniteltu tuotantoala on 2 577 ha, josta tutkimuksen aikana oli on ojitettuna 2 232 ha ja tuotantokunnossa 1 596 ha. Tuotantotapana on ollut haku- ja karheensiirto-menetelmään sekä imuvaunukeräykseen perustuva jyrshinturvetuotanto. Alueella on tuotettu joitakin vuosia myös huomattavia määriä palaturvetta.

Vuonna 1989 Piipsannevalla tuotettiin 573 566 m<sup>3</sup> jyrshinturvetta. Tuotanto tulee laajenemaan, sillä 15 km päähän rakennettu Haapaveden turvevoimala aloitti toimintansa vuonna 1989. Suunniteltu turpeen kokonaiskäyttö voimalassa on noin 2,5 milj. m<sup>3</sup> v<sup>-1</sup>.

Pääosa Piipsannevan turvetuotantoalueen vesistä (2 261 ha:n alueelta) johdetaan alueen halki virtaavaa Kotaojaa pitkin Likajärven järvikuivioon, josta vedet johdetaan edelleen Piipsanojan kautta Pyhäjoen vesistön Haapajärveen. Turvesuodattimet rakennettiin tuotantoalueen lohkolle numero 14 Kotaojan viereen (kuva 13).

#### 5.1.2 Turvesuodattimen rakenne ja koejärjestelyt

Tutkimuksia varten rakennettiin kolme suodatinta koealueelle 2 (kuva 13). Koealue oli suota, jossa oli noin 2,5 m paksu vetinen turvekerros ja sen alla hyvin vetinen savikerros.

##### 5.1.2.1 Koealueen perustaminen

Perustustyöt tehtiin talvella 1987 - 1988, kun kentälle oli muodostunut routakerros. Koealueelta 2 poistettiin kannot, aikaisemmin kaivetut sarkaojat peitettiin ja kentän pinta tasattiin. Noin 1 550 m<sup>2</sup>:n (31 m x 50 m) alueelle levitettiin tasaushiekka, jonka paksuus oli keskimäärin noin 0,2 m. Hiekka tasoitettiin noin 1,0 % kaltevuuteen Kotaojaan päin (kuvat 13 ja 14). Tasaushiekan päälle asetettiin lujitekangas, jonka vetolujuus oli 78 kN m<sup>-1</sup>. Lujitekankaan päälle levitettiin painopenkereeksi noin 1,2 m luonnonsorakerros, jonka raekoko oli 0 - 150 mm.

### 5.1.2.2 Turvesuodattimen rakenne

Turvesuodattimelta kaivettiin luonnonsorakerrokseen (painopenkereeseen). Suodattimeltaan pohjan leveys oli 4,0 m ja pituus 10,0 m. Altaan korkeus oli 1,2 m ja luiskien kaltevuus noin 1:1. Suodattimeltaan pinta-ala oli noin 80 m<sup>2</sup> (kuvat 14 ja 15).

Altaista poistettu luonnonsora levitettiin altaiden ympärille penkereeksi. Lujitekankaan päällä oli 0 - 0,15 m sora- ja hiekkakerros 1,0 % kaltevuudessa. Suodattimelta tiivistettiin vedenpitäväksi tiivistekalvolla, jonka paksuus oli 2,0 mm ja vetolujuus 30,0 N mm<sup>-2</sup>. Tiivistekalvon päällä oli 0,05 m tasaumurske (raekoko 0 - 32 mm) 1,0 % kaltevuudessa. Tasaumurskeen päälle asetettiin viisi salaojaputkea (halkaisija 80 mm), joiden keskinäinen etäisyys oli 1,0 m, tarkastuskaivo (halkaisija 0,4 m ja korkeus 1,2 m) ja kaksi painumalevyä. Salaojaputket liitettiin tarkastuskaivoon, josta vesi virtasi poistoputkea (muoviputki, halkaisija 160 mm) pitkin kentän ympärysojaan. Salaojien toiset päät yhdistettiin huuhteluputkiin (PEH-muoviputki, halkaisija 110 mm). Salaojien päällä oli 1,0 % kaltevuudessa 0,40 m murskesorakerros, jonka raekoko oli 0 - 32 mm. Murskekerroksen päällä oli jyrsin tai palaturvekerros, jonka paksuus oli 0,30 - 0,60 m.

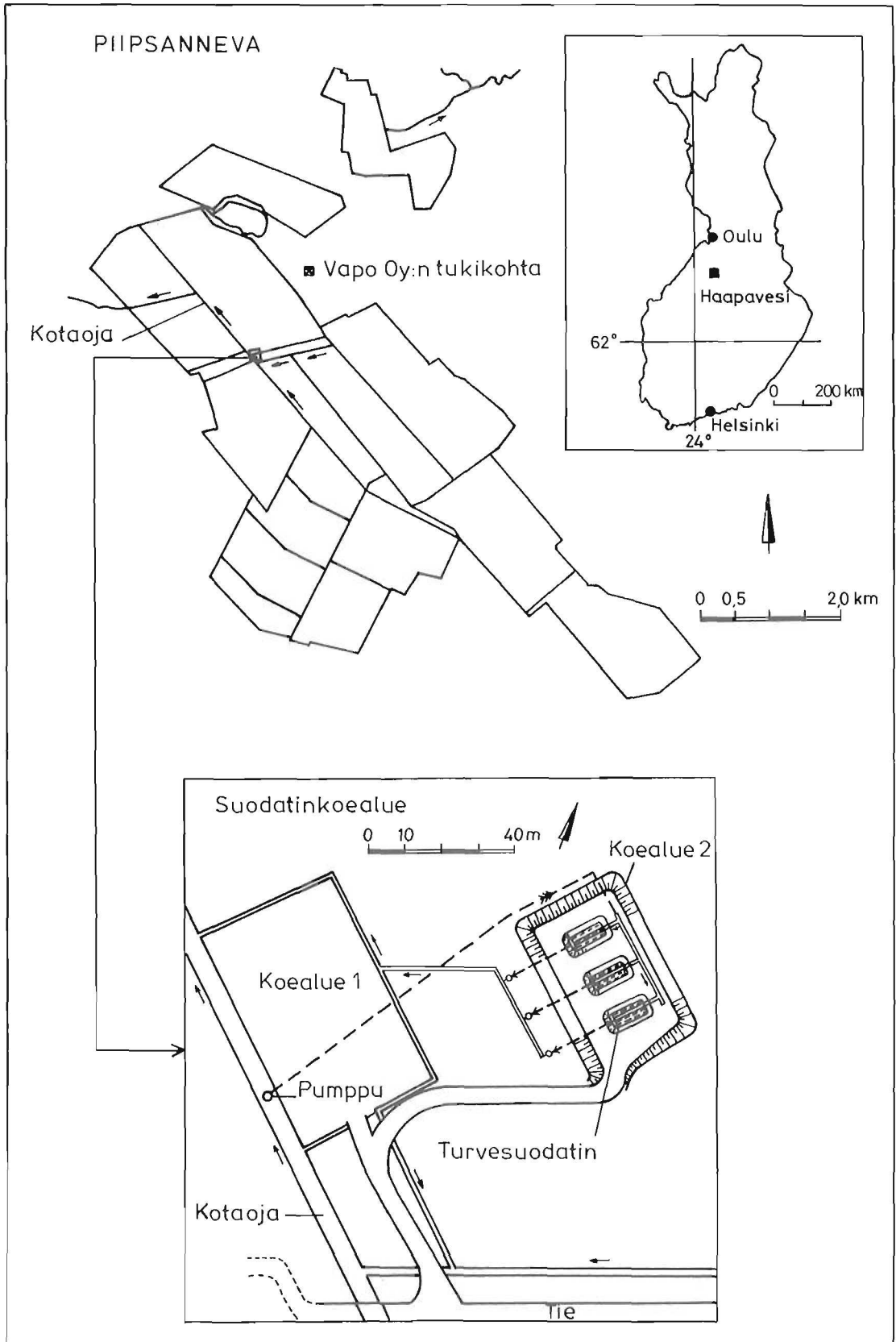
Suodattimelle pumpattu vesi jaettiin turvekerroksen pinnalle kolmella PVC-viemäriputkella (halkaisija 110 mm). Putkissa oli 20 mm:n reikiä 0,5 m:n välein. Putkien alla oli puiset tuet. Vesi virtasi putkiin kunkin altaan päässä olevan muovikaivon kautta. Muovikaivon halkaisija oli 0,4 m ja korkeus 0,8 m (kuvat 14 ja 15).

### 5.1.2.3 Pumppaamo

Vesi pumpattiin suodattimille Piipsannevan päälaskuojasta, Kotaojasta (kuva 13). Ojaa ruopattiin pumppaamon kohdalta niin, että veden syvyys oli vähintään 1,0 m. Uoman pohja verhoiltiin suodatinkankaalla ja kivillä (kuva 16).

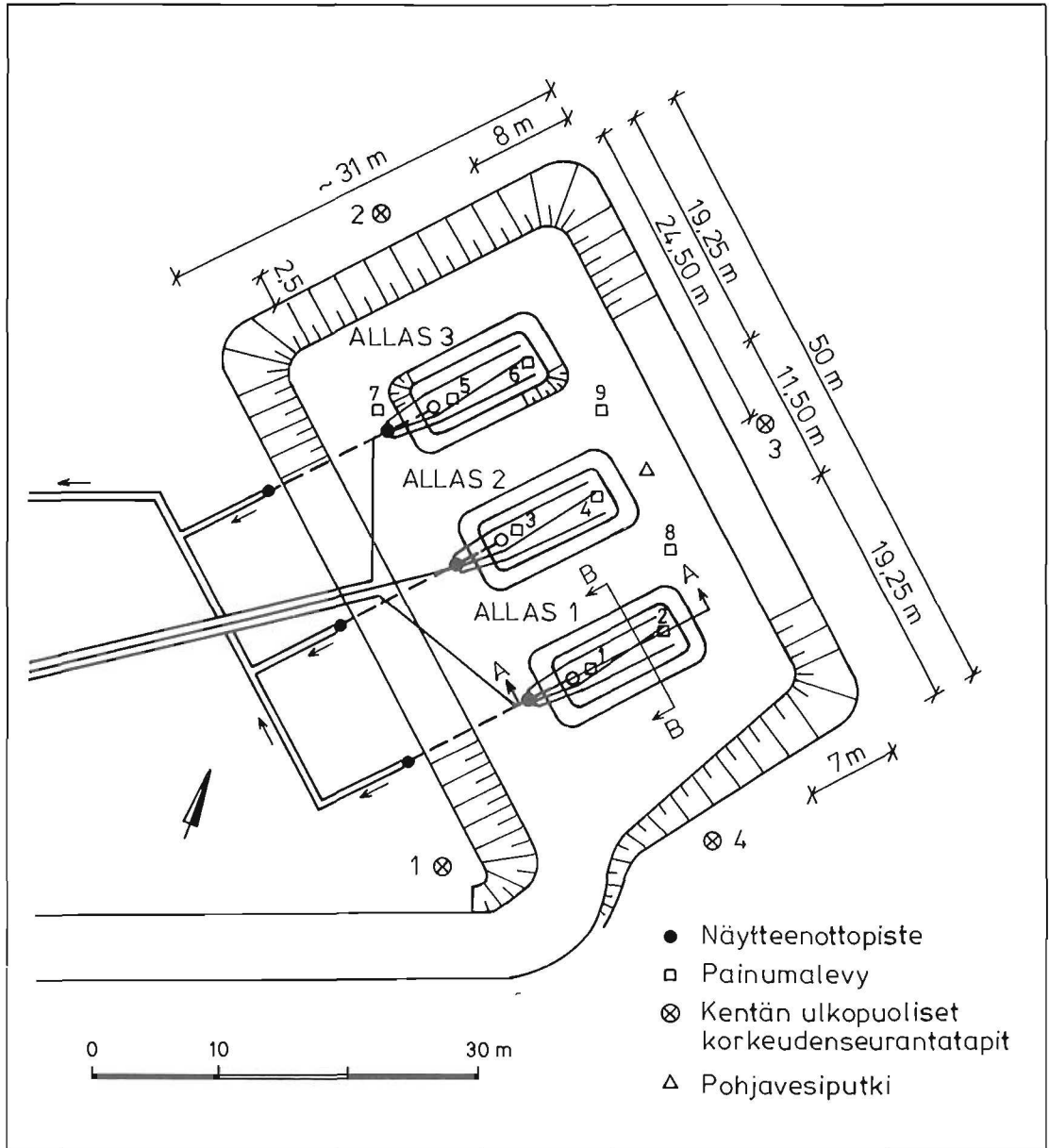
Pumput asennettiin puupaaluperustuksen varaan (kuva 16). Kokeissa käytettiin pumppuja, joiden tehot olivat 2,5 kW ja 7,5 kW. Sähkölinjan valmistumiseen (15.6.1989) asti sähkö tuotettiin pumppaamolle dieselgeneraattorilla.

Pumppaamolta vesi johdettiin suodattimille PVC-viemäriputkia pitkin. Putkien halkaisijat olivat 110 mm (2 kpl) ja 160 mm (1 kpl). Putket asennettiin puisten tukirakenteiden varaan (kuva 13).

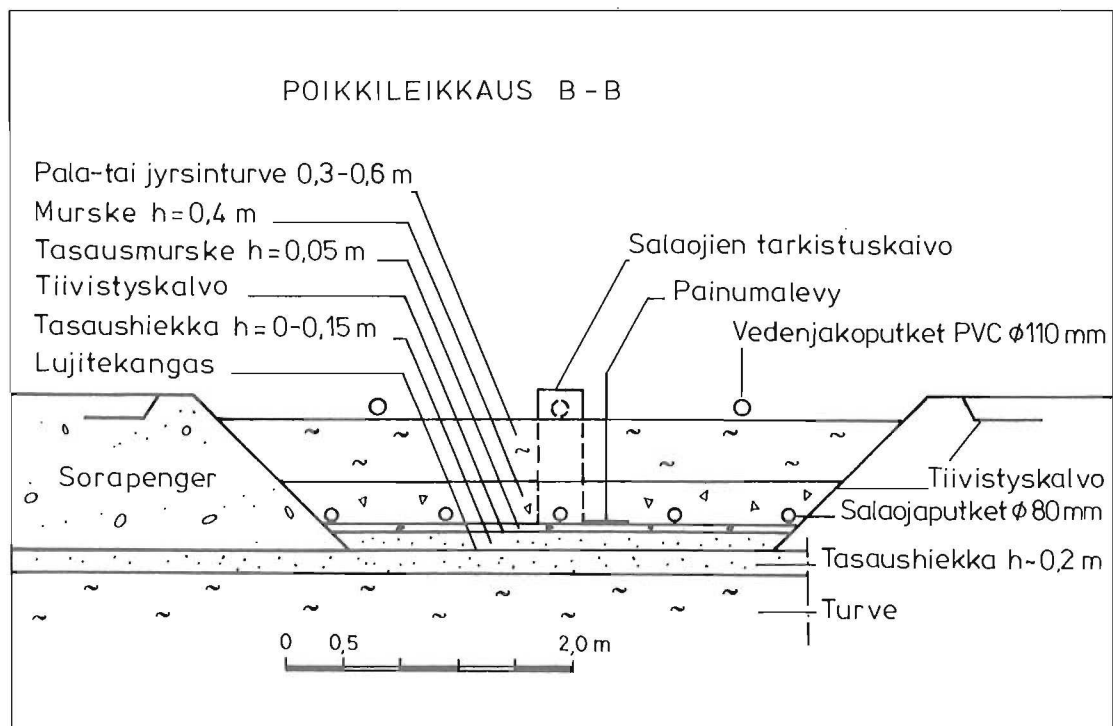
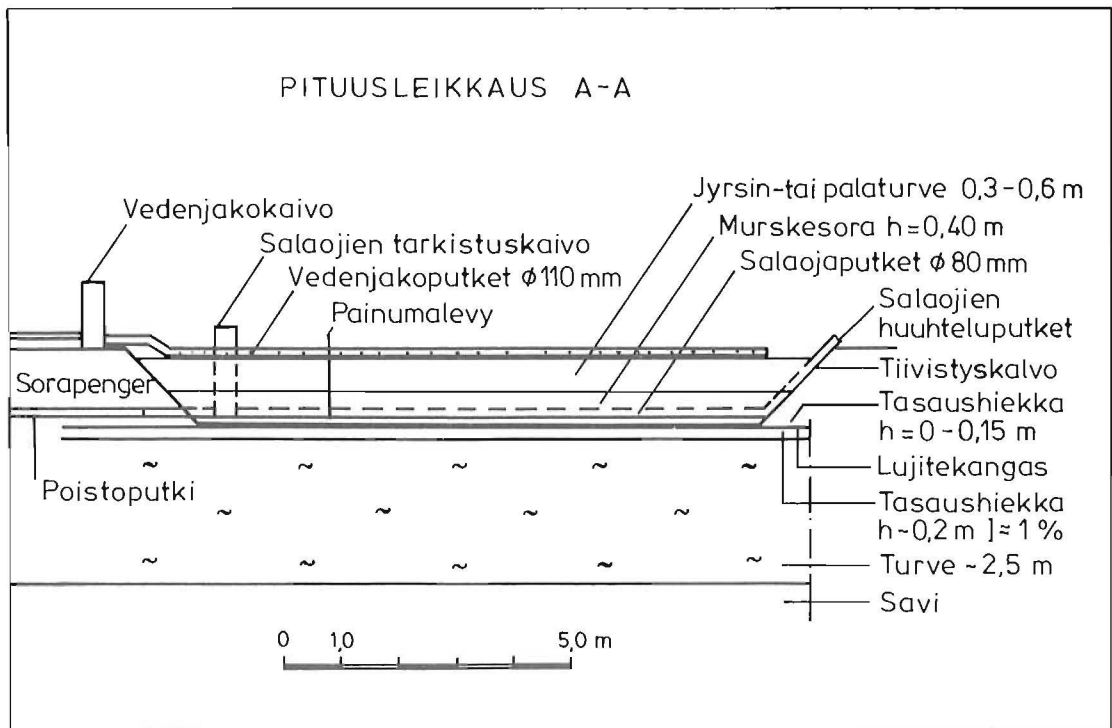


Kuva 13. Piipsannevan turvesuodattimen tutkimusalue.

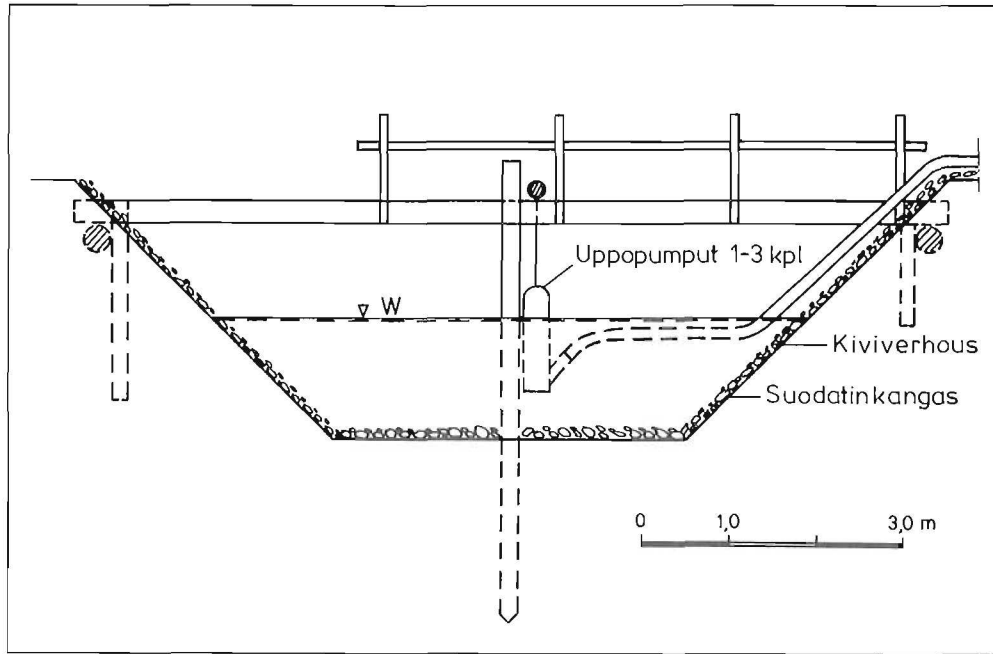




Kuva 14. Piipsannevan turvesuodatusalueen tasokuva ja eri tutkimuspisteet.



Kuva 15. Piipsannevan turvesuodattimen pituus- ja poikkileikkaus.



Kuva 16. Piipsannevan Kotaojaan rakennettu pumppaamo.

### 5.1.3 Rakentaminen ja sen aikana tehdyt tutkimukset

#### 5.1.3.1 Kesällä 1987 tehdyt työt ja tutkimukset

Koealueen 1 kuivattamiseksi kaivettiin alueen ympärille ojat kesäkuussa (kuva 13). Koekuoppien avulla seurattiin kentän kuivumista. Lisäksi seurattiin alueen roudan paksumutta.

Koealueen 1 rakentaminen aloitettiin 8.9.1987 ajamalla tiepohjalle luonnonsora (raekoko 0 - 150 mm). Alueelta poistettiin pintaturve laahakaiivukoneella noin 0,2 - 0,5 m syvyydeltä, alue tasoitettiin ja vaaittiin. Turpeet läjitettiin alueen itäpuolelle. Alueelle levitettiin suodatinkangas ja sen päälle oli tarkoitus levittää luonnonsora (raekoko 0 - 200 mm) pengermateriaaliksi. Sitä levitettiin noin 0,5 m kerros, minkä jälkeen (18.9.1987) Kotaojan luiskassa syntyi halkeamia pengermassan kuormituksesta. Työt keskeytettiin koealueella 1.

Koealueen 1 kahdesta eri pisteestä määritettiin turvekerroksen paksuus, turvelaji ja tehtiin turveluokitus 8.9.1987 (kuva 13). Turvenäytteet otettiin Hilleri-kairalla 0,5 m:n välein suon pinnasta kolmen metrin syvyyteen asti. Näytteistä määritettiin vesipitoisuus, märkätilavuuspaino, kuivatilavuuspaino, hehkutusjäännös ja huokoisuus. Näytteenottopisteisiin asennettiin painumalevyt.

### 5.1.3.2 Talvella tehdyt työt ja tutkimukset

Turvesuodattimen perustustyöt tehtiin koealueella 2 talvella 1987-1988, sillä routaantunut suo on paljon kantavampi kuin sula ja vetinen suo (kuva 13).

Koealue pidettiin avaraamalla lumettomana, jotta alueelle muodostuisi mahdollisimman paksu routakerros. Routakerroksen paksuutta seurattiin penkereen alta koealueella ja penkereen ulkopuolisella suoalueella kairaamalla turpeeseen reikiä ja mittaamalla roudan paksuus. Tavoitteena oli saada selville ajankohta, milloin kenttä on roudan vahvistamana riittävän kantava, jotta työt voitaisiin aloittaa. Routakerroksen paksuutta seurattiin myös painopenkereen valmistumisen jälkeen 12.5. - 1.8.1988. Suodatinaltaiden kaivutyöt voitiin aloittaa, kun routa oli sulanut painopenkereen alta.

Koealueen 2 perustustyöt ja tien rakentaminen aloitettiin 22.2.1988 ja ne oli tehty 29.2.1988 mennessä (ks. 5.1.2.1).

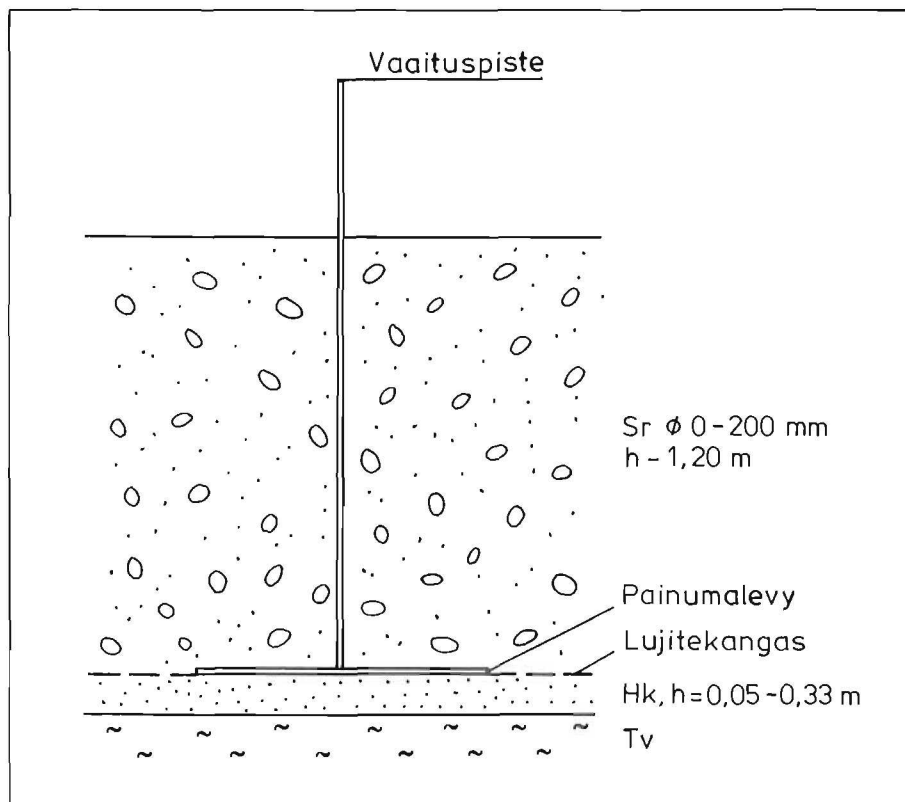
Lujitekangas oli 5,0 m:n rullissa. Lujitekangas levitettiin kentälle altainen pituussuunnassa. Kangasta levitettäessä oli lämpötila Piipsannevalla -32 °C. Kangas pysyi kuitenkin levitettäessä notkeana ja se oli varsin helppo levittää. Kankaan saumat limitettiin noin 5 cm ja ommeltiin yhteen erikoisompelukoneella.

Painopenger materiaali kuljetettiin alueelle kuorma-autolla ja levitettiin traktorilla, jonka takaosassa oli levitykslevy. Levitys tehtiin noin 0,5 m:n kerroksina.

Koealueelle johtavan tien alimmaisena kerroksena oli suodatinkangas. Tämän päälle levitettiin 0,4 m luonnonsora-kerros (raekoko 0 - 200 mm). Luonnonsoran päälle levitettiin murskekerros.

Koealueen painumista seurattiin kahden lujitekankaan päälle asetetun painumalevyn avulla ja yhden kentän pinnalle asetetun painumalevyn avulla (kuvat 14 ja 17). Pinnalle asetettu painumalevy poistettiin suodattimen rakentamisen aikana. Painumalevyt olivat teräslevyjä (paksuus 5 mm), joiden koko oli 0,8 m x 0,8 m (kuva 17). Levyissä oli 1,5 m tanko, jonka yläpään korkeutta vaaittiin. Koealuetta ympäröivän alueen painumia (tai kohoumia) seurattiin vaaitsemalla neljää seurantatappia (kuva 14). Painumaseuranta tehtiin 24.2.1988 - 31.12.1988. Tarkoituksena oli selvittää, milloin suodatinaltaiden kaivutyöt voitaisiin aloittaa.

Pohjaveden korkeutta koealueella seurattiin pohjavesiputken avulla (kuva 14). Mittaukset tehtiin painumamittausten yhteydessä.



Kuva 17. Painumalevyjen sijainti painopenkereessä.

#### 5.1.3.3 Suodatinaltaiden rakentaminen syksyllä

Elokuussa 1988 routa oli sulanut painopenkereen ulkopuolelta täysin ja penkereen alla oli routaa 0 - 0,10 m. Suodatinaltaat kaivettiin 0,5 m:n syvyisiksi ja sora levitettiin tasaisesti altaiden ympärille allaspenkereeksi 15.8.1988 (ks. 5.1.2.2). Altaisiin suotautui vettä. Kaivutyöt keskeytettiin. Suodatinaltaiden kaivu lopulliseen syvyyteen aloitettiin 15.9.1988. Kaivutyö tehtiin kaivukoneella, jonka paino oli 16 t.

Tasaushiekka levitettiin altaille kaivukoneella. Lopullinen tasaus tehtiin käsin lapiolla ja haravalla.

Suodatinaltaat tiivistettiin vedenpitäviksi tiivistekalvolla, jotta saataisiin kaikki suodattimelle johdettu vesi kulkemaan suodattimen läpi ja poistumaan poistoputken kautta. Tämä selkeytti vedenlaatutulosten ja virtaamamittaustulosten käsittelyä. Tiivistystyöt aloitettiin 20.9.1988. Tiivistekalvo oli 5,0 m:n rullissa. Kunkin altaan tiivistys tehtiin hitsaamalla tiivistekalvopalat yhteen. Altaiden keskiosaan laitettiin kaksi isoa palaa ja molempiin päätyihin kolme palaa. Palojen saumat limitettiin 12 cm. Keski-saumot hitsattiin kuumailmasaumauslaitteella ja kulmapalat ns. ekstruder - hitsauslaitteella. Tiivistekalvon yläosa "ankkuroitiin" peittämällä kalvo allaspenkereeseen.

Suodattimen poistoputki asetettiin tiivistekalvoon poistoputken halkaisijan kokoiseen reikään. Liitos tiivistettiin hitsaamalla 0,6 m x 0,6 m tiivistekalvopala poistoputkeen ja allastiivistekalvoon.

Tiivistekalvon asentamisen jälkeen asennettiin muut turvesuodatinkerrokset. Murskesorakerros levitettiin altaisiin kaivukoneella, jonka paino oli 14 t. Lopullinen tasaus tehtiin käsin lapiolla ja haravalla. Jyrsinturvekerros levitettiin murskekerroksen päälle 0,10 m kerroksina. Kerrokset kasteltiin suihkuttamalla vettä turpeen päälle. Veden imeytymistä tehostettiin haravoimalla turvekerroksen pintaa. Palaturpeet (palan koko 0,15 m x 0,40 m x 0,20 m) asetettiin altaisiin kahteen kerrokseen limittäin siten, että kerrosten saumat eivät olleet päällekkäin. Lisäksi saumat tilkittiin turpeella. Jyrsinturvesuodatinaltaat olivat valmiit 18.10.1988. Palaturvesuodatinaltaat tehtiin heinäkuussa 1989.

Pumppaamo rakennettiin lokakuussa 1988 (ks. 5.1.2.3). Pumppujen pumppausteho määritettiin mitta-altaan ja kellon avulla.

Suodatinaltaiden painumien seuraamista varten niihin asennettiin kaksi painumalevyä, joiden koko oli 0,4 m x 0,4 m (kuvat 14 ja 15). Painumalevyt asetettiin salaojien tasausmurskeen päälle. Seuranta tapahtui vastaavasti kuin koealueen painumien seuranta ja se aloitettiin lokakuussa 1988. Ennen suodatinkerroksien asentamista vaaittiin altaiden pohjien korkeudet lujitekankaiden päältä.

#### 5.1.4 Suodatinturpeen laatu, paksuus ja tutkitut pintakuormat

Turvesuodatinaltaissa tutkittiin jyrsinturpeen ja palaturpeen soveltuvuutta suodatinmateriaaliksi (taulukko 6). Jyrsinturve oli vähän maatonutua rahkaturvetta (maatusaste H 2 - H 3), joka toimitettiin Vapo Oy:n Haukinevan tehtaalta. Palaturve oli samanlaista turvetta, jota kokeiltiin pienoismallissa. Se kuljetettiin Haukiputaan kunnan Kotajärveltä kuorma-autolla.

Suodatukset tehtiin pintakuormilla 0,25 m h<sup>-1</sup>, 0,50 m h<sup>-1</sup> ja 1,0 m h<sup>-1</sup> (taulukko 6). Jyrsinturvekerroksen paksuus oli 0,30 m ja 0,60 m. Palaturvekerroksen paksuus oli 0,40 m (2 x 0,20 m). Yhdessä suodatuksessa kokeiltiin jyrsinturvekerroksen päällä verkkoa, jonka avulla oli tarkoitus poistaa suodattimen pinnalle kertynyt kiitoaine. Piipsannevalla tehtiin kahdeksan (A - H) suodatusta.

Jyrsinturvesuodatukset koostuivat aluksi useista lyhyistä, muutaman tunnin suodatusjaksoista (taulukko 6). Tämä johtui siitä, että suodattimet tukkeutuivat tai suodatus keskeytettiin yön ajaksi, koska dieselgeneraattoria ei tulipalovaaran vuoksi voitu käyttää yön aikana ilman valvontaa. Sähkölinjan valmistuttua tehtiin useita päiviä

kestävä jyrsinturvesuodatus. Tämän jälkeen suodatukset keskeytettiin, kun suodattimet alkoivat tukkeutua. Saman suodatuksen eri jaksojen välissä turvekerrosta kuohkeutettiin talikolla ja pinnalle kertynyt lietekerros poistettiin. Palaturpeella tehtiin yksi yhtäjaksoinen suodatus. Toinen palaturvesuodatus keskeytyi 40 tunnin sähkökatkoksen vuoksi.

Jyrsinturvesuodattimet A ja B tehtiin altaissa, joihin turve asetettiin lokakuussa 1988 eli turve oli ollut altaissa talven ajan (taulukko 6). Jyrsinturvesuodattimet C, D ja E tehtiin altaissa, joihin turve asetettiin kesäkuussa 1989 ennen kokeita. Turvetta ei vaihdettu altaisiin erillisten suodatusjaksojen välillä. Palaturvesuodattimet F ja G tehtiin altaissa, joihin turvepalat asetettiin heinäkuussa 1989.

Taulukko 6. Piipsannevalla tehdyt turvesuodattimet vuonna 1989.

Suodatus	Suodatus- aika (pvm)	Turvelaatu	Pinta- kuorma (m h <sup>-1</sup> )	Turve- kerros- paksuus (m)	Suodatin- allas	Suodatus- jaksot	Huomautus
A <sup>1)</sup>	23.-30.5.	jyrsinturve	0,25	0,6	1	6 erillistä	tukkeutui jaksoilla 1, 2, 4 ja 6
B <sup>1)</sup>	17.-30.5.	jyrsinturve	0,50	0,3	2, 3	4 erillistä	tukkeutui jokaisen jakson jälkeen
C <sup>2)</sup>	26.-29.6.	jyrsinturve	0,50	0,6	1	1 yhtäjaks.	tukkeutui lopussa
D <sup>2)</sup>	6.-22.6.	jyrsinturve	0,50	0,3	2	6 erillistä	tukkeutui jaksolla 2
E <sup>2)</sup>	6.-22.6.	jyrsinturve	1,00	0,3	3	6 erillistä	tukkeutui jaksoilla 1, 3 ja 6
F <sup>3)</sup>	26.7.-8.8.	palaturve	0,50	0,4	3	1 yhtäjaks.	tukkeutui lopussa
G <sup>3)</sup>	7.-12.8.	palaturve	1,00	0,4	2	2 erillistä	sähkökatkos keskeytti 40 h:n ajaksi
H <sup>4)</sup>	18.8.-30.8.	jyrsinturve	0,50	0,6	1	3 erillistä	tukkeutui

1) suodatukseen A ja B on turve asetettu lokakuussa 1988

2) suodatukseen C, D ja E on turve asetettu kesäkuussa 1989, eikä turvekerroksia ole välillä (6.-29.6.) vaihdettu

3) suodatukseen F ja G on palaturve asetettu heinäkuussa 1989, eikä turvekerroksia ole välillä (26.7.-12.8.) vaihdettu

4) suodatuksessa H oli jyrsinturvekerroksen päällä verkko ja 5 cm turvetta, sama jyrsinturve kuin suodatuksessa C

### 5.1.5 Vesianalyysit

Turvesuodattimeen tulevan veden näytteet otettiin suodattinaltaiden päissä olevista vedenjakokaivoista (kuva 14). Suodatettu vesinäyte otettiin vedenpoistoputkesta. Suodatuksesta H ei tehty vesianalyysijä.

Vesinäytteet analysoitiin Oulun vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratoriossa. Näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub>), kokonaistypppi-, nitraattityppi-, ammoniumtyppi-, kokonaisfosfori-, ortofosfaatti- ja rautapitoisuus vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä (Vesihallitus 1981).

### 5.1.6 Turvetutkimukset

Jyrsinturvesuodatuksen C jälkeen (30.6.1989) otettiin suodatinturpeesta näytteet kuudesta eri kohdasta syvyyksiltä 0 - 5 cm, 5 - 15 cm ja 15 - 30 cm (sorakerroksen pinta). Kunkin kerroksen näytteet yhdistettiin yhdeksi kokoomanäytteeksi. Näytteet otettiin myös "puhtaasta"-jyrsinturpeesta, jota ei oltu käytetty suodatukseen. Näytteistä määritettiin sähkönjohtavuus, pH, kuiva-ainepitoisuus, orgaanisten aineiden osuus, kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kokonaisrautapitoisuus sekä ammoniumasetattiin liukeneva ammoniumtyyppi-, nitraattityyppi-, fosfori- ja rautapitoisuus metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla käytössä olevilla menetelmillä (Halonen ym. 1983). Kokonaistyyppipitoisuus määritettiin mikro-Kjeldahl menetelmällä (Kubin 1978).

### 5.1.7 Sademäärät

Päivittäiset sademäärät saatiin ilmatieteen laitoksen Haapaveden mittausasemalta, joka sijaitsee tutkimuskohteesta noin 15 km:n etäisyydellä.

## 5.2 TULOKSET

### 5.2.1 Sademäärät

Vuosien 1987 - 1989 kesä-lokakuun ajanjaksot olivat pitkäaikaista sadantakeskiarvoa (v. 1931 - 1960) sateisempia (kuva 18). Vuonna 1987 oli lokakuun sadanta, vuonna 1988 kesäkuun ja lokakuun sadanta sekä vuonna 1989 lokakuun sadanta kuitenkin pienempi kuin vastaava pitkäaikainen sadantakeskiarvo. Alueella oli myös rankkasateita. Haapavedellä satoi 31 mm 25.7.1987, 61 mm 5.8.1988 ja 34 mm 4.6.1989.

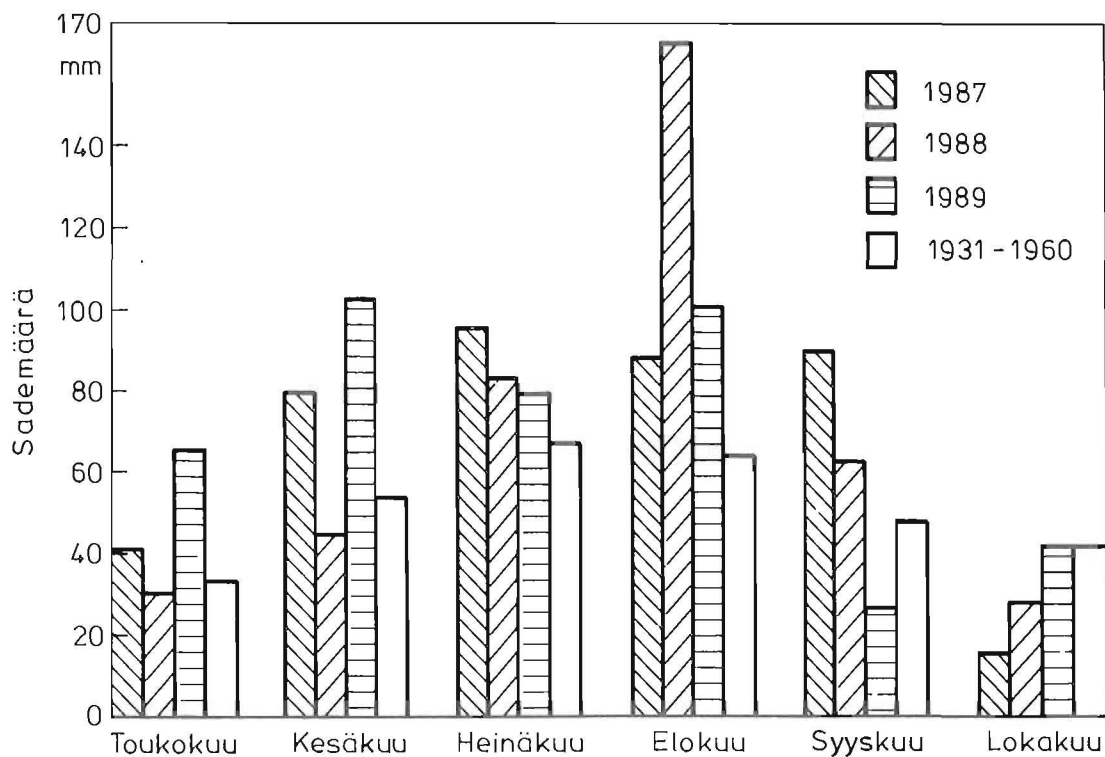
### 5.2.2 Koealueen maaperä

Koealue oli suota, jossa oli 2,5 m hyvin vesipitoista rahkaturvetta ja sen alla savikerros (kuva 15). Turpeen maatuneisuus oli H 2 - H 3. Turvekerroksen keskimääräinen vesipitoisuus eri kerroksissa oli 942 - 1 187 % ja savi-kerroksen 85 - 450 % kuivapainosta. Turpeen kuivatilavuuspaino oli 75 - 98 kg m<sup>-3</sup> ja märkätilavuuspaino 960 - 1 000 kg m<sup>-3</sup> sekä vastaavasti saven kuivatilavuuspaino 79 - 185 kg m<sup>-3</sup> ja märkätilavuuspaino 1 000 - 1 500 kg m<sup>-3</sup>. Turpeen hehkutusjäännös oli 16 - 29 % ja saven 70 - 93 %. Turpeen huokoisuus oli 95 - 96 %.

### 5.2.3 Roudakerros

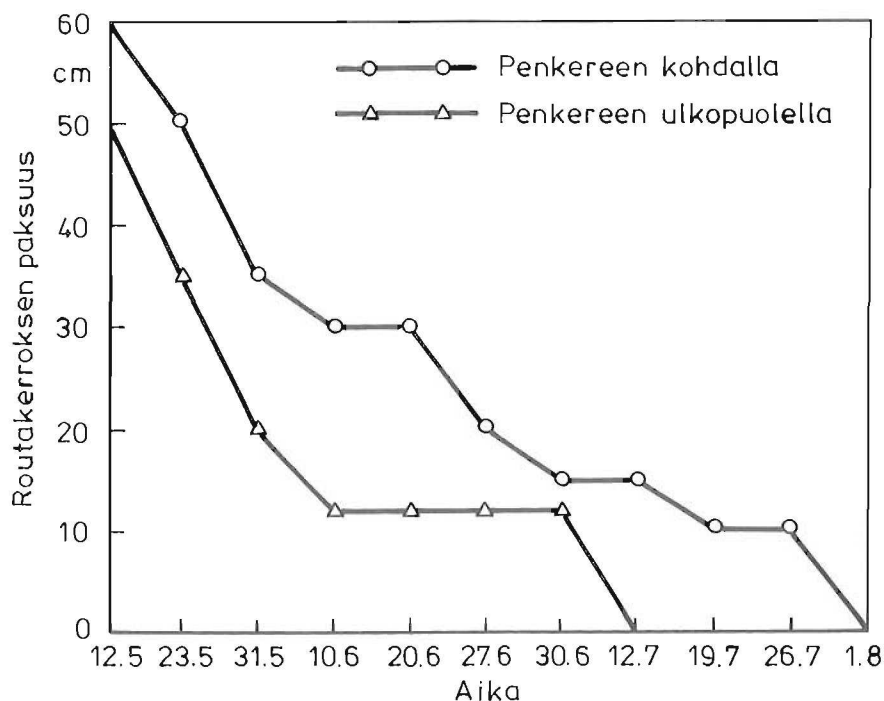
Roudan paksuus oli vielä noin 0,1 m 0,4 m:n syvyydessä maanpinnasta, kun koealueella 1 aloitettiin rakennustyöt syyskuussa vuonna 1987 (ks. 5.1.3.1).





Kuva 18. Sadanta kuukausittain vuosina 1987 - 1989 Haapa-vedellä, noin 15 km:n etäisyydellä Piipsannevan turve-suodatintutkimuskohteesta.

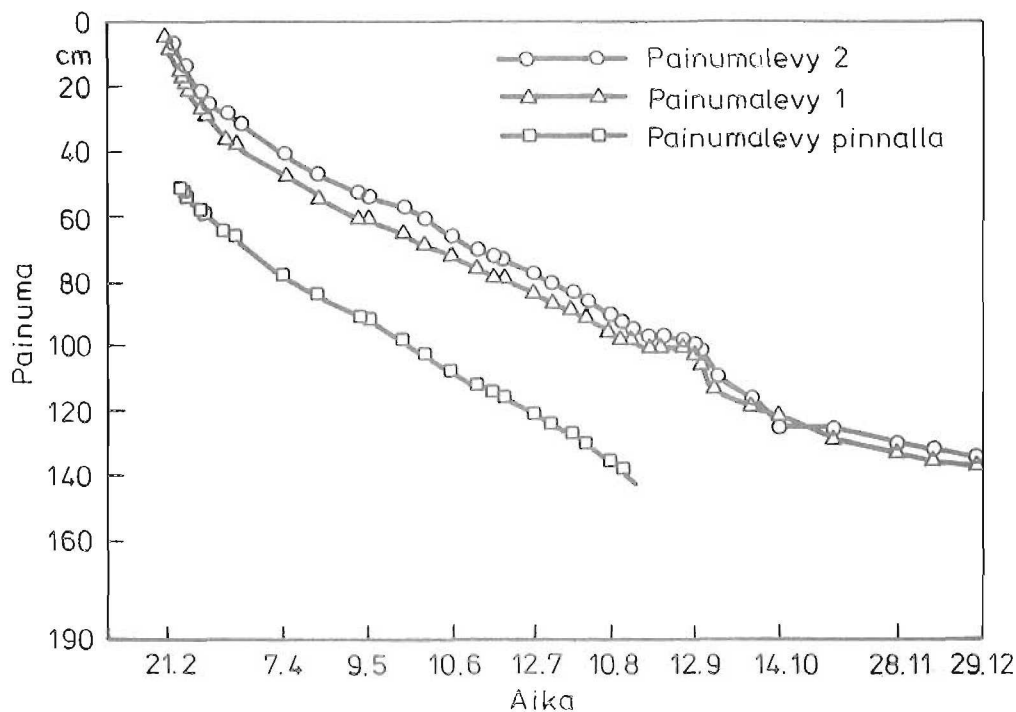
Koalueella 2 routakerroksen paksuus oli penkereen alla 0,6 m ja 0,5 m penkereen ulkopuolisella suoalueella toukokuussa 1988 (kuva 19). Elokuun alussa routakerroksen paksuus oli 0 - 0,1 m penkereen alla, mutta penkereen ulkopuolelta routa oli sulanut 12.7. mennessä.



Kuva 19. Routakerroksen paksuus painopenkereen alla ja sitä ympäröivällä suoalueella.

## 5.2.4 P a i n u m a t

Koealue 2 painui noin 0,9 m helmi-elokuussa 1988. Alussa koealue painui 0,2 - 0,3 m kuukaudessa, mutta painuminen hidastui ja oli heinä-elokuussa noin 0,1 m (kuva 20). Suodatinaltaiden rakentaminen aloitettiin elokuussa 1988. Koealue oli painunut yhteensä noin 1,3 m vuoden 1988 loppuun mennessä. Suodatinaltaiden rakentamisen aikana työkoneiden liikkuminen alueella on kuitenkin voinut aiheuttaa virheitä painumatuloksiin.



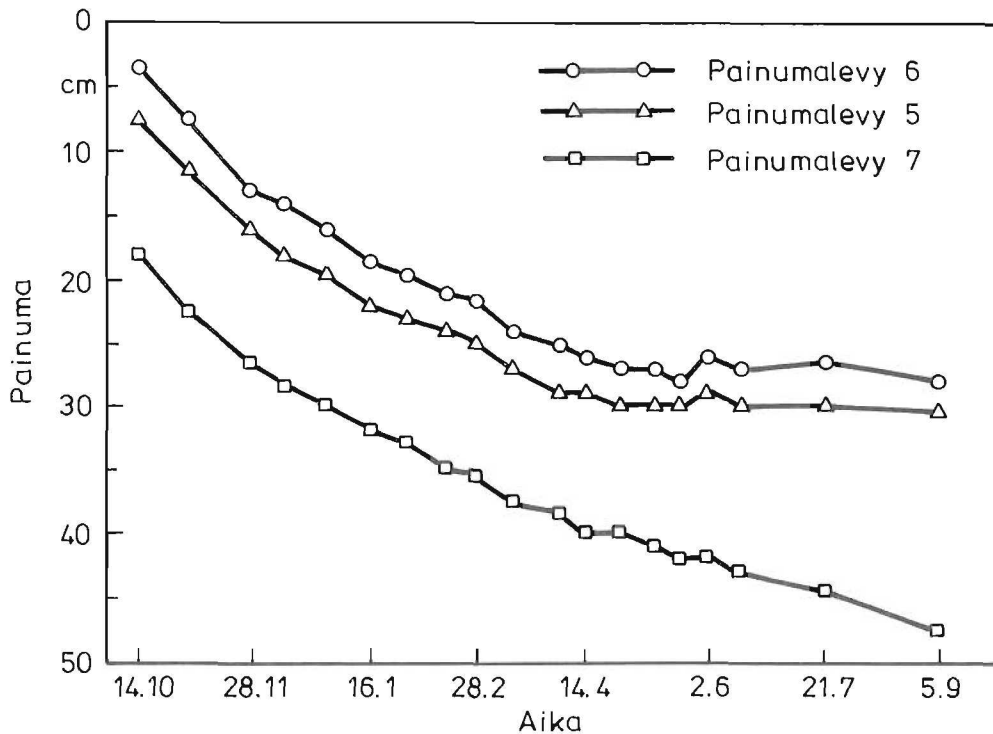
Kuva 20. Piipsannevan koealueen 2 painumat vuonna 1988.

Kun suodatinaltaat oli kaivettu, todettiin altaiden pohjien olevan keskeltä 2 - 5 cm korkeammalla kuin reunoilla. Altaiden ympärillä olevat pengermassat ja myös kaivukone aiheuttivat ilmeisesti kuormituksen, jonka seurauksena altaiden pohjat kohosivat. Todennäköisesti penkereen alla oleva lujitekangas hidasti kohoamista.

Suodatinaltaiden kohdalla painumat olivat tasaisia (kuva 21). Vuoden (lokakuu 1988 - syyskuu 1989) aikana altaat olivat painuneet noin 25 cm. Pääosa painumasta oli tapahtunut jo huhti-toukokuuhun 1989 mennessä. Kesällä painumat olivat pieniä. Kuitenkin altaan ulkopuolella oleva levy painui varsin tasaisesti myös kesällä.

## 5.2.5 P o h j a v e d e n k o r k e u s

Vesipinta oli koekuopissa noin 0,5 m syvyydessä maanpinnasta, kun koealueella 1 aloitettiin rakennustyöt syyskuussa vuonna 1987.



Kuva 21. Piipsannevan suodatinaltaan 3 painuminen vuosina 1988 ja 1989.

Pohjavedenpinta oli noin 45 cm:n syvyydessä maanpinnasta, kun koealueella 2 aloitettiin suodatinaltaiden kaivu. Kun altaat oli kaivettu noin 0,5 metrin syvyyksi, suotaantui altaisiin vettä. Pohjavedenpinta laski kuitenkin kuukauden aikana noin 30 cm ja altaat voitiin kaivaa sen jälkeen lopulliseen syvyyteen. Pohjavedenpinta laski yhteensä noin 50 cm maaliskokuussa 1988.

#### 5.2.6 Turvesuodattimen rakentaminen

Erittäin sateisen kesän 1987 jälkeen suodatinta ei voitu rakentaa koealueelle 1, jossa on hyvin vesipitoinen 2,5 m:n turvekerros ja sen alapuolella savikerros. Pehmeä turvepohja ei kestänyt pengermassan kuormitusta. Luonnonsora painui turpeeseen ja aiheutti mm. halkeamia viereisen Kotaojan luiskiin.

Turvesuodatin rakennettiin koealueelle 2 ja sen perustustyöt tehtiin talvella 1987 - 1988. Roudan paksuus oli alueella noin 0,5 m, kun perustustyöt aloitettiin. Roudan vahvistaman alueen kantavuus oli riittävä, eikä merkittäviä murtumia maapohjassa tapahtunut.

Lujitekankaan levittäminen ja ompeleminen -32 °C:n pakkasessa onnistui hyvin. Lujitekankaan avulla saatiin tasattua maapohjan painumia (ks. 5.2.4). Luonnonsora tyhjennettiin kuorma-autosta koealueen laidan. Sora levitettiin levitys-

levyllä varustetulla traktorilla 0,50 m:n kerroksissa siten, että soraa ei työnnetty pitkin kangasta, jotta se ei rikkoutuisi eikä siirtyisi pois paikaltaan. Näin vältettiin myös maapohjaan kohdistuvat liian suuret pistekuormat. Penger tiivistyi, kun traktori liikkui penkereen päällä. Muita raskaita työkoneita ei käytetty pengerryksessä, ettei maapohja häiriintyisi.

Varsinaisten suodatinaltaiden rakentaminen voitiin aloittaa vasta elokuussa, jolloin routa oli sulanut ja penkereen painuminen hidastunut. Murskekerros levitettiin suodatinaltaisiin 14 t kaivukoneella.

Tiivistekalvon asentamista häirtasivat vesisateet, sillä tiivistekalvon saumakohtien tulisi olla kuivia hitsattaessa. Myös hitsauslaitteessa ollut vika aiheutti sen, että hitsausaumoja jouduttiin korjaamaan.

#### 5.2.7 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli eri suodatusten aikana 13,9 - 168,2 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 7). Pienin kiintoainepitoisuus oli 7,8 mg l<sup>-1</sup> ja suurin 589,1 mg l<sup>-1</sup>, joka mitattiin kesäkuun alun rankkasateiden aikana. Kiintoainepitoisuus oli yli 500,0 mg l<sup>-1</sup> 12 mittauksessa ja yli 100,0 mg l<sup>-1</sup> 4 mittauksessa. Myös heinä-elokuun vaihteessa oli yli 500,0 mg l<sup>-1</sup>:n kiintoainepitoisuuksia 8 mittauksessa, yli 400,0 mg l<sup>-1</sup> 8 mittauksessa ja yli 100,0 mg l<sup>-1</sup> 8 mittauksessa.

Turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräiset pitoisuudet olivat eri suodatusten aikana kemiallisella hapenkulutuksella 39,7 - 90,6 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistypellä 2 200 - 5 500, kokonaisfosforilla 63 - 130 µg l<sup>-1</sup> ja kokonaisraudalla 2 800 - 5 700 µg l<sup>-1</sup>, nitraattitypellä 120 - 200 µg l<sup>-1</sup>, ammoniumtypellä 980 - 2 800 µg l<sup>-1</sup>, epäorgaanisella typellä 1 000 - 3 000 µg l<sup>-1</sup> sekä ortofosfaatilla 18 - 49 µg l<sup>-1</sup> (taulukko 7). Ammoniumtypen ja ortofosfaatin keskimääräiset pitoisuudet olivat suurimmillaan heinä- ja elokuun suodatusjaksojen aikana.

Turvetuotantoalueelta valuvan veden kemiallinen hapenkulutus lisääntyi selvästi kiintoainepitoisuuden kasvaessa ( $r = 0,97^{***}$ ) (taulukko 8). Myös kiintoaineen ja kokonaistypen sekä kiintoaineen ja kokonaisfosforin väliset positiiviset korrelaatiokertoimet olivat suuria ( $r = 0,91^{***}$  ja  $r = 0,95^{***}$ ). Sen sijaan kiintoaineen ja kokonaisraudan pitoisuuksien välillä ei ollut riippuvuutta.

Kokonaistyyppipitoisuus lisääntyi myös nitraatti- ja ammoniumtypen pitoisuuksien kasvaessa ( $r = 0,35^{**}$  ja  $r = 0,49^{***}$ ). Epäorgaanisen typen kokonaispitoisuus riippui selvemmin ammoniumtypen ( $r = 0,99^{***}$ ) kuin nitraattitypen ( $r = 0,47^{***}$ ) pitoisuudesta. Kokonaisfosforin ja ortofosfaatin pitoisuuksien välillä ei ollut riippuvuutta. Riippuvuutta ei ollut myöskään kemiallisen hapenkulutuksen

arvojen ja kokonaisraudan pitoisuuksien välillä (taulukko 8).

Taulukko 7. Turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräiset pitoisuudet eri suodatusten aikana.

Suodatus	Kiintoaine ( $\text{mg l}^{-1}$ )			COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg l}^{-1}$ )			Kok.N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			Epäorg. N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )		
	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks
A *)	13,9	7,8	24,8	39,7	37,2	49,0	2 200	2 000	2 700	1 100	970	1 450
B	15,9	9,7	24,8	40,0	37,2	44,5	2 300	2 000	2 700	1 100	970	1 450
C	92,5	8,1	589,1	86,9	54,6	302,9	4 800	2 800	12 300	1 800	1 286	2 510
D	92,5	8,1	589,1	86,9	54,6	302,9	4 800	2 800	12 300	1 800	1 286	2 510
E	168,2	18,7	589,1	90,6	54,6	302,9	4 800	2 800	12 300	1 800	1 286	2 510
F	49,9	10,2	507,0	73,0	51,5	206,9	5 500	4 300	13 000	3 000	2 440	4 040
G	63,8	11,2	435,5	73,7	51,5	189,7	5 400	4 580	10 700	2 700	2 490	3 020

Suodatus	NO <sub>3</sub> - N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			NH <sub>4</sub> - N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			Kok.P ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			PO <sub>4</sub> - P ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )			Kok.Fe ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )		
	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks	$\bar{X}$	Min	Maks
A *)	120	84	170	990	860	1 300	63	50	82	22	14	28	2 900	2 300	3 600
B	120	94	150	980	860	1 300	63	52	82	18	14	22	2 800	2 400	3 600
C	180	86	610	1 600	1 200	2 200	120	76	300	27	9	58	5 200	4 100	7 600
D	180	86	610	1 610	1 200	2 200	120	76	300	27	9	58	4 400	2 800	13 300
E	180	86	610	1 600	1 200	2 200	120	76	300	26	9	58	4 300	2 800	13 300
F	180	92	390	2 800	2 200	3 900	130	97	390	49	28	72	3 800	2 200	6 700
G	200	110	300	2 500	2 300	2 900	120	98	310	42	24	100	5 700	4 300	13 100

\*) Suodatusaika, turvelaji, -paksuus ja pintakuorma vastaavat kuin taulukossa 6.

Taulukko 8. Vedenlaatumuuttujien väliset korrelaatiokerroimet Piipsannevalla kesällä 1989 (n = 77).

	COD <sub>Mn</sub>	KA	kok.Fe	kok.N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	kok.P	PO <sub>4</sub> -P
KA	.97***							
kok.Fe	.05	.04						
kok.N	.88***	.91***	-.00					
NO <sub>3</sub> -N	.16	.20	-.13	.35**				
NH <sub>4</sub> -N	.06	.16	-.29*	.49**	.37***			
kok.P	.90***	.95***	-.00	.89***	.19	.27*		
PO <sub>4</sub> -P	-.40***	-.31**	-.17	-.13	.08	.56***	-.11	
epäorg.N	.08	.17	-.29*	.50***	.47***	.99***	.28*	.54***

\*\*\* = merkitsevä 0,1 %:n riskitasolla

\*\* = merkitsevä 1 %:n riskitasolla

\* = merkitsevä 5 %:n riskitasolla

KA = kiintoaine

## 5.2.8 V e s i - j a a i n e m ä ä r ä t

Suodattimeen kohdistuva keskimääräinen kiintoainekuormitus 3,5 - 168,2 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (taulukko 9). Kuormitus oli suurin suodatuksessa E, jolloin kokeiltiin suurinta pintakuormaa (1,0 m h<sup>-1</sup>) ja myös kiintoainepitoisuudet suodatettavassa vedessä olivat suuria (taulukko 7). Suodattimeen johdettu keskimääräinen kemiallisen hapenkulutuksen kuormitus oli 9,93 - 90,6 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, vastaavasti kokonaistyyppikuormitus oli 0,56 - 5,38 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, kokonaisfosforikuormitus 0,02 - 0,12 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ja kokonaisraudan kuormitus 0,72 - 5,69 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Kuormat olivat suuria samanaikaisesti, kun kiintoaineen maksimikuormitus oli suuri (taulukko 9). Suodattimeen johdettu keskimääräinen nitraattityypikuormitus oli 0,03 - 0,20 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, ammoniumtyypikuormitus 0,25 - 2,51 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ja ortofosfaattikuormitus 0,01 - 0,04 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

Esitettyt kuormitusarvot (taulukko 9) on laskettu turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräisten pitoisuuksien mukaisesti pitemmältä ajanjakolta kuin mitä suodatuksia on tehty. Kiintoainekuormituksen osalta on laskettu erikseen myös kunkin suodatuksen eri suodatusjaksojen kuormitus (taulukko 10).

Taulukko 9. Turvesuodattimelle kohdistuva keskimääräinen kuormitus (g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) eri suodatuksissa.

Suodatus	Pintakuorma (m h <sup>-1</sup> )	Kuormitus (g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )							
		Kiintoaine	COO <sub>Mn</sub>	Kok.N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Kok.P	PO <sub>4</sub> -P	Kok.Fe
A *)	0,25	3,48	9,93	0,56	0,25	0,03	0,02	0,01	0,72
B	0,50	7,95	20,00	1,17	0,49	0,06	0,03	0,01	1,42
C	0,50	46,25	43,45	2,42	0,80	0,06	0,06	0,01	2,59
D	0,50	46,25	43,45	2,57	0,80	0,09	0,06	0,01	2,18
E	1,00	168,20	90,60	4,74	1,60	0,18	0,12	0,03	4,25
F	0,50	24,96	36,50	2,77	1,42	0,09	0,07	0,02	1,91
G	1,00	63,80	73,70	5,38	2,51	0,20	0,12	0,04	5,69

\*) suodatusaika, turvelaji ja -paksuus vastaavat kuin taulukossa 6.

## 5.2.8.1 Vesi- ja kiintoainemäärät ja suodattimen tukkeutuminen

Syksyllä 1988 asetettu turvekerros (suodatus A ja B) oli vettä ja tiivistynyt talven aikana, joten turvekerros kuohkeutettiin (karhuttiin) ennen suodatuksia. Turvetuotantoalueelta valuvaa vettä pumpattiin suodatusten A ja B eri jaksoilla 60 - 120 m<sup>3</sup> (taulukko 10). Suodattimiin kohdistunut kiintoainekuormitus oli 0,01 - 0,03 kg m<sup>-2</sup> eli 0,01 - 0,05 kg turvekuutiota kohti. Suodattimet tukkeutuivat 1 - 3 tunnin kuluessa suodatuksen aloittamisesta.

Kun suodattimelle ei johdettu vettä (esimerkiksi öisin), laskeutui vedessä oleva kiintoainekerros suodatinturpeen pinnalle. Kuivuessaan tämä kiintoainekerros muodosti tiiviin, vettä pidättävän kalvon, joka jouduttiin rikkomaan ennen uuden suodatuksen aloittamista. Suodatuksen A eri jaksojen

aikana johdettiin kiintoainetta yhteensä 72,0 kg eli 0,90 kg m<sup>-2</sup> ja suodatuksen B aikana yhteensä 5,6 kg eli 0,06 kg m<sup>-2</sup>.

Suodattimiin, joissa oli kesällä 1989 asetettua jyrsinturvetta, pumpattiin suodatusten C, D ja E eri jaksoilla 56 - 2 680 m<sup>3</sup> turvetuotantoalueelta valuvaa vettä (taulukko 10). Suodattimeen kohdistunut kiintoainekuormitus oli 0,05 - 1,57 kg m<sup>-2</sup> eli 0,17 - 2,61 kg turvekuutiota kohti. Pisin yhtäjaksoinen jyrsinturvesuodatus (C) kesti 67 tuntia. Suodattimen turvekerroksen paksuus oli 0,60 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>. Suodattimeen johdettiin kiintoainetta 1,57 kg m<sup>-2</sup>.

Suodatuksissa D ja E pisin yhtäjaksoinen suodatus oli 7,0 tuntia (taulukko 10). Tämä johtui siitä, että dieselgeneraattori ei voitu käyttää öisin tulipalovaaran vuoksi, joten suodatukset oli päivittäin keskeytettävä. Lisäksi suodatus oli keskeytettävä suodattimen tukkeuduttua rankkasateiden aiheuttamien suurten kiintoainepitoisuuksien (589,1 mg l<sup>-1</sup>) vuoksi. Suurin päivittäinen suodattimelle johdettu kiintoainemäärä oli suodatuksessa D 1,04 kg m<sup>-2</sup> eli 3,47 kg turvekuutiota kohti. Suodattimen turvekerroksen paksuus oli 0,3 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>. Veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli suuri (297,7 mg l<sup>-1</sup>). Myös näissä suodatuksissa turpeen pintaa kuohkeutettiin päivittäisten suodatusjaksojen välissä. Suodatuksen D eri jaksojen aikana johdettiin kiintoainetta yhteensä 2,01 kg m<sup>-2</sup> ja suodatuksen E aikana yhteensä 1,81 kg m<sup>-2</sup>. Suodattimeen kohdistunut kiintoainekuormitus väheni viimeisillä jaksoilla vedenkiintoainepitoisuuden pienentyessä.

Palaturvesuodattimiin pumpattiin suodatusten F ja G aikana 5 812 - 11 775 m<sup>3</sup> turvetuotantoalueelta valuvaa vettä (taulukko 10). Suodatus F oli yhtäjaksoinen ja se kesti 314 tuntia. Suodatin tukkeutui, kun sille oli johdettu kiintoainetta 7,83 kg m<sup>-2</sup> eli 19,59 kg turvekuutiota kohti. Turvekerroksen paksuus oli 0,4 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>.

Suodatus G kesti yhteensä 77,5 tuntia, mutta se keskeytyi välillä 40 tunniksi sähkökatkoksen vuoksi (taulukko 10). Suodatin tukkeutui, kun siihen oli johdettu kiintoainetta 4,95 kg m<sup>-2</sup> eli 12,36 kg turvekuutiota kohti.

Kiintoaineen poisto suodattimen pinnalta ei onnistunut jyrsinturvesuodattimen päällä olevalla verkolla (suodatus H). Kiintoaine kulkeutui suurelta osin verkon alle. Lisäksi verkon päälle asetettu 5 cm:n turvekerros saattoi suodatusten aikana kellua veden varassa.

Taulukko 10. Piipsannevan turvesuodattimeen johdetut vesi- ja kiintoainemäärät eri suodatuksissa (A - G).

Suodatus	Aika (pvm)	Turve-	Pinta-	Suodatuk-	Suoda-	Kiinto-	Suodattimeen		Huom.
		kerros-	kuorma				joitettu kiin-	toainemäärä	
		(m)	(m h <sup>-1</sup> )	(h)	(m <sup>3</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )	(kg m <sup>-2</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )	
A <sup>1)</sup>	23.5.	0,6	0,25	3	60	7,8	0,01	0,01	tukkeutui
	24.5.			6	120	9,7	0,02	0,02	tukkeutui
	25.5.			6	120	18,0	0,03	0,05	
	26.5.			6	120	10,5	0,02	0,03	tukkeutui
	29.5.			3,7	74	12,3	0,01	0,02	satoi rankasti
	30.5.			4	80	24,8	0,03	0,04	tukkeutui
B <sup>1)</sup>	17.5.	0,3	0,50	2	75	13,9	0,01	0,05	suodatin 2 tukkeutui
	24.5.			4,8	178	9,7	0,02	0,08	suodatin 3 tukkeutui
	25.5.			1	38	18,1	0,01	0,03	" "
	30.5.			1	38	24,8	0,01	0,04	" "
C <sup>2)</sup>	26.6.- 29.6.	0,6	0,50	67	2 680	46,8	1,57	2,61	tukkeutui
D <sup>2)</sup>	6.6.	0,3	0,50	7	263	297,7	1,04	3,47	rankkasade, karhut-
	7.6.			1,5	56	589,1	0,44	1,47	tiin
	13.6.			4,4	165	82,7	0,18	0,61	tukkeutui, karhuttiin
	14.6.			5,5	206	73,0	0,20	0,67	avattiin päisteput-
				(2,5+3,0)					kia, keskeytyi
	21.6.			7	263	14,5	0,05	0,17	
	22.6.			6	225	29,8	0,09	0,30	
E <sup>2)</sup>	6.6.	0,3	1,00	3,5	263	49,7	0,17	0,58	tukkeutui, rankka-
	12.6.			7	525	78,2	0,55	1,83	sade, karhuttiin
	13.6.			2,5	188	134,8	0,34	1,12	tukkeutui, karhuttiin
	16.6.			6	450	73,6	0,44	1,47	
	19.6.			7	525	23,9	0,17	0,56	
	20.6.			7	525	20,2	0,14	0,47	tukkeutui
F <sup>3)</sup>	26.7.- 8.8.	0,4	0,50	314	11 775	49,9	7,83	19,59	tukkeutui
G <sup>3)</sup>	7.- 12.8.	0,4	1,00	77,5 (30,5+47,0)	5 812	63,8	4,95	12,36	tukkeutui, 40 h:n sähkökatkos

1) syksyllä 1988 asetettu jyrsinturve

2) kesällä 1989 asetettu jyrsinturve

3) kesällä 1989 asetettu palaturve

## 5.2.9 P u h d i s t u s t u l o k s e t

### 5.2.9.1 Jyrsinturvesuodatin

Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli eri jyrsinturvesuodatuksissa 34 - 79 % (taulukko 11). Keskimääräinen kokonaisraudan poistuma oli myös positiivinen eli 31 - 55 % kaikissa suodatuksissa.

Suodatuksissa A ja B orgaanisten aineiden kokonaispitoisuus lisääntyi, mutta muissa suodatuksissa (C, D ja F) oli kemiallisena hapen kulutuksena määritetty orgaanisten aineiden keskimääräinen poistuma 4 - 27 % (taulukko 11).

Suodatusten keskimääräisen kokonaistyyppi-poistuma oli suodatusta A lukuunottamatta positiivinen eli 12 - 28 %. Myös keskimääräinen ammoniumtyypin poistuma oli suodatusta



A lukuun ottamatta positiivinen (8 - 35 %) ja selitti suurimman osan epäorgaanisen tyypin poistumasta (taulukko 11). Epäorgaanisen tyypin poistuma oli jyrshinturvesuodatuksissa suodatusta A lukuunottamatta positiivinen (7 - 31 %). Suodatusta A lukuun ottamatta nitraattityypin pitoisuus pysyi muuttumattomana tai hieman lisääntyi (-7 - 0 %) suodatuksissa.

Suodatusten aikana veden fosforipitoisuudet lisääntyivät (taulukko 11). Ortofosfaattipitoisuudet olivat 2 - 4 kertaa suuremmat suodattimelta lähtevässä vedessä kuin sinne tulevassa vedessä.

Taulukko 11. Piipsannevan jyrsin- ja palaturvesuodatusten keskimääräiset poistumat (%) kesällä 1989.

Suodatus <sup>1)</sup>	Turvepaksaus (m)	Pinta-kuorma (m h <sup>-1</sup> )	Keskimääräinen poistuma (%)		
			Kiintoaine	COD <sub>Mn</sub>	Kok.Fe
A <sup>2)</sup>	0,6	0,25	39	-56	53
B	0,3	0,50	34	-26	40
C	0,6	0,50	63	4	31
D	0,3	0,50	75	27	55
E	0,3	1,00	79	21	51
F <sup>3)</sup>	0,4	0,50	56	9	8
G	0,4	1,00	72	18	23

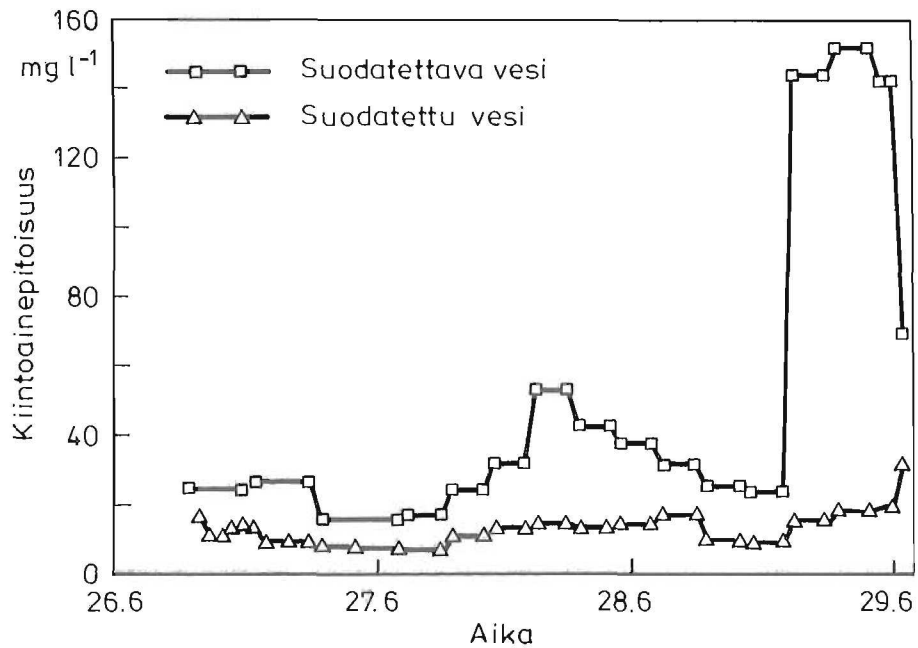
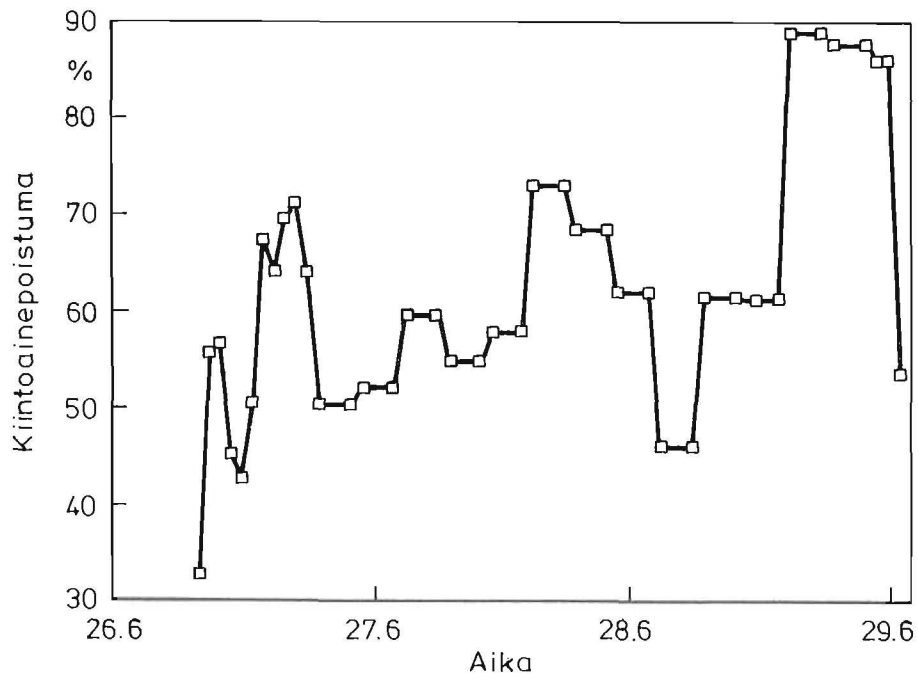
Suodatus <sup>1)</sup>	Keskimääräinen poistuma (%)					
	Kok.N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Epäorg. N	Kok.P	PO <sub>4</sub> -P
A <sup>2)</sup>	-13	-4	14	-2	-152	-362
B	12	35	-1	31	-86	-266
C	23	31	0	29	-60	-380
D	28	8	-4	7	-37	-215
E	21	14	-7	12	-81	-390
F <sup>3)</sup>	8	2	-45	0	11	-9
G	12	1	-7	1	9	-28

1) suodatusajat vastaavat kuin taulukossa 10

2) suodatuksissa A, B, C, D, E jyrshinturve

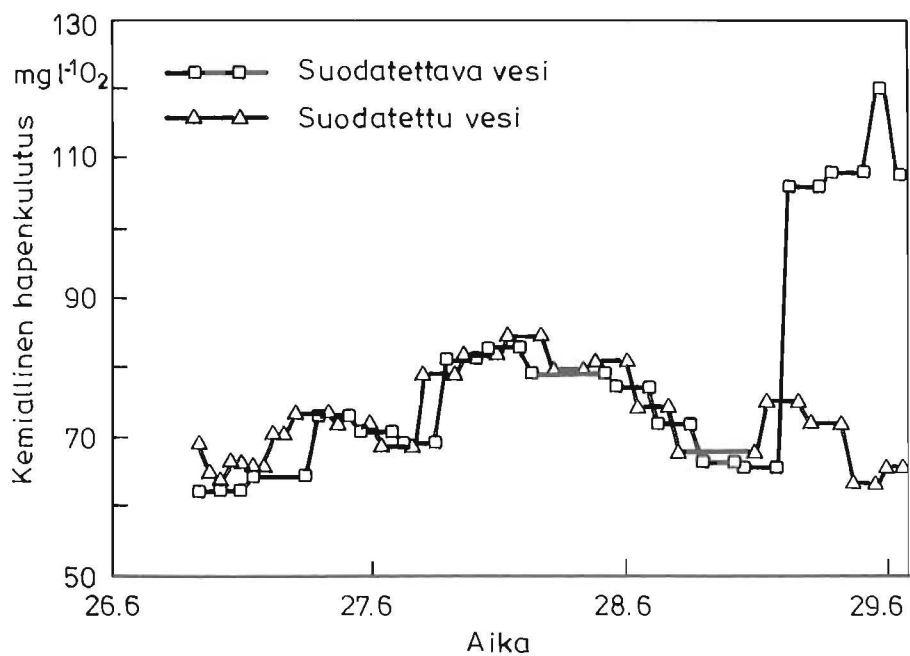
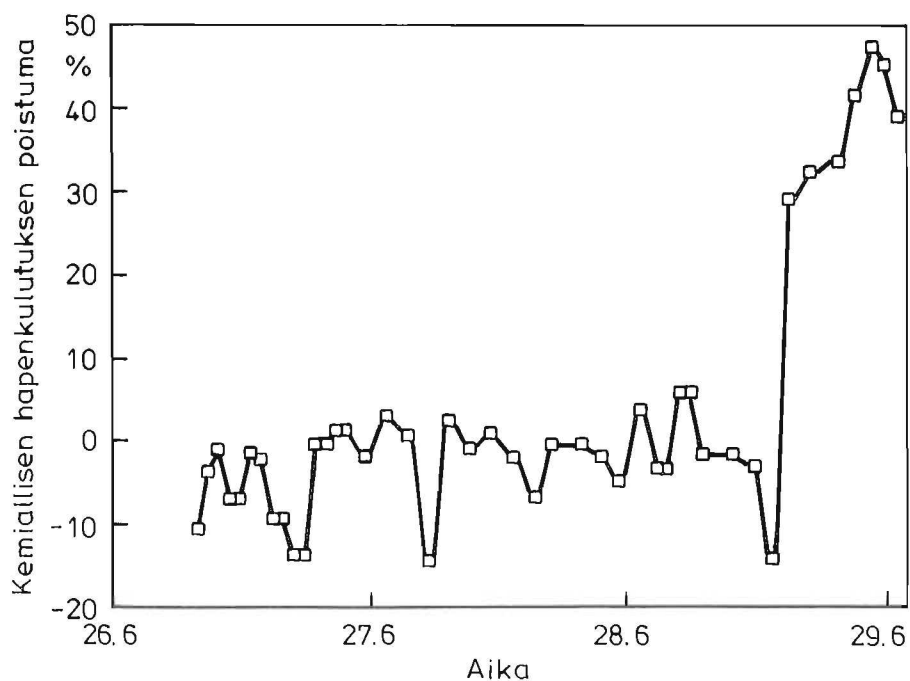
3) suodatuksissa F, G palaturve

Seuraavassa on esitetty tarkemmat puhdistustulokset suodatuksen C aikana, joka oli pisin (67 tuntia) yhtäjaksoinen jyrsinturvesuodatus. Turvekerroksen paksuus oli 0,6 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>. Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 63 % pienimmän poistuman ollessa 31 % ja suurimman 89 % (kuva 22). Poistumat olivat suurimmat suodatuksen loppupuolella ennen suodattimen tukkeutumista. Tällöin myös suodatettavan veden kiintoainepitoisuus lisääntyi sateiden vuoksi.



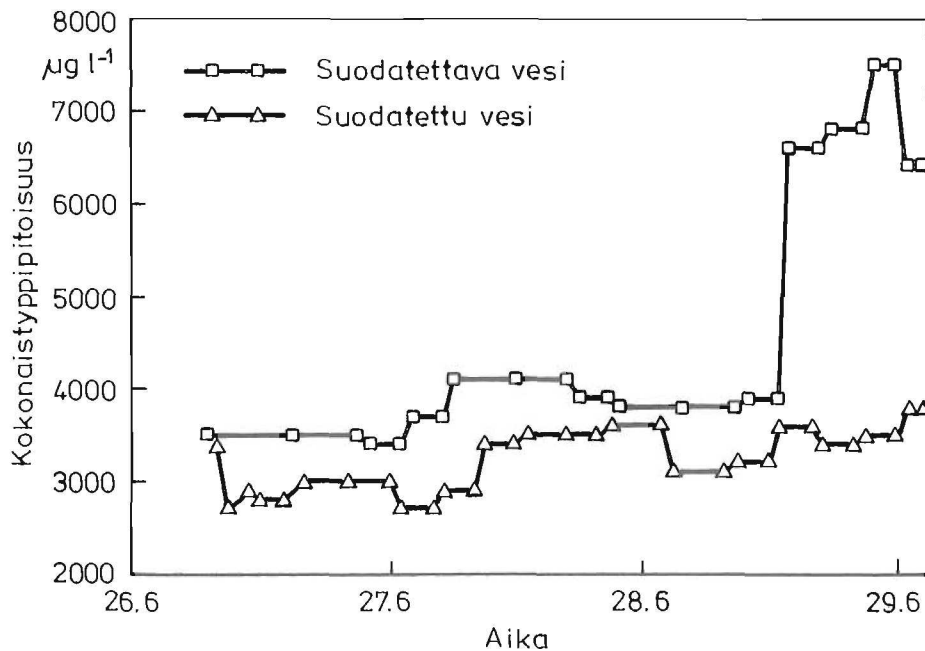
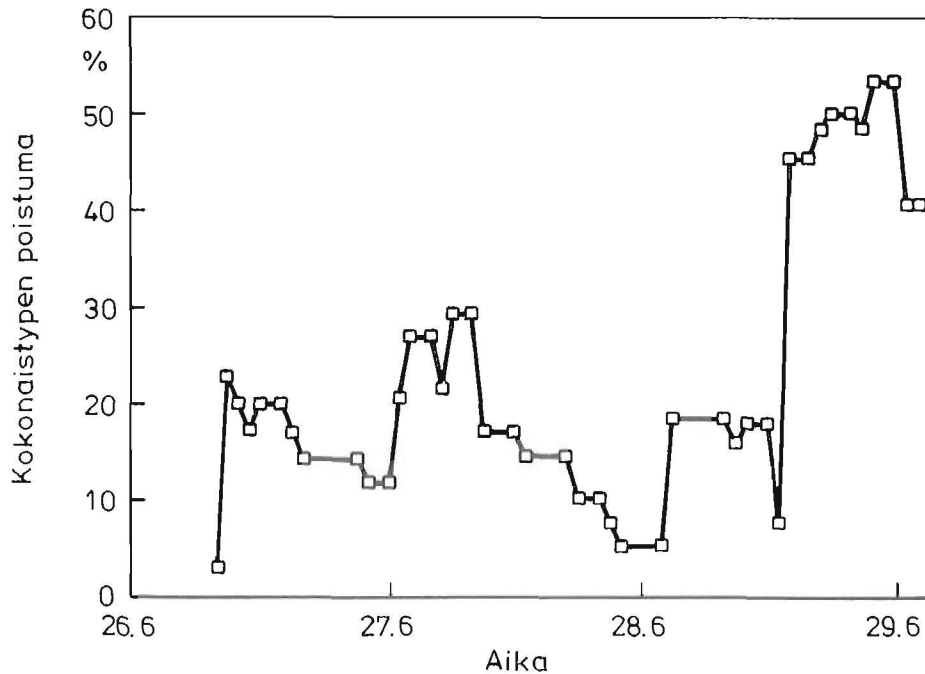
Kuva 22. Suodatettavan ja suodatetun veden kiintoainepitoisuudet (mg l<sup>-1</sup>) sekä kiintoainepoistuma (%) jyrsinturvesuodatuksessa C.

Kemiallisen hapenkulutuksen keskimääräinen poistuma oli 4 % ja poistuman vaihteluväli oli - 15 - 47 % (kuva 23). Suurimmat poistumat (29 - 48 %) saavutettiin suodatusjakson viimeisen vuorokauden aikana. Tällöin myös suodatettavan veden pitoisuudet olivat korkeammat kuin aikaisemmin.



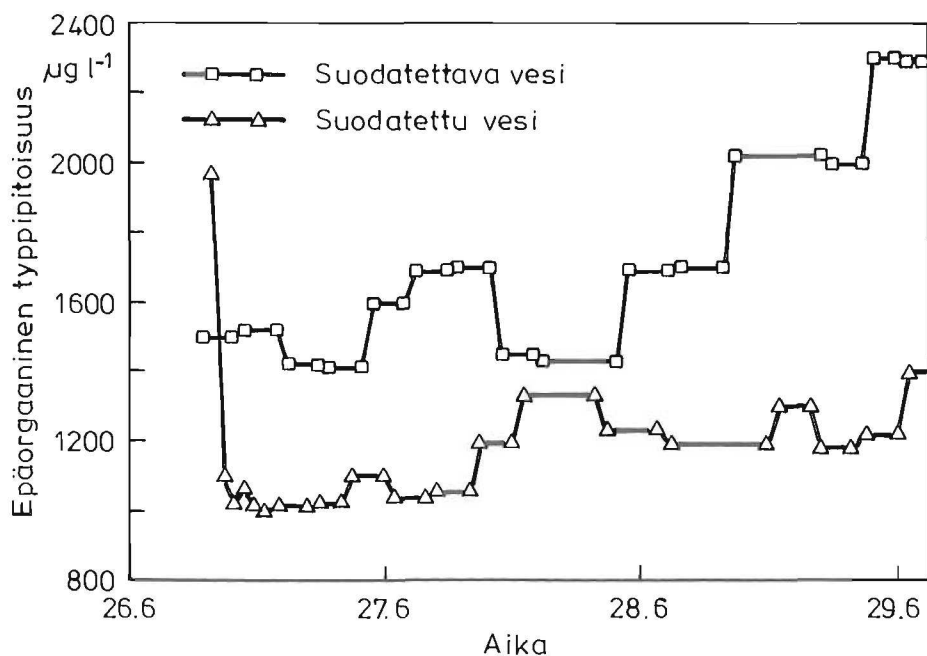
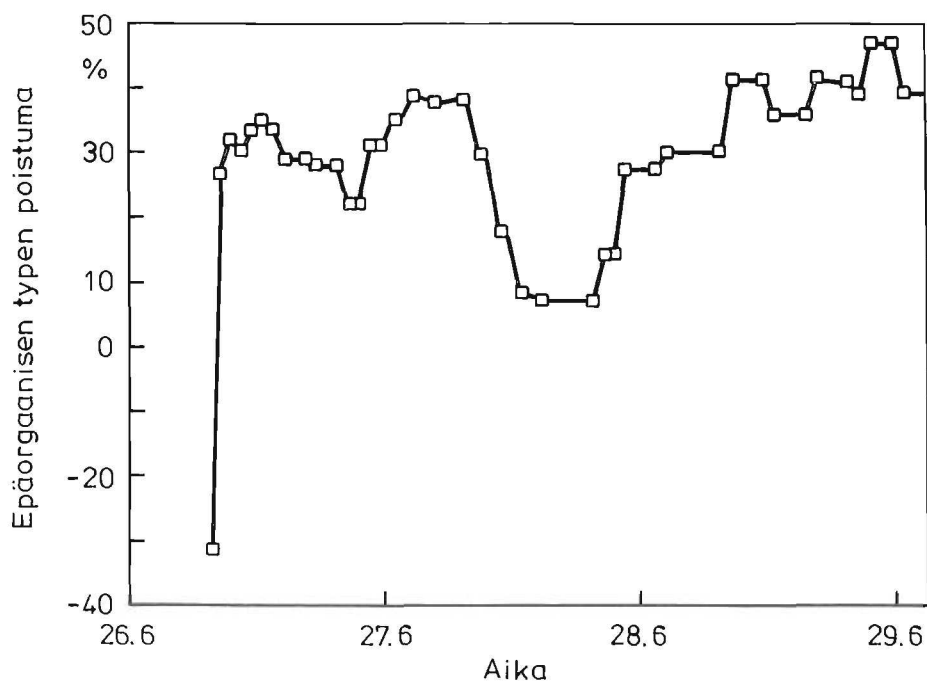
Kuva 23. Suodatettavan ja suodatetun veden kemiallinen hapenkulutus ( $\text{mg l}^{-1} \text{O}_2$ ) sekä kemiallisen hapenkulutuksen poistuma (%) jyrshinturvesuodatuksessa C.

Kokonaistyyppiä pidättyi koko suodatusjakson ajan poistumien ollessa 3 - 53 % (kuva 24). Keskimääräinen poistuma oli 23 %. Suodatusjakson kahden ensimmäisen vuorokauden ajan oli poistuma pienempi kuin 30 %, mutta viimeisen vuorokauden aikana se oli 42 - 55 %. Tällöin kokonaistyyppien pitoisuudet suodatettavassa vedessä olivat suurempia kuin suodatuksen alussa.



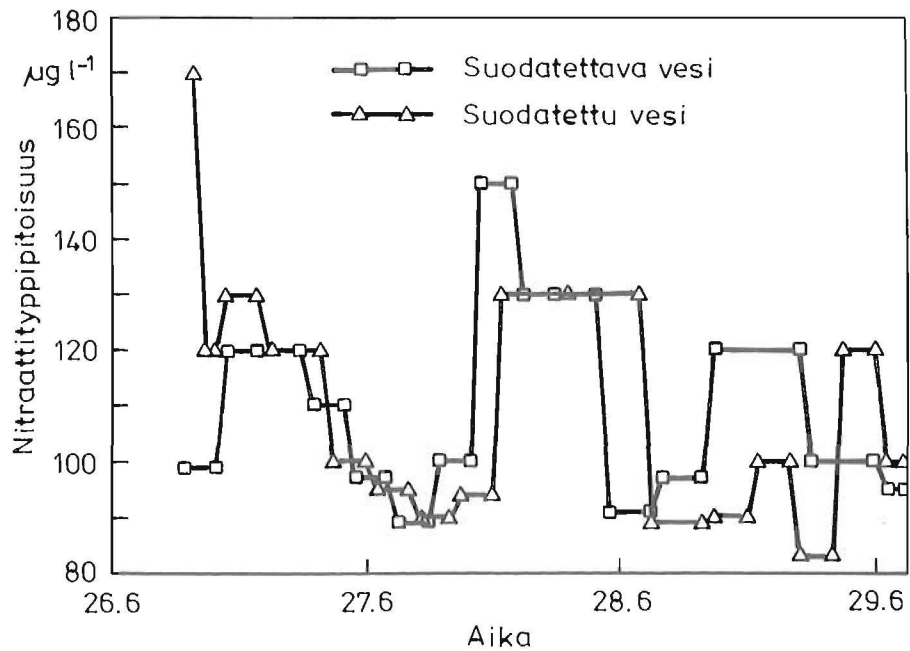
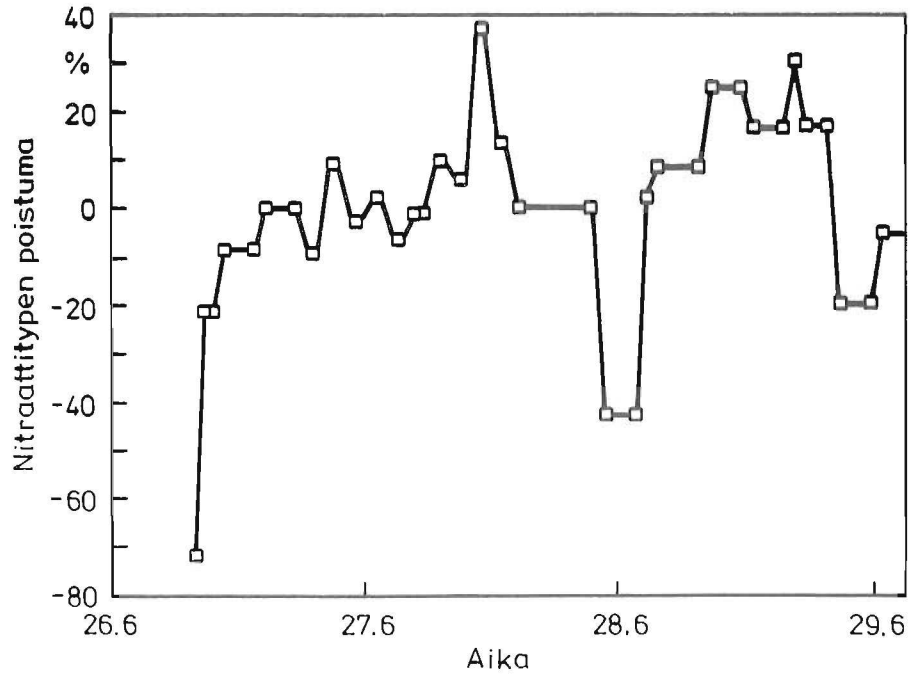
Kuva 24. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaistyyppipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaistyyppien poistuma (%) jyr-sinturvesuodatuksessa C.

Epäorgaanista tyypeä poistui koko suodatusjakson ajan lukuun ottamatta aivan suodatuksen alussa tapahtuvaa huuhtoutumista (kuva 25). Keskimääräinen poistuma oli 29 % ja poistuman vaihteluväli oli 6 - 47 %. Poistumat olivat pienimmillään jakson puolivälissä. Pidättyminen voimistui suodatettavan veden pitoisuuksien lisääntyessä.



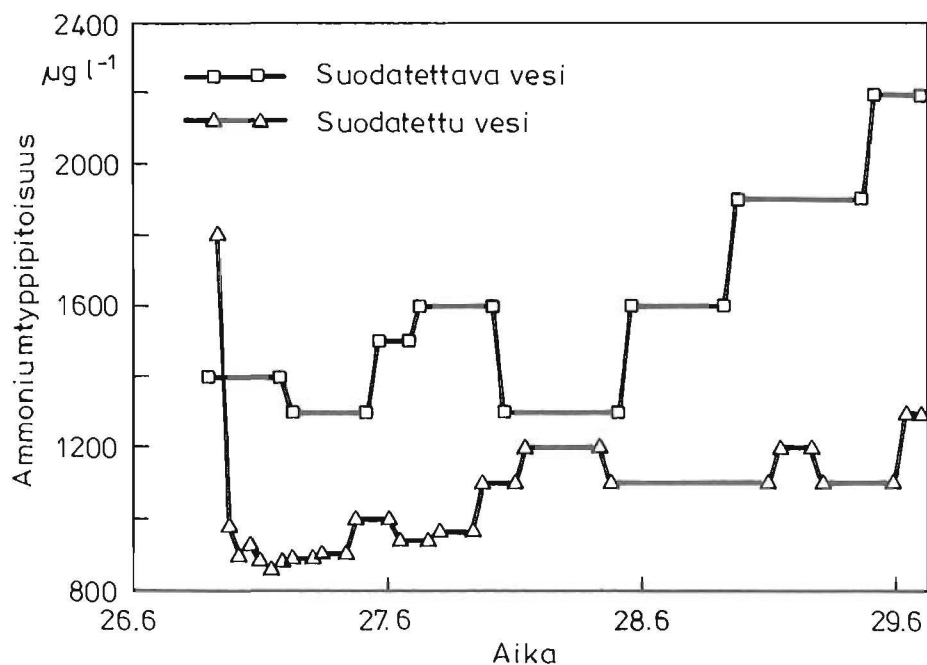
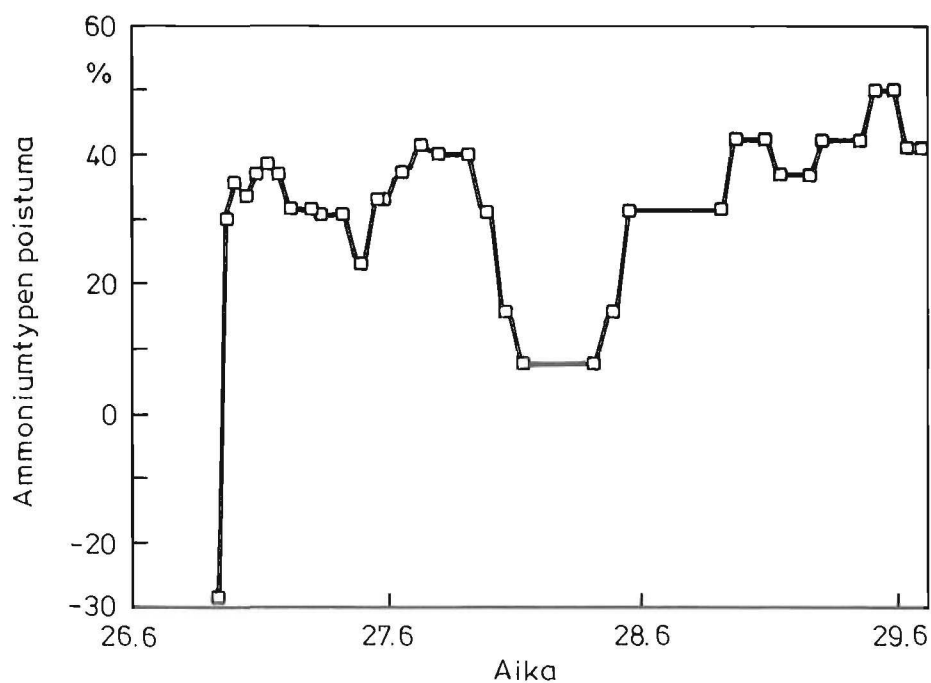
Kuva 25. Suodatettavan ja suodatetun veden epäorgaanisen tyypin pitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä epäorgaanisen tyypin poistuma (%) jyrshinturvesuodatuksessa C.

Nitraattityypen keskimääräinen "poistuma" oli 0 % ja "poistuman" vaihteluväli -72 - 37 % (kuva 26). Varsinkin suodatusjakson alussa nitraattityypipitoisuus kasvoi ja ajoittain myös myöhemmin suodatusjakson aikana. Nitraattityppeä pidättyi selvästi jakson puolivälissä ja loppupuolella.



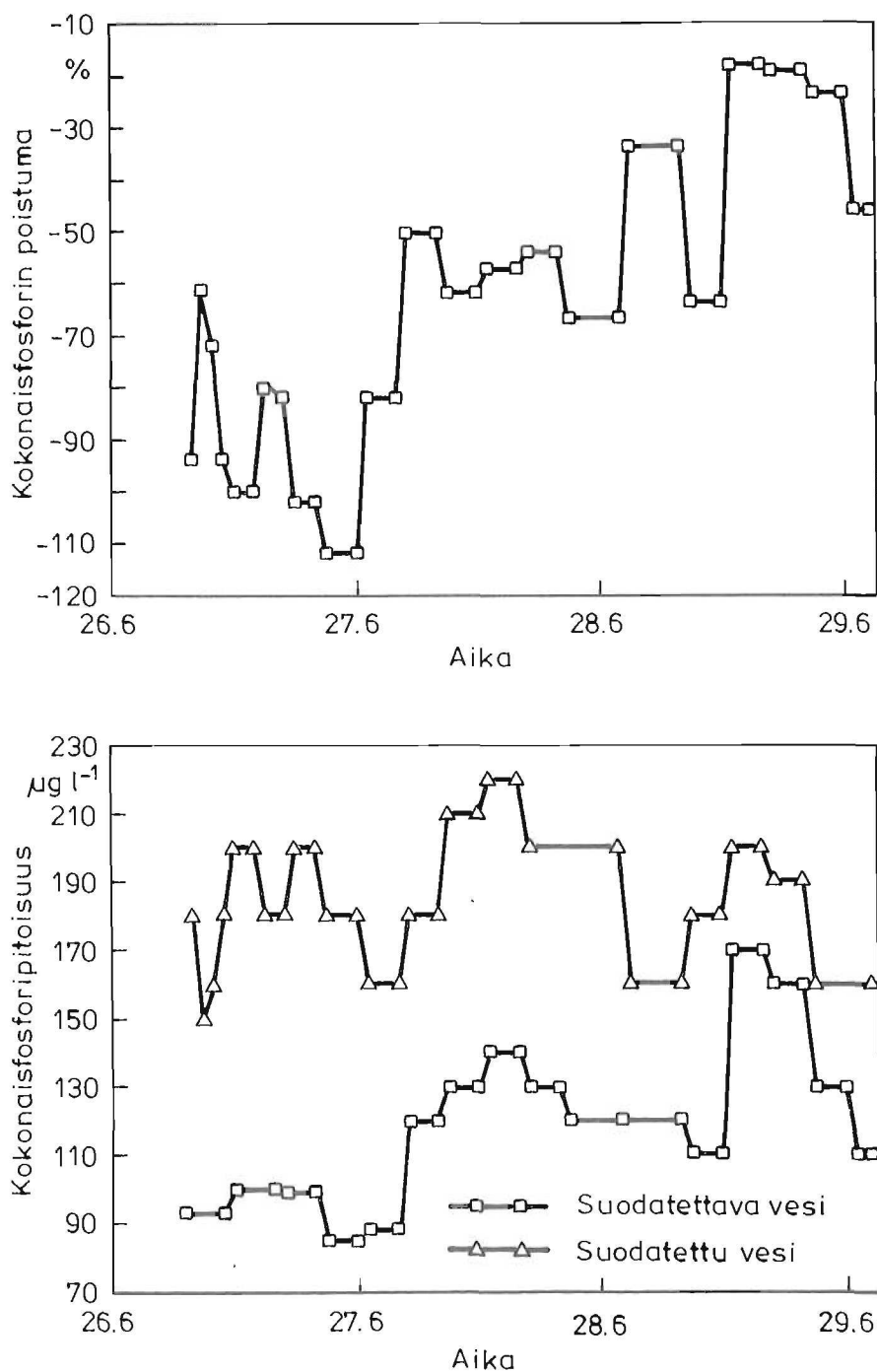
Kuva 26. Suodatettavan ja suodatetun veden nitraattityypipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä nitraattityypen poistuma (%) jyrtsinturvesuodatuksessa C.

Ammoniumtyypen keskimääräinen poistuma oli 31 % ja "poistuman" vaihteluväli -29 - 50 % (kuva 27). Aivan suodatuksen alussa pitoisuus lisääntyi. Poistuma oli pienimmillään suodatusjakson puolivälissä. Suodatusjakson lopussa suodatettavan veden ammoniumtyypipitoisuus lisääntyi, jolloin myös poistuma oli suurin.



Kuva 27. Suodatettavan ja suodatetun veden ammoniumtyypipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä ammoniumtyypen poistuma (%) jyr-sinturvesuodatuksessa C.

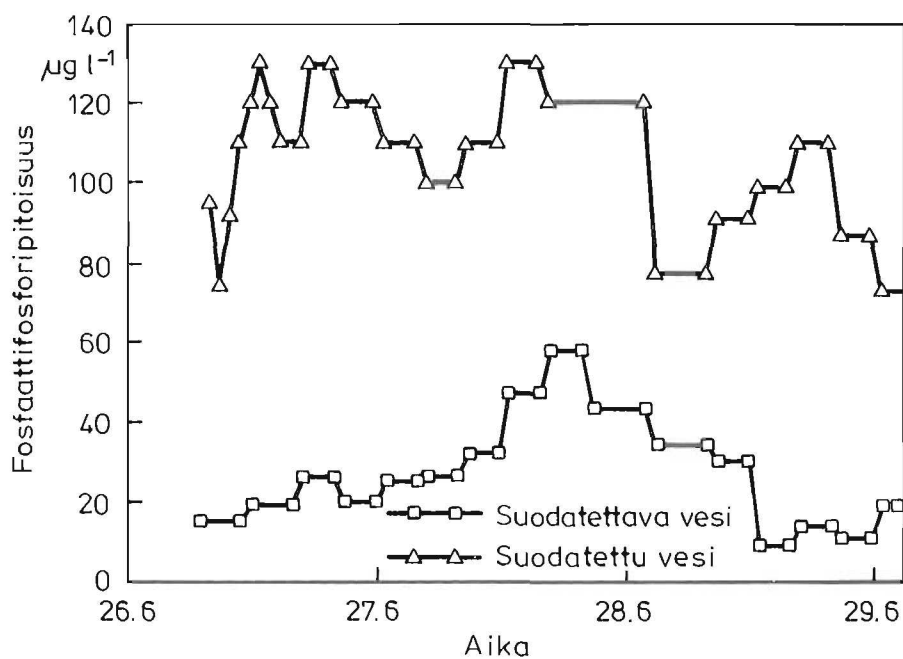
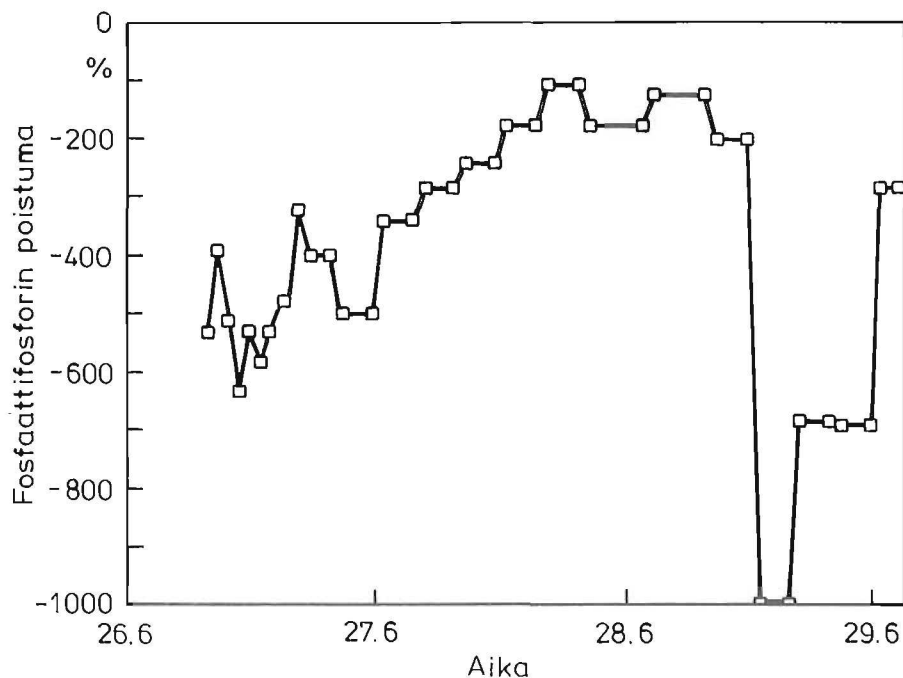
Kokonaisfosforin keskimääräinen "poistuma" oli - 60 % ja "poistuman" vaihteluväli oli - 112 - (-) 18 % (kuva 28). Suodatuksen alussa huuhtoutui fosforia turpeesta enemmän kuin suodatuksen lopussa.



Kuva 28. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaisfosforipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaisfosforin poistuma (%) jrsinturvesuodatuksessa C.

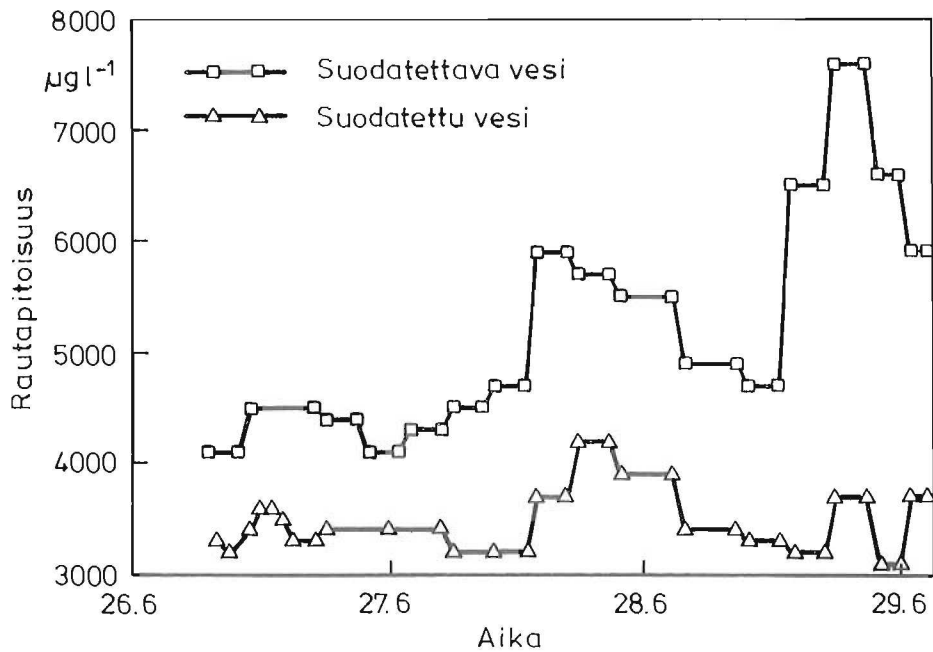
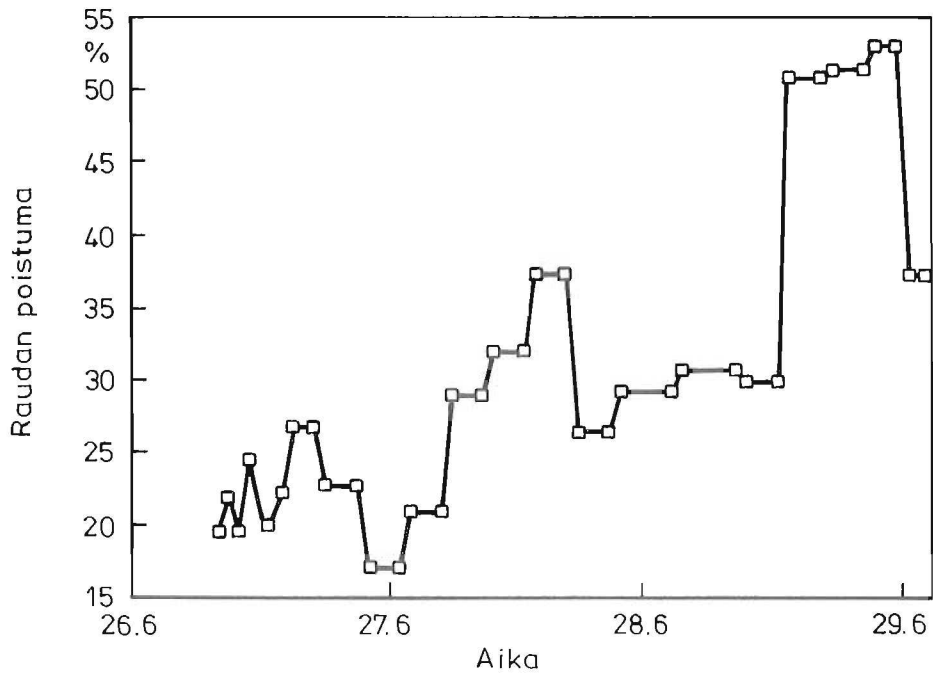


Ortofosfaatin keskimääräinen "poistuma" oli - 380 % ja "poistuman" vaihteluväli - 1 000 - (-) 107 % (kuva 29). Ortofosfaatin huuhtoutuminen turpeesta pieneni vähitellen suodatusjakson alusta puoliväliin, mutta lisääntyi jakson loppupuolella ennen suodattimen tukkeutumista.



Kuva 29. Suodatettavan ja suodatetun veden fosfaattifosforipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä fosfaattifosforin poistuma (%) jylsinturvesuodatuksessa C.

Kokonaisrautaa poistui koko suodatusjakson ajan. Keskimääräinen poistuma oli 31 % ja poistuman vaihteluväli 17 - 53 % (kuva 30). Pidättyminen voimistui suodatusjakson loppua kohden suodatettavan veden kokonaisrautapitoisuuden kasvaessa.



Kuva 30. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaisrautapitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaisraudan poistuma (%) jyrsinturvesuodatuksessa C.

Suodatusjaksolla C kiintoaineen pidätyminen lisäsi selvästi myös kemiallisena hapenkulutuksena määritettyjen orgaanisten aineiden ( $r = 0,87^{***}$ ), kokonaisraudan ( $r = 0,92^{***}$ ), kokonaistypen ( $r = 0,88^{***}$ ) ja kokonaisfosforin ( $r = 0,66^{***}$ ) pidätymistä (taulukko 12).

Kokonaistypen pitoisuuksien muuttuminen riippui selvästi kiintoaineen pidätyksen ohella myös ammoniumtypen pidätyksestä (taulukko 12). Epäorgaanisen typen pidätyminen riippui selvästi ammoniumtypen pidätyksestä, mutta ei sen sijaan riippunut nitraattityypen pidätyksestä. Nitraatti- ja ammoniumtypen pitoisuuksien muutosten välillä ei ollut riippuvuutta. Kokonaisfosforin pitoisuuksien muutos selittyi jossakin määrin myös ortofosfaatin pitoisuuden muutoksilla. Myös kokonaisraudan ja kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuuksien muutosten välillä oli selvä positiivinen korrelaatio. Ortofosfaatin ja epäorgaanisen typen poistumien välillä ei ollut riippuvuutta.

Taulukko 12. Pitoisuusmuutosten väliset korrelaatiokerroimet jyrshinturvesuodatuksessa C ( $n = 67$ ).

	KA	COD <sub>Mn</sub>	kok.Fe	kok.N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	kok.P	PO <sub>4</sub> -P
COD <sub>Mn</sub>	.87***							
kok.Fe	.92***	.80***						
kok.N	.88***	.90***	.88***					
NO <sub>3</sub> -N	.06	-.02	.15	.11				
NH <sub>4</sub> -N	.49***	.63***	.45***	.70***	.12			
kok.P	.66***	.63***	.74***	.74***	.20	.58***		
PO <sub>4</sub> -P	-.14	.00	-.00	-.09	.05	.04	.42***	
epäorg.N	.49***	.62***	.48***	.70***	.19	1.00***	.58***	.04

\*\*\* = merkitsevä 0,1 %:n riskitasolla

\*\* = merkitsevä 1 %:n riskitasolla

\* = merkitsevä 5 %:n riskitasolla

KA = kiintoaine

Jyrshinturvesuodattimesta otetun turpeen kokonaistyyppipitoisuus oli suodatuksen C jälkeen 8 - 39 % suurempi kuin "puhtaan" turpeen kokonaistyyppipitoisuus (taulukko 13). Kokonaisfosforipitoisuus lisääntyi vastaavasti 12 - 42 % ja kokonaisrautapitoisuus 47 - 113 %. Kokonaisrautapitoisuus lisääntyi eniten suodatinturpeen ylimmässä 15 cm:n kerroksessa.

Jyrshinturpeen ammoniumtyypipitoisuus oli suodatuksen C jälkeen 223 - 373 % suurempi kuin "puhtaan" turpeen vastaava pitoisuus (taulukko 13). Nitraattityypipitoisuus lisääntyi vastaavasti 58 - 450 %. Vaihtuvan, ammoniumasetattiin liukenevan, fosforin pitoisuus oli ylimmässä 15 cm:n kerroksessa 19 - 28 % pienempi kuin "puhtaan" turpeen vastaava pitoisuus. Tämän kerroksen alapuolella pitoisuus oli lähes samansuuruinen kuin alkuperäisen turpeen pitoisuus.

Suodatinturpeen sähkönjohtavuus oli ylimmässä 15 cm:n turvekerroksessa 48 - 49 % suurempi kuin alkuperäisen turpeen vastaava arvo (taulukko 13). Turpeen pH oli kohonnut kaikissa kerroksissa alkuperäisestä. Suodatuksessa kostuneen turpeen kuiva-ainepitoisuus oli alle puolet alkuperäisen turpeen kuiva-ainepitoisuudesta. Orgaanisten aineiden pitoisuus oli lähes samansuuruinen kuin alkuperäisen turpeen vastaava pitoisuus.

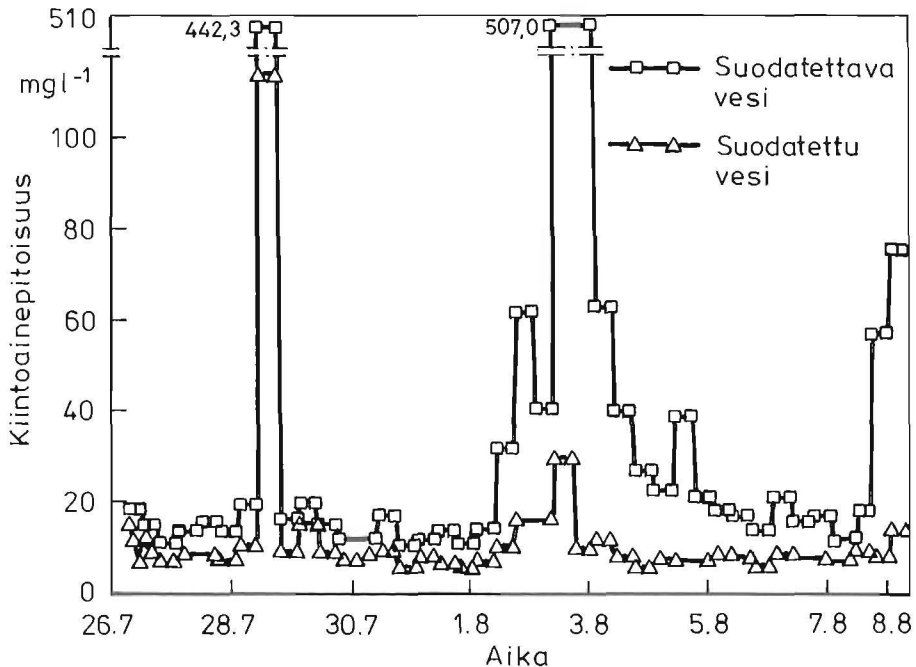
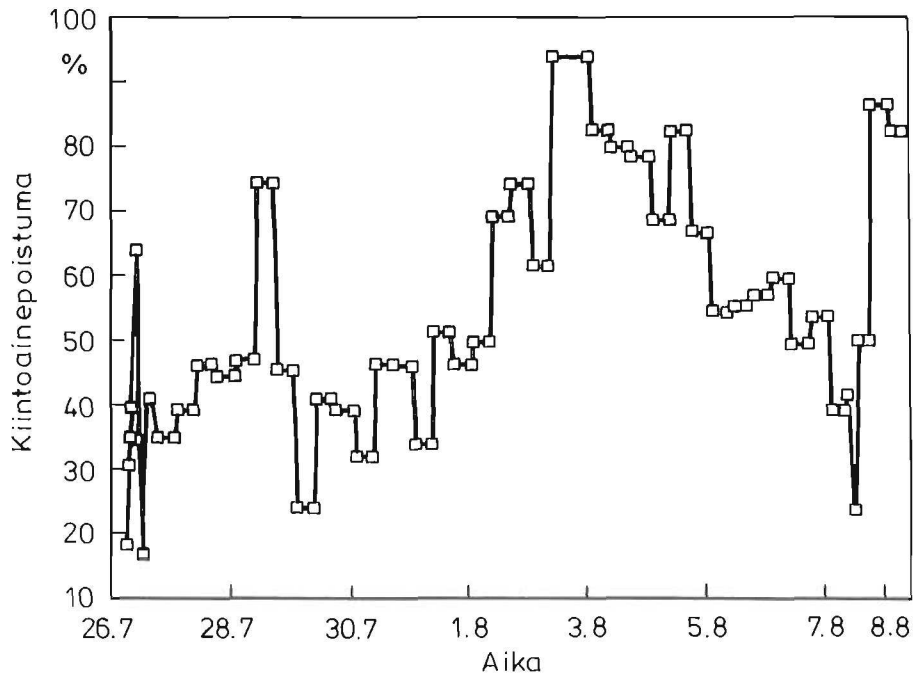
Taulukko 13. Alkuperäisen ("puhtaan") jyrsinturpeen ja suodatuksen C jälkeen jyrsinturvesuodattimen eri kerroksista otetun turpeen laatu ja ravinnepitoisuudet sekä ravinnepitoisuuksien muuttuminen suodatuksen vuoksi.

Laatumuuttuja	Puhdas jyrsinturve	Suodatinturve		
		0 - 5 cm	5 - 15 cm	15 - 50 cm
Kokonaisravinteet				
N ( $\text{mg g}^{-1}$ )	6,1	7,2	6,6	8,5
pitoisuuden muutos (%)		18	8	39
P ( $\text{mg g}^{-1}$ )	0,33	0,37	0,47	0,41
pitoisuuden muutos (%)		12	42	24
Fe ( $\text{mg g}^{-1}$ )	1,87	3,98	3,94	2,75
pitoisuuden muutos (%)		113	111	47
Liukoiset ravinteet				
$\text{NH}_4\text{-N}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	14,8	47,8	52,4	70,0
pitoisuuden muutos (%)		223	254	373
$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	1,2	6,6	4,1	1,9
pitoisuuden muutos (%)		450	242	58
P ( $\text{mg l}^{-1}$ )	6,7	5,4	4,8	6,8
pitoisuuden muutos (%)		-19	-28	1
Sähkönjohtavuus ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	40,0	59,5	59,0	37,0
muutos (%)		49	48	-7
pH	3,65	5,88	5,74	5,07
Kuiva-aine (%)	33	16	16	12
Orgaaninen aine (%)	83	81	82	84

#### 5.2.9.2 Palaturvesuodatin

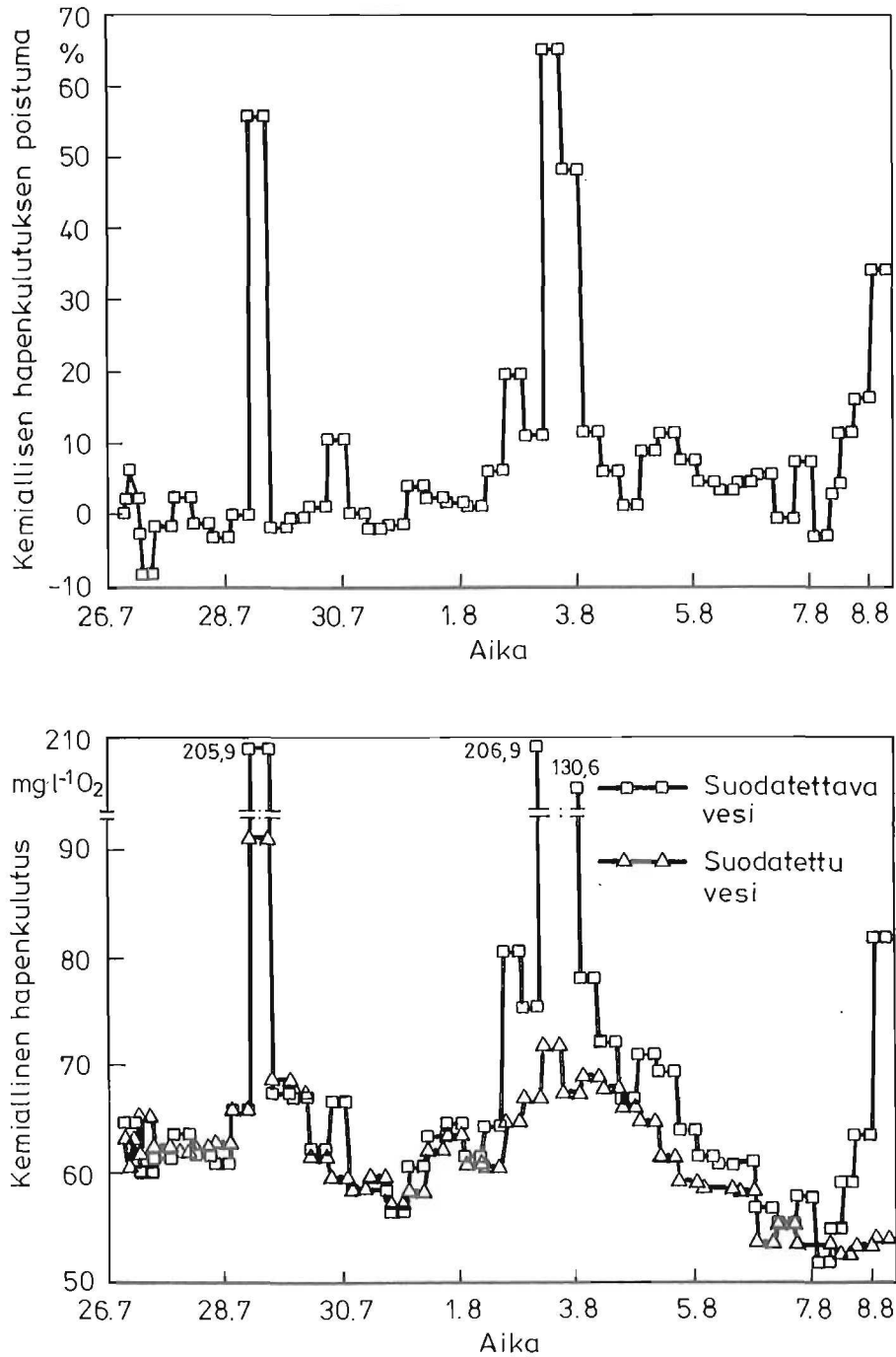
Palaturvesuodatuksissa (F ja G) olivat kiintoaineen, kemiallisen hapenkulutuksen, kokonaistypen, ammoniumtypen, kokonaisfosforin ja kokonaisraudan poistumat positiiviset (taulukko 11). Keskimääräiset kiintoainepoistumat olivat 56 % ja 72 % , kemiallisen hapenkulutuksen poistumat 9 % ja 18 % , kokonaistyyppipoistumat 8 % ja 12 % , ammoniumtyypipoistumat 2 % ja 1 % , kokonaisfosforipoistumat 11 % ja 9 % ja kokonaisraudan poistumat 8 % ja 23 % . Sen sijaan turpeesta huuhtoutui nitraattityyppiä ja ortofosfaattia. Keskimääräiset nitraattityypin "poistumat" olivat - 45 ja - 7 % ja ortofosfaatin "poistumat" - 9 ja - 28 % . Epäorgaanisen tyyppin "poistumat" olivat 0 ja - 1 % .

Seuraavassa on esitetty tarkemmat puhdistustulokset suodatuksen F aikana, joka oli pisin (314 tuntia) yhtäjaksoinen palaturvesuodatus. Turvekerroksen paksuus oli 0,4 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>. Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 56 % pienimmän poistuman ollessa 17 % ja suurimman 94 % (kuva 31). Poistumat kasvoivat jakson alussa. Poistuma oli suurin suodatuksen puolivälissä, jolloin myös suodatettavan veden kiintoainepitoisuudet olivat suuria (yli 500 mg l<sup>-1</sup>). Suodatuksen loppuvaiheessa poistuma pieneni, mutta ennen tukkeutumista poistuma oli kuitenkin 88 %.



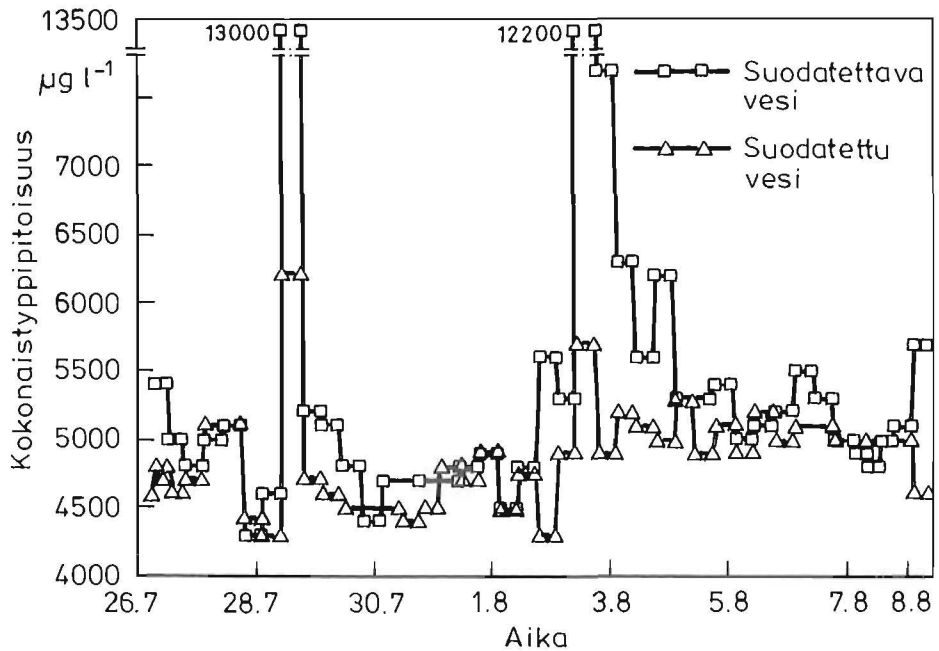
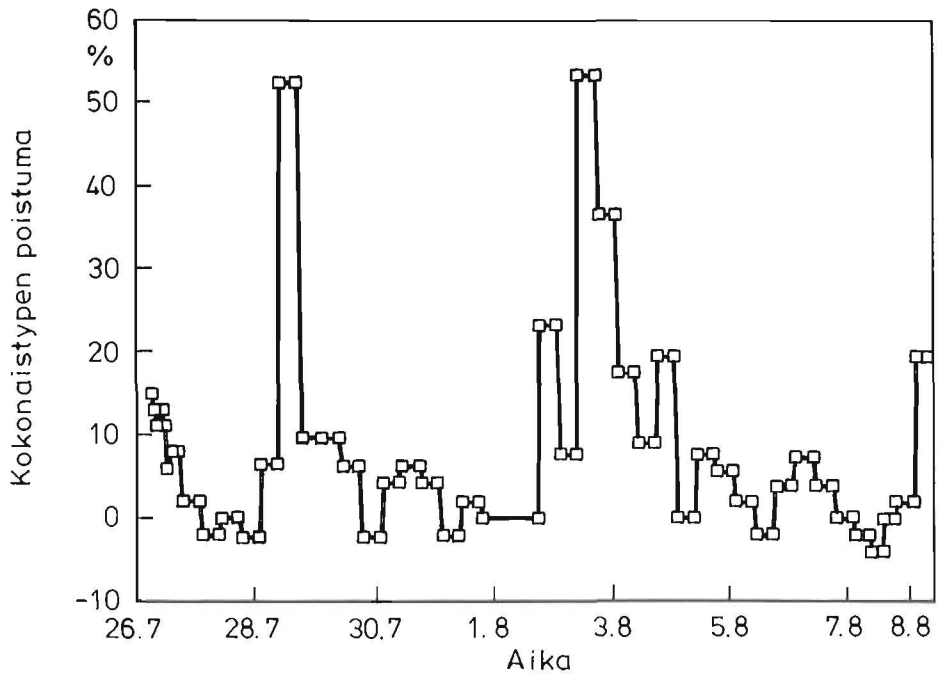
Kuva 31. Suodatettavan ja suodatetun veden kiintoainepitoisuudet (mg l<sup>-1</sup>) sekä kiintoainepoistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

Keskimääräinen kemiallisen hapenkulutuksen poistuma oli 9 % ja poistuman vaihteluväli - 9 - 65 % (kuva 32). Kemiallinen hapenkulutus lisääntyi suodatuksen tuloksena pääasiassa suodatusjakson alkupuolella ja hetkellisesti myös jakson lopussa. Poistuma oli suurin suodatuksen puolivälin jälkeen, jolloin myös suodatettavan veden kemiallisen hapenkulutuksen arvot olivat suuria.



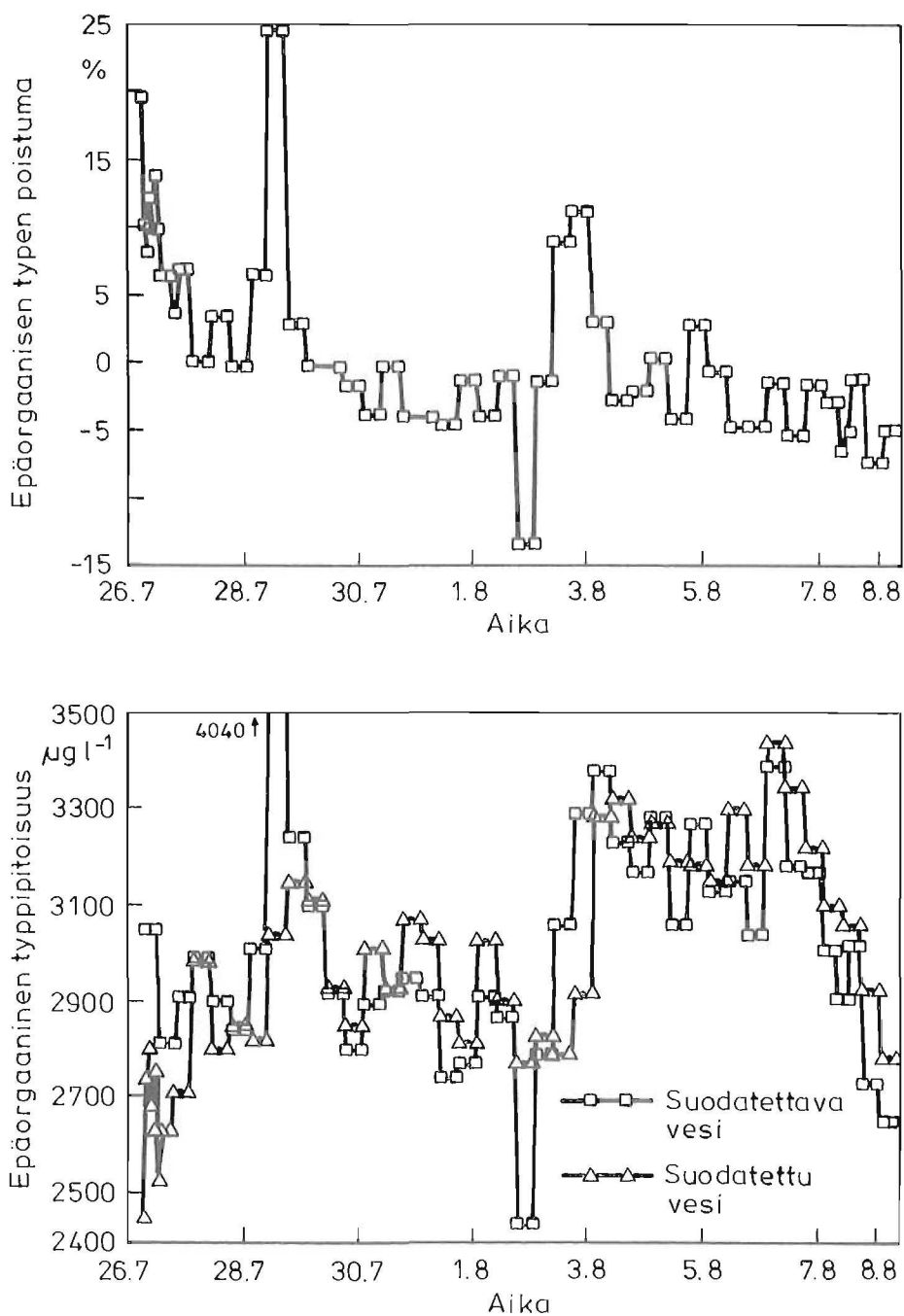
Kuva 32. Suodatettavan ja suodatetun veden kemiallinen hapenkulutus ( $\text{mg l}^{-1} \text{O}_2$ ) sekä kemiallisen hapenkulutuksen poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

Keskimääräinen kokonaistyyppi-poistuma oli 8 % ja poistuman vaihteluväli - 4 - 53 % (kuva 33). Poistuma oli suurin hetkellisesti jakson alkupuolella ja jakson puolivälissä, jolloin myös suodatettavan veden kokonaistyyppipitoisuudet olivat suuria.



Kuva 33. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaistyyppipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaistyyppien poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

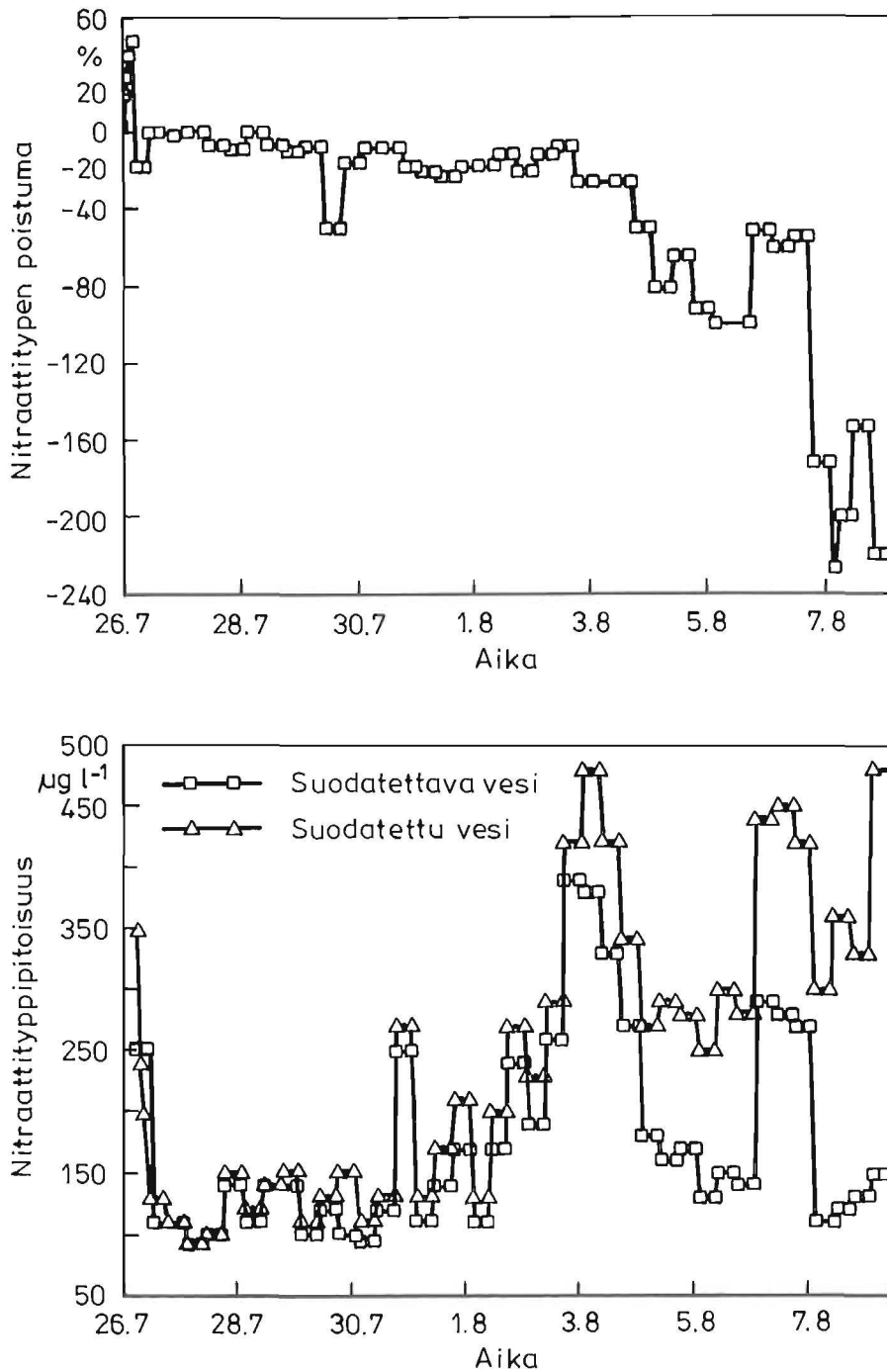
Keskimääräinen epäorgaanisen tyyppien "poistuma" oli 0 % ja "poistuman" vaihteluväli - 14 - 25 % (kuva 34). Poistuma oli suurin suodatusjakson kolmantena päivänä. Pitoisuus pysyi usein lähes muuttumattomana tai lisääntyi suodatuksen tuloksena.



Kuva 34. Suodatettavan ja suodatetun veden epäorgaanisen tyyppien pitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä epäorgaanisen tyyppien poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

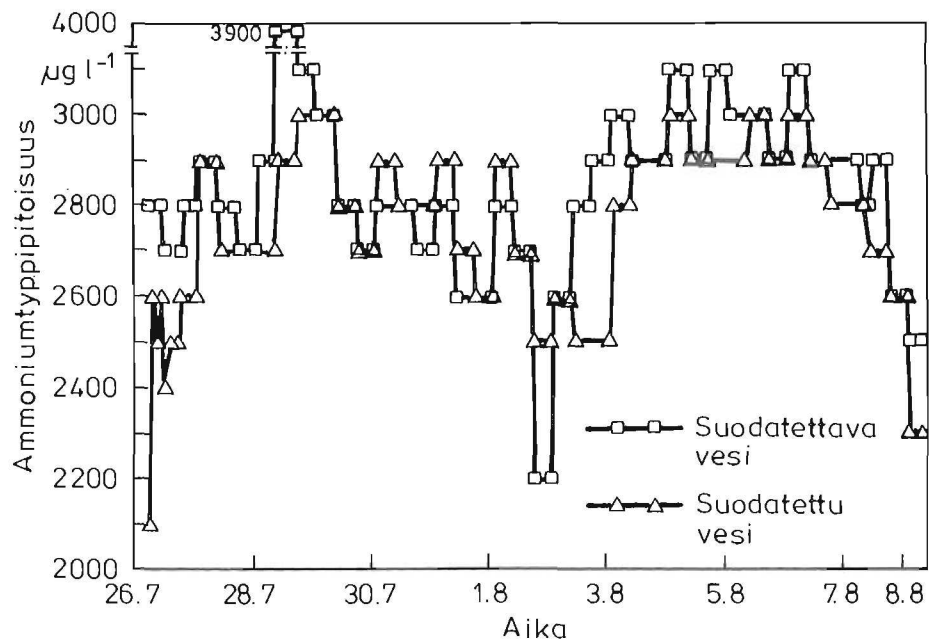
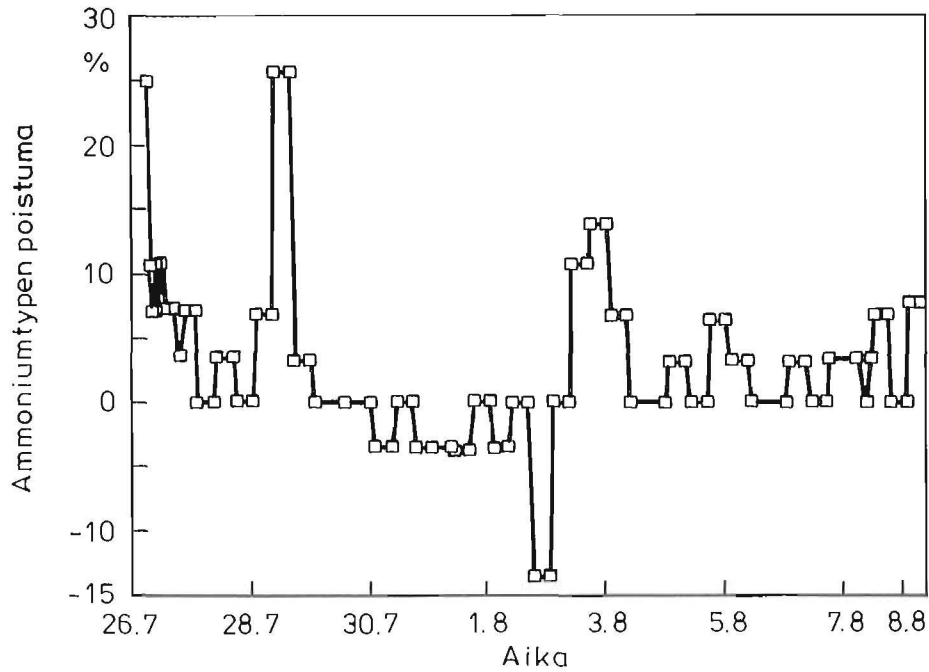


Nitraattityppipitoisuus lisääntyi suodatuksen aikana keskimäärin 45 %. Nitraattityppeä pidättyi vain aivan suodatuksen alussa, jolloin poistuma oli 48 % (kuva 35). Suodatuksen lopussa huuhtoutuminen lisääntyi niin, että pitoisuudet suodatetussa vedessä olivat yli kaksinkertaiset suodatettavan veden pitoisuuksiin verrattuina. Pitoisuudet suodatettavassa vedessä olivat tällöin korkeimmillaan.



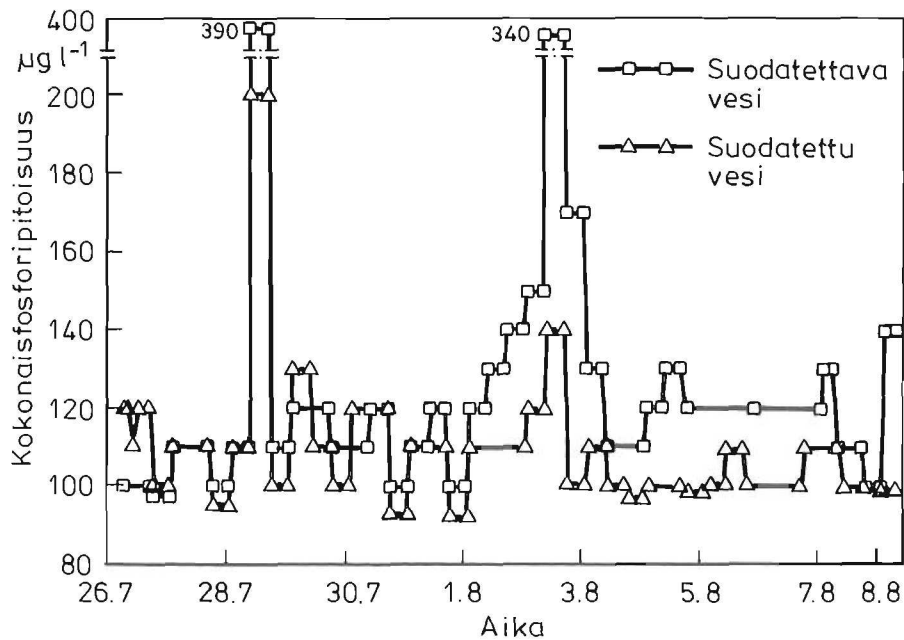
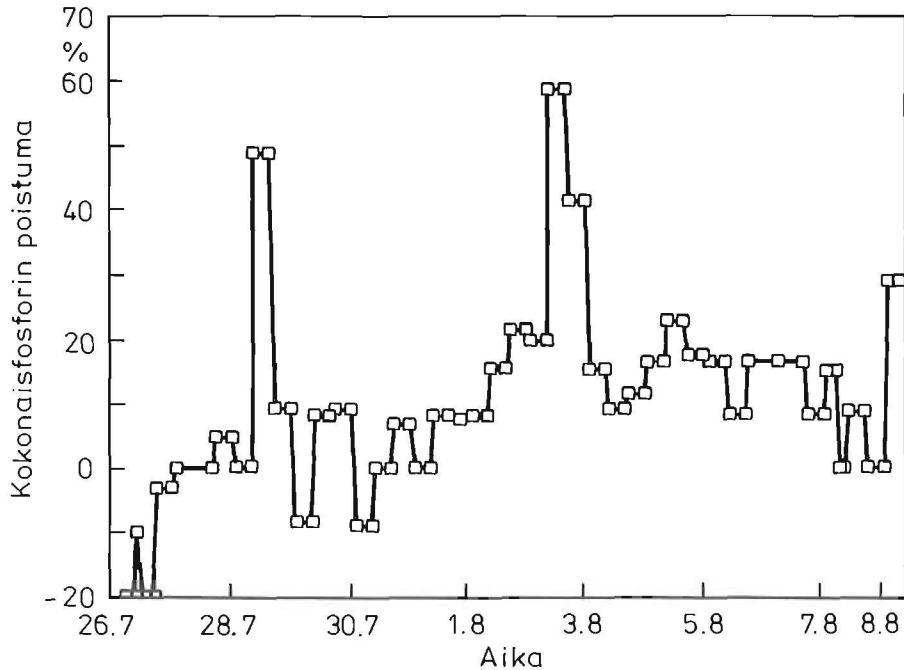
Kuva 35. Suodatettavan ja suodatetun veden nitraattityppipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä nitraattityypen poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

Keskimääräinen ammoniumtyppipoistuma oli 2 % ja poistuman vaihteluväli -14 - 26 % (kuva 36). Ammoniumtyppiä pidättyi suodatusjakson alussa ja suodatuksen lopussa. Usein pitoisuuksissa ei kuitenkaan tapahtunut merkittävää muutosta.



Kuva 36. Suodatettavan ja suodatetun veden ammoniumtyypipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä ammoniumtyypin poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

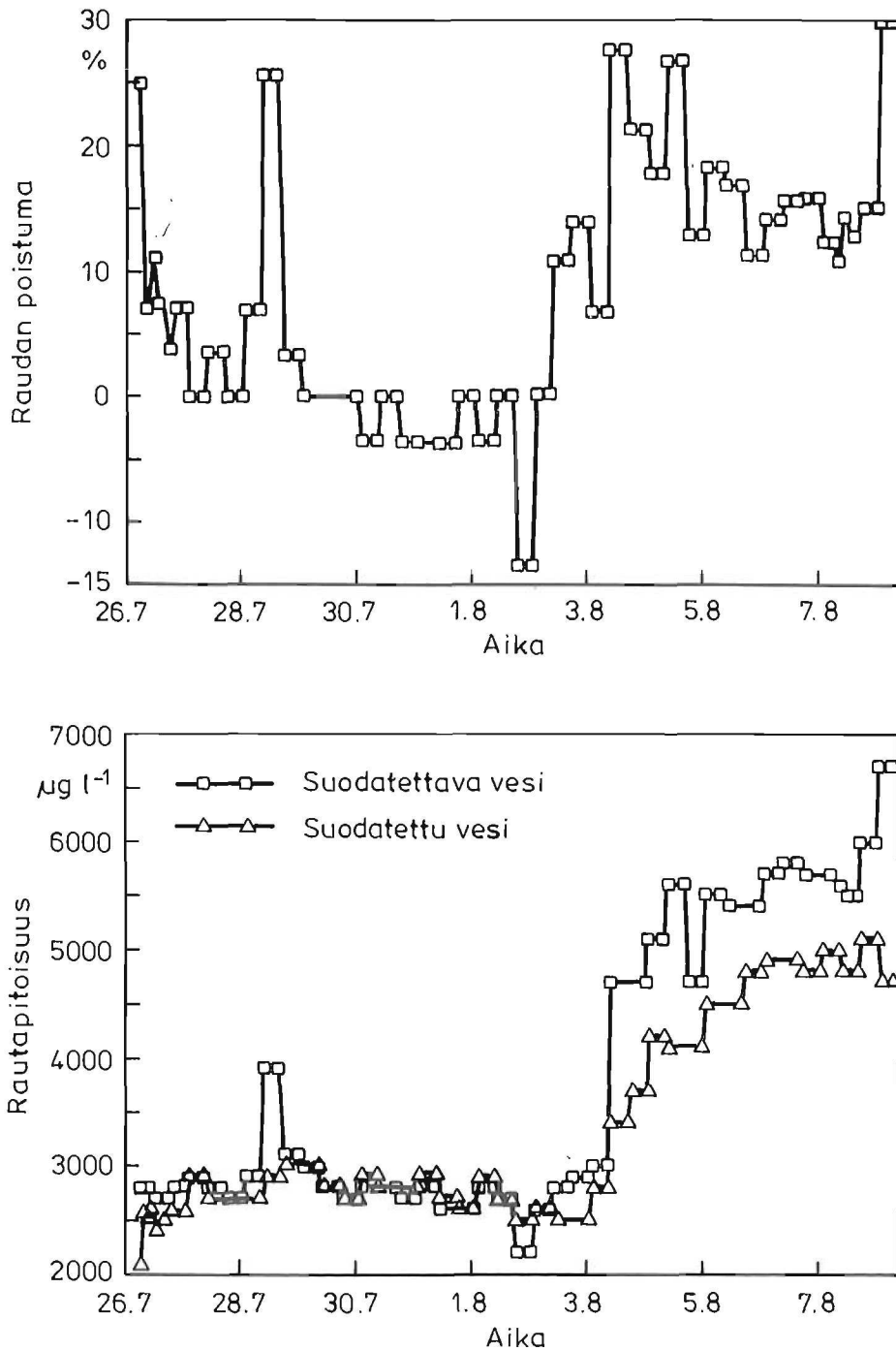
Keskimääräinen kokonaisfosforipoistuma oli 11 % ja "poistuman" vaihteluväli - 20 - 59 % (kuva 37). Kokonaisfosforia pidättyi lähes koko suodatuksen ajan. Poistuma oli suurin suodatuksen puolivälissä, jolloin myös suodatettavan veden kokonaisfosforipitoisuus oli suuri. Suodatus johti pitoisuuden lisääntymiseen aivan suodatuksen alussa ja kaksi kertaa viiden ensimmäisen suodatuspäivän aikana.



Kuva 37. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaisfosforipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaisfosforin poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.



Keskimääräinen kokonaisraudan poistuma oli 8 % ja vaihteluväli - 14 - 30 % (kuva 39). Pidättymistä tapahtui suodatuksen alussa sekä koko suodatusjakson jäkipuolisella. Suodatusjakson ensimmäisen puoliskon loppupuolella pitoisuudet eivät muuttuneet tai ne lisääntyivät. Pitoisuuksien lisääntyminen oli tällöin useimmiten alle 5 % suodatettavan veden pitoisuudesta.



Kuva 39. Suodatettavan ja suodatetun veden kokonaisrautapitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) sekä kokonaisraudan poistuma (%) palaturvesuodatuksessa F.

Suodatusjaksolla F kiintoaineen pidättymisen lisäksi selvästi myös kemiallisena hapenkulutuksena määritettyjen orgaanisten aineiden, kokonaistypen ja kokonaisfosforin pidättymistä (taulukko 14). Sen sijaan kiintoaineen ja kokonaisraudan poistumien välillä ei ollut yhteyttä.

Kokonaistyyppipitoisuuksien muuttuminen riippui selvästi kiintoaineen pidättymisen ohella myös ammoniumtypen pidättymisestä (taulukko 14). Epäorgaanisen typen poistuma riippui selvästi ammoniumtypen poistumasta, mutta ammoniumtyyppiä heikommin nitraattityypen poistumasta. Nitraatti- ja ammoniumtypen pitoisuuksien muutosten välillä ei ollut riippuvuutta. Kokonaisfosforin poistuma riippui selvästi kemiallisen hapenkulutuksen poistumasta. Ortofosfaatin ja kokonaisfosforin poistumien välillä ei ollut riippuvuutta. Ortofosfaatin ja nitraattityypen poistumien välillä oli negatiivinen riippuvuus. Kokonaisraudan ja kemiallisena hapenkulutuksen poistumien välillä ei ollut riippuvuutta.

Taulukko 14. Pitoisuuksien muutosten väliset korrelaatiokertoimet palaturvesuodatuksessa F (n = 48).

	COD <sub>Mn</sub>	KA	kok.Fe	kok.N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	kok.P	PO <sub>4</sub> -P
KA	.99***							
kok.Fe	.02	-.00						
kok.N	.96***	.95***	-.07					
NO <sub>3</sub> -N	.03	.05	-.73***	.16				
NH <sub>4</sub> -N	.53***	.48***	.15	.62***	.11			
kok.P	.95***	.94***	.06	.90***	-.10	.41**		
PO <sub>4</sub> -P	-.04	-.07	.12	-.11	-.39	-.28	.19	
epäorg.N	.48***	.45**	-.15	.61***	.48**	.92***	.32*	-.39***

\*\*\* = merkitsevä 0,1 %:n riskitasolla

\*\* = merkitsevä 1 %:n riskitasolla

\* = merkitsevä 5 %:n riskitasolla

KA = kiintoaine

#### 5.2.10 Suodatetun veden laatu

Jyrsinturpeella suodatetun veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus eri suodatusjaksojen aikana oli 7,3 - 25,8 mg l<sup>-1</sup>, kemiallinen hapenkulutus 50,0 - 73,0 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppipitoisuus 2 000 - 3 300 µg l<sup>-1</sup>, epäorgaanisen typen pitoisuus 700 - 1 700 µg l<sup>-1</sup>, nitraattityypipitoisuus 100 - 250 µg l<sup>-1</sup>, ammoniumtyypipitoisuus 610 - 1 400 µg l<sup>-1</sup>, kokonaisfosforipitoisuus 110 - 190 µg l<sup>-1</sup>, ortofosfaattipitoisuus oli 66 - 120 µg l<sup>-1</sup> ja kokonaisrautapitoisuus 1 300 - 3 500 µg l<sup>-1</sup> (taulukko 15).

Palaturpeella suodatetun veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli eri suodatuksissa 10,9 - 11,9 mg l<sup>-1</sup>, kemiallinen hapenkulutus 57,7 - 61,9 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppipitoisuus 4 600 - 4 900 µg l<sup>-1</sup>, epäorgaanisen typen pitoisuus 2 700 - 3 000 µg l<sup>-1</sup>, nitraattityypipitoisuus 210 - 250 µg l<sup>-1</sup>, ammoniumtyypipitoisuus 2 500 - 2 800 µg l<sup>-1</sup>, koko-

naisfosforipitoisuus  $110 \mu\text{g l}^{-1}$ , ortofosfaattipitoisuus  $50 - 51 \mu\text{g l}^{-1}$  ja kokonaisrautapitoisuus  $3\ 400 - 4\ 200 \mu\text{g l}^{-1}$  (taulukko 15).

Taulukko 15. Veden keskimääräiset pitoisuudet eri suodattusten jälkeen kesällä 1989.

Suodatus *)	Kiintoaine ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Kok.N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Epäorg.N ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	$\text{NH}_4\text{-N}$ ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Kok.P ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Kok.Fe ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )
A	7,3	60,2	2 400	1 100	100	990	160	100	1 300
B	15,9	50,0	2 000	700	120	610	110	66	1 600
C	12,9	73,0	3 200	1 200	110	1 100	190	110	3 500
D	25,8	60,9	3 300	1 700	260	1 400	160	93	2 200
E	10,8	56,3	3 300	1 700	250	1 400	170	120	1 700
F	11,9	61,9	4 900	3 000	250	2 800	110	51	3 400
G	10,9	57,7	4 600	2 700	210	2 500	110	50	4 200

\*) suodatusaika, turvelaji, -paksuus ja pintakuorma vastaavat kuin taulukossa 6.

### 5.3 TULOSTEN TARKASTELO

#### 5.3.1 Turvesuodattimen rakentaminen

Turvesuodattimen rakentaminen onnistuu parhaiten kantavalle kivennäismaalle, jonne on helpompi tehdä suodattimen perustustyöt kuin pehmeälle suolle. Veden tulee olla suhteellisen helposti pumpattavissa suodattimelle, jottei tarvitsisi rakentaa pitkiä putkituksia. Alueella on oltava myös sähköä, koska mm. pumput toimivat sähköenergialla.

Rakentamisajankohtaan vaikuttavat rakentamispaikan olosuhteet, mm. maapohjan laatu ja sääolosuhteet. Heikosti kantavalle suolle on rakennettava talvella, kun suo on roudassa. Tämä lisää suon kantavuutta. Heikolle maapohjalle rakennettaessa voidaan suodatinaltaiden perustusta vahvistaa lujitekankaan ja erillisen penkereen avulla. Pintaturvetta ei tarvitse poistaa, sillä sen poistaminen voi aiheuttaa alla olevan maapohjan häiriintymisen ja kantavuuden heikentymisen.

Soraa lujitekankaan päälle levitettäessä ei saa käyttää  $0,5 \text{ m}$  suurempia kerrosvahvuuksia, jotta maapohjaan ei kohdistu liian suuria pistekuormia. Pengerrys on tehtävä mahdollisimman keveillä työkoneilla.

On tärkeää, että penkereiden kaivu ja suodatinkerrosten rakentaminen saataisiin tehtyä varsin nopeasti, sillä kun pengermassojen aiheuttama vastapaino otetaan pois altaasta, voi altaiden pohja murtua "pullistumalla" ylös. Töitä ei saa tehdä liian raskailla koneilla, jotta maapohjan häiriintymistä ei tapahtuisi. Murskesorakerros levitettiin  $14 \text{ t}$  kaivukoneella. Ainakaan tätä suurempaa konetta ei tutkimusalueen kaltaisessa kohteessa suositella käytettäväksi.

### 5.3.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Luonnontilaisten soiden valumavesien kiintoainepitoisuudet ovat pieniä (taulukko 16). Suovesille on ominaista suuri orgaanisten aineiden pitoisuus. Näissä vesissä on runsaasti humusaineita. Soilta huuhtoutuvien valumavesien kokonaistyyppipitoisuudet ovat suuria verrattuna kivennäismailta huuhtoutuvien valumavesien kokonaistyyppipitoisuuteen. Luonnontilaisten soiden valumavesissä tyyppi on suurimmaksi osaksi orgaanista tyyppiä ja epäorgaanisen tyyppien pitoisuudet ovat yleensä pieniä, alle  $100 \mu\text{g l}^{-1}$  (Kenttämies 1979, Hynninen ja Sepponen 1983, Heikkinen 1990, Sallantaus 1983). Esimerkiksi runsassoissa, ojittamattomalla alueella virtaavassa Keihäsojassa orgaanisen tyyppien osuus oli keskimäärin 92 % kokonaistyyppistä (Heikkinen 1990). Luonnontilaisten soiden valumavesien keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on Pohjanmaalla  $27,1 \mu\text{g l}^{-1}$  (Heikurainen ym. 1978). Keihäsojan keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli  $55,1 \mu\text{g l}^{-1}$  (Heikkinen 1990). Keihäsojan veden kokonaisrautapitoisuus oli  $1\ 400 - 4\ 500 \mu\text{g l}^{-1}$  (Heikkinen 1990).

Turvetuotanto lisää kiintoaineen ja epäorgaanisen tyyppien, erityisesti ammoniumtyypin huuhtoutumista (Sallantaus 1983, 1984, Heikkinen 1990). Turvetuotannon vaikutus humusaineiden, fosforin ja raudan huuhtoutumiseen on ollut vähäisempi. Tämän suuntaiset muutokset ovat havaittavissa myös Piipsannevan turvetuotantoalueelta valuvassa vedessä (taulukko 16). Turvetuotantoalueelta huuhtoutuvan veden laatu riippuu voimakkaasti mm. valunnasta, joka vaihtelee eri vuodenaikoina. Tämän vuoksi taulukossa 16 esitetty veden laadun vertailu antaa eri aineiden huuhtoutumisesta vain karkean kuvan. On lisäksi huomioitava, että taulukon 16 arvot ovat tietyn ajanjakson keskiarvoja tai vain hetkellisiä arvoja.

Piipsannevan turvetuotantoalueen valumaveden keskimääräiset kiintoainepitoisuudet olivat usein likimain samansuuruisia kuin Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen tehotarkkailussa olevien turvetuotantosoiden valumaveden kiintoainepitoisuudet (taulukko 16). Pitoisuudet olivat suurimmillaan ( $589,1 \text{ mg l}^{-1}$ ) samanaikaisesti suurimpien valumien (rankkasateiden) aikana. Rankkasateiden aikaisilla suurilla kiintoainepitoisuuksilla oli merkittävä vaikutus mm. suodattimen tukkeutumiseen. Myös Piipsannevan valumaveden kemiallinen hapenkulutus, nitraattityppi-, ammoniumtyppi-, kokonaisfosfori-, ortofosfaatti- ja kokonaisrautapitoisuudet olivat likimain saman suuruisia kuin muiden turvetuotantosoiden valumavesien pitoisuudet. Täten Piipsannevalla tehdyt suodatukset ovat veden laadun suhteen edustavia selvitetessä turvesuodatuksen käyttökelpoisuutta turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistamisessa.

Turvetuotantoalueelta huuhtoutuva kiintoaine koostuu suurelta osin vähän hajonneista turvehiukkasista, joiden mukana huuhtoutuu orgaanisia aineita, tyyppiä ja fosforia. Täten kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet lisääntyvät valumaveden kiinto-



ainepitoisuuden lisääntyessä. Kiintoaineen mukana kulkeutuu myös rautaa. Pääosa raudasta huuhtoutuu kuitenkin humusaineisiin sitoutuneena. Tämän vuoksi kokonaisrautapitoisuus ei riippunut kiintoaineen pitoisuudesta. Valumaveden kokonaistyyppipitoisuus lisääntyi myös nitraatti- ja ammoniumtyypipitoisuuksien lisääntyessä. Ortofosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuuksien välillä ei ollut riippuvuutta. Tämä johtunee ainakin osittain siitä, että "liukoinen" fosfori on suurimmaksi osaksi orgaanista eli se on sitoutunut humusaineisiin. Vedenlaatuomuuksien välisiin riippuvuuksiin vaikuttaa myös virtaama, jota ei Kotaojasta mitattu.

Taulukko 16. Luonnontilaisen suon valumaveden, eri turvetuotantoalueiden valumavesien ja Piipsannevan kesän 1989 suodatusten aikaisen valumaveden laatu.

Vedenlaatu- muuttuja	Valumaveden pitoisuus		
	Luonnontilainen suo	Eri turvetuotantoalueet	Piipsanneva <sup>13)</sup>
Kiintoaine (mg l <sup>-1</sup> )	1,2 - 10,4 <sup>5)</sup>	4,6 - 42,3 <sup>1)</sup> 7,0 - 25,8 <sup>6)</sup> 2,0 - 2 400,0 <sup>9), 10)</sup>	7,8 - 589,1
COO <sub>Mn</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	15,3 - 45,3 <sup>5)</sup> 30,0 - 40,0 <sup>7)</sup> 80,0 <sup>8)</sup> 61,0 - 86 <sup>12)</sup>	16,8 - 90,9 <sup>1)</sup> 5,4 - 58,9 <sup>6)</sup> 15,0 - 34,0 <sup>9)</sup> 50,0 - 134,0 <sup>10)</sup>	37,2 - 303,0
Kok.N (mg l <sup>-1</sup> )	0,3 - 0,5 <sup>5)</sup> 0,63 <sup>7)</sup> 0,89 <sup>8)</sup>	0,93 - 4,6 <sup>1)</sup> 0,86 - 4,5 <sup>6)</sup> 1,3 - 1,8 <sup>9)</sup> 1,3 - 4,7 <sup>10)</sup>	2,0 - 13,0
NO <sub>3</sub> -N (µg l <sup>-1</sup> )	1 <sup>7)</sup> 10 <sup>8)</sup> < 100 <sup>5), 2), 3)</sup>	37 - 840 <sup>1)</sup> 30 - 450 <sup>9)</sup> 10 - 1 000 <sup>10)</sup>	84 - 610
NH <sub>4</sub> -N (µg l <sup>-1</sup> )	20 <sup>7)</sup> 30 <sup>8)</sup> < 100 <sup>5), 2), 3)</sup>	42 - 4 100 <sup>1)</sup> 71 - 3 000 <sup>6)</sup> 250 - 1 000 <sup>9)</sup> 350 - 3 000 <sup>10)</sup>	860 - 3 900
Kok.P (µg l <sup>-1</sup> )	27 <sup>4)</sup> 20 <sup>11)</sup> 24 - 90 <sup>5)</sup> 18 - 19 <sup>7)</sup> 16 - 20 <sup>8)</sup>	20 - 160 <sup>1)</sup> 18 - 144 <sup>6)</sup> 29 - 170 <sup>9)</sup> 35 - 230 <sup>10)</sup>	50 - 390
PO <sub>4</sub> -P (µg l <sup>-1</sup> )	7 - 63 <sup>5)</sup>	2 - 47 <sup>1)</sup> 9 - 106 <sup>6)</sup>	9 - 100
Kok.Fe (mg l <sup>-1</sup> )	1,4 - 4,5 <sup>5)</sup>	1,2 - 10,0 <sup>1)</sup>	2,2 - 13,3

- 1) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitsevat Jauhosoja ja Vittasuo kesällä ja syksyllä 1985 ja 1986
- 2) Kenttämies (1979)
- 3) Hynninen ja Sepponen (1983)
- 4) Heikurainen ym. (1978), keskimääräinen pitoisuus Pohjanmaan soiden valumavesissä
- 5) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitseva, ojittamattomalta runsassoijelta valuma-alueelta laskeva Keihäsoja kesällä ja syksyllä 1985 ja 1986
- 6) PSV (1989), Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen tehotarkkailusoiilta purkautuvien vesien keskimääräinen laatu vuonna 1988.
- 7) Sallantaus (1983), Häädetkeidas huhti-toukokuu 1980 ja 1981
- 8) Sallantaus (1983), Häädetkeidas kesä-lokakuu 1980 ja 1981
- 9) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita huhti-toukokuu 1980 ja 1981
- 10) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita kesä-lokakuu 1980 ja 1981
- 11) Kenttämies (1980), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilta soilta
- 12) Tolonen ja Hosialuoma (1978), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilla soilla v. 1972.
- 13) Piipsannevan turvetuotantoalueelta valuvan veden hetkellisiä pitoisuuksia eri suodatusten aikana

Turvesuodatuksella puhdistettujen asutuksen jätevesien keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus on ollut 9, ammoniumtyppipitoisuus 12 ja nitraattityppipitoisuus 50 kertaa suurempi kuin Piipsannevan turvetuotantoalueen valumaveden vastaava pitoisuus (taulukko 17). Asutuksen jätevesien kokonaisfosforipitoisuus on ollut 90, kiintoainepitoisuus 2 ja kemiallinen hapenkulutus 9 kertaa suurempi kuin turvetuotantoalueen valumaveden vastaava pitoisuus.

### 5.3.3 Keskimääräinen kuormitus

Puhdistettaessa asutuksen jätevesiä turvesuodatuksella on keskimääräinen pintakuorma ollut  $0,8 \times 10^{-3} \text{ m h}^{-1}$  (taulukko 17). Piipsannevan turvesuodatusten vastaava keskimääräinen pintakuorma ( $0,61 \text{ m h}^{-1}$ ) on 760 kertaa suurempi kuin asutuksen jätevesien turvesuodattimien pintakuorma.

Suuren vesimäärän vuoksi Piipsannevan turvesuodattimen keskimääräinen kiintoainekuormitus oli 320-kertainen, orgaanisten aineiden kuormitus 80-kertainen, kokonaistyyppi-kuormitus 80-kertainen, ammoniumtyppikuormitus 60-kertainen, nitraattityppikuormitus 25-kertainen ja kokonaisfosforikuormitus 9-kertainen vastaaviin asutuksen jätevesikuormituksiin verrattuna (taulukko 17). Kuormitusarvot on laskettu suodatusten keskimääräisen pintakuorman ( $0,61 \text{ m h}^{-1}$ ) ja koko kesän suodatusten aikaisen turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräisten pitoisuuksien avulla pitemmältä ajanjaksolta kuin suodatuksia on tehty. Nämä kuormitusarvot kuvaavat tilannetta, jolloin suodattimet olisivat olleet toiminnassa koko ajan.

Piipsannevan turvesuodattimen kokonaistyyppi-, kokonaisrauta- ja kokonaisfosforikuormitukset olivat suuria silloin, kun kiintoainekuormitus oli suuri. Tämä johtui siitä, että kiintoaineeseen on sitoutunut myös tyyppiä, rautaa ja fosforia.

### 5.3.4 Vesi- ja kiintoainemäärä ja suodattimen tukkeutuminen

Suurin jyrshinturvesuodattimelle pumpattu vesimäärä oli  $2680 \text{ m}^3$ , jonka jälkeen suodatin tukkeutui. Yhtäjaksoinen suodatus (C) kesti tällöin 67 tuntia (noin 3 vuorokautta). Suodattimen turvekerroksen paksuus oli  $0,6 \text{ m}$  ja pintakuorma  $0,50 \text{ m h}^{-1}$ . Esimerkiksi turvetuotantoalueelta, jonka valuma-alue on  $100 \text{ ha}$  ja keskimääräinen valuma  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , virtaa  $2680 \text{ m}^3$  vettä noin 3 vuorokauden aikana (74 tuntia). Jyrshinturvesuodattimet tukkeutuivat kuitenkin usein jo 1-5 tunnin kuluessa, kun vettä oli pumpattu suodattimelle vain  $60 - 120 \text{ m}^3$ . Suodatettavat vesimäärät ja veden kiintoainepitoisuudet olivat suuria rankkasateiden aikana ja suodatin tukkeutui nopeasti. Myös suodatinmateriaalin asentamisajankohdalla voi olla vaikutusta suodattimen tukkeutumiseen ja puhdistustulokseen. Suodattimet A ja B, joissa turve oli ollut talven ajan ennen suodatuksia,

tukkeutuivat varsin nopeasti. Myös keskimääräiset kiintoainepoistumat olivat näissä suodattimissa pienempiä kuin muissa suodattimissa.

Taulukko 17. Kiintoaineen, kemiallisen hapenkulutuksen ja ravinteiden keskimääräiset pitoisuudet sekä kuormitus asutuksen jätevesien ja Piipsannevan turvetuotantoalueelta valuvien vesien turvesuodatuksissa.

Vedenlaatu- muuttuja	Puhdistettavan veden keski- määräinen pitoisuus ja kuormitus	
	Asutuksen jätevesi <sup>1)</sup>	Piipsannevan valumavesi <sup>2)</sup>
Pintakuorma (m h <sup>-1</sup> )	0,8 x 10 <sup>-3</sup> <sup>3)</sup>	0,607 <sup>3)</sup>
<b>Kiintoaine</b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )	168	71
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	134	43 097
<b>COD<sub>Mn</sub></b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	637	70
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	510	42 490
<b>Kok. N</b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )	38,2	4,3
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	31	2 610
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )	21	1,7
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	17	1 032
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )	10	0,2
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	8	121
<b>Kok. P</b>		
• pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )	9	0,1
• kuormitus (mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	7	61

1) Keskiarvot Nichols ja Boelterin (1982), Brooks ym. (1984) ja Rock ym. (1984) esittämistä arvoista

2) Turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräiset pitoisuudet suodatusten aikana, kuormitusarvot on laskettu suodatusten keskimääräisen pintakuorman ja keskimääräisen pitoisuuden avulla (karkea arvio)

3) Eri suodatusten keskimääräinen pintakuorma

Suurin yhtäjaksoisen jyrshinturvesuodatuksen (C) kiintoainekuormitus oli 1,57 kg m<sup>-2</sup>, jonka jälkeen suodatin tukkeutui. Jos esimerkkinä olevan turvetuotantoalueen valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus on 40 mg l<sup>-1</sup>, on sen vuorokauden kiintoainekuorma 34,6 kg. Jos turvesuodattimen pinta-ala 80 m<sup>2</sup> kuten Piipsannevalla, on kiintoainekuorma 0,43 kg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Täten jyrshinturvesuo-

dattimen kiintoainekuorma  $1,57 \text{ kg m}^{-2}$  saavutetaan noin 3,5 vuorokauden aikana.

Piipsannevan jyrshinturvesuodatusten suurin kiintoainekuormitus oli hiukan pienempi kuin pienoismallikokeiden jyrshinturvesuodatusten suurin kiintoainekuormitus ( $2,81 \text{ kg m}^{-2}$ ). Ero johtunee osittain siitä, että kenttäkokeissa suodattimelle pumpattiin vettä, jossa oli enemmän hienojakoista, suodattimen nopeasti tukkivaa kiintoainetta kuin pienoismallikokeiden vedessä. Lisäksi kenttäsuodatusten alussa suodatinmateriaalia kuormitettiin epätasaisesti, sillä puhdistettavaa vettä valui enemmän suodattimen poistopäähän kuin suodattimen yläpäähän (suodattimien kaltevuus 1 %). Kenttäsuodattimet saattoivat tukkeutua nopeammin kuin pienoismallisuodatin myös sen vuoksi, että kenttäsuodattimen sorakerroksessa oli hienoa ainesta, joka taas oli pesty pois pienoismallisuodattimen sorasta.

Jyrshinturvesuodatusten keskeyttäminen aiheutti sen, että turpeen pinnalle muodostui vettä läpäisemätön kiintoainekerros. Tämä johti suodattimen tukkeutumiseen. Pinnalle kertyneen kuivan kiintoainekerroksen poistaminen oli vaikeaa. Suodatusten tulisikin olla yhtäjaksoisia, jottei suodattimen pinta kuivuisi katkosten aikana.

Jyrshinturvesuodattimet on kunnostettava vähintään viikottain. Tukkeutuminen voi usein tapahtua jo muutamassa tunnissa. Suodatin vaatiikin vuorokausittaista tarkkailua. Jotta jyrshinturvesuodattimia voitaisiin käyttää turvetuotantoalueilta valuvien vesien puhdistamiseen, on kehitettävä taloudellinen puhdistusmenetelmä, jolla suodattimen pinnan tukkiva kiintoaine voidaan helposti poistaa. Tukkeumatulosten mukaan jyrshinturvesuodattimista oli parhaiten soveltuva suodatin, jonka turvepaksuus oli  $0,6 \text{ m}$  ja pintakuorma  $0,50 \text{ m h}^{-1}$ .

Suurin yhtäjaksoinen palaturvesuodattimelle pumpattu vesimäärä oli  $11\,775 \text{ m}^3$ , jonka jälkeen suodatin tukkeutui. Suodatus (F) kesti tällöin 314 tuntia (noin kaksi viikkoa). Suodattimen turvekerroksen paksuus oli  $0,4 \text{ m}$  ja pintakuorma  $0,50 \text{ m h}^{-1}$ . Esimerkkinä olevalta turvetuotantoalueelta virtaa  $11\,775 \text{ m}^3$  vettä noin kahden viikon aikana (327 tuntia).

Suurin yhtäjaksoinen palaturvesuodatuksen (F) kiintoainekuorma oli  $7,83 \text{ kg m}^{-2}$ , jonka jälkeen suodatin tukkeutui. Esimerkkinä olevan turvetuotantoalueen valumavesi aiheuttaa  $7,83 \text{ kg m}^{-2}$  kiintoainekuormituksen  $80 \text{ m}^2$ :n turvesuodattimelle noin 18 vuorokauden aikana. Myös palaturvesuodatin tukkeutui helposti, mikäli suodatus jouduttiin välillä keskeyttämään. Suodatus (G), jonka pintakuorma oli  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ , tukkeutui noin kolmen vuorokauden suodatuksen jälkeen. Suodatusjakson välillä oli 40 tunnin keskeytys sähkökatkoksen vuoksi. Suodattimen kiintoainekuormitus oli  $4,95 \text{ kg m}^{-2}$ .

Palaturvesuodattimet on kunnostettava vähintään kahden viikon välein, mutta tukkeutuminen voi tapahtua jo muutamana vuorokauden kuluessa. Täten menetelmä vaatii vuorokausittaista tarkkailua.

Palaturve oli käyttökelpoisempi suodatinmateriaali kuin jyrsinturve otettaessa huomioon suodattimen tukketuminen. Palaturpeella voitiin kiintoainetta suodattaa yhtäjaksoisesti huomattavasti enemmän kuin jyrsinturpeella. Tämä johtunee siitä, että palaturpeen huokoskoko on suurempi kuin jyrsinturpeen huokoskoko. Tämän vuoksi kiintoaine kulkeutuu palaturpeessa syvemmälle turpeen huokosiin kuin jyrsinturpeessa (Baylis ym. 1971), eikä palaturvesuodattimen pinnalle kerry yhtä nopeasti suodatinta tukkivaa kiintoainekerrosta kuin jyrsinturvesuodattimen pinnalle. Tukkeumatulosten mukaan kokeilluista palaturvesuodattimista oli parhaiten soveltuva suodatin, jonka turvepaksuus oli 0,4 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>.

### 5.3.5 Turvesuodattimen puhdistusteho

#### 5.3.5.1 Kiintoaine

Eri jyrsinturvesuodatusten keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 34 - 79 %. Pienin kiintoainepoistuma (34 - 39 %) oli suodattimissa (suodatukset A ja B), joihin turve oli asetettu suodatuskesää edeltävänä syksynä. Varsinkin suodatusten alussa kiintoainetta huuhtoutui runsaasti suodattimesta, koska turve oli muokkautunut mm. talven ja kevään lämpötilan vaihteluiden vuoksi. Jäätyminen saattaa muuttaa turpeen huokoiseksi, jolloin puhdistettava vesi voi valua suodattimen läpi. Lisäksi jäänyt turve hienonee ja saattaa aiheuttaa siten lisäkuormitusta.

Jyrsinturvesuodattimilla (suodatukset C, D ja E), joihin turve oli asetettu suodatuskesänä, saatiin poistettua kiintoainetta keskimäärin 63 - 79 %. Todennäköisesti näissäkin suodatuksissa turpeesta huuhtoutui kiintoainetta. Suurin keskimääräinen poistuma oli suodatuksessa E, jolloin myös kiintoainepitoisuudet olivat suuria.

Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C oli kiintoainepoistuma koko ajan positiivinen eli 32 - 89 %. Suurimmat poistumat olivat suodatusjakson loppupuolella, jolloin myös suodatettavan veden kiintoainepitoisuus nopeasti lisääntyi. Suoratusjakson loppupuolen suuri poistuma johtunee pääasiassa siitä, että suodatuksen aikana turpeen pinnalle kerääntyi lietekerros ja turpeen pinnan huokoskoko siten pieneni aiheuttaen kiintoaineen tehokkaamman pidättymisen.

Palaturvesuodatusten (F ja G) keskimääräiset kiintoainepoistumat olivat 56 % ja 72 %. Ne olivat lähes saman suuruisia kuin jyrsinturvesuodatusten vastaavat poistumat (34 - 79 %). Suurin keskimääräinen poistuma (72 %) oli suodatuksessa G. Pisimmässä suodatuksessa F kiintoaineen poistuma oli 17 - 94 %. Todennäköisesti suodatuksen alussa suodattimesta huuhtoutui kiintoainetta, koska poistumat olivat tuolloin pieniä.

Selinin ja Koskisen (1985) mukaan laskeutusaltailla voidaan pidättää 30 - 44 % roudattoman kauden kiintoainehuuhtoumista ja joissakin altaissa pidätysteho oli tätäkin heikompi. Kiintoaineen pidättymistä heikentävät veden mukana kulkeutuvat pienet turvehiukkaset, joiden sedimentoituminen altaissa on hyvin hidasta. Turvesuodattimella saadaan poistettua vedestä kiintoainetta tehokkaammin kuin laskeutusaltailla. Se pidättää myös pienimpiä turvehiukkasia. Todennäköisesti turvehiukkasten huuhtoutuminen suodatinturpeesta vähenisi, mikäli samaa turvetta voitaisiin käyttää yhtäjaksoisesti pitempiä aikoja kuin tehdyissä suodatuksissa.

Keskimääräinen kiintoainepoistuma 34 - 70 % oli pienempi kuin asutuksen jätevesien turvesuodatusten kiintoainepoistuma, joka on ollut 90 - 94 % (Brooks ym. 1984, Rock ym. 1984). Todennäköisesti suodattimesta huuhtoutui turvehiukkasia enemmän turvetuotantoalueen valumavesiä puhdistettaessa kuin asutuksen jätevesiä puhdistettaessa.

#### 5.3.5.2 Orgaaniset aineet

Jyrsinturvesuodatuksissa A ja B turpeesta huuhtoutui suodatettavaan veteen orgaanisia aineita keskimääräisen "poistuman" ollessa - 56 % ja - 26 %. Tämä johtunee suurimaksi osaksi suodatinturpeen muokkautumisesta talvella ja keväällä. Muokkautuminen on todennäköisesti lisännyt sekä kiintoaineen että myös humusaineiden huuhtoutumista.

Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C turpeesta huuhtoutui orgaanisia aineita lähes koko suodatuksen ajan keskimääräisen poistuman ollessa 4 %. Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 63 %, joten turpeesta huuhtoutui todennäköisesti "liuenneita" orgaanisia aineita.

Jyrsinturvesuodatuksissa D ja E poistui orgaanisia aineita keskimäärin 21 - 27 %. Keskimääräinen poistuma oli suurin suodatuksessa D. Orgaanisten aineiden poistuma selittyy suurelta osin kiintoaineen pidättymisellä, sillä näissä suodatuksissa oli keskimääräinen kiintoainepoistuma 75-79 %.

Palaturvesuodatusten keskimääräiset orgaanisten aineiden poistumat olivat 9 % ja 18 % eli ne olivat lähes yhtä suuret kuin vastaavat suurimmat jyrsinturvesuodatusten poistumat (4 %, 21 % ja 27 %). Keskimääräinen poistuma oli suurin suodatuksessa G. Orgaanisten aineiden poistuma selittyy kiintoaineen pidättymisellä kuten jyrsinturvesuodatuksessakin. Turpeesta huuhtoutui ilmeisesti orgaanista kiintoainetta mm. suodatuksen F alussa, jolloin pitoisuudet lisääntyivät.

Orgaanisten aineiden poistumat - 56 - 27 % olivat pienempiä kuin asutuksen jätevesien turvesuodatusten orgaanisten aineiden poistumat, jotka ovat olleet suurempia kuin 80 % (Brooks ym. 1984, Rock ym. 1984). Asutuksen jätevesien orgaanisten aineiden pitoisuus on huomattavasti suurempi

kuin turvetuotantoalueelta valuvan veden vastaava pitoisuus (taulukko 17). Täten orgaanisten aineiden mahdollinen huuhtoutuminen turpeesta ei olennaisesti heikennä asutuksen jäteveden turvesuodatuksen puhdistustulosta.

### 5.3.5.3 Typpi

Jyrsinturvesuodatuksissa B - E poistui kokonaistyyppiä keskimäärin 12 - 28 %, mutta suodatuksessa A kokonaistyyppipitoisuus lisääntyi "poistuman" ollessa -13 %. Suurin keskimääräinen poistuma oli suodatuksessa D. Pisimmässä suodatuksessa C poistui tyyppiä koko suodatuksen ajan (keskimääräinen poistuma 23 %), joskin poistumat vaihtelivat suuresti. Kokonaistyyppipoistuma selittyy kiintoaineen pidättymisellä ja ammoniumtyypin pitoisuuden alenemisellä. Toisaalta turpeesta huuhtoutuvat kiintoainehiukkaset lisäävät suodatetun veden kokonaistyyppipitoisuutta.

Epäorgaanista tyyppiä poistui jyrsinturvesuodatuksissa B-E keskimäärin 7 - 31 % ja suodatuksessa A huuhtoutui epäorgaanista tyyppiä "poistuman" ollessa - 2 %. Keskimääräinen poistuma oli suurin suodatuksessa B. Pisimmässä suodatuksessa C poistui epäorgaanista tyyppiä koko suodatuksen ajan lukuunottamatta aivan suodatuksen alussa tapahtuvaa huuhtoutumista. Poistuma selittyi pääosin valumaveden ammoniumtyppipitoisuuden alenemisellä.

Ammoniumtyppiä poistui jyrsinturvesuodatuksissa B - E keskimäärin 8 - 35 %. Suurin keskimääräinen poistuma oli suodatuksessa B. Suodatuksessa A ammoniumtyppiä huuhtoutui "poistuman" ollessa -4 %. Pisimmässä suodatuksessa C ammoniumtyppiä poistui koko suodatuksen ajan (keskimääräinen poistuma 31 %) aivan suodatuksen alussa tapahtuvaa huuhtoutumista lukuunottamatta. Ammoniumtyypin poistumiin lienee pääasiallisin syy nitrifikaatio, minkä tuloksena ammoniumtyppiä muuttuu nitraatiksi. Ammoniumtyppiä voi myös pidättyä ioninvaihdolla turvehiukkasten pinnoille (Burge ja Broadbent 1961, Lance 1972, Clymo 1983). Sitä voi aerobisissa olosuhteissa sitoutua myös turpeen mikrobeihin (Lance 1972). Suodattimiin johdettiin paljon vettä, jolloin suodatinturpeen alimmat kerrokset olivat ilmeisesti anaerobisina.

Jyrsinturvesuodatuksessa A nitraattityypin keskimääräinen poistuma oli 14 %, mutta suodatuksissa B - E nitraattityppipitoisuudet hieman kohosivat "poistuman" ollessa -7 % - (-) 1 %. Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C nitraattityppipitoisuus ajoittain pieneni ja ajoittain lisääntyi keskimääräisen "poistuman" ollessa 0 %. Nitraattityypin huuhtoutuminen suodattimesta johtuu todennäköisesti suodatuksen aikaisesta ammoniumtyypin nitrifikaatiosta. Epäorgaanisen tyypin positiiviset poistumat selittynevät pääasiassa denitrifikaatiolla, minkä on usein todettu olevan pääasiallinen syy epäorgaanisen tyypin poistumalle jätevesien turvesuodatuksissa (Jaouich 1975, Rock ym. 1984). Myös nitraattityppiä voi aerobisissa oloissa sitoutua turpeen mikrobeihin.

Palaturvesuodatusten keskimääräiset kokonaistyyppipoistumat olivat 8 % ja 12 %. Ne olivat hiukan pienempiä kuin vastaavat suurimmat jyrsinturvesuodatusten poistumat (21 - 28 %). Suurin keskimääräinen poistuma oli suodatuksessa G. Pisimmässä suodatuksessa F poistumat vaihtelivat paljon. Kokonaistyyppipoistuma selittyi kiintoaineen, kemiallisen hapenkulutuksen ja ammoniumtyypen poistumilla.

Palaturvesuodatusten keskimääräiset epäorgaanisen tyypin poistumat olivat 0 % ja 1 %. Ne olivat pienemmät kuin vastaavat suurimmat jyrsinturvesuodatusten poistumat (7-31 %). Poistumat olivat pieniä, koska pääasiassa nitraattityypipitoisuudet ja ajoittain myös ammoniumtyypipitoisuudet lisääntyivät. Pisimmässä suodatuksessa F epäorgaanisen tyypin poistumat vaihtelivat paljon. Tämä selittyi pääasiassa ammoniumtyypen mutta jossakin määrin myös nitraattityypin, poistumissa tapahtuneilla muutoksilla. Nitraattityypin vaikutus oli selvä erityisesti suodatuksen loppupuolella nitraattityypin huuhtoutumisen voimakkaasti lisääntyessä.

Palaturvesuodatuksissa keskimääräiset ammoniumtyypipitoisuudet eivät juuri muuttuneet keskimääräisten poistumien ollessa 1 % ja 2 %. Ne olivat pienempiä kuin vastaavat jyrsinturvesuodatusten suurimmat poistumat (8 - 35 %). Ammoniumtyypin pidäytyminen vaihteli kuitenkin paljon esimerkiksi suodatuksessa F. Koska suodatettavan veden ammoniumtyypipitoisuus väheni varsinkin suodatuksen loppupuolella nitraattityypipitoisuuden samanaikaisesti lisääntyessä, lienee nitrifikaatio tärkein syy ammoniumtyypin vähenemiselle. Ammoniumtyypeä on voinut aerobisissa oloissa sitoutua myös turpeen mikrobeihin (Lance 1972).

Palaturvesuodatuksissa nitraattityypin keskimääräiset pitoisuudet kohosivat keskimääräisten "poistumien" ollessa - 45 % ja - 7 %. Nitraattityypeä huuhtoutui enemmän kuin jyrsinturvesuodatuksissa, joissakeskimääräiset "poistumat" olivat - 7 - 14 %. Nitraattityypin jyrsinturvetta voimakkaampi huuhtoutuminen johtunee pääasiassa siitä, että samalla kun sitä syntyi nitrifikaation tuloksena, sitä ei poistunut denitrifikaatiolla yhtä tehokkaasti kuin jyrsinturpeesta. Denitrifikaatio oli heikkoa ilmeisesti ainakin suodatuksen (F) lopussa, jolloin ammoniumtyypipitoisuudet usein pienenevät nitraattipitoisuuksien lisääntyessä. Palaturpeen huokoskoko on suurempi kuin jyrsinturpeen huokoskoko ja vesi suotautuu palaturpeen läpi nopeammin kuin jyrsinturpeen läpi. Tämän vuoksi palaturvesuodattimessa oli todennäköisesti vähemmän veden peittämää turvetta kuin jyrsinturvesuodattimessa. Tämä on voinut heikentää denitrifikaatiota. Palaturvesuodattimessa nitraattia on voinut sitoutua myös turpeen mikrobeihin varsinkin aerobisessa pintaturpeessa.

Kokonaistyyppien keskimääräiset poistumat 8 - 28 % olivat pienempiä kuin asutuksen jätevesien turvesuodatusten vastaavat poistumat, jotka ovat olleet keskimäärin 50-90 % (Nichols ja Boelter 1982, Brooks ym. 1984, Rock ym. 1984). Brooks ym. (1984) esittivät, että turvesuodatuksella



saadaan poistettua 69 - 83 % asutuksen jätevesien ammoniumtypeistä eli enemmän kuin sitä saatiin poistettua (35 %) turvetuotantoalueelta valuvasta vedestä. Nitraattityypen pitoisuus pysyi useimmiten muuttumattomana tai hieman lisääntyi (alle 7 %) suodatuksissa. Toisessa palaturvesuodatuksessa sen pitoisuus kuitenkin lisääntyi 45 %. Turvesuodatus ei ole vaikuttanut asutuksen jätevesien nitraattityypipitoisuuteen (Brooks ym. 1984).

Syy siihen, että tässä tutkimuksessa saavutetut typpi-poistumat olivat pienempiä kuin mitä on saavutettu asutuksen jätevesien puhdistuksessa, on se, että pintakuorma ja täten myös turpeeseen kohdistettu typpikuormitus olivat suuria (taulukko 17). Puhdistettava vesi virtasi turpeen läpi nopeasti, eivätkä tyypeä poistavat biologiset prosessit denitrifikaatiota lukuun ottamatta ehtineet vähentää veden epäorgaanisen tyypen pitoisuuksia niin tehokkaasti kuin asutuksen jätevesien puhdistuksessa, jossa pintakuorma on ollut pieni. Asutuksen jätevesien puhdistuksessa käytetyissä turvesuodattimissa ravinteiden pidättymistä on tehostettu myös kasvattamalla turpeen pinnalla heinää.

#### 5.3.5.4 Fosfori

Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa A - E kokonaisfosforipitoisuudet lisääntyivät selvästi keskimääräisen "poistuman" ollessa -152 - (-) 37 %. Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C fosforia huuhtoutui turpeesta koko ajan enemmän kuin pidättyi keskimääräisen "poistuman" ollessa - 60 %. Kokonaisfosforin ja kiintoaineen poistumien välinen positiivinen korrelaatio osoittaa, että vedestä on poistunut fosforia kiintoaineen pidättyessä. Tästä on osoituksena myös kokonaisfosforipitoisuuksien lisääntyminen turpeessa suodatuksessa C. Toisaalta turpeesta huuhtoutuvat kiintoainehiukkaset lisäävät suodoksen kokonaisfosforipitoisuuksia. Kokonaisfosforin poistumaan vaikuttavat myös ortofosfaattipitoisuudessa tapahtuneet muutokset.

Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa A - E myös ortofosfaattipitoisuudet lisääntyivät selvästi keskimääräisen "poistuman" ollessa - 390 - (-) 215 %. Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C keskimääräinen "poistuma" oli - 380 %. Tällöin fosforia huuhtoutui suodatinturpeen ylimmästä 15 cm:n kerroksesta, missä turpeen liukoisen fosforin pitoisuus pieneni suodatuksen aikana 19 - 28 %. Turve oli laadultaan karkeaa suon pintaturvetta, jonka vielä osin hajoamattomiin kasvien jäännöksiin ja mikrobeihin on sitoutunut pääosa suoturpeen fosforista. Lisäksi turve oli hiukan maatunutta (maatumisaste H 2 - H 3). Näistä tekijöistä johtuen ortofosfaattia todennäköisesti vapautui turpeesta puhdistettavaan veteen.

Palaturvesuodatusten keskimääräiset kokonaisfosforipoistumat olivat 9 % ja 11 %, kun taas jyrsinturvesuodatuksissa kokonaisfosforipitoisuudet lisääntyivät ("poistuma" -152-(-) 37 %). Ero johtunee pääosin siitä, että palaturpeesta huuhtoutui selvästi vähemmän ortofosfaattia kuin jyrsintur-

peesta. Pisimmässä palaturvesuodatuksessa F poistumat vaihtelivat paljon keskimääräisen poistuman ollessa 9 %. Poistumat olivat suurimmat silloin, kun kiintoaineen ja kemiallisen hapenkulutuksen poistumat olivat suurimmat.

Palaturpeesta huuhtoutui ortofosfaattia huomattavasti vähemmän ("poistuma" -28 - (-) 9 %) kuin jyrsinturpeesta ("poistuma" -390 - (-) 215 %). Tähän on ilmeisesti tärkein syy se, että suon pinnasta otettu palaturve koostuu pääosin vähän hajonneesta, rahkasammaliakinsisältävästä turpeesta, missä hajoamisprosessit eivät ole vielä edenneet niin pitkälle kuin jyrsinturpeessa. Palaturve ei ole myös käsittelyssä muokkautunut kuten jyrsinturve. Jyrsinturpeessa on myös voinut olla jo ennen suodattimeen asettamista enemmän fosforia kuin palaturpeessa. Pisimmässä palaturvesuodatuksessa F ortofosfaatin poistumat vaihtelivat paljon keskimääräisen "poistuman" ollessa - 9 %. Ortofosfaattipitoisuus lisääntyi ajoittain yli 80 %, mutta toisaalta ortofosfaattipitoisuus myös ajoittain pieneni. Ortofosfaatti pidättyi tällöin todennäköisesti mikrobiologisilla prosesseilla aerobiseen pintaturpeeseen (Farnham ja Brown 1972, Rock ym. 1984). Palaturve johtaa paremmin vettä kuin jyrsinturve. Tämän vuoksi palaturpeen pintakerroksissa on todennäköisesti enemmän happea kuin jyrsinturvesuodattimen pintakerroksissa.

Fosforin poisto asutuksen jätevesistä turvesuodatuksella on yleensä onnistunut keskimääräisen kokonaisfosforin poistuman ollessa 10 - 96 % (Nichols ja Boelter 1982, Brooks ym. 1984, Rock ym. 1984). Kokonaisfosforipitoisuudet ovat kyseisissä tutkimuksissa olleet suuria (7,5 - 13,8 mg l<sup>-1</sup>), joten fosforin huuhtoutuminen turpeesta ei ole juuri vaikuttanut puhdistustulokseen. Sen sijaan turvetuotantoalueilta valuvan veden fosforipitoisuudet ovat pieniä (63 - 175 µg l<sup>-1</sup>), jolloin turpeesta vapautuva fosfori vaikuttaa selvästi puhdistustulokseen. On mahdollista, että fosforin huuhtoutuminen turpeesta vähitellen heikkenee, jos samaa suodatinta käytetään yhtäjaksoisesti pitemmän aikaa kuin tässä tehdyissä suodatuksissa.

Tässä tutkimuksessa käytettiin suuria pintakuormia verrattuna asutuksen jätevesien turvesuodatusten pintakuormiin ja täten myös fosforikuormitus oli suuri (taulukko 17). Asutuksen jätevesiä puhdistettaessa on havaittu, että ortofosfaatin pidättyminen turpeeseen on tehokkainta alhaisilla kuormitusnopeuksilla ja vähenee nopeasti kuormitusnopeuden kasvaessa (Nichols 1980).

Turpeessa tapahtuvat mikrobiologiset prosessit ovat tärkeitä ortofosfaatin pidätyksessä (Farnham ja Brown 1972, Rock ym. 1984). Kuten tyypeä, myös fosforia sitoutuu tehokkaimmin suon pinnan aerobiseen turpeeseen (Kaila 1956, Karimo 1966). Mikäli fosforin poistoa halutaan tehostaa, on suodattimessa oltava jatkuvasti aerobinen turvekerros. Tässä tutkimuksessa suodatinturpeen happipitoisuus oli ilmeisesti alentunut suodattimille johdettujen suurten vesimäärien vuoksi. Fosforin poistumista on asutuksen jätevesiä puhdistettaessa tehostettu myös kasvatamalla turpeen pinnalla heinää.

### 5.3.5.5 Rauta

Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa A - E pidättyi rautaa keskimääräisen poistuman ollessa 31 - 55 %. Suurin keskimääräinen poistuma oli suodatuksessa D. Kokonaisraudan ja kiintoaineen poistuman välinen riippuvuus johtuu siitä, että suodatus poistaa vedestä kiintoainetta, johon rauta on sitoutunut. Tästä on osoituksena myös suodatinturpeen kokonaisrautapitoisuuden lisääntyminen suodatinturpeen ylimmässä 15 cm:n kerroksessa suodatuksessa C. Eräiden Kiiminkijoenvaluma-alueenturvetuotantosoidenvalumavesien kiintoaine sitoi 28 - 40 % kokonaisraudasta (Heikkinen 1990). Toisaalta turpeesta huuhtoutuvat kiintoainehiukkaset lisäävät suodatetun veden kokonaisrautapitoisuutta. Kokonaisraudan ja kemiallisen hapenkulutuksen poistumien välinen riippuvuus johtune osittain myös siitä, että turpeeseen pidättyy myös rautaa kuljettavia humusaineita. Nämä pidättyvät helposti eri aineiden, mm. turpeen pinnalle (Thurman 1985). Hieman maatuneessa jyrsinturpeessa rautaa sitoutuu todennäköisesti myös hajoamisen tuloksena syntyneisiin humusaineisiin.

Palaturvesuodatusten keskimääräiset kokonaisraudan poistumat olivat 8 % ja 23 %. Ne olivat pienemmät kuin vastaavat jyrsinturvesuodatusten keskimääräiset poistumat (31 - 55 %). Ero johtune osittain siitä, että vähän maatuneessa palaturpeessa on vähemmän rautaa sitovia humusaineita kuin jyrsinturpeessa. Todennäköisesti palaturvesuodattimessakin rautaa on poistunut kiintoaineeseen sitoutuneena. Pisimmässä palaturvesuodatuksessa F raudan poistumat vaihtelivat keskimääräisen poistuman ollessa 8 %. Pidättyminen ei riippunut kiintoaineen ja kemiallisen hapenkulutuksen pidättymisestä. Rautaa huuhtoutui suodattimesta jakson puolivälissä, mikä todennäköisesti johtui palaturvesuodattimen alimpien turve- ja hiekkakerrosten hapettomuudesta. Hapettomuuteen viittaa myös se, että suodattimesta huuhtoutui samanaikaisesti ammoniumtyyppiä. Suodattimen hapettomuus on mahdollista, mikäli suodattimeen patoutuu runsaasti vettä. Happea kuluttava orgaanisten aineiden hajoaminen on myös tehokasta heinä-elokuun korkeissa lämpötiloissa. Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C rautaa ei kuitenkaan huuhtoutunut.

Asutuksen jätevesissä on ollut yleensä pienet rautapitoisuudet, eikä raudan pidättymiseen ole kiinnitetty huomiota.

### 5.3.5.6 Suodatinturpeen laadussa tapahtuneet muutokset

Pisimmässä jyrsinturvesuodatuksessa C turpeeseen oli pidättynyt ravinteita suodatettavasta vedestä. Tyyppiä, fosforia ja rautaa pidättyi turpeen pinnalle suodatettavan kiintoaineen mukana. Tämä oli tärkein syy siihen, että kokonaisrautapitoisuus lisääntyi selvästi suodatinturpeen ylimmässä 15 cm:n kerroksessa. Osittain tämän vuoksi myös suodatinturpeen kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuus lisääntyivät.

Ammoniumasetaattiutoksesta määritetty turpeen ravinnepitoisuus kuvaa turpeesta ioninvaihtoreaktiolla vaihtuvien ravinteiden pitoisuutta. Kun määrittäminen lisäksi tehtiin kosteasta turpeesta, vaikuttaa tulokseen myös turpeessa olevan puhdistettavan veden ravinnepitoisuus.

Suodatinturpeen ammonium- ja nitraattityppipitoisuuksien lisääntymiseen on ilmeisesti merkittävä vaikutus sillä, että turvenäytteet sisälsivät turpeen lisäksi myös puhdistettavaa vettä, jonka epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat suuria. Ammoniumtyppiä lienee kuitenkin myös pidätynyt turpeeseen ioninvaihtoreaktioiden ja mikrobiologisten prosessien tuloksena. Useiden tutkimusten mukaan ammoniumionit pidättyvät helposti turvehiukkasten pinoille (Burge ja Broadbent 1961, Lance 1972, Clymo 1983). Puhdistettaessa asutuksen jätevesiä turvesuodatuksella on havaittu, että turve voi verraten nopeasti, jo muutamassa vuodessa, kyllästyä ammoniumioneilla (Nichols 1980). Myös nitraattityppiä voi aerobisissa oloissa sitoutua turpeen mikrobeihin. Nitraattityppiä ei sen sijaan juurikaan pidäty ioninvaihdon kautta turpeeseen. Nitraattityppipitoisuuden lisääntyminen johtunee osittain myös siitä, että turpeen sisältämän puhdistettavan veden ammoniumtyppi muuttuu nitrifikaation kautta nitraatiksi.

Turpeesta huuhtoutui runsaasti ortofosfaattia. Tämä fosfori on pääosin peräisin turpeen ylimmästä 15 cm:n kerroksesta, missä ammoniumasetaattiin liukenevan fosforin pitoisuus väheni suodatuksen aikana.

Turpeeseen on todennäköisesti pidättynyt myös rautapitoisia humusaineita. Lisäksi rautaa on voinut sitoutua turpeen hajotessa syntyneisiin humusaineisiin.

Sähkönjohtavuuden lisääntyminen suodatinturpeen ylimmässä 15 cm:n kerroksessa johtuu ravinteiden ja rautapitoisuuden lisääntymisestä. Suodatinturpeen pH:n kohoaminen johtuu siitä, että suodatettavan veden pH 6,60 oli suurempi kuin "puhtaan" jyrsinturpeen pH 3,65. Turpeen happamuus on todennäköisesti vähentynyt myös kationinvaihdon tuloksena ravinteiden sitoutuessa turpeeseen.

Turpeeseen pidättyneessä, pääasiassa turvehiukkasista koostuvassa kiintoaineessa on orgaanisia aineita todennäköisesti lähes yhtä paljon kuin suodatinturpeessa. Tämän vuoksi orgaanisten aineiden osuus suodatinturpeessa ei muuttunut suodatuksen aikana.

#### 5.3.5.7 Turvelajin, turvekerroksen paksuuden ja pintakuorman vaikutus puhdistustulokseen

Paras puhdistustulos saavutettiin fosforin poistumaa lukuun ottamatta jyrsinturvesuodattimella, jonka turvepaksuus oli 0,3 m ja pintakuorma 0,50 m h<sup>-1</sup>. Jyrsinturvesuodattimilla, joiden turvepaksuus oli 0,6 m tai pintakuorma 1,0 m h<sup>-1</sup>, saatiin kuitenkin lähes yhtä suuret poistumat. Jyrsinturvesuodattimenkäyttökelpoisuutta heikentää kuitenkin fosforin huuhtoutuminen.

Palaturvesuodattimella, jonka turvepaksaus oli 0,4 m ja pintakuorma 1,0 m h<sup>-1</sup>, saatiin keskimäärin lähes yhtä hyvät tulokset kuin parhaalla jyrsinturvesuodattimella. Poistumat olivat kuitenkin lähes samat, kun pintakuorma oli 0,50 m h<sup>-1</sup>. Lisäksi palaturvesuodattimella saatiin poistettua myös kokonaisfosforia. Tämän vuoksi palaturvetta voitaneen pitää parempana suodatinmateriaalina kuin jyrsinturvetta, mikäli vedestä halutaan poistaa kiintoaineen lisäksi myös ravinteita. Palaturvesuodattimen puhdistustehoa tulisi kuitenkin vielä parantaa etenkin ravinteiden ja orgaanisten aineiden, mutta myös kiintoaineen suhteen.

Eri suodatusten poistumatulokset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Tämä johtui siitä, että suodattimelle pumpatun veden laatu, kuten kiintoainepitoisuus, oli erisuuruinen (7,8 - 589,1 mg l<sup>-1</sup>) eri suodatusten aikana. Lisäksi osa suodatuksista tehtiin toukokuussa, jolloin ilman lämpötila oli alhaisempi kuin heinä-elokuussa tehtyjen suodatusten aikana. Myös haihdunta ja sadanta vaihtelivat.

#### 5.3.6 Suodatetun veden laatu

Suodatetun veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus 7,3-25,8 mg l<sup>-1</sup> oli hieman suurempi kuin luonnontilaisten soiden valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus (1,2 - 10,4 mg l<sup>-1</sup>) (taulukot 14, 15). Suodatetun veden kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi-, nitraattityppi-, ammoniumtyppi-, kokonaisfosfori-, ortofosfaatti- ja kokonaisrautapitoisuus olivat edelleen lähes saman suuruisia kuin yleensä turvetuotantoalueilta huuhtoutuvien vesien vastaavat pitoisuudet.

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty, miten kauan kiintoainetta, "liukoisia" orgaanisia aineita ja fosforia suodattinturpeesta huuhtoutuu. Huuhtoutuminen voi vähitellen heikentyä, jos samaa turvetta käytetään suodattimessa pitempiä aikoja kuin tehdyissä kokeissa.

#### 5.3.7 Suodattimen toimivuus

Pumpatun veden johtaminen turvesuodattimille onnistui muovisilla vedenjakokaivoilla ja -putkilla. Alussa vedenjakoputken pieniä reikiä jouduttiin puhdistamaan. Myöhemmin reikien reunat hiottiin tasaisiksi ja ne pysyivät suhteellisen hyvin auki. Vedenjakoputkien alapuoliset tukirakenteet on rakennettava alapuolisen murskekerroksen varaan. Tällöin vedenjakoputket pysyvät turvekerroksen yläpuolella, eivätkä peity suodatettavan veden alle.

Suodattimen kaltevuudesta johtuen suodatettavaa vettä valui enemmän suodattimen poistopäähän kuin suodattimen yläpäähän. Vedenjakorakennetta tulisi kehittää siten, että vedenjako suodattimelle olisi tasaista.

Vettä tulisi johtaa suodattimelle yhtäjaksoisesti, jottei suodatin kuivuisi. Kuivumisen jälkeen suodatin tukkeutuu helposti.

Suodattimessa oli 0,4 m murskekerros, jonka raekoko oli 0 - 30 mm. Tässä oleva hieno aines voi nopeuttaa suodattimen tukkeutumista. Se tulisi poistaa murskeesta.

Suodataltaan alla oleva tiivis muovikalvo helpottaa puhdistustuloksen seurantaa.

Suodattimen paikka vaikuttaa suodattimen pitkäaikaiseen toimivuuteen. Jos perustustöitä ei tehdä huolellisesti, saattavat suodattimen salaojat painua epätasaisesti ja vaurioitua. Suodatin tukkeutuu tämän jälkeen helposti.

Suodattimet on puhdistettava jopa vuorokausittain tai ainakin kahden viikon välein. Tukkeutumisen jälkeen jyrsinturvesuodattimen pintakerros on kuohkeutettava tai kuoritettava pois. Palaturvesuodattimen pinta on vaikea puhdistaa. Jotta suodatinta voitaisiin käyttää tukkeutumisen jälkeen, olisi kehitettävä menetelmä kiintoaineen poistamiseksi turpeen pinnalta, ettei koko suodatinmateriaalia tarvitsisi vaihtaa.

Turvesuodattimen yläosassa on oltava vähintään 0,5 m täyttövara, jottei vesi pääse valumaan suodattimen reunan yli esimerkiksi suodattimen tukkeutuessa.

Suodatinturve muokkautuu talvella suodattimen jäätyessä. Turvesuodattimet tulisikin suojata hyvin talven ajaksi. Turve tulisi asettaa suodattimeen vasta keväällä ennen suodatusten aloittamista.

Palaturvesuodattimen rakentaminen pienistä paloista on työlästä. Lisäksi palojen välisiin rakoihin voi muodostua oikovirtauskohtia, mitkä heikentävät puhdistustulosta. Turvepalojen tulisikin olla tässä tutkimuksessa käytettyä suurempia. Palojen asettaminen suodattimeen tulisi voida tehdä koneellisesti.

Pumppaamon etuosaan olisi rakennettava välppärakenteet ja laskeutusallas. Näiden avulla saadaan poistettua suurirakeinen kiintoaine ja muut välppiin jäävät ainekset, jotka haittaavat pumppujen toimivuutta ja tukkivat turvesuodattimen nopeasti. Pumppaamon ja suodattimen yhteyteen tulisi rakentaa ohitus, jotta vesi voidaan tarvittaessa johtaa laskeutusaltaasta pumppaamon ja suodattimen ohi.

#### 5.3.8 Turvesuodattimen mitoitus ja soveltuvuus käytäntöön

Turvesuodattimen mitoittamiseksi ja rakentamiseksi saatiin tehtyjen kokeiden perusteella seuraavat ohjeet:

1. Vähän maatonut karkearakeinen rahkapalaturve on parempi suodatinmateriaali kuin jyrsinturve.

2. Palaturvesuodatin tukkeutui, kun kiintoainekuormitus oli  $7,83 \text{ kg m}^{-2}$  ( $19,57 \text{ kg}$  turvekuutiota kohti). Tällöin suodattimelle johdettiin vettä  $11\,775 \text{ m}^3$  eli  $147 \text{ m}^3$  suodatinneliömetriä kohti ja suodatus kesti noin 2 viikkoa.
3. Palaturvekerroksen paksuuden tulee olla vähintään  $0,4 \text{ m}$  ja suodatinkerros on rakennettava mahdollisimman suurista turvepaloista.
4. Pintakuorman tulee olla korkeintaan  $0,5 - 1,0 \text{ m h}^{-1}$ .
5. Jyrsinturvekerros on levitettävä  $10 \text{ cm}$ :n kerroksina ja kerrokset on kasteltava.
6. Oikovirtauksien syntyminen suodattimeen on estettävä.
7. Turvekerroksen alle on asetettava  $0,4 \text{ m}$  paksu murskekerros, jonka raekoko on  $5 - 12 \text{ mm}$  ja josta hieno aines on pesty pois.
8. Murskekerroksen alle on asetettava salaojaputket, joiden halkaisija on  $80 - 100 \text{ mm}$  ja keskinäinen etäisyys  $1,0 \text{ m}$ . Salaojien toiset päät yhdistetään huuhteluputkiin ja toiset päät vedenpoistoputkeen.
9. Salaojien alle on asetettava  $0,05 \text{ m}$ :n tasausmurske, jonka raekoko on  $5 - 12 \text{ mm}$ .
10. Vesi on johdettava turvesuodattimelle yhtäjaksoisesti, ettei suodatin kuivu. Vesi on saatava jakaantumaan tasaisesti turpeen pinnalle esimerkiksi muovisten vedenjakoputkien ja -kaivojen avulla. Vedenjakoputken halkaisija tulee olla  $110 \text{ mm}$  ja putkessa tulee olla  $20 \text{ mm}$ :n reikiä  $0,5 \text{ m}$ :n välein.
11. Suodatinpinnan kuivuminen minimivirtaamien aikaan on hoidettava suodattimen purkujärjestelyin.
12. Suodatinaltaan yläosassa tulee olla  $0,5 \text{ m}$ :n täyttövara.
13. Turvesuodatinpumppaamon etuosaan on rakennettava välppärakenteet ja laskeutusallas.
14. Pumppaamon ja suodattimen yhteyteen on rakennettava ohitus.
15. Turvesuodattimen käyttäminen edellyttää, että alueella on sähkö saatavissa.
16. Turvesuodatin suositellaan rakennettavaksi kantavalle kivennäismaalle.
17. Turvesuodattimen käyttäminen edellyttää säännöllistä seurantaa, kunnossapitoa ja hoitoa.

Mikäli suodattimen puhdistus voidaan järjestää taloudellisesti, voitaneen turvesuodatusta käyttää valumavesien

puhdistukseenesimerkiksi mataloituneilla tuotantokentillä, jotka kuivataan pumppaamalla. Parhaiten turvesuodatus soveltuu pienten valuntojen aikaiseen valumavesien käsittelyyn lämpimänä vuodenaikana.

## 6 J A T K O T U T K I M U S T A R V E

Jatkossa pitäisi kehittää taloudellinen koneellinen menetelmä, jolla turpeen pinnalle kerääntynyt kiintoaine voidaan poistaa suodattimesta. Palaturvesuodattimen tehoa voidaan pyrkiä parantamaan käyttämällä suuria palaturvelevyjä.

Piipsannevan suodatinrakenteella voidaan lisäksi kokeilla muiden suodatinmateriaalien kuin turpeen soveltuvuutta turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Uusia suodatinmateriaaleja voisivat olla esimerkiksi tavallinen suodatinhiekkä ja kuona. Kokeiltavan suodatinhiekan raekoko voisi olla 1 - 2 mm ja hiekkakerroksen paksuus 0,6 m. Suodatinhiekan pintaa voidaan harata myös koneellisesti.

## 7 Y H T E E N V E T O

Turpeen käyttö energiantuotannossa on kasvanut nopeasti. Turvetuotannon seurauksena lisääntyvät kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumat alapuoliseen vesistöön. Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin vuonna 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projektin tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tavoitteena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Uusia menetelmiä olivat pintavalutus ja turvesuodatus. Tutkimuskohteet sijaitsivat Oulun läänissä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää turvesuodatuksen soveltuvuus turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Tarkoituksena oli saada tietoa turvesuodattimen puhdistuskyvystä, suunnittelu- ja mitoitusarvoista sekä rakentamisesta ja hoidosta. Tutkimuksessa selvitettiin ensisijaisesti, miten turvesuodattimella saadaan poistettua valumavedestä kiintoainetta. Lisäksi tutkittiin turvesuodattimen käyttökelpoisuutta liukoisten orgaanisten aineiden ja ravinteiden poistossa.

Vuosina 1988 ja 1989 tehtiin tutkimuksia Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa, jonne rakennettiin pienoismalli turvesuodattimesta. Pienoismallin avulla selvitettiin turvesuodattimen eri rakennevaihtoehtoja ja määritettiin alustavat suunnittelu- ja mitoitusarvot täysimittakaavaisen turvesuodattimen rakentamista varten.



Suodatuksissa käytetty kiintoainepitoinen vesi valmistettiin sekoittamalla Piipsannevan turvetuotantoalueen sarkoaja-altaiden pohjalle laskeutunutta kiintoainetta vedensyöttöaltaassa olevaan vesijohtoveteen.

Pienoismallin suodatinmateriaalina käytettiin rahkajyrsinturvetta, jonka maatuneisuusaste oli H 1 - H 3. Lisäksi suodatinmateriaalina kokeiltiin palaturvetta. Se on vaaleaa, vähän maatunutta (H 1) rahkaturvetta, joka on leikattu roudan aikana sirkelillä suon pinnasta. Jyrsinturvesuodatuksissa, joissa turvekerroksen paksuus oli 0,3 m, 0,5 m ja 0,6 m, kokeiltiin pintakuormia  $0,2 \text{ m h}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ m h}^{-1}$  ja  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Palaturvesuodatuksissa turvekerroksen paksuus oli 0,18 m ja pintakuorma  $0,5 \text{ m h}^{-1}$ .

Jyrsinturvesuodattimelle tulevan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus eri suodatusjaksojen aikana oli 29,5-81,7  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 89-99 %. Suurin keskimääräinen kiintoainepoistuma 99 % oli turvesuodattimessa, jossa oli 0,6 m turvetta ja jossa käytettiin pintakuormaa  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Turvekerroksen paksuudella ja pintakuormalla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta puhdistustulokseen.

Palaturvesuodattimelle tulevan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli 37,2  $\text{mg l}^{-1}$ . Keskimääräinen kiintoainepoistuma 92 % oli hiukan pienempi kuin useimpien jyrsinturvesuodatuksen kiintoainepoistuma. Tämä johtunee siitä, että turvepaloista kootussa suodattimessa turvekerros oli liian ohut ja vesi virtasi osittain palojen liitokohtien muodostamien rakojen kautta. Palaturpeesta ei kuitenkaan huuhtoutunut kiintoainetta yhtä paljon kuin jyrsinturpeesta.

Pienoismallikokeet osoittivat että suurin ongelma käytettäessä turvesuodatinta turvetuotantoalueelta valuvien vesien puhdistuksessa on suodattimen tukkeutuminen. Suurin jyrsinturvesuodattimelle johdettu kiintoainekuormitus oli 2,8  $\text{kg m}^{-2}$ , jonka jälkeen suodatin tukkeutui. Suodatuksen aikana turpeen pintakerrosta oli kuohkeutettava haravoimalla. Suurin palaturvesuodattimelle johdettu kiintoainekuormitus oli 2,39  $\text{kg m}^{-2}$ , eikä suodatin tukkeutunut. Näiden tulosten perusteella laskettiin, että käytettäessä menetelmää turvetuotantoalueella, jonka valuma-alue on 100 ha, keskimääräinen valuma  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja missä valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus on 40  $\text{mg l}^{-1}$ , voidaan  $80 \text{ m}^2$ :n jyrsinturvesuodatinta käyttää yhtäjaksoisesti korkeintaan 6,5 vuorokautta ennen suodattimen tukkeutumista. Vastaavan kokoista palaturvesuodatinta voidaan käyttää yhtäjaksoisesti ainakin 5,5 vuorokautta.

Pienoismallikokeiden perusteella vähän maatunut karkearakeinen rahkapalaturve on parempi suodatinmateriaali kuin jyrsinturve. Palaturvekerroksen paksuuden tulisi olla yli 0,18 m. Pintakuorman tulisi olla korkeintaan  $0,5-0,1 \text{ m h}^{-1}$ . Suodattimen kuormituksen mitoitusarvoksi saatiin 2,39  $\text{kg}$  kiintoainetta neliölle, jolloin suodatin pysyi vielä toimintakuntoisena eikä tukkeutunut.

Hyvä puhdistustulos saadaan myös vähän maatuneella rahkajyrsinturvesuodattimella. Turvekerroksen paksuuden tulisi olla 0,3 - 0,6 m. Pintakuorman tulisi olla korkeintaan 0,5 - 1,0 m h<sup>-1</sup>. Turvesuodattimen kuormituksen mitoitusarvoksi saatiin 2,81 kg kiintoainetta neliölle, jolloin suodatin tukkeutui.

Täysimittakaavaiset turvesuodatintutkimukset tehtiin Haapavedenkunnassa sijaitsevalla Piipsannevanturvetuotantoalueella. Tarkoituksena oli määrittää turvesuodattimen suunnittelu- ja mitoitustarve sekä erilaisia rakennetarkoituksia. Koealueen perustustyöt tehtiin talvella 1987-1988. Alueelle rakennettiin kolme suodatinta syksyllä 1988. Turvesuodattimet kaivettiin luonnonsorakerrokseen, joka oli levitetty alueelle edellisenä talvena. Suodatinaltaan pohjan leveys oli 4,0 m ja pituus 10,0 m. Altaan korkeus oli 1,2 m ja luiskan kaltevuus noin 1:1 eli suodattimen pinta-ala oli noin 80 m<sup>2</sup>. Suodatinallas tiivistettiin vedenpitäväksi tiivistekalvolla. Tiivistekalvon päällä oli tasausmurske ja sen päällä viisi salaojaputkea. Salaojaputket yhdistettiin poistoputkeen ja huuhteluputkeen. Salaojien päällä oli 0,4 m murskekerros ja sen päällä suodatinturve. Suodattimelle pumpattu vesi jaettiin turvekerroksen pinnalle muoviputkillä. Vesi pumpattiin suodattimelle Piipsannevan päälaskuojasta.

Suodatuksia aloitettiin 23.5.1989. Kesällä 1989 tehtiin yhteensä kahdeksan erillistä suodatusta. Kuudessa suodatuksessa oli suodatinmateriaalina jyrsinturve ja kahdessa suodatuksessa palaturve. Turvelaadut olivat samoja kuin pienoismallisuodatuksissa.

Jyrsinturvesuodatuksissa, joissa turvekerroksen paksuus oli 0,3 m ja 0,6 m, kokeiltiin pintakuormia 0,25 m h<sup>-1</sup>, 0,50 m h<sup>-1</sup> ja 1,00 m h<sup>-1</sup>. Palaturvesuodatuksissa turvekerroksen paksuus oli 0,4 m ja pintakuorma 0,5 m h<sup>-1</sup> sekä 1,00 m h<sup>-1</sup>.

Turvetuotantoalueelta valuvan veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli eri suodatusten aikana 13,9 - 168,2 mg l<sup>-1</sup>, kemiallinen hapenkulutus 39,7 - 90,6 mg l<sup>-1</sup>, kokonaistyyppipitoisuus 2 200 - 5 500 µg l<sup>-1</sup>, kokonaisfosforipitoisuus 63 - 130 µg l<sup>-1</sup>, kokonaisrautapitoisuus 2 800 - 5 700 µg l<sup>-1</sup>, nitraattityypipitoisuus 120 - 200 µg l<sup>-1</sup>, ammoniumtyypipitoisuus 980 - 2 800 µg l<sup>-1</sup> ja ortofosfaattipitoisuus 18 - 49 µg l<sup>-1</sup>. Jyrsinturvesuodatusten eri jaksoilla pumpattiin suodattimiin vettä 56 - 2 680 m<sup>3</sup> ja palaturvesuodatusten eri jaksoilla 5 812 - 11 775 m<sup>3</sup>.

Keskimääräinen kiintoainepoistuma oli jyrsinturvesuodatuksissa 34 - 79 % ja palaturvesuodatuksissa 56 % ja 72 %. Turpeesta huuhtoutui orgaanisia aineita kolmessa ensimmäisessä jyrsinturvesuodatuksessa. Kahdessa viimeisessä suodatuksessa vedestä poistui orgaanisia aineita keskimäärin 21 - 27 %. Palaturvesuodatuksissa keskimääräiset orgaanisten aineiden poistumat olivat 9 % ja 18 %.

Ensimmäisessä jyrsinturvesuodatuksessa suodatettavan veden kokonaistyyppipitoisuus lisääntyi, mutta muissa suodatuksissa kokonaistyyppipoistuma oli keskimäärin 12-28 %. Palaturvesuodatuksissa keskimääräiset kokonaistypen poistumat olivat 8 % ja 12 %. Ensimmäisessä jyrsinturvesuodatuksessa myös suodatettavan veden epäorgaanisen typen ja ammoniumtypen pitoisuudet lisääntyivät, kun taas muissa suodatuksissa epäorgaanisen typen poistuma oli keskimäärin 7 - 31 % ja ammoniumtypen poistuma keskimäärin 8 - 35 %. Palaturvesuodatus ei vaikuttanut merkittävästi epäorgaanisen typen ja ammoniumtypen pitoisuuksiin. Ensimmäisessä jyrsinturvesuodatuksessa nitraattityyppeä poistui keskimäärin 14 %, mutta muissa suodatuksissa nitraattityypen keskimääräiset pitoisuudet hiemankohosivat. Myös palaturvesuodatuksissa nitraattityypen keskimääräiset pitoisuudet kohosivat.

Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa kokonaisfosforin ja ortofosfaatin pitoisuudet lisääntyivät selvästi. Palaturvesuodatusten keskimääräiset kokonaisfosforipoistumat olivat 9 ja 11 %. Palaturpeesta huuhtoutui ortofosfaattia huomattavasti vähemmän kuin jyrsinturpeesta.

Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa pidättyi rautaa keskimääräisen poistuman ollessa 31 - 55 %. Palaturvesuodatusten keskimääräiset kokonaisraudan poistumat olivat 8 % ja 23 %.

Orgaanisia aineita, ravinteita ja rautaa poistui valumavedestä turpeeseen suodatuvan kiintoaineen mukana. Epäorgaanista typpeä poistui todennäköisesti suodattimesta denitrifikaatiolla. Muut todennäköiset syyt pitoisuuksien vähenemiselle suodattimessa ovat ammoniumioneilla pidättyminen ioninvaihtoreaktioilla turpeeseen, epäorgaanisella tyypellä ja fosforilla pidättyminen aerobisissa oloissa turpeen mikrobeihin sekä raudalla pidättyminen humusainien mukana turpeeseen.

Puhdistustulokseen vaikuttaa myös eri aineiden huuhtoutuminen turpeesta. Turpeesta huuhtoutui kiintoainetta etenkin suodatusten alussa. Lisäksi turpeesta huuhtoutui myös "liukoisia" orgaanisia aineita. Kiintoaineen ja orgaanisten aineiden huuhtoutuminen oli voimakkainta jyrsinturvesuodattimissa, joihin turve oli asetettu suodatuskesää edeltävänä syksynä. Turpeesta huuhtoutuva kiintoaine ja orgaaniset aineet lisäävät suodatetun veden typen, fosforin ja raudan kokonaispitoisuuksia. Hajonneesta jyrsinturpeesta huuhtoutui ajoittain ammoniumtyppeä. Sitä huuhtoutui myös pisimmän palaturvesuodatuksen puolivälissä. Kaikissa jyrsinturvesuodatuksissa suodatinturpeesta huuhtoutui ortofosfaattia. Ortofosfaatin huuhtoutuminen turpeesta oli palaturvesuodatuksissa huomattavasti vähäisempää kuin jyrsinturvesuodatuksissa. Tämä voi johtua siitä, että palaturpeesta oli alunperin vähemmän fosforia kuin jyrsinturpeesta. Palaturve ei myöskään ollut niin hajonnutta kuin jyrsinturve. Pisimmän palaturvesuodatuksen puolivälissä turpeesta huuhtoutui rautaa. Tämä johtui todennäköisesti suodattimen alimpien turve- ja hiekkakerrosten hapettomuudesta.

Tämän tutkimuksen eri vedenlaatumuuttujien suhteen saadut poistumat olivat pienempiä kuin asutuksen jätevesien turvesuodatuksissa saadut poistumat. Asutuksen jätevesissä kiintoaine-, ortofosfaatti- ja ammoniumtyppipitoisuus sekä orgaanisten aineiden pitoisuus ovat huomattavasti suurempia kuin turvetuotannon valumavesissä, eikä turpeesta tapahtuva huuhtoutuminen vaikuta suuresti puhdistustulokseen. Turvetuotannon valumavesiä puhdistettaessa turpeesta tapahtuva huuhtoutuminen heikensi selvästi puhdistustulosta. Ravinteiden puhdistustulosta heikensi todennäköisesti myös suodattimeen johdettu suuri vesimäärä. Vesi virtasi turpeen läpi nopeasti, eikä ravinteiden biologista pidättymistä juurikaan ehtinyt tapahtua. Lisäksi typen ja fosforin pidättäminen kostean, vähähappisen turpeen mikrobeihin oli todennäköisesti vähäistä. Suodattimen pinnalla ei myöskään ollut ravinteita pidättävää kasvillisuutta kuten asutuksen jätevesien turvesuodattimissa.

Kenttäkokeetkin osoittivat, että suurin ongelma käytettävissä turvesuodatinta turvetuotantoalueelta valuvien vesien puhdistuksessa on suodattimen tukkeutuminen. Suurin yhtäjaksoisen jyrsinturvesuodatuksen kiintoainekuormitus oli  $1,57 \text{ kg m}^{-2}$  ja palaturvesuodatuksen kiintoainekuormitus  $7,83 \text{ kg m}^{-2}$ . Näiden tulosten perusteella laskettiin, että turvetuotantoalueella, jonka valuma-alue on 100 ha, keskimääräinen valuma  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja missä valumaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus on  $40 \text{ mg l}^{-1}$ , voidaan  $80 \text{ m}^2$ :n jyrsinturvesuodatinta käyttää yhtäjaksoisesti korkeintaan 3,5 vuorokautta ennen suodattimen tukkeutumista. Kokeilluista jyrsinturvesuodattimista oli tukkeutumistulosten mukaan parhaiten soveltuva suodatin, jonka turvepaksuus oli 0,6 m ja pintakuorma  $0,5 \text{ m h}^{-1}$ . Palaturvesuodatinta ( $80 \text{ m}^2$ ) voidaan vastaavasti käyttää yhtäjaksoisesti 18 vuorokautta ennen suodattimen tukkeutumista. Tässä suodattimessa turvepaksuus oli 0,4 m ja pintakuorma  $0,5 \text{ m h}^{-1}$ .

Vähän maatunut karkearakeinen rahkapalaturve on parempi suodatinmateriaali kuin jyrsinturve. Palaturvekerroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,4 m. Suodatinkerros on rakennettava mahdollisimman suurista turvepaloista.

Pintakuorman tulee olla korkeintaan  $0,5 - 1,0 \text{ m h}^{-1}$ . Palaturvesuodatin tukkeutui, kun kiintoainekuormitus oli  $7,83 \text{ kg m}^{-2}$ . Sitä voidaan pitää suurimpana mahdollisena kiintoainekuormitusarvona tällaiselle suodattimelle. Suodattimelle johdettiin vettä yhteensä  $11\,775 \text{ m}^3$  ja suodatus kesti noin kaksi viikkoa. Turvekerroksen alle on asetettava 0,4 m paksu murskekerros, jonka raekoko on 5-12 mm ja josta hieno aines on pesty pois. Murskekerroksen alle on asetettava salaojaputket. Salaojien päät yhdistetään vedenpoisto- ja huuhteluputkiin. Suodatinaltaan yläosassa tulee olla 0,5 m täyttövara. Vesi on johdettava turvesuodattimelle yhtäjaksoisesti, ettei suodatin kuivu. Vesi on saatava jakaantumaan tasaisesti suodattimen pinnalle esimerkiksi muovisten vedenjakoputkien ja -kaivojen avulla. Turvesuodatinpumppaamon etuosaan on rakennettava välppärakenteet ja laskeutusallas. Pumppaamon ja suodatti-

men yhteyteen on rakennettava ohitus. Turvesuodatin suositellaan rakennettavaksi kantavalle kivennäismaalle. Turvesuodattimen käyttäminen edellyttää, että alueella on sähkö saatavissa. Turvesuodatinta ja sen yhteydessä olevia rakenteita on säännöllisesti seurattava, kunnossapidettävä ja hoidettava.

Mikäli suodattimen puhdistus voidaan järjestää taloudellisesti, voitaneen turvesuodatusta käyttää valumavesien puhdistukseenesimerkiksimataloituneilla tuotantokentillä, jotka kuivataan pumppaamalla. Parhaiten turvesuodatus soveltuu pienten valuntojen aikaiseen valumavesien käsittelyyn lämpimänä vuodenaikana.

Jatkossa pitäisi kehittää taloudellinen koneellinen menetelmä, jolla suodattimen tukkiva kiintoaine voidaan poistaa turpeen pinnalta. Piipsannevan olemassa olevia suodatinrakenteita voidaan hyödyntää myös kokeiltaessa uusia suodatinmateriaaleja.

## S U M M A R Y

The rapid increase in the use of peat for the generation of energy has led to an increased load of suspended matter and nutrients into the lakes and rivers lying downstream of peat mining areas. Due to the expansion in peat production a research project "Development of water pollution control technology in peat mining" was set up in 1987 to explore methods for achieving an efficient reduction in the load from peat mining areas at various stages of preparation and production, both by improving the methods already in use and by developing new methods, among which the overland flow and peat filtration methods were adopted at experimental sites in the province of Oulu.

The aim of the present research was to examine the applicability of peat filtration to the purification of peat mining water and to obtain data on the purification capacity of peat filters, their planning, dimensioning, construction and maintenance. The main question examined here is the removal of suspended matter from the runoff water, in addition to which the practicability of peat filters for the removal of soluble organic matter and nutrients is also examined.

The research was carried out at the Hydraulic and Water Resources Engineering Laboratory at the University of Oulu in 1988 and 1989, utilizing a model constructed to explore various structural alternatives and to determine preliminary design and dimensioning values for a full-scale peat filter.

The water from the waterworks used in the filtration tests contained suspended matter collected from the bottom of field ditch basins in the peat mining area of Piipsanneva.

Milled Sphagnum-peat with a humification of H1 - H3 was used as the filter material in the model, in addition to which the use of pieces of raw peat, a light-coloured Sphagnum peat of low humification (H1) cut with a disc saw during the frost period was examined. Surface loads of  $0.2 \text{ m h}^{-1}$ ,  $0.5 \text{ m h}^{-1}$  and  $1.0 \text{ m h}^{-1}$  were applied to peat of thickness 0.3 m, 0.5 m or 0.6 m in the peat filtration tests. In the case of raw peat filtration the peat thickness was 0.18 m and the surface load  $0.5 \text{ m h}^{-1}$ .

The average suspended matter concentration in the water conducted through the milled peat filter during the various periods of investigation was  $29.5 - 81.7 \text{ mg l}^{-1}$ . The suspended matter reduction was highest on the average 99 %, in a filter with a peat layer of 0.6 m and a surface load of  $1.0 \text{ m h}^{-1}$ . Peat layer thickness and surface load did not have any significant effect on the purification results, however.

The average suspended matter content of the water conducted through the raw peat filter was  $37.2 \text{ mg l}^{-1}$ . The average reduction in suspended matter, 92 %, was slightly lower than that usually observed in milled peat filtration. This may have been due to water flowing through the joints between the pieces of raw peat of which the filter was composed. The amount of suspended matter leaching from the raw peat was not nearly as high as that from the milled peat, however.

Tests carried out using this model indicated that clogging is a major problem affecting the use of a peat filter for the purification of peat mining water. The highest suspended matter load conducted through the milled peat filter was  $2.8 \text{ kg m}^{-2}$ , as a result of which the filter became clogged. The surface peat layer had to be softened by raking during the filtration process. The highest suspended matter load conducted through the raw peat filter was  $2.39 \text{ kg m}^{-2}$  without the filter becoming clogged. The maximum continuous operation time of an  $80 \text{ m}^2$  milled peat filter before clogging can be estimated to be 6.5 days in a peat mining area with a drainage basin of 100 ha, an average runoff of  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  and an average suspended matter concentration in the runoff water of  $40 \text{ mg l}^{-1}$ . The corresponding continuous operation time for a raw peat filter of equal size is at least 5.5 days.

Coarse-grained Sphagnum raw peat of low humification is more suitable for use as a filter material than milled peat. The thickness of the raw peat layer should exceed 0.18 m, and the maximum surface load should be  $0.5 - 0.1 \text{ m h}^{-1}$ . The highest suspended matter load which could be imposed on the filter without clogging it was  $2.39 \text{ kg m}^{-2}$ .

Good purification results can also be obtained using milled Sphagnum peat as the filter material, in which case the peat layer thickness should be 0.3 - 0.6 m and the maximum surface load  $0.5 - 1.0 \text{ m h}^{-1}$ . The highest suspended matter load which could be imposed on the filter without clogging it was  $2.81 \text{ kg m}^{-2}$ .

Full-scale peat filter investigations were carried out in the peat mining area of Piipsanneva, located in the commune of Haapavesi, to outline the planning and dimensioning instructions and to specify various structural solutions. Foundation work in the area was carried out in winter 1987 - 1988, three filters being constructed in autumn 1988. The filters were established in a layer of natural gravel spread over the area during the preceding winter. The width of the filter basin was 4.0 m, length 10.0 m, height 1.2 m and gradient approx. 1:1, i.e. the total filter area was around 80 m<sup>2</sup>. The basin was provided with a watertight lining covered by levelled crushed gravel with five subsurface drains constructed above these and connected to a discharge pipe and a flush pipe. The subsurface drains were overlain by a 0.4 m layer of crushed gravel which was further covered by filter peat. Water pumped from the main outlet ditch in Piipsanneva was conducted through the filter and distributed over the peat layer by means of plastic pipes.

The filtration tests were started on 23.5.1989, a total of eight tests being carried out in summer 1989. Milled peat was used as the filter material in six cases and pieces of raw peat in two cases, both peat types being similar to those tested in the model.

Surface loads of 0.25 m h<sup>-1</sup>, 0.50 m h<sup>-1</sup> and 1.00 m h<sup>-1</sup> were used for the milled peat filtrations, in which the peat thickness was 0.3 m and 0.6 m. In the case of raw peat filtration the peat thickness was 0.4 m and the surface load 0.5 m h<sup>-1</sup> or 1.00 m h<sup>-1</sup>.

The mean suspended matter content of the runoff water from the peat mining area during the various tests was 13.9 - 168.2 mg l<sup>-1</sup>, mean chemical oxygen consumption 39.7 - 90.6 mg l<sup>-1</sup>, total N 2 200 - 5 500 µg l<sup>-1</sup>, total P 63 - 130 µg l<sup>-1</sup>, total Fe 2 800 - 5 700 µg l<sup>-1</sup>, NO<sub>3</sub>-N 120 - 200 µg l<sup>-1</sup>, NH<sub>4</sub>-N 980 - 2 800 µg l<sup>-1</sup> and PO<sub>4</sub>-P 18 - 49 µg l<sup>-1</sup>. A total of 56 - 2 680 m<sup>3</sup> of water was pumped through the filters during the various periods of milled peat filtration, and 5 812 - 11 775 m<sup>3</sup> during raw peat filtration.

The average suspended matter reduction in milled peat filtration tests was 34 - 79 % and that in raw peat filtration tests 56 % and 72 %. Organic matter was found to leach from peat in the first three milled peat filtrations. The average organic matter reduction during the last two tests was 21 - 27 %, the figures for raw peat filtration being 9 % and 18 %.

There was an increase in the total N content of the water filtered during the first milled peat test. The total N reduction in the other tests was 12 - 28 % and that in the raw peat filtration tests 8 % and 12 %. Inorganic N and NH<sub>4</sub>-N also increased in the first milled peat filtration test, while the other tests indicated an average reduction of 7 - 31 % for the former and 8 - 35 % for the

latter. Raw peat filtration did not have any significant effect on the inorganic N and  $\text{NH}_4\text{-N}$ . The mean removal of  $\text{NH}_3\text{-N}$  during the first milled peat filtration test was 14<sup>3</sup> %, but its content increased slightly in the other tests. The average  $\text{NO}_3\text{-N}$  content also increased in the raw peat filtration tests.

All the milled peat filtration tests indicated a marked increase in total P and  $\text{PO}_4\text{-P}$  content. The mean total Fe reductions in the raw peat filtration tests were 9 and 11 %. The amount of  $\text{PO}_4\text{-P}$  leaching from sod peat was considerably smaller than that from the milled peat.

Total Fe was retained in all the milled peat filtration tests, its average reduction being 31 - 55 %, while the mean reduction in the raw peat filtration tests was 8 % and 23 %.

Organic matter, nutrients and Fe were removed from runoff water with the suspended matter which was retained in the peat. Inorganic nitrogen was removed from the filter possibly mainly by denitrification, other potential causes being the retention of ammonium ions in the peat by means of ion exchange reactions, the retention of inorganic N and P in peat microbes under aerobic conditions and the retention of Fe in the peat along with the humic substances.

The purification results are also affected by the fact that various substances are leached from the peat. Suspended matter was leached out at the beginning of the filtration tests in particular, and some leaching of "soluble" organic matter was observed as well. Suspended matter and organic matter were observed to be leached in the greatest quantities from the milled peat filters into which peat had been placed during the preceding autumn. The suspended matter and organic matter leaching out of the peat increase the total N, P and Fe content of the runoff water.  $\text{NH}_4\text{-N}$  occasionally leached from decomposed milled peat and this also occurred in the middle of the longest milled peat filtration period.  $\text{PO}_4\text{-P}$  leached out of the filter in all the milled peat filtration tests, while this was considerably less common in the case of raw peat filtration. This may be due to the fact that the amount of P in the raw peat was originally lower than in the milled peat or that this peat was better humified. Fe leached out of the peat in the middle of the longest period of raw peat filtration, possibly as a result of an oxygen deficit in the lowermost peat and sand layers in the filter.

The various water quality parameters used here showed the reductions to be smaller than those observed in the purification of household wastewater. The suspended matter,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NH}_4\text{-n}$  and organic matter concentrations in household wastewater are considerably higher than those in peat mining water, and leaching from the peat filter does not have any significant effect on the purification results,



whereas the results of the purification of peat mining water are hampered considerably by this leaching effect. The results obtained in the purification of nutrients may also have been affected by the large amounts of water conducted through the filter, causing it to flow through the peat so rapidly that there was hardly time for any biological retention of nutrients to take place. In addition, the assimilation of N and P by the micro-organisms in this moist peat deficient in oxygen was probably small. Contrary to the peat filters employed for the purification of household wastewater, the filter was not covered by any vegetation which could have caused the retention of nutrients.

The field tests again indicated that clogging constitutes the biggest problem when using a peat filter to purify runoff water from peat mining areas. The highest suspended matter load during a continuous period of milled peat filtration was  $1.57 \text{ kg m}^{-2}$ , and that for raw peat filtration  $7.83 \text{ g m}^{-2}$ . The maximum continuous operation time calculated for an  $80 \text{ m}^2$  milled peat filter on the basis of the results is 3.5 days in a peat mining area with a catchment area of 100 ha, an average runoff of  $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  and an average suspended matter concentration in the runoff water of  $40 \text{ mg l}^{-1}$ . The clogging results indicated that a milled peat filter should optimally have a peat thickness of 0.6 m and a surface load of  $0.5 \text{ m h}^{-1}$ . The maximum continuous operation time for a raw peat filter ( $80 \text{ m}^2$ ) can be estimated to be 18 days, with a peat thickness of 0.4 m and a surface load of  $0.5 \text{ m h}^{-1}$ .

Coarse-grained Sphagnum raw peat of low humification was considered a better filter material than milled peat. The thickness of the raw peat layer must be at least 0.4 m and the filter layer should be constructed of as large pieces of raw peat as possible.

The maximum surface load should be  $0.5 - 1.0 \text{ m h}^{-1}$ . The raw peat filter became clogged at a suspended matter load of  $7.83 \text{ kg m}^{-2}$ , which may thus be regarded as the maximum value for this kind of filter. A total of  $11\,775 \text{ m}^3$  of water was conducted through the filter, the entire filtration process lasting about two weeks. The peat layer must have an underlay of 0.4 m crushed aggregate of grain size 5 - 12 mm, the finest material in which has been washed away. Subsurface drains must be installed under the gravel layer and their ends connected to discharge pipes and flush pipes. An allowance of 0.5 m should be left in the upper part of the filter basin. Water must be conducted through the filter continuously to prevent it from drying and must be distributed evenly over the filter surface by means of plastic pipes and distribution wells. Screen constructions and a precipitation basin must be built in the front part of the pumping station, and a by-pass constructed in connection with the pumping station and the filter. The peat filter should be constructed on mineral soil of adequate bearing capacity, and its use requires the

availability of electricity in the area. The filter and all the equipment connected with it should be subject to regular monitoring, maintenance and servicing.

Provided that the costs can be covered, peat filtration may be used for the purification of runoff water from peat mining areas of reduced depth, for example, which are being dried by pumping. The method is best suited for the treatment of runoff water during the warm season, when total runoff is low.

An economic mechanical method still needs to be developed for removing solid matter from the peat surface in order to prevent clogging. The existing filter constructions at Piipsanneva can be made use of in the future when experimenting with new filter materials.

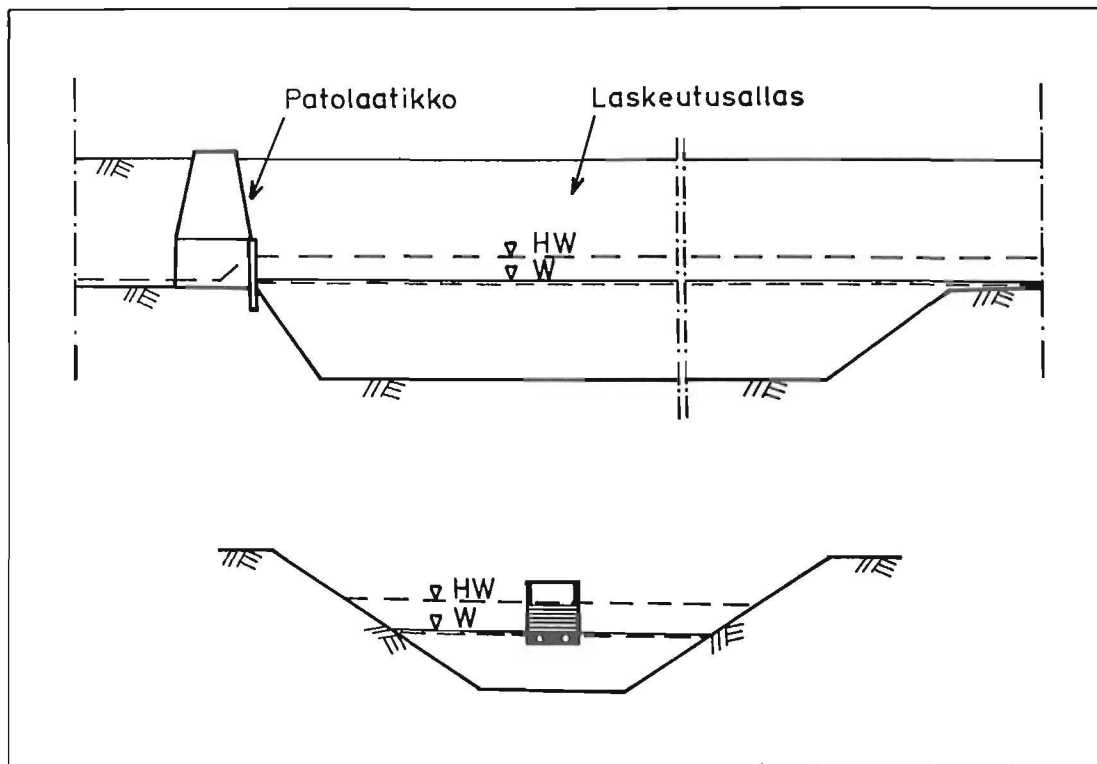
#### K I R J A L L I S U U S

- Baylis, J.R., Gullans, O. & Hudson, H.E. 1971. Filtration. In: Water quality and treatment. American Water Works Association McGraw-Hill Book Co., New York, pp. 247-250.
- Belkevich, P.I., Gayduk, K.A. & Chistova, L.R. 1976. Possibility of using peat for the natural environment protection. Proc. 5th Int. Peat Congr., Poznan, Poland, I. pp. 328-348.
- Brooks J.L., Rock, C.A. & Struchtemeyer, R.A. 1984. Use of peat for one-site wastewater treatment: II. Field studies. J. Environ. Qual. 13:524-530.
- Brown, J.L. & Farnham, R.S. 1976. Use of peat for wastewater filtration - principles and methods. Proc. 5th Peat Congr., Poznan, Poland, I, pp. 349-357.
- Burge, W.D. & Broadbent, F.E. 1961. Fixation of ammonia by organic soils. Soil Sci Soc. Am. Proc. 25: 199.
- Clymo, R.S. 1983. Peat. In: Core, A.J.P. (ed.): Ecosystems of the world. 4A. Mires: swamp, bog, fen and moor. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Oxford, New York, pp. 159-224.
- Farnham, R.S. & Brown, J.L. 1972. Advanced wastewater treatment using organic and inorganic materials. Part I. Use of peat and peatsand filtration media. Proc, Int. Peat Congr. IV, Helsinki, 1972, 4:271-286.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. Vantaa, 28 p.
- Heikkinen, K. 1990. 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 (painossa).

- Heikurainen, L. 1980. Metsäojituksen alkeet. Toinen uudistettu painos. Helsinki, 248 p.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Lyhennelmä: Metsäojituksen vesistövaikutukset. Suo 29: 49-58.
- Hynninen, P. & Sepponen, P. 1983. Erään suoalueen ojituksen vaikutus purovesien laatuun Kiiminkijoen vesistöalueella, Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of drainage on the quality of brook waters in the Kiiminkijoki river basin, Northern Finland. Silva Fennica 17: 23-43.
- Jaouich, B.A. 1975. Nitrate reduction in peat. Ph. D. Diss., Univ. of Michigan. Ann. Arbor: Umd, 1982.
- Kaila, A. 1956. Phosphorus in virgin peat bogs. J. Sci. Agr. Soc. Finland 28.
- Karimo, K. 1966. Jäteveden biologisen käsittelyn perusteista. INSKO:n julkaisu 15-66. Jäteveden biologinen puhdistus, osa I. Helsinki.
- Kaunismaa, P., Hakkari, L. & Selin, P. 1987. Turvepohjainen suodatinpuhdistamolietteen ja sakokaivolietteen kuivatuksessa. Jyväskylä 16 s.
- Kenttämies, K. 1979. Metsäojituksen ja metsänlannoituksen merkitys vesien kuormittajana. Vesistöjen hajakuormitus, Vesipäivä 19.11.1979, Vesiyhdistys ry., pp. 90-100.
- Kenttämies, K. 1980. The effects on water quality of forest drainage and fertilization in peatlands. - The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. Helsinki symp. June 1980. IAHS Publ. 130:277-284.
- Komiteanmietintö. 1987. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö. Helsinki. 344 s. Komiteanmietintö 1987:62. ISBN 951-47-1208-0, ISSN 0356-9470.
- Kubin, E. 1978. Kasvimateriaalin typpipitoisuuden määrittämisestä. Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 7. Oulu, 25 p.
- Lance, J.D. 1972. Nitrogen removal by soil mechanisms. J. Water Poll. Contr. Fed. 44: 1352-1361.
- McLellan, J.K. & Rock, C.A. 1986. The application of peat in environmental pollution control: A review. International Peat Journal 1986(1):1-14.
- Nichols, D.S. 1980. Nutrient removal from wastewater by wetlands. Proc. 6th Int. Peat Congr., Duluth, Minnesota, USA, Aug. 1980, pp. 638-642.
- Nichols, D.S. & Boelter, D.H. 1982. Treatment of secondary sewage effluent with peat-sand filter bed. J. Environ. Qual. 11: 86-92.

- Osborne, J.M. 1975. Tertiary treatment of campground wastes using a native Minnesota peat. *J. Soil and Water Conservation* 30: 235-236.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1989. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden hoito-, käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1988. Luonnos 28.2.1989. 24 p.
- Puustjärvi, V. 1971. Rahkasammalturpeen käyttö jäteveden puhdistuksessa. *Vesitalous* 6/1971:10-11.
- Rock, C.A., Brooks, J.L., Bradeen, S.A. & Struchtmeyer, R.A. 1984. The use of peat for onsite wastewater treatment. I. Laboratory evaluation. *J. Environ. Qual.* 13: 518-523.
- Sallantaus, T. 1983a. Turvetuotannon vesistökuormitus. Pro-gradu tutkielma. Helsingin yliopisto, limnologian laitos. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto, sarja D29, 122 p.
- Sallantaus, T. 1984. Quality of runoff water from Finnish fuel peat mining areas. - *Aqua Fennica* 14:223-233.
- Selin, P., Kaunismaa, P. & Bagge, B. 1985. Turvesuodattimen toimivuus kiintoaineen pidättäjänä turvetuotantoalueella. *Jyväskylä* 15 s.
- Selin, P. & Koskinen, K. 1985. Laskeutusaltaiden vaikutus turvetuotantoalueiden vesistökuormitukseen. Summary: The effects of the sedimentation ponds on the loading coming from the peat production areas to the watercourses. *Vesihallitus, Tiedotus* 262. Helsinki, 95 p.
- Selänne A., Mäkinen, T. & Helkiö, R. 1983. Kalankasvatusliete ja sen jatkokäsittely. Helsinki, vesihallitus. 67 s. Vesihallituksen monistesarja 1983:173.
- Tebbut, T.H.Y. 1971. An investigation into tertiary treatment by rapid filtration. *Water Research* 5, 81. January 1971.
- Thurman, E.M. 1985. Developments in biogeochemistry. Organic geochemistry of natural waters. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Tiitto, P. 1979. Kasvuturvepohjainen lietelava ja jäädytys pienten puhdistamoiden lietteenkäsittelymenetelmänä. Oulu. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto. Diplomityö. 93 s.
- Tolonen, K. & Hosiaisloma, V. 1978. Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special reference to algal growth. - *Ann. Bot. Fennici* 15:55-72.
- Wastewater Engineering. 1979. Treatment, disposal, reuse. McGraw-Hill Book Co., New York, 2nd d., pp. 227-252 and 362-372.
- Vesihallitus 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Vesihallitus, Tiedotus 213, Helsinki.

LASKEUTUSALTAIDEN TOIMIVUUDEN PARANTAMINEN  
TURVETUOTANTOALUEIDEN VALUMAVESIEN KÄSITTELYSSÄ



Raimo Ihme  
Kaisa Heikkinen  
Esko Lakso



Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

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

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä  
(Förbättring av sedimenteringbassängers funktion vid rening av avrinningsvatten från torvproduktionsmarker)

Julkaisun laji

Tutkimusraportti

ToimeksiantajaToimielimen asettamispvmJulkaisun osatTiivistelmä

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesi- ja ympäristöviranomaisten, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. "Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä" oli yksi osaprojekti.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laskeutusallasrakenteita niin, että altaiden toimivuus, rakenteiden kestävyys ja hoidettavuus paranee. Eri kohteissa selvitettiin laskeutusaltaiden ruoppaustiheyden vaikutusta turvetuotannon valumavesien puhdistustulokseen. Lisäksi selvitettiin altaiden alapäähän sijoitettavan patolaatikon soveltuvuutta turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Kenttätutkimukset tehtiin vuosina 1987-1989 kahdella eri turvetuotantoalueella, jotka sijaitsevat Oulun läänissä.

Laskeutusaltaiden puhdistustiheydellä ei ollut merkittävää vaikutusta turvetuotannon kiintoaine-, ravinne- ja rautakuormitukseen. Ruoppauksen vuoksi laskeutusaltaista huuhtoutui kiintoainetta, ravinteita ja rautaa. Patolaatikoilla varustetuilla laskeutusaltailla ei ollut merkittävää vaikutusta pieniin kiintoaineen ja orgaanisten aineiden kuormiin. Patolaatikko oli kuitenkin käytännössä varsin toimiva laskeutusallasrakenne. Sitä käytettäessä altaan puhdistettavuus paranee ja tilantarve, verhoustarve sekä sortumavaara vähenevät. Maahan upotettu ja lämpöeristetty patolaatikko vähentää talvella altaan purkupään eroosiota.

Asiasanat (avainsanat)

Turvetuotanto, vesistöt, kuormitus, vesiensuojeluteknikka, laskeutusallas

Muut tiedotSarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja  
- sarja A77

ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

s. 117 - 212

Kieli

Suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Valtion painatuskeskus  
PL 516, 00101 Helsinki

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus  
PL 250, 00101 Helsinki

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

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

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Publikation (även den finska titeln)

Förbättring av sedimenteringsbassängers funktion vid rening av avrinningsvatten från torvproduktionsmarker (Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä)

Typ av publikation

Forskningsrapport

UppdragsgivareDatum för tillsättandet av organetPublikationens delarReferat

På grund av den ökande torvproduktionen inleddes våren 1987 forskningsprojektet "Utveckling av vattenskyddsteknik för torvproduktionen". Projektet genomfördes som ett samarbete mellan handels- och industriministeriet, torvproducenter, vatten- och miljömyndigheterna, byggnadslaboratoriet vid Statens tekniska forskningscentral och Uleåborgs universitet. Uppgiften var att utveckla metoder som så effektivt som möjligt minskar vattendragsbelastningen från en torvmyr i de olika faserna av beredning och produktion. Ett annat mål var att förbättra befintliga metoder. Förbättring av sedimenteringsbassängers funktion vid rening av avrinningsvatten från torvproduktionsområden var ett delprojekt.

Syftet med undersökningen var att utveckla sedimenteringsbassängerna så att deras funktion och hållbarhet förbättras och så att underhållet av dem blir enklare. Vid olika objekt studerade man hur muddringsfrekvensen inverkade på reningen av avrinningsvattnet från torvproduktionen. Dessutom undersökte man hur en dämmlåda, som placerades vid bassängens utlopp påverkade reningen av avrinningsvattnet. Fältstudierna utfördes 1987 - 1989 i två olika torvproduktionsområden i Uleåborgs län.

Sedimenteringsbassängernas reningsfrekvens hade inte någon betydande effekt på utgående belastning av suspenderade ämnen, näringsämnen och järn från torvproduktionsmarkerna. På grund av muddringen urlakades suspenderade ämnen, näringsämnen och järn från sedimenteringsbassängerna. Sedimenteringsbassänger med dämmlådor hade ingen avgörande effekt på mängden suspenderade ämnen och näringsämnen när belastningen var ringa. Dämmlådan var dock en konstruktion, som fungerade väl i praktiken. Används en dämmlåda är det lättare att rensa bassängen och utrymmesbehovet, behovet att klä in dammen och risken för ras minskar. En dämmlåda, som sänks ned i marken och värmeisoleras, minskar på vintern erosionen vid bassängens utlopp.

Nyckelord

Torvproduktion, vattendragsbelastning, vattenskyddsteknik, vattenvård, teknologi, sedimenteringsbassäng

Övriga uppgifterSeriens namn och nummerVatten- och miljöförvaltningens publikationer  
- serie A77ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Sideantal

s. 117 - 212

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

Date of publicationAuthor(s)

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Title of publication

Development of the Sedimentation Basin Structures for Purifying Runoff Water from Peat Production areas

Type of publication

Research report

Commissioned byParts of publicationAbstract

A research project "Development of water pollution control technology in peat mining", to be carried out jointly by the Ministry of Trade and Industry, the peat producers, the water and environment authorities, the Building Laboratory of the Technical Research Centre of Finland and the University of Oulu, was set out in spring 1987 as a result of the expansion in peat mining. The aim was to develop methods which would provide the most effective way of reducing the watercourse loading coming from mires at the various stages of preparation and mining, and to improve the methods already in use. Of these methods, sedimentation basins, field ditch basins and retention pipes were examined in the project. New methods looked at were peat filtration and overland flow techniques.

The aim of this investigation was to develop the structures of sedimentation basins to improve their practicability, durability and maintainability. The effect of dredging frequency on the purification results was examined at the various sites, together with the practicability of a box weir constructed at the lower end of the basin for the purification of peat mining water. The field research was carried out in two peat mining areas in the province of Oulu in 1987 - 1989.

Dredging frequency had not a significant effect on the suspended matter, nutrient and Fe load imposed on the sedimentation basins. Dredging caused wash-out of suspended matter, nutrients and Fe from the basins. The sedimentation basins equipped with box weirs had not a significant effect on low loads of suspended organic matter. The box weir proved to be a very practicable solution, however, as it cuts down the surface width of the basin, makes it easier to clean and reduces the space required. As the box weir is thermally insulated and dug into the soil, it will not freeze and the runoff water will thus flow through it even in winter, i.e. the water will not erode the soil around the weir and impose any additional load on the watercourses downstream.

Keywords

Peat production, water pollution load, water pollution, pollution control technology, sedimentation basin

Other informationSeries (key title and no.)Publications of the Water and Environment  
Administration - series A77ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Pages

pp. 117 - 212

Language

Finnish

PriceConfidentiality

Public

Distributed byGovernment Printing Centre  
P.O. BOX 516, SF-00101 Helsinki, FinlandPublisherNational Board of Water and the Environment,  
P.O. BOX 250, SF-00101 Helsinki, Finland

## ALKUSANAT

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, vesiviranomaisten, turvetuottajien, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Tämä tutkimus oli yksi osaprojekti.

Tutkimuksen päärahoittajina toimivat kauppa- ja teollisuusministeriö, vesi- ja ympäristöhallitus sekä turvetuottajat.

Tutkimuksia valvoi ja ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat professori Seppo Mustonen (puh.joht.), ylitarkastaja Raija Pikku-Pyhältö (7.11.1989 - 31.12.1990), ylitarkastaja Aimo Aalto, ylitarkastaja Seppo Oikarinen (1.3.1987-7.4.1989), ylitarkastaja Tarja-Liisa Perttala (7.4.-7.11.1989), DI Antti Lehtinen (projektin vastuullinen johtaja), limnologi Pirkko Valpasvuo-Jaatinen, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Mauno Rönkkömäki, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Altti Luoma (6.4.1989 - 31.12.1990), toimitusjohtaja Raimo Sopo (7.4.1989 - 31.12.1990), toimitusjohtaja Keijo Sahrman (1.3.1987 - 7.4.1989), ympäristönsuojelupäällikkö Pirkko Selin, aluejohtaja Juhani Hakkarainen, tutkimuspäällikkö Harry Uosukainen (6.4.1988-31.12.1990), tekninen johtaja Matti Uusimäki (1.3.1987-6.4.1988), FM Jukka Nyrönen, valtion geologi Eino Lappalainen (7.4.1989 - 31.12.1990) ja apulaisprofessori Esko Lakso (sihteeri). Käytännön töitä ohjasi työryhmä, johon kuuluivat johtoryhmästä Esko Lakso (puh.joht.), Aimo Aalto, Pirkko Selin, Harry Uosukainen ja Antti Lehtinen sekä lisäksi toimialapäällikkö Erkki Alasaarela (1.12.1988-31.12.1990), ylitarkastaja Urpo Myllymaa (1.3.-6.11.1987), toimialapäällikkö Martti Seppälä, suunnittelupäällikkö Kari Väisänen (6.4.1988 - 31.12.1990) ja toimialapäällikkö Matti Lehtimäki. Työryhmän kokouksiin ja tutkimukseen osallistuivat myös toimialapäällikkö Juha Kauto ja insinööri Kari Arola. Projektin teknisenä asiantuntijana toimi DI Raimo Ihme ja luonnontaloudellisena asiantuntijana FL Kaisa Heikkinen (1.1.1989 - 31.12.1990) sekä FK Kirsti Koskinen (1.3.1987 - 31.8.1988). Projektin asiantuntijat osallistuivat myös johto- ja työryhmän kokouksiin. Johtoryhmä valvoi myös MML Tapani Sallantauksen tutkimuksia (6.4.1988 - 31.12.1990). Tutkimustoimintaan osallistui myös lukuisia muita henkilöitä, jotka ovat ratkaisevasti edistäneet työn toteutumista.

Kiitämme lämpimästi kaikkia edellä mainittuja ja kaikkia muita tutkimukseen osallistuneita hyvästä yhteistyöstä.

SISÄLLYS	Sivu
ALKUSANAT .....	120
1 JOHDANTO .....	123
2 TUTKIMUSALUEET .....	124
2.1 Kurunneva .....	124
2.2 Murtosuo .....	124
3 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	127
3.1 Hydrologia .....	127
3.2 Vesinäytteiden otto ja analysointi .....	131
3.3 Vedenlaatu- ja virtaama-aineiston käsittely .....	131
3.4 Laskeutusaltaiden puhdistaminen ja lietemäärä- mittaukset .....	132
4 TULOKSET .....	132
4.1 Kurunneva .....	132
4.1.1 Hydrologia .....	132
4.1.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....	134
4.1.3 Laskeutusaltaiden kuormitus .....	134
4.1.4 Laskeutusaltaiden puhdistaminen ja lietemäärä- mittaukset .....	136
4.1.5 Laskeutusaltaiden puhdistustiheyden vaikutus turvetuotantoalueen kuormitukseen .....	136
4.2 Murtosuo .....	143
4.2.1 Hydrologia .....	143
4.2.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....	145
4.2.3 Laskeutusaltaiden kuormitus .....	146
4.2.4 Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan vaikutus turvetuotantoalueen kuormitukseen .....	146
4.2.5 Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan toimivuus ja kustannukset .....	147
5 TULOSTEN TARKASTELU .....	147
5.1 Hydrologia .....	147
5.2 Turvetuotantoalueiden veden laatu .....	149
5.3 Laskeutusaltaille kohdistunut kuormitus .....	151
5.4 Laskeutusaltaan puhdistustiheyden vaikutus turve- tuotantoalueen kuormitukseen .....	153
5.5 Laskeutusaltaassa olevan patolaatikon vaikutus turvetuotantoalueen kuormitukseen .....	154
6 LASKEUTUSALTAIDEN JA NIIDEN RAKENTEIDEN SUUNNIT- TELU, RAKENTAMINEN, HOITO JA KUSTANNUKSET .....	154
6.1 Tutkimukset .....	154
6.2 Laskeutusaltaiden ja niiden rakenteiden mitoi- tus .....	154
6.3 Laskeutusaltaiden rakentaminen .....	157
6.4 Laskeutusaltaiden kunnossapito .....	157
6.5 Kustannukset .....	158
7 YHTEENVETO .....	158
SUMMARY .....	162
KIRJALLISUUS .....	166

## LIITTEET

Sivu

1. Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan  
mitoitus ..... 169
2. Juhani Viiala 1988. Kiintoaineen erotus vedestä  
monivaiheisella pyörreselkeyttimellä  
Raportti koeajosta Haapaveden Piipsannevalla  
lokakuussa 1988. Bioneer Oy. Hämeenlinna ..... 175
3. Esko Lakso 1991. Turvetuotannon valumavesien  
saostuskokeet laboratoriossa ..... 209

## 1 J O H D A N T O

Turpeen käyttö maamme energian tuotannossa on viime vuosina lisääntynyt ja tulee edelleen lisääntymään. Energiapoliittisen ohjelman (1983) mukaan turpeen polttokäyttöä pyritään lisäämään tasolle 20 - 30 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa vuoteen 1995 mennessä eli lähes kaksinkertaiseksi nykyiseen käyttöön verrattuna. Turpeen käytön kehityksen enimmäisarvion mukaan soita olisi kuivatettava ja valmistettava tuotantoon jatkuvasti, keskimäärin 5 000 - 7 000 ha vuodessa (Komiteanmietintö 1987). Huomattava osa maamme turvevaroista sijaitsee Oulun läänissä, missä tuotettiin turvetta lähes 10 000 ha:n alueella vuonna 1988.

Turvetuotannon seurauksena muuttuvat sekä valumavesien määrä että laatu. Kiintoainetta huuhtoutuu vesistöön turvetuotantoalueilta luonnontilaista suota enemmän etenkin runsaan valunnan aikana. Myös liukoisen humuksen ja ravinteiden huuhtoumat voivat lisääntyä. Etenkin ammoniumtyyppiä huuhtoutuu runsaasti luonnonhuuhtoumaan verrattuna. Turvetuotanto voi olla myös fosforikuormittajana paikallisesti merkittävä.

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesiviranomaisen, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Projektissa tutkittavia jo aikaisemmin käytössä olleita menetelmiä olivat laskeutusaltaat sekä sarkaoja-altaat ja päisteputkipidättimet. Uusia menetelmiä olivat pintavalutus ja turvesuodatus (Ihme ym. 1991).

Turvetuotantoalueelta valuvia vesiä on puhdistettu nykyisin pääasiassa laskeutusaltaiden avulla. Niillä ei ole voitu vaikuttaa varsinkaan turvetuotantoalueiden ravinnekuormitukseen (Selin ja Koskinen 1985).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laskeutusallarakenteita niin, että altaiden toimivuus, rakenteiden kestävyys ja hoidettavuus paranee. Eri kohteissa selvitettiin laskeutusaltaiden ruoppaustiheyden vaikutusta puhdistustulokseen ja altaiden alapäähän sijoitettavan patolaahtikon soveltuvuutta turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Myös pyörreselkeyttimen soveltuvuutta turvetuotantoalueen vesien puhdistukseen selvitettiin pienoismallikokein (liite 2). Kemikaalien käyttöä laskeutuksen tehostamisessa tutkittiin laboratoriokokein (liite 3).

Kenttätutkimukset tehtiin Rantsilan Kurunnevan, Pudasjärven Murto-suon ja Haapaveden Piipsannevan turvetuotantoalueilla vuosina 1987 - 1989.

## 2 T U T K I M U S A L U E E T

### 2.1 KURUNNEVA

Laskeutusaltaiden puhdistustiheyden vaikutusta tutkittiin Rantsilan kunnassa sijaitsevalla Kurunnevan turvetuotantoalueella (kuva 1). Kurunneva on kuivattu vuonna 1956. Kurunkanavaa on laajennettu ja syvennetty vielä vuonna 1971. Suoalue on ojitettu polttoturvetuotantoa varten vuonna 1976. Kurunkanavaa on syvennetty edelleen vuonna 1982. Turvetuotanto Kurunnevalla alkoi vuonna 1977. Vuonna 1987 tuotantoala oli yhteensä 346 ha.

Alueelta tuotetaan pääasiassa jyrsinturvetta. Tuotannon alussa turpeesta oli 52 % saravaltaista, 42 % rahkavaltaista ja 6 % puunjätettä sisältävää. Turpeen keskimaatunneisuusaste oli H 4,7 ollen pintakerroksessa H 3,2 ja syvemmillä H 6,0. Turpeen syvyys tuotantoalueella oli keskimäärin 1,6 m ja suurimmillaan 3,5 m. Suon pohjalla on silttimoreeni.

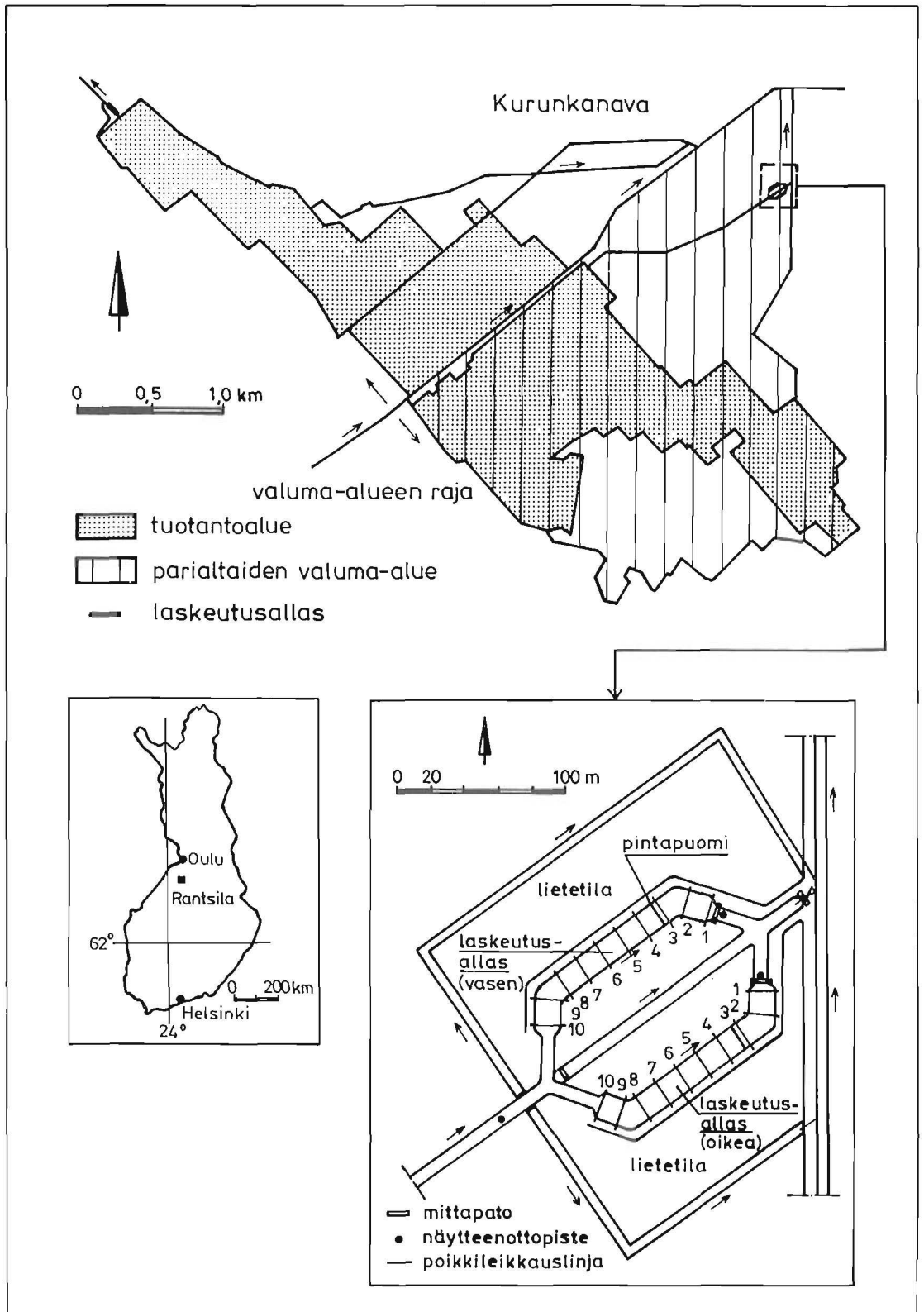
Kurunnevan tuotantoalueen valumavedet johdetaan laskeutusaltaiden kautta alapuoliseen vesistöön. Osa Kurunkanavan pohjoispuolisista vesistä laskee Savalojaan, josta edelleen Siikajokeen. Osa vesistä laskee Kurunkanavaa pitkin Siikajokeen. Kurunkanavan eteläpuolisen tuotantoalueen pinta-ala on 259 ha. Alueen kuivatusvedet virtaavat laskeutusaltaiden (parialtaat) kautta Kurunkanavaan, josta edelleen Siikajokeen (kuva 1). Lisäksi laskeutusaltaiden kautta virtaa myös ulkopuolisia vesiä 84 ha:n suuruiselta alueelta. Kokonaisvaluma-alue on täten 343 ha, josta ulkopuolisten vesien osuus on 25,5 %. Kokoojaojat ulottuvat osittain kivennäismaahan. Turvetuotantoalueelta laskeutusaltaalle laskevan kokoojaojan pituus on noin 1,4 km ja ojakaltevuus 0,4 %/... Oja on kaivettu täysin kivennäismaahan.

Puhdistustiheyden vaikutusta tutkittiin Kurunkanavan eteläpuolisen tuotantoalueen laskeutusaltailla. Altaiden pituus on 130 m, leveys 14 m ja kokonaissyvyys 3,3 m (kuvat 1 ja 2). Altaiden mitoitusarvot on esitetty kuvassa 2. Altaissa on pintapuomit, joilla on tarkoitus estää pinnalla kulkeutuvan aineksen pääsy alapuoliseen vesistöön. Altaiden alaosassa on rumpurakenteeseen rakennetut Thompsonin kolmiomittapadot. Tuotantoalueelta valuvat vedet voidaan johtaa altaiden ohi ohitusojan kautta. Laskeutusaltaista tyhjennettävälle lietteelle on varattu lietetilaa ja tyhjennyskonetta varten on rakennettu kulku-urat altaiden molemmille puolille.

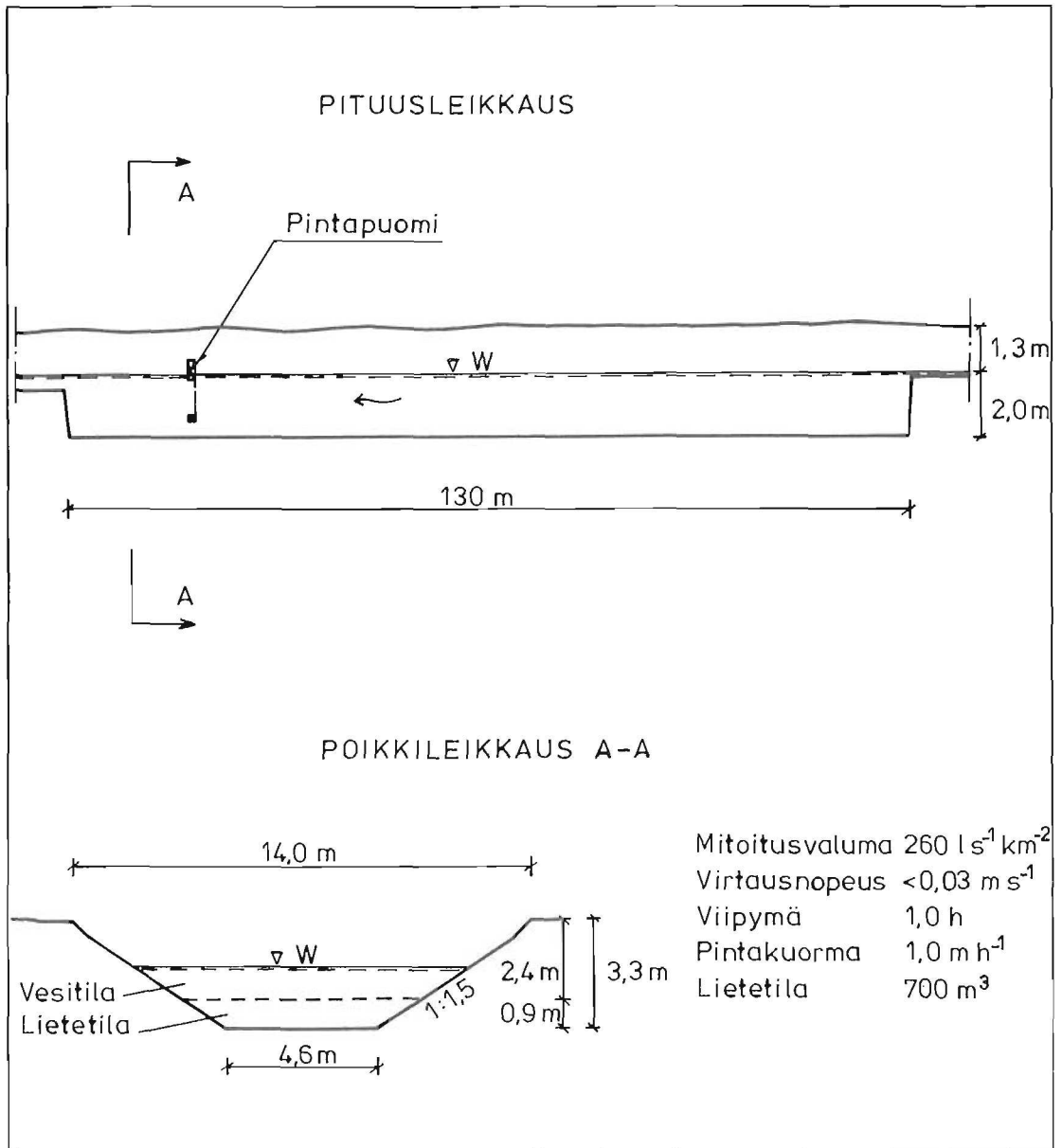
### 2.2 MURTOSUO

Laskeutusaltaan poistopään patorakenteen toimivuutta tutkittiin Pudasjärven kunnan Murtosuon turvetuotantoalueella, joka sijaitsee Livon kylässä, noin 15 km Kurunalan keskustaaajamasta pohjoiseen (kuva 3). Suunniteltu

tuotantoalue jakaantuu kolmeen erilliseen lohkoon, joiden tuotantopinta-ala on yhteensä 128,5 ha (kuva 3). Tuotantoalueesta on metsäojitetettu noin 50 % eri ajanjaksoina 1-20 vuotta sitten.



Kuva 1. Kurunnevan laskeutusaltaiden tutkimusalue.



Kuva 2. Kurunnevan laskeutusaltaiden pituus- ja poikkileikkaus sekä mitoitusarvot.

Tuotantotapana tulee olemaan haku- tai kokoojavaunumene-  
telmään perustuva jyrshinturvetuotanto. Turve on lähes  
kauttaaltaan saravaltaista ja sen keskimaatuneisuusaste  
on H 5,0. Suon yleisimpänä pohjamaalajina ovat hiekka ja  
paikoin hieta tai hiesu. Suon keskisyvyys on 2,1 m.  
Alueella on nostokelpoista turvetta luonnontilaisina  
suokuutioina 3,2 milj. m<sup>3</sup>.

Tutkimukset tehtiin tuotantoalueen lohkolle 2, jonka  
pinta-ala on 60 ha. Lohkon rakentaminen aloitettiin  
syksyllä 1987. Lohkolta valuvat vedet johdetaan laskeu-  
tusaltaiden (parialtaat) kautta Kivarinjokeen, josta  
edelleen Kivarinjärven ja Törrönjoen kautta Iijokeen  
(kuva 3). Laskeutusaltat kaivettiin marraskuussa 1987.  
Tuotantoalueen ulkopuoliset vedet johdettiin laskeutus-  
altaiden ohi huhtikuussa 1989. Laskeutusaltaiden yläpuolella



olevien kokoojaojien kaltevuus on 0,7 - 1,3 ‰ ja ojat ulottuvat osittain kivennäismaahan. Laskeutusaltaiden pituus on 63 m, leveys 12 m ja kokonaissyvyys 3,0 m (kuvat 3 ja 4). Laskeutusaltaat on mitoitettu Haikaraisen (1988) mitoitusohjeen mukaisesti (kuva 4, liite 1).

Altaiden poistopäihin asennettiin Kainuun vesi- ja ympäristöpiirissä kehitetyt patolaatikot marraskuussa 1987 (kuva 5). Toinen patolaatikko varustettiin Thompsonin kolmiomittapadolla ja toinen reikälevyllä. Kun valuma on pieni vesi, vesi virtaa patolaatikon reikien kautta ja vesipinta on reikien tasolla. Valuman ollessa 100 - 300 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> padottavat settilankut vettä, jolloin painekorkeus kasvaa ja virtaama pohja-aukoista kasvaa. Padotuksen kasvaessa kasvaa myös altaan vesipoikkileikkausala siten, että virtausnopeus on altaassa virtaamasta riippumatta noin 0,01 m s<sup>-1</sup>. Valuman ollessa yli 300 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> vettä purkautuu myös patolaatikon ylimmän settilankun yli.

Altaiden yläpuolelle asennettiin kaksoisputkirumpu, jotta turvetuotantoalueelta valuva vesi saatiin jaettua tasaisesti altaille (kuvat 3 ja 6). Putkien yläpäihin asennettiin mittapatoelementit, joista voitiin määrittää altaille tulevat virtaamat. Rumpujen alapuolelle rakennettiin ponttiseinä veden jakajaksi. Altaille rakennettiin myös ohitusoja, jonka yläpään rakennettiin mittapatorumpu. Kaksoisputkirummut voidaan sulkea ohitusta varten vaihtamalla mittapatolevyt umpilevyihin.

Laskeutusaltaiden rakentamisen jälkeen kaivettiin kokooja- ja sarkaojat joulukuun 1987 ja marraskuun 1988 välisenä aikana.

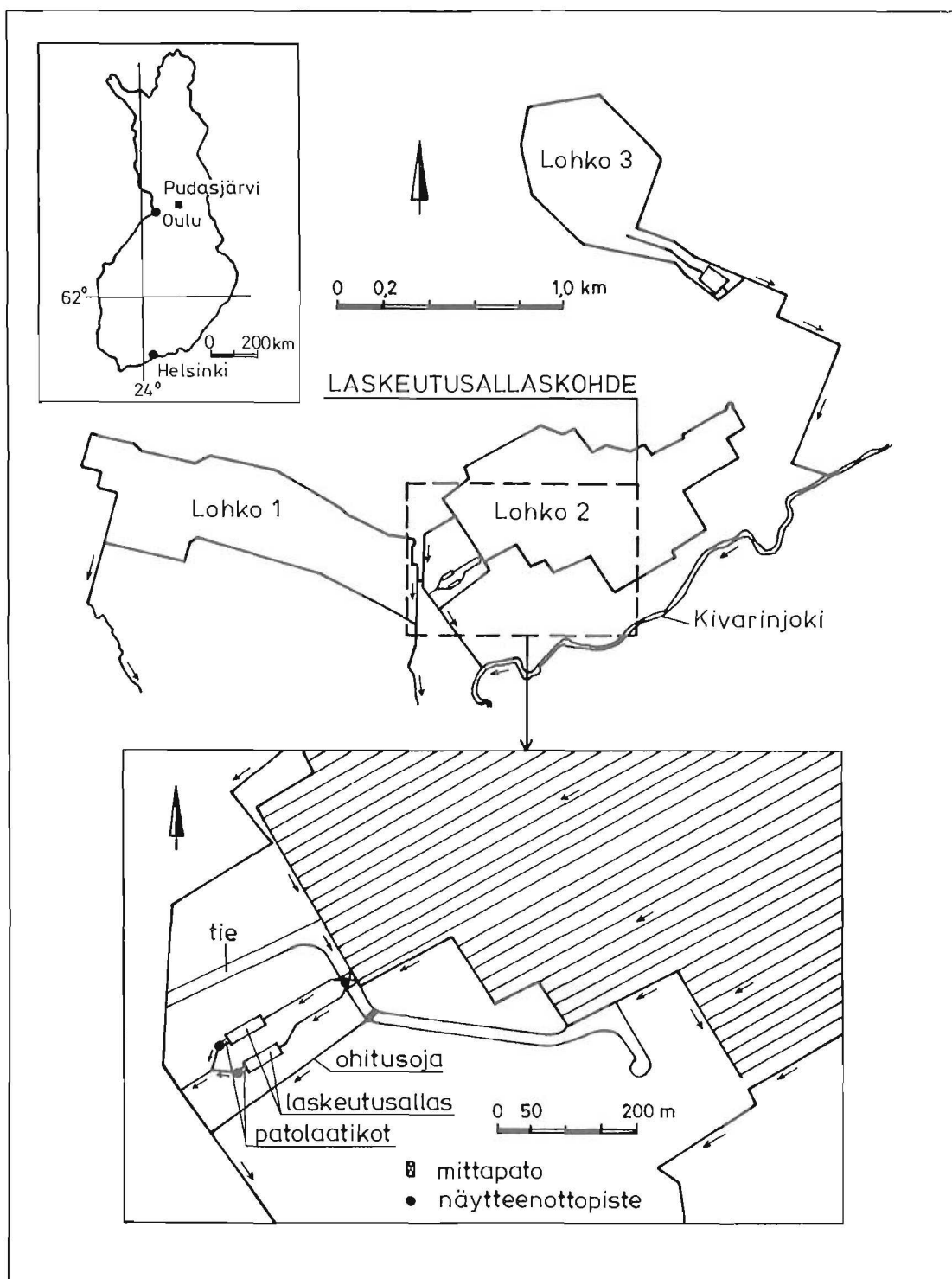
### 3 A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

Kurunnevalla tutkittiin pääasiassa laskeutusaltaan puhdistustiheyden vaikutusta altaasta lähtevän veden laatuun. Toinen allas puhdistettiin kolmesti vuodessa ja toinen allas vain kerran vuodessa. Lisäksi selvitettiin kaivukoneeseen yhdistetyn imukauharuoppaajan soveltuvuutta laskeutusaltaaseenkertyneen lietteenpoistoon. Murtosuolla tutkittiin patolaatikon soveltuvuutta laskeutusaltaiden poistopään rakenteeksi. Piipsannevalla tehtiin pyörreselkeyttimen pienoismallikokeet, joita ei käsitellä tässä raportissa. Pienoismallikokeiden tulokset on esitetty kuitenkin tämän raportin liitteessä 2. Lisäksi liitteessä 3 on lyhyesti esitetty tulokset laboratoriokokeista, joissa eri kemikaaleja käytettiin laskeutuksen apuaineena.

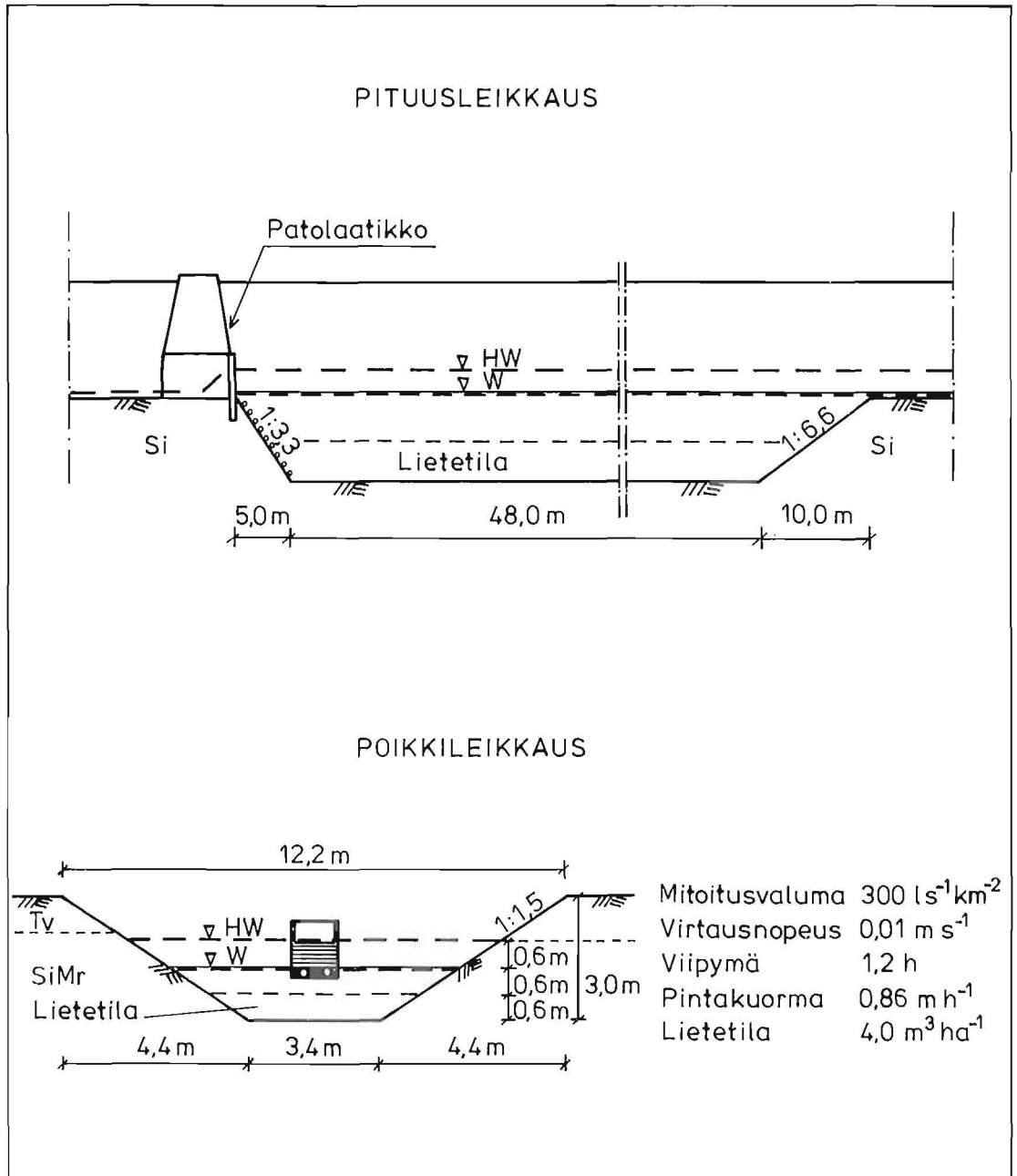
#### 3.1 HYDROLOGIA

Päivittäiset sademäärät saatiin ilmatieteen laitoksen Haapaveden mittausasemalta noin 35 km:n etäisyydeltä

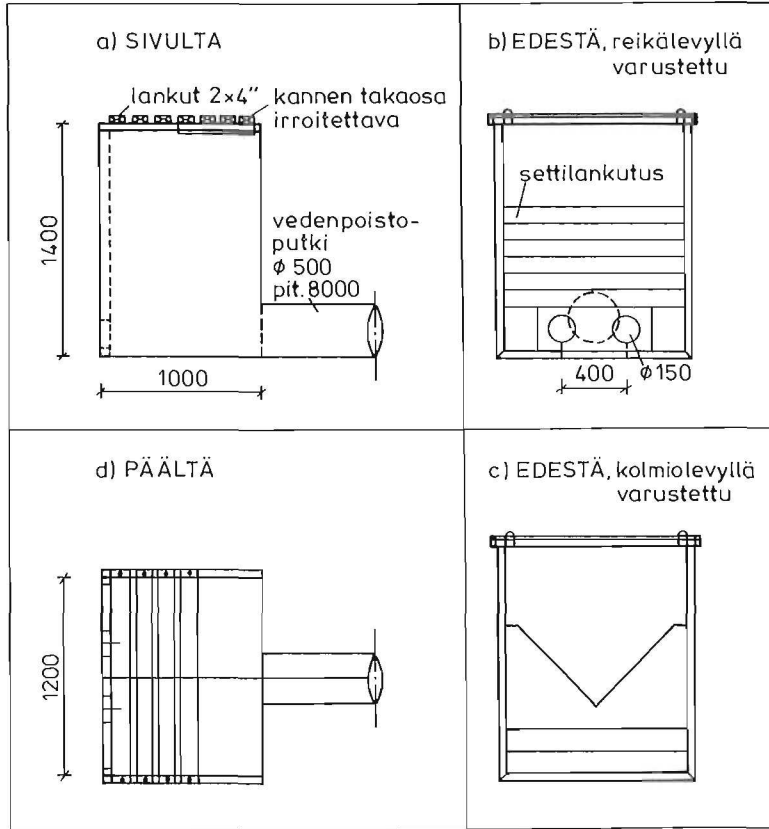
Kurunnevan turvetuotantoalueesta sekä ilmatieteen laitoksen Kurenalan mittausasemalta noin 10 km:n etäisyydeltä Murtosuon turvetuotantoalueesta. Havainnoista määritettiin kuukausittaiset sadanta-arvot.



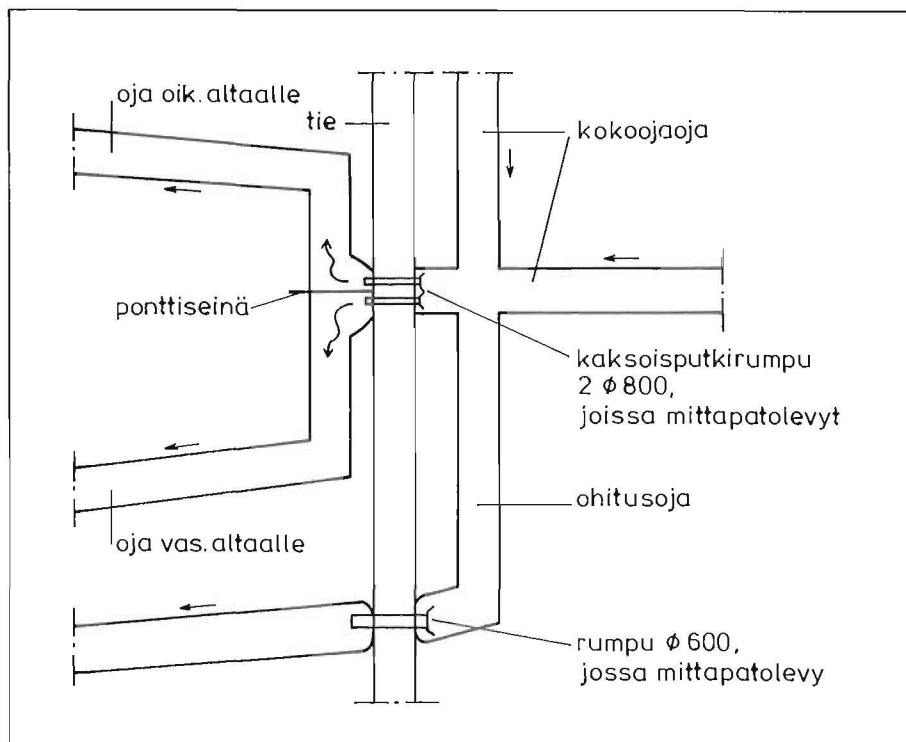
Kuva 3. Murtosuon laskeutusaltaiden tutkimusalue.



Kuva 4. Murtosuon laskeutusaltaiden pituus- ja poikkileikkaus sekä mitoitusarvot.



Kuva 5. Murtosuon laskeutusaltaissa olevat patolaatikot.



Kuva 6. Vedenjakorakenteet Murtosuon laskeutusaltaiden yläpuolella.

Virtaamat mitattiin Kurunnevalalla altaiden alapuolisilla kolmiomittapadoilla puhdistuskokeilujen aikana 10.8.-27.8.1987 (kuva 1). Vuonna 1988 (18.7. - 31.10.) virtaamat mitattiin kerran päivässä. Lisäksi altaiden puhdistuksen aikana virtaamat mitattiin tunnin välein. Vuonna 1989 (20.6. - 31.10.) virtaamat mitattiin päivittäin.

Virtaamat mitattiin Murtosuolla laskeutusaltaiden yläpuolisilla kolmiomittapadoilla viikottain näytteenoton yhteydessä 30.4. - 11.10. 1988 (kuvat 3 ja 6). Marras-joulukuussa 1988 mittapadot lämpöeristettiin. Helmikuussa 1989 mittapato varustettiin piirtävällä vedenkorkeusmittarilla, jonka jälkeen virtaamat saatiin mitattua jatkuvana.

### 3.2 VESINÄYTTEIDEN OTTO JA ANALYSOINTI

Vesinäytteitä otettiin Kurunnevalalla altaiden yläpuolisesta tulouomasta ja molempien altaiden alapuolisilta mittapadoilta (kuva 1). Vuonna 1987 näytteitä otettiin elokuussa ennen ruoppausta, ruoppauksen aikana ja noin kahden viikon ajan ruoppauksen jälkeen. Vuosina 1988 ja 1989 näytteitä otettiin viikottain 1.6. - 31.10. Näytteet analysoitiin Oulun vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratoriossa. Niistä määritettiin kiintoainepitoisuus, orgaaninen kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus ( $COD_{Mn}$ ), kokonaistyyppi-, ammoniumtyppi-, nitraattityppi-, kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- ja rautapitoisuus, pH sekä väri vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä (Vesihallitus 1981).

Vesinäytteitä otettiin Murtosuolla laskeutusaltaiden yläpuoliselta kolmiomittapadolta ja molempien laskeutusaltaiden alapuolisista patolaatikoista (kuva 3). Vuosina 1988 ja 1989 näytteet otettiin viikottain 1.6.-31.10. Näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, orgaaninen kiintoaine ja kemiallinen hapenkulutus ( $COD_{Mn}$ ) vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä (Vesihallitus 1981).

### 3.3 VEDENLAATU- JA VIRTAAMA-AINEISTON KÄSITTELY

Ainevirtaamat laskettiin virtaamien ja pitoisuuksien avulla. Laskeutusaltailla saavutetut keskimääräiset poistumat laskettiin ainevirtaamien perusteella.

Altaiden kykyä pidättää kiintoainetta tarkasteltiin määrittämällä virtauksen turbulenttisuutta tai laminaarisuutta kuvaava Reynoldsin luku (Huisman 1973, Hosia 1982, Ryti 1975). Lisäksi tarkasteltiin laskeutusaltaiden mitoitussarvoja valuman, pintakuorman ja virtausnopeuden osalta eri ajanjaksoilla.

### 3.4 LASKEUTUSALTAIDEN PUHDISTAMINEN JA LIETEMÄÄRÄMITTAUKSET

Kurunnevan laskeutusaltaat puhdistettiin kerran vuonna 1987 ja lietemäärät mitattiin ennen altaiden puhdistamista (26.6.1987) ja altaiden puhdistuksen jälkeen (15.10.1987) mittakepillä. Vuosina 1988 ja 1989 toinen altaista ruopattiin vain kerran ja toinen allas kolme kertaa. Ruoppaukset tehtiin 16.6., 31.8. ja 24.10.1988 sekä 13.6., 30.8. ja 11.10.1989. Altaiden lietemäärät mitattiin ennen altaiden puhdistamista ja puhdistuksen jälkeen mittakepillä.

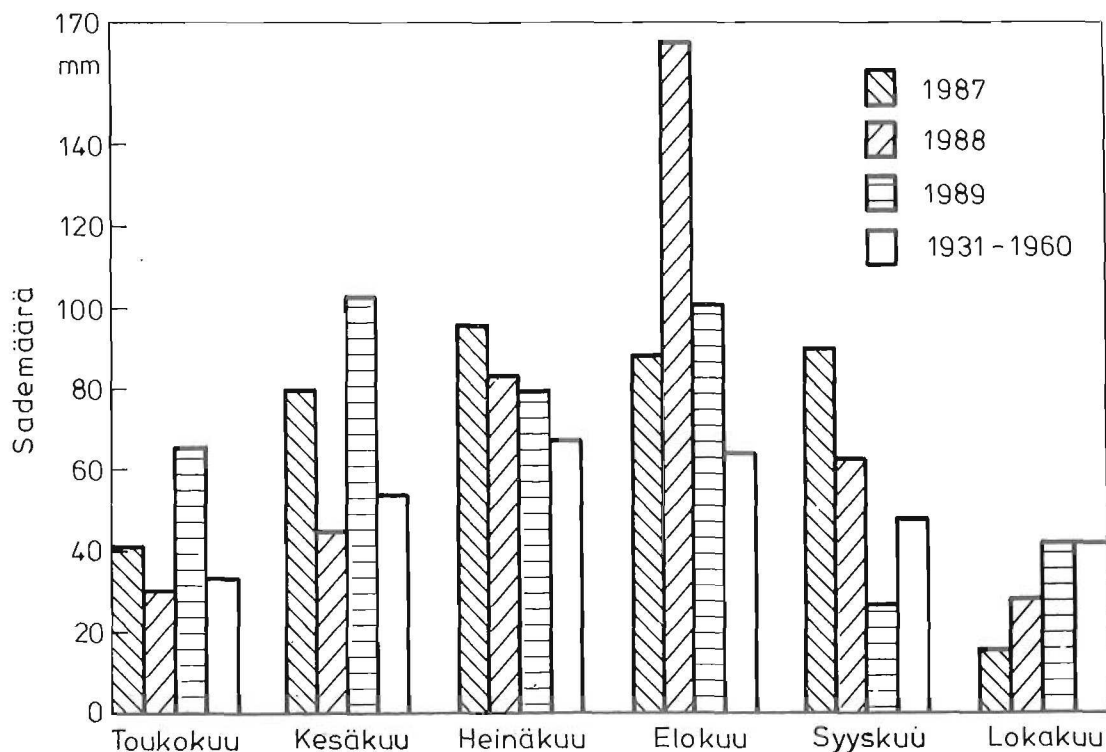
Ruopatun lietemäärän ja ruoppausajan perusteella laskettiin ruoppausteho. Varsinaiset imukauharuoppaajan soveltuvuuskokeet on esitetty Vapo Oy:n raportissa (Sänkiaho 1990).

## 4 T U L O K S E T

### 4.1 KURUNNEVA

#### 4.1.1 Hydrologia

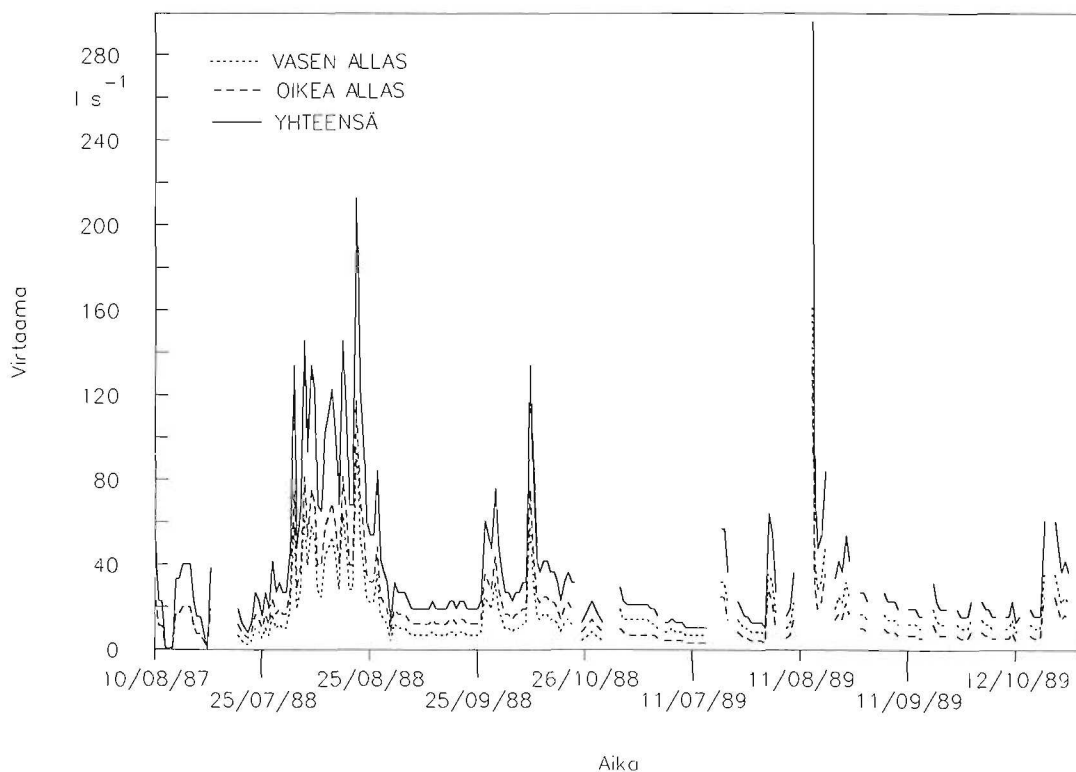
Vuosien 1987 - 1989 kesä - lokakuun ajanjaksot olivat pitkäaikaista sadantakeskiarvoa (v. 1931 - 1960) sateisempia (kuva 7). Vuonna 1987 lokakuun sadanta, vuonna 1988 kesäkuun ja lokakuun sadanta sekä vuonna 1989 lokakuun sadanta olivat kuitenkin pienempiä kuin vastaavat pitkäaikaiset sadantakeskiarvot. Alueella oli myös rankkasateita. Haapavedellä satoi 31 mm 25.7.1987, 61 mm 5.8.1988 ja 34 mm 4.6.1989.



Kuva 7. Sadanta kuukausittain vuosina 1987 - 1989 Haapavedellä, noin 35 km:n etäisyydellä Kurunnevan laskeutusallastutkimuskohteesta.

Kurunnevan kesä-lokakuun 1987 - 1989 virtaamat olivat eri kuukausina keskimäärin  $19,1 - 86,4 \text{ l s}^{-1}$  ja vaihtelivat välillä  $0,9 - 296,0 \text{ l s}^{-1}$  (kuva 8). Kesä-lokakuun valumat olivat vastaavasti keskimäärin  $6,0 - 25,2 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja vaihtelivat välillä  $0,2 - 86,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  oletettaessa kokonaisvaluma-alueen olevan 343 ha (taulukko 1). Turvetuotantoalueen osuus on 259 ha kokonaisvaluma-alueesta. Kokonaisvesimäärä jakaantui kahdelle laskeutusaltaalle lähes puoliksi, mutta ajoittain altaiden läpi virtaavat vesimäärät hieman vaihtelivat (kuva 8).

Laskeutusaltaiden pintakuorma oli alle  $0,2 \text{ m h}^{-1}$  ja virtausnopeus alle  $0,002 \text{ m s}^{-1}$ . Reynoldsin luku oli  $16-3879$ . Reynoldsin luvun perusteella virtaus laskeutusaltaassa oli turbulenttista, kun virtaama oli yli  $55 \text{ l s}^{-1}$ . Turbulenttisen ja laminaarisen virtauksen raja-arvo ylittyi virtaussuuntaan nähden oikeanpuoleisessa altaassa 14 kertaa vuonna 1988 ja kerran vuonna 1989 sekä virtaussuuntaan nähden vasemmanpuoleisessa altaassa 6 kertaa vuonna 1988 ja kerran vuonna 1989.



Kuva 8. Kurunnevan päivittäiset kokonaisvirtaamat laskeutusaltaiden alapuolella olevilla mittapadoilla.

Taulukko 1. Kurunnevan keskimääräiset kuukausivalumat ja minimi- sekä maksimivalumat vuosina 1987 - 1989 oletettaessa valuma-alueen olevan 343 ha.

Aika	Valuma ( $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ )		
	$\bar{x}$	Min	Maks
1987			
Elokuu	6,7	0,2	14,8
1988			
Heinäkuu	6,4	2,4	12,3
Elokuu	25,2	3,8	62,2
Syyskuu	7,8	5,6	22,2
Lokakuu	10,1	3,8	39,2
1989			
Kesäkuu	6,4	5,6	8,7
Heinäkuu	5,6	3,1	16,7
Elokuu	16,0	3,1	86,3
Syyskuu	6,0	4,7	9,3
Lokakuu	7,9	3,8	17,8

#### 4.1.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Kurunnevan eteläiseltä turvetuotantoalueelta valuvan veden kesä-lokakuun kiintoainepitoisuus oli eri vuosina keskimäärin 10,7 - 86,7  $mg\ l^{-1}$  ja vaihteli välillä 6,4 - 1 394  $mg\ l^{-1}$  vuosina 1987 - 1989 (taulukko 2). Orgaaninen kiintoaine muodosti 28 % kiintoaineesta vuonna 1988 ja 72 % vuonna 1989. Valumaveden kemiallinen hapenkulutus oli vastaavasti keskimäärin 20,7 - 46,3  $mg\ l^{-1}$ , väri 370-390 Pt  $mg\ l^{-1}$ , rautapitoisuus 7,7 - 9,6  $mg\ l^{-1}$  ja pH 6,5-6,7.

Valumaveden keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus oli vastaavasti 1,6 - 3,5  $mg\ l^{-1}$ , ammoniumtyyppipitoisuus 0,7-1,0  $mg\ l^{-1}$  ja nitraattityyppipitoisuus 0,1 - 0,2  $mg\ l^{-1}$  (taulukko 2). Epäorgaaninen tyyppi muodosti 34 - 50 % kokonaistypestä. Valumaveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli vastaavasti 0,07 - 0,10  $mg\ l^{-1}$  ja ortofosfaattipitoisuus 0,01 - 0,05  $mg\ l^{-1}$ . Orgaaninen fosfori muodosti 48 - 60 % kokonaisfosforista.

#### 4.1.3 Laskeutusaltaiden kuormitus

Kurunnevan turvetuotantoalueelta laskeutusaltaille kohdistunut kiintoainekuormitus oli kesä-lokakuussa 1987-1989 keskimäärin 10,2 - 470,6  $kg\ vrk^{-1}$  ja vaihteli välillä 0,1 - 7 495  $kg\ vrk^{-1}$  (taulukko 3, kuvat 10 ja 11). Laskeutusaltaille kohdistui ajoittain hiukan eri suuruiset kuormitukset altaille kohdistuvan hydraulisen kuormituksen vaihdellessa (ks 4.1.1).



Taulukko 2. Kurunnevan turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu kesä - lokakuussa 1987 - 1989.

Vedenlaatuomuttuja	Pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )											
	1987 <sup>1)</sup>				1988				1989			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Kiintoaine	10,7	7,7	14,1	14	26,5	6,4	171	25	86,7	9,9	1394	27
Epäorg. kiintoaine					19,1	3,1	148	26	24,0	5,6	178	26
COD <sub>Mn</sub>	20,7	17,7	26,2	14	22,9	15,3	41,3	25	46,3	15,1	435	27
Väri	390	280	500	12	390	280	700	25	370	200	750	27
Kok. N	1,7	1,5	2,3	14	1,6	0,6	2,9	25	3,5	0,7	30,6	26
NH <sub>4</sub> -N	0,9	0,8	1,1	14	0,7	0,02	1,4	24	1,0	0,1	3,0	27
NO <sub>3</sub> -N					0,1	0,02	0,4	23	0,2	0,02	0,9	26
Kok. P	0,07	0,06	0,07	14	0,08	0,05	0,18	25	0,1	0,06	0,5	26
PO <sub>4</sub> -P	0,04	0,03	0,06	14	0,04	0,01	0,14	25	0,05	0,002	0,07	27
Kok. Fe	7,7	5,6	8,9	14	8,5	3,3	23,1	25	9,6	4,1	24,6	27
pH	6,5	6,3	6,7	14	6,7	6,1	7,2	25	6,5	5,1	7,2	27

1) Elokuu 1987

Orgaanisten aineiden kuormitus mitattuna kemiallisena hapenkulutuksena oli vastaavasti keskimäärin 22,5 - 181,9 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 0,1 - 2 340 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 3, kuvat 12 ja 13).

Kokonaistyyppiikuormitus oli vastaavasti keskimäärin 1,9-14,5 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 0,01 - 164 kg vrk<sup>-1</sup>, kokonaisfosforikuormitus oli keskimäärin 0,07 - 0,3 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 0,001 - 2,7 kg vrk<sup>-1</sup> ja kokonaisrautakuormitus oli keskimäärin 7,5 - 21,3 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 0,1 - 132 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 2, kuvat 14 ja 19).

Taulukko 3. Kurunnevan laskeutusaltaille kohdistunut keskimääräinen kuormitus (kg vrk<sup>-1</sup>) kesä-lokakuussa 1987 - 1990.

Vedenlaatuomuttuja	Keskimääräinen kuormitus (kg d <sup>-1</sup> )					
	1987 <sup>1)</sup>		1988		1989	
	Vasen <sup>2)</sup> allas	Oikea <sup>2)</sup> allas	Vasen allas	Oikea allas	Vasen allas	Oikea allas
Kiintoaine	10,2	10,2	42,9	64,6	470,6	358,2
COD <sub>Mn</sub>	22,5	22,5	37,5	54,7	181,9	135,3
Kok. N	1,9	1,9	2,9	4,2	14,3	10,6
Kok. P	0,07	0,07	0,1	0,2	0,3	0,2
Kok. Fe	7,5	7,5	9,8	15,1	21,3	14,6

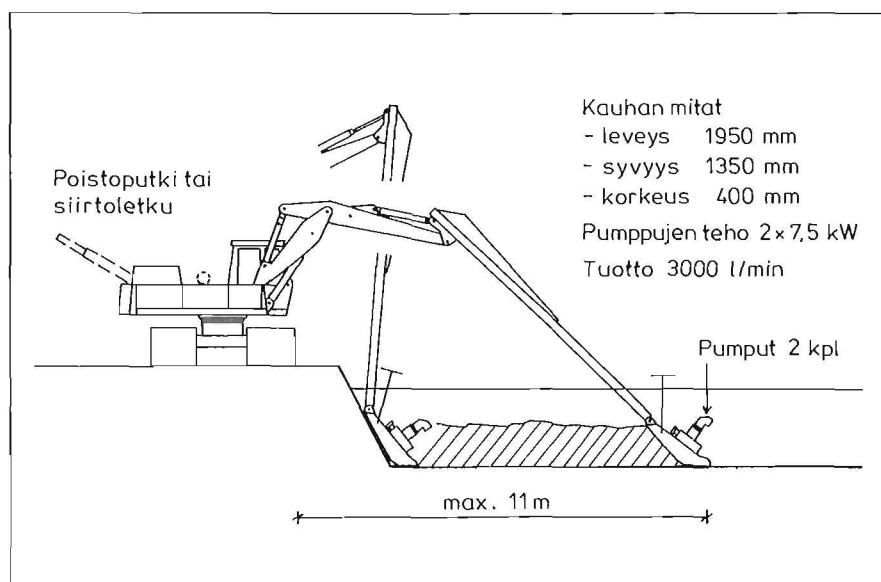
1) Elokuu 1987

2) Oikea allas = virtaussuunnassa oikeanpuoleinen allas

Vasen allas = virtaussuunnassa vasemmanpuoleinen allas

#### 4.1.4 Laskeutusaltaiden puhdistaminen ja lietemäärämittaukset

Vuonna 1987 molemmat laskeutusaltaat ruopattiin vain kerran Oulun vesi- ja ympäristöpiirin imukauharuoppaaja-prototyypillä (taulukko 4). Vuosina 1988 ja 1989 toinen altaista puhdistettiin vain kerran ja toinen allas kolme kertaa vuodessa Vapo Oy:n ja Lännen Engineering Oy:n kehittämällä imukauharuoppaajalla (kuva 9). Ruoppaajan tekniset ominaisuudet on esitetty Sänkiähon (1990) tutkimusraportissa. Laskeutusaltaat oli ruopattava molemmilta puolilta, sillä koneen ulottuvuus on noin 8 m, ja altaiden leveys on 14 m. Koneen suurin ulottuvuus on noin 11 m telojen alapinnan kohdalla. Tätä ulottuvuutta pienentävät käytännössä altaiden reunojen korkeus ja altaiden reunapenkereen kantavuus. Liete pumpattiin laskeutusaltaiden vieressä oleviin lietealtaisiin.



Kuva 9. Kurunnevan laskeutusaltaat puhdistettiin Vapo Oy:n ja Lännen Engineering Oy:n kehittämällä imukauharuoppaajalla vuosina 1988 ja 1989 (Sänkiäho 1990).

Altaista poistettiin lietettä yhteensä noin 1 100 m<sup>3</sup> vuosina 1987 - 1989 (taulukko 4). Yhden puhdistuskerran aikana altaista ruopattiin lietettä 58 - 571 m<sup>3</sup>. Imukauharuoppaajan keskimääräinen ruoppauskapasiteetti oli 41 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Lietteen mukana altaasta pumpattiin vettä, ja ruoppauksen aikana veden virtaus alapuoliseen vesistöön usein lakkasi.

#### 4.1.5 Laskeutusaltaiden puhdistustiheyden vaikutus turvetuotantoalueen kuormitukseen

Kurunnevan laskeutusaltailla saavutettu eri vuosien kesälokakuun keskimääräinen kiintoainepoistuma oli -216 - 73 % (taulukko 5). Vuonna 1989 altailla kohdistunut kiintoainekuormitus oli suuri varsinkin elokuun puolella välissä (ks. 4.1.2 ja 4.1.3). Tuolloin altailla saatiin poistettua keskimäärin 73 % kiintoainesta. Altaista huuhtoutui kiintoainetta ruoppauksen aikana, mutta muutaman päivän

kuluttua ruoppauksesta huuhtoutuminen lakkasi (kuvat 10 ja 11). Ruoppauksen aiheuttama huuhtoutuminen heikensi jonkin verran tutkimuksen aikaista keskimääräistä puhdistustulosta. Erot puhdistustuloksissa olivat kuitenkin varsin pieniä, koska ruoppauksen aiheuttama huuhtoutuminen oli varsin lyhytaikaista. Ruoppaustiheyden lisääminen yleensä lisäsi alapuoliseen vesistöön kohdistuvaa kiintoainekuormitusta.

Vuonna 1987 näytteitä otettiin vain elokuussa, jolloin altaat myös ruopattiin. Tämän vuoksi puhdistustulos on heikko vuonna 1987.

Keskimääräinen orgaanisten aineiden poistuma oli vastaavasti - 5 - 49 % (taulukko 5, kuvat 12 ja 13). Puhdistustiheydellä ei ollut merkittävää vaikutusta orgaanisten aineiden kuormitukseen. Kuormitus kasvoi puhdistuksen aikana, mutta pieneni muutaman päivän kuluessa ruoppausajankohtaa edeltävälle tasolle.

Keskimääräinen kokonaistyyppi-poistuma oli - 9 - 49 %, keskimääräinen kokonaisfosforipoistuma - 33 - 31 % ja keskimääräinen kokonaisrautapoistuma - 27 - 38 % (taulukko 5, kuvat 14 - 19). Vuonna 1989, jolloin altailla saatiin poistettua parhaiten kiintoainetta, saatiin poistetuksi myös parhaiten ravinteita ja rautaa. Ruoppaustiheydellä ei ollut kuitenkaan merkittävää vaikutusta ravinteiden ja raudan kuormitukseen. Niiden huuhtoutuminen lisääntyi kuitenkin lyhytaikaisesti puhdistuksen aikana.

Taulukko 4. Kurunnevan laskeutusaltaista poistetut liete-määrät ja imukauharuoppaajan ruoppauskapasiteetti.

Poistoajankohta	Poistettu lietemäärä (m <sup>3</sup> )		Ruoppauskapasiteetti (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	
	Vasen <sup>1)</sup> allas	Oikea <sup>1)</sup> allas	Vasen allas	Oikea allas
Vuosi 1987 <sup>2)</sup>				
17. - 21.8.		290		11
20. - 26.8.	140		11	
Vuosi 1988 <sup>3)</sup>				
16.6.	219		44	
31.8.	102		20	
24.10.	58	244	16	49
Vuosi 1989 <sup>3)</sup>				
13.6.	185		37	
30.8.	321		64	
11.10.	81	571	20	82
Yhteensä	1 106	1 105		

1) Vasen allas = virtaussuunnassa vasemmanpuoleinen allas

Oikea allas = virtaussuunnassa oikeanpuoleinen allas

2) Ruopattiin Oulun vesi- ja ympäristöpiirin imukauharuoppaajaprototyypillä

3) Ruopattiin Vapo Oy:n kehittämällä imukauharuoppaajalla

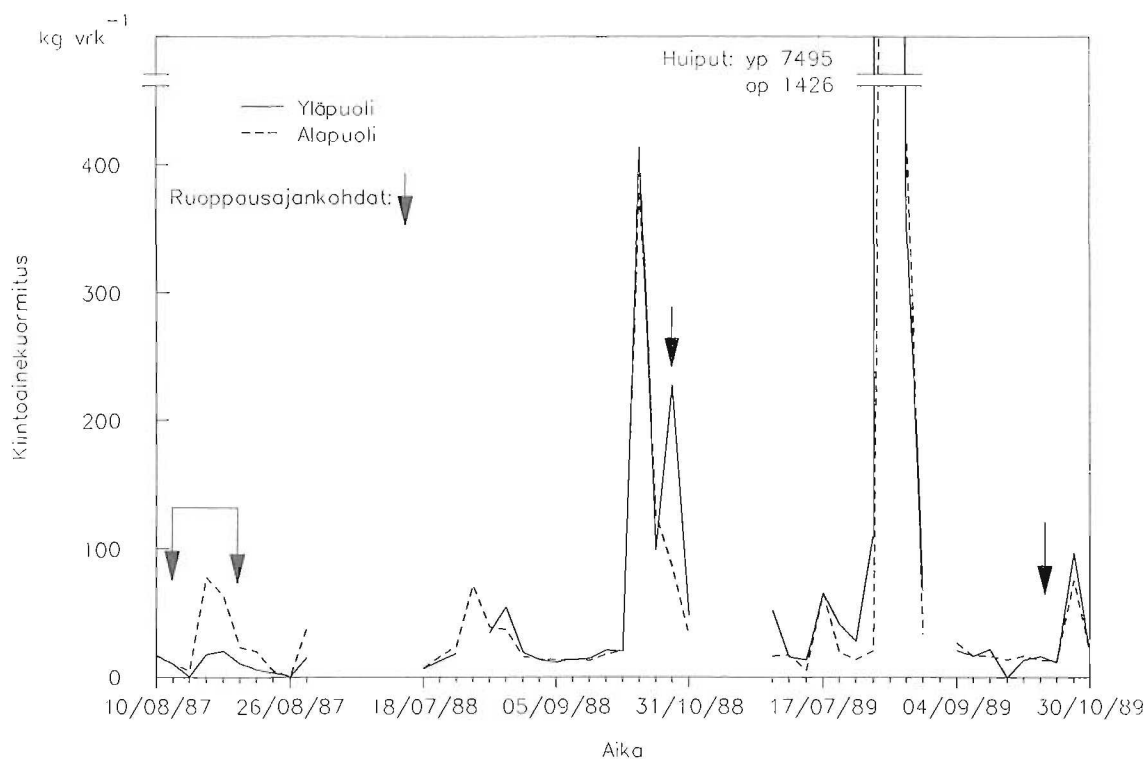
Taulukko 5. Keskimääräiset poistumat Kurunnevan laskeutusaltailla.

Vedenlaatumuttuja	Keskimääräinen poistuma (%)					
	1987 <sup>2)</sup>		1988		1989	
	Vasen <sup>1)</sup> allas	Oikea <sup>1)</sup> allas	Vasen allas	Oikea allas	Vasen allas	Oikea allas
Kiintoaine	-216	-159	-26	17	73	73
COD <sub>Mn</sub>	-5	-2	-2	3	47	49
Kok. N	-2	-9	-1	3	47	49
Kok. P	-33	-19	-6	6	26	31
Kok. Fe	-26	-27	-7	1	33	38

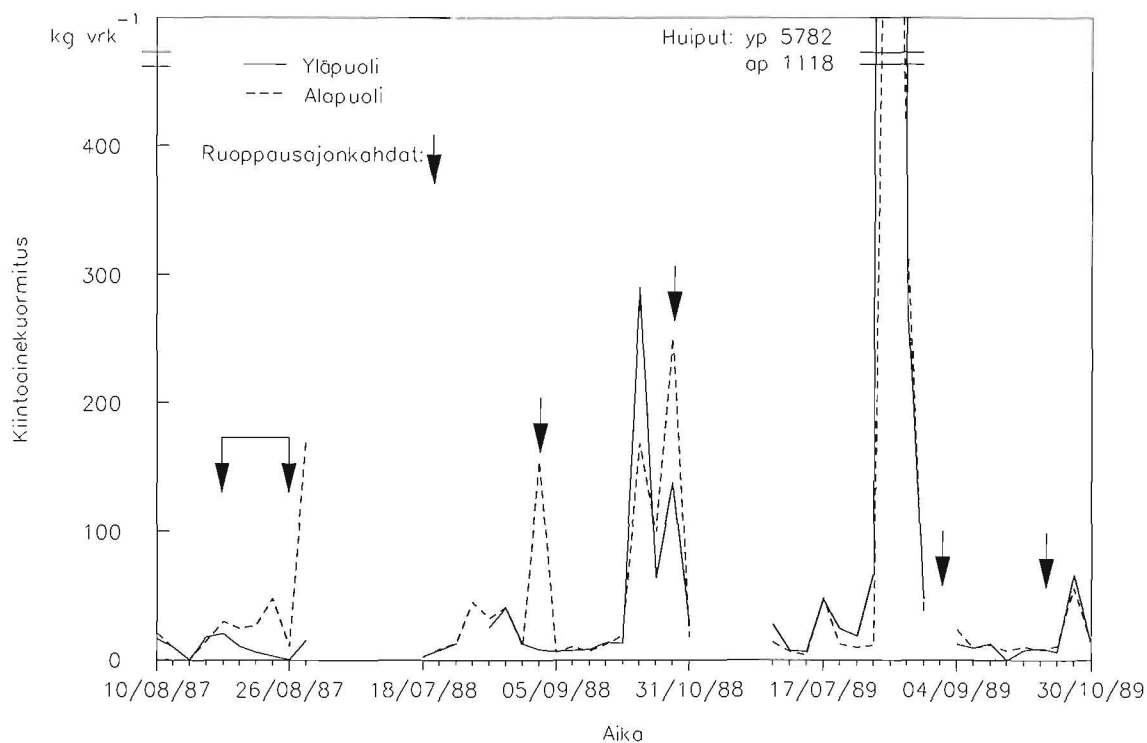
1) Oikea allas = virtaussuunnassa oikeanpuoleinen allas

Vasen allas = virtaussuunnassa vasemmanpuoleinen allas

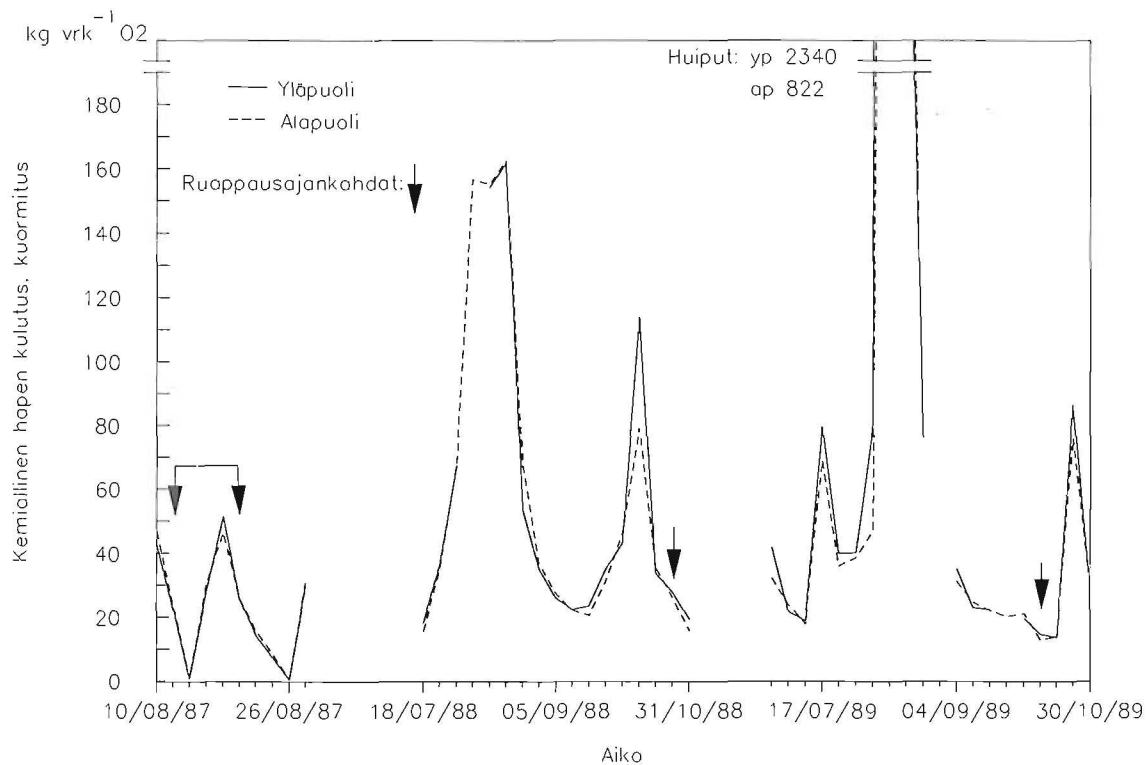
2) Elokuu 1987, altaat ruopattiin 17. - 26.8.1987



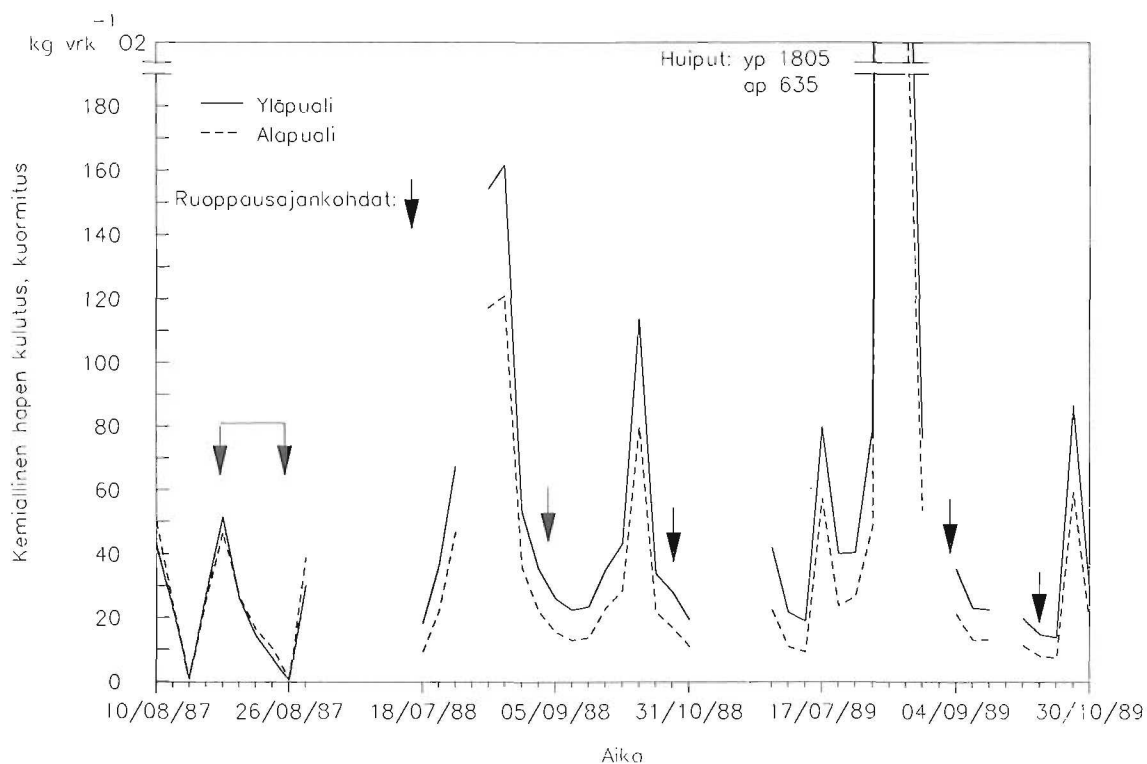
Kuva 10. Kiintoainekuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan oikeanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kerran vuodessa.



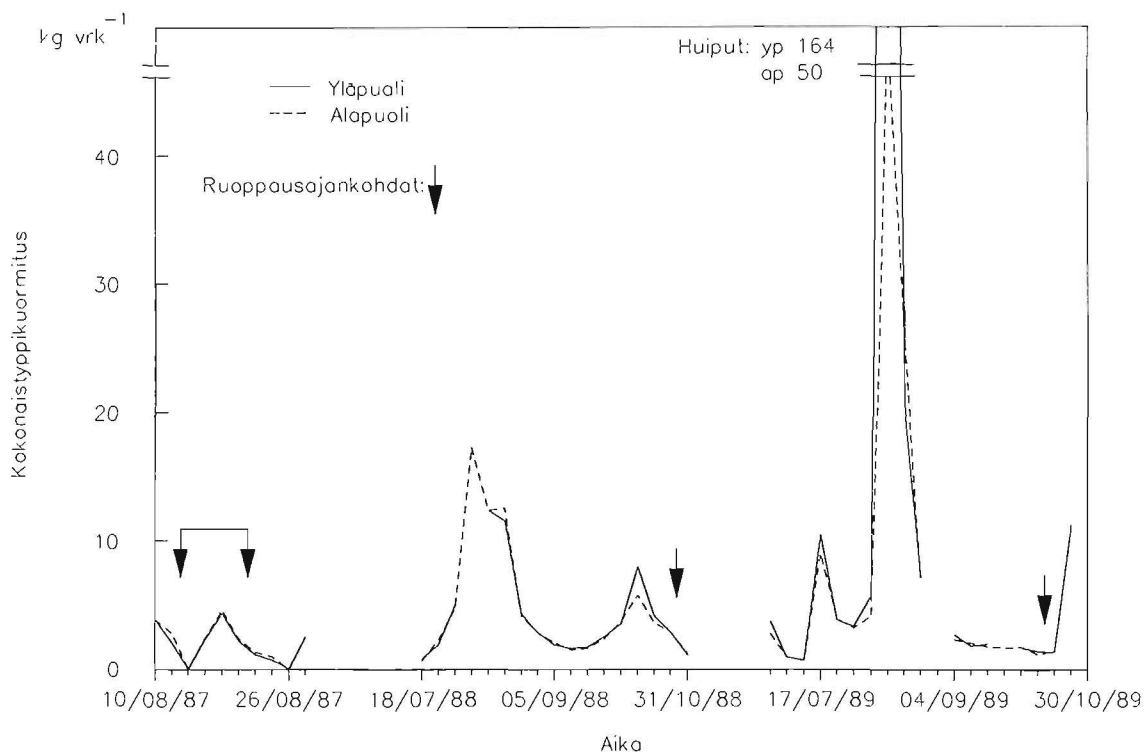
Kuva 11. Kiintoainekuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan vasemmanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kolme kertaa vuodessa.



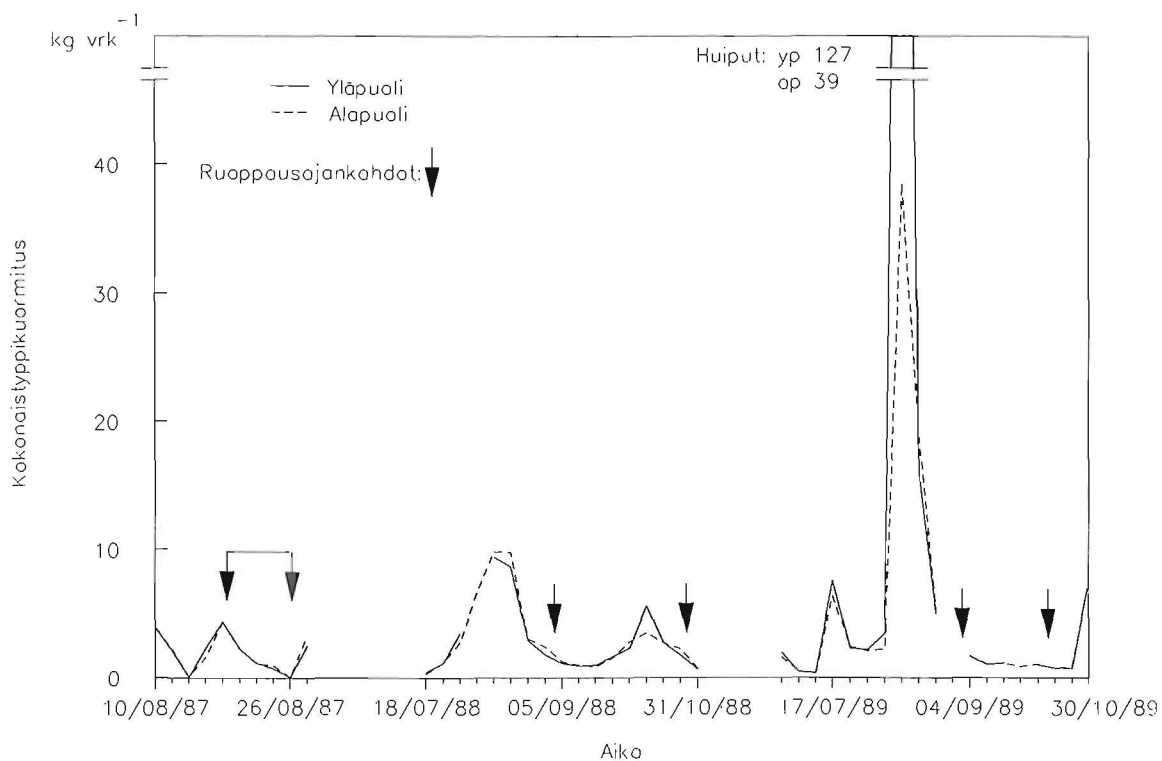
Kuva 12. Orgaanisten aineiden kuormitus vuosina 1987-1989 Kurunnevan oikeanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kerran vuodessa.



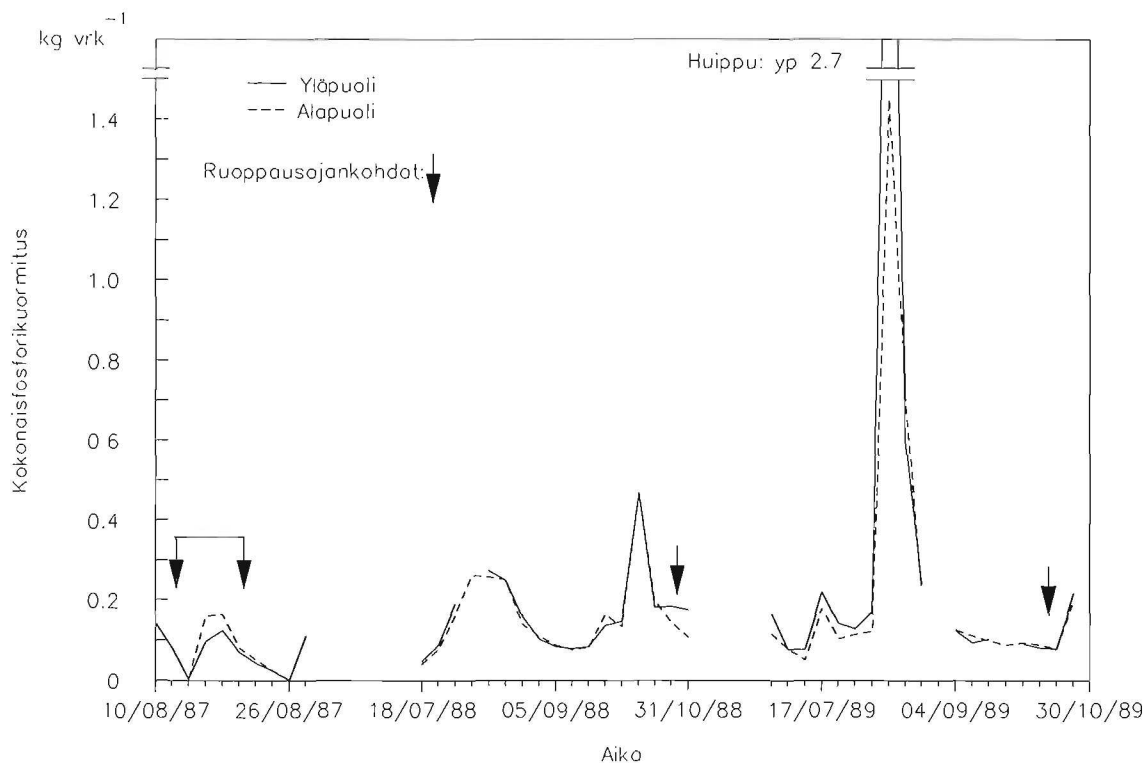
Kuva 13. Orgaanisten aineiden kuormitus vuosina 1987-1989 Kurunnevan vasemmanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kolme kertaa vuodessa.



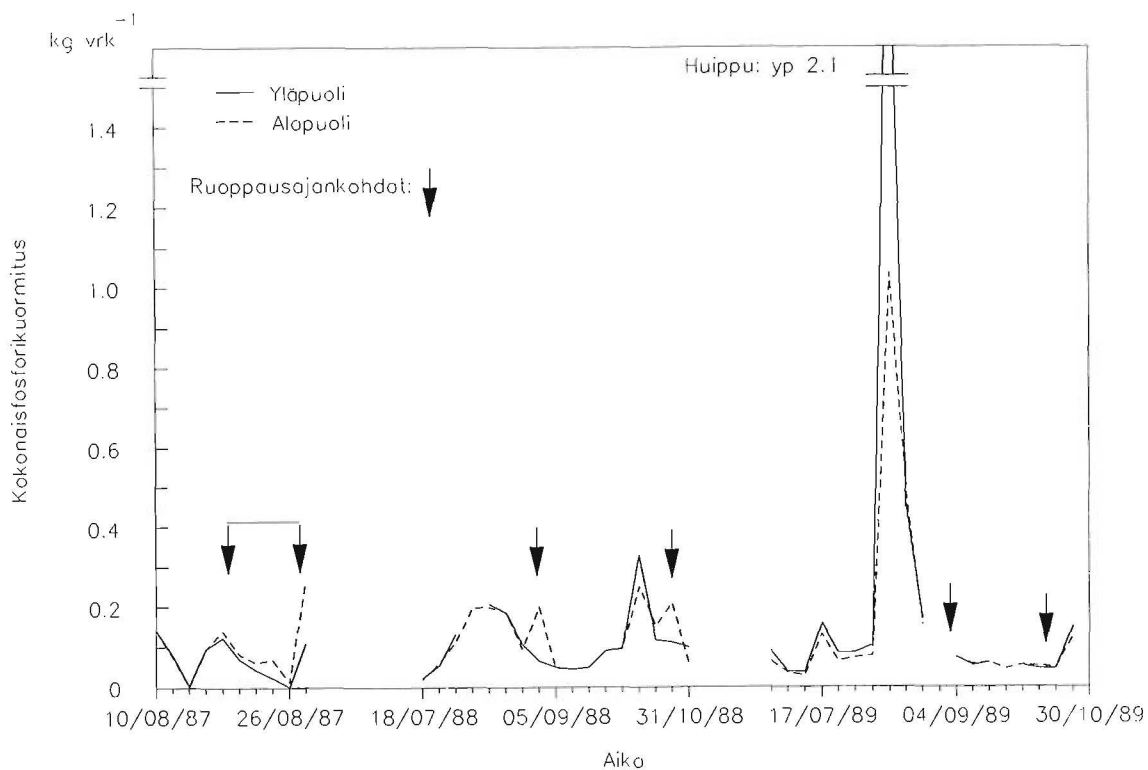
Kuva 14. Kokonaistyyppikuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan oikeanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kerran vuodessa.



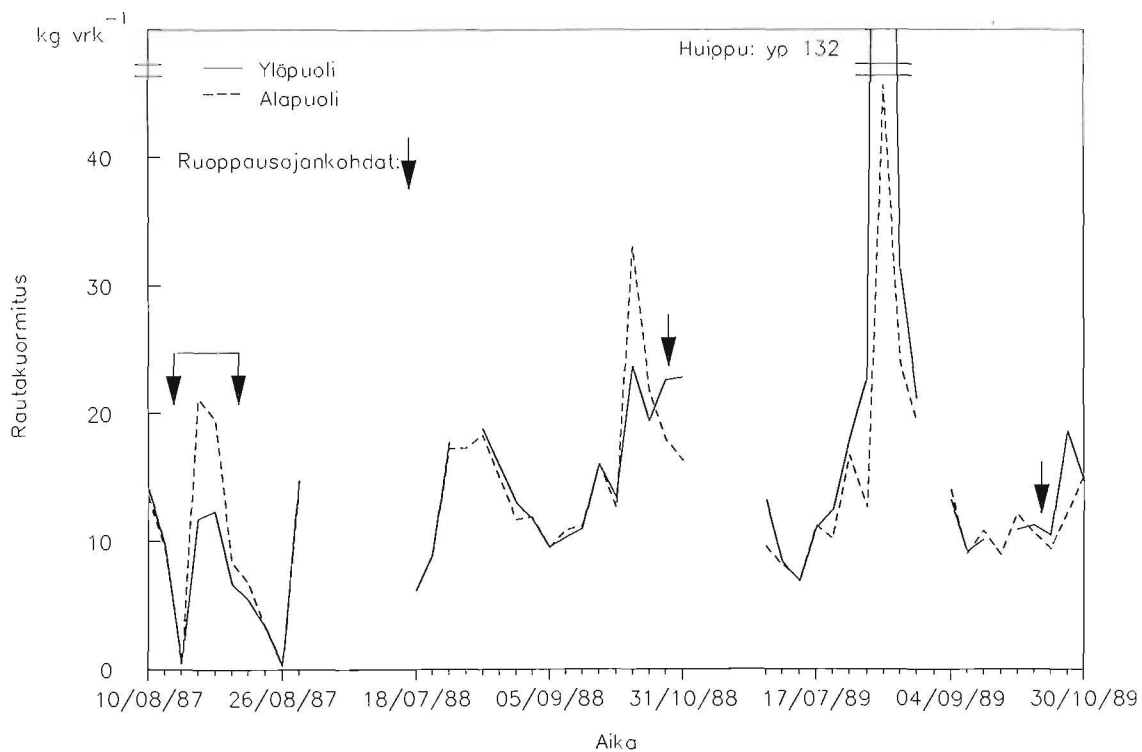
Kuva 15. Kokonaistypikuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan vasemmanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kolme kertaa vuodessa.



Kuva 16. Kokonaisfosforikuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan oikeanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kerran vuodessa.

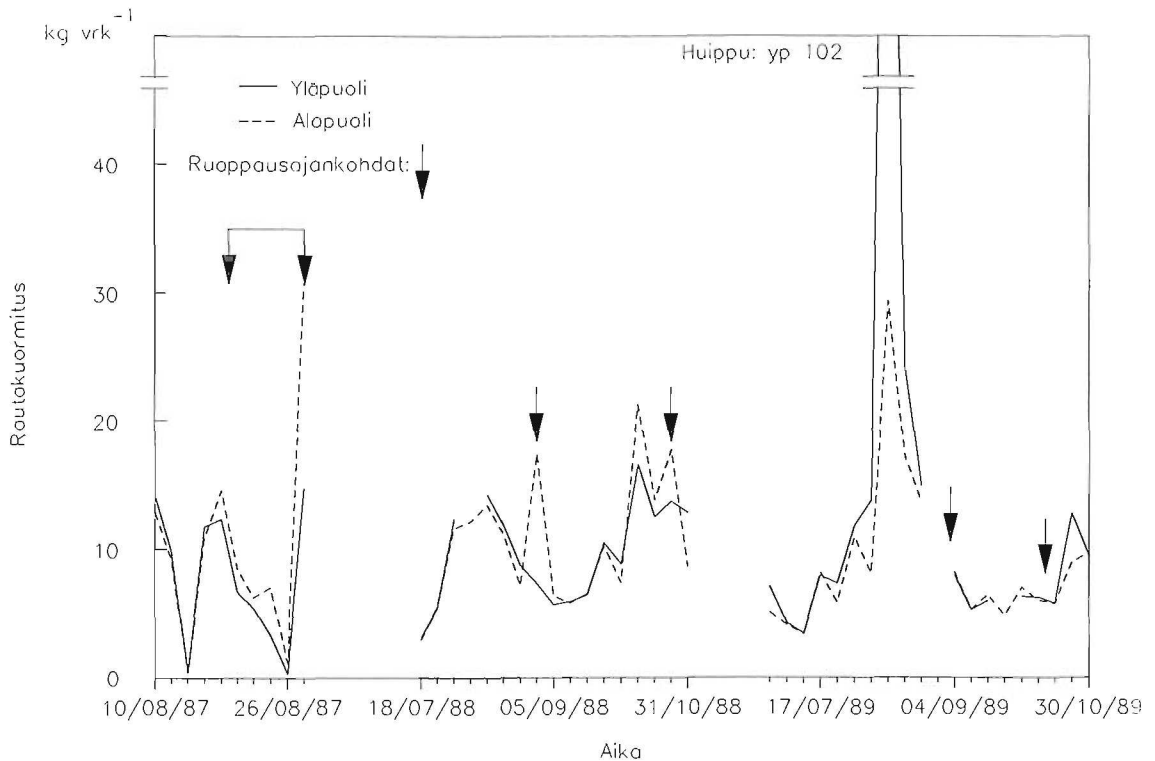


Kuva 17. Kokonaisfosforikuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan vasemmanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kolme kertaa vuodessa.



Kuva 18. Kokonaisrautakuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan oikeanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kerran vuodessa.





Kuva 19. Kokonaisrautakuormitus vuosina 1987 - 1989 Kurunnevan vasemmanpuoleisen laskeutusaltaan ylä- ja alapuolella. Allas puhdistettiin kolme kertaa vuodessa.

## 4.2 MURTOSUO

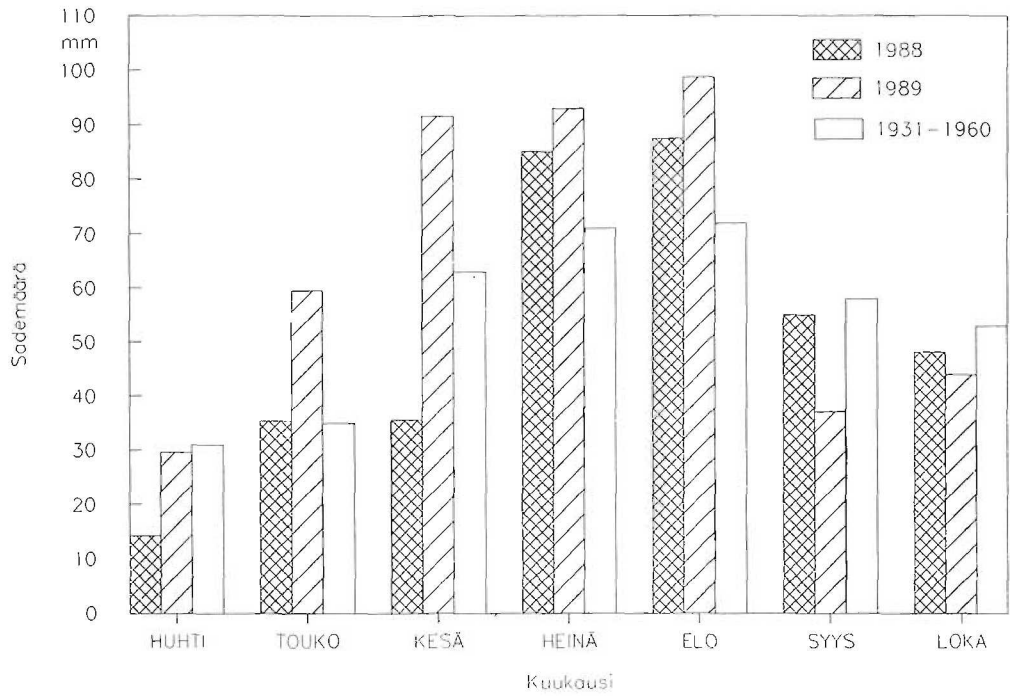
### 4.2.1 Hydrologia

Vuonna 1988 heinä- ja elokuun keskimääräiset sadannat Pudasjärven Kurenalalla olivat suurempia kuin vastaavat pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot (kuva 20). Tällöin alueella esiintyi ajoittain myös rankkasateita. Suurin vuorokausisadanta oli 19,2 mm (27.7.). Huhti-, touko-, kesä-, syys- ja lokakuun keskimääräiset sadannat olivat pienempiä tai lähes yhtä suuria kuin vastaavat pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot.

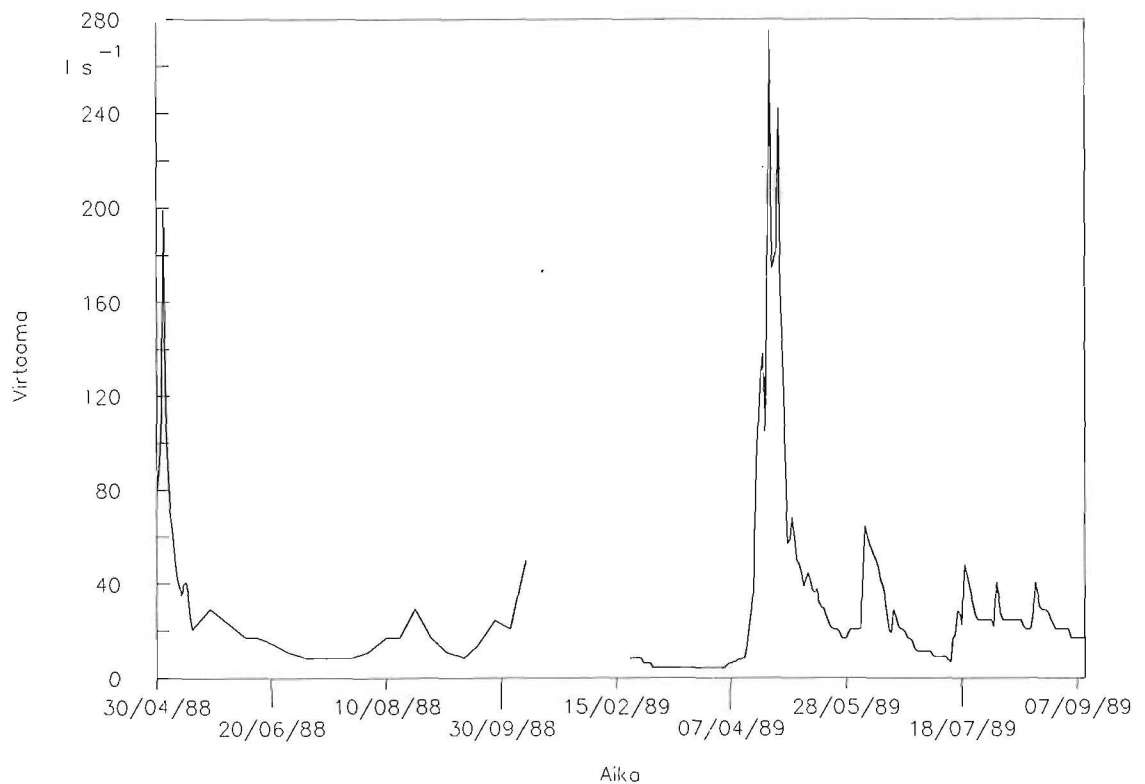
Vuonna 1989 huhti-, touko-, kesä-, heinä- ja elokuun keskimääräiset sadannat olivat huomattavasti suurempia kuin vastaavat pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot. Suurin vuorokausisadanta oli 31,7 mm (4.6.). Syys- ja lokakuun sadannat olivat pienempiä kuin vastaavat pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot.

Murtosuon helmi-lokakuun kuukausittaiset virtaamat olivat keskimäärin 4,6 - 75,2 l s<sup>-1</sup> ja vuorokauden virtaamat vaihtelivat välillä 4,5 - 275,0 l s<sup>-1</sup> vuosina 1988-1989 (kuva 21). Valumat olivat vastaavasti 7,7 - 125,3 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> ja vaihtelivat välillä 7,5 - 458,3 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> oletettaessa kokonaisvaluma-alueeksi 60 ha (taulukko 6). Mittapadolle tuli kuitenkin myös turvetuotantoalueen ulkopuolisia vesiä huhtikuuhun 1989 asti. Mitoitusvaluma,

300 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>, ylittyi kolmena päivänä huhtikuussa 1989. Kokonaisvesimäärä jakaantui kahdelle laskeutusaltaalle lähes puoliksi. Ajoittain altaiden läpi virtaavat vesimäärät vaihtelivat mm. mittapadon jäätyksen vuoksi.



Kuva 20. Keskimääräiset kuukausisadannat vuosina 1988-1989 ja pitkän ajanjakson (1931-1960) kuukausisadannat Pudasjärven Kurenalalla.



Kuva 21. Murtosuon virtaamat mitattuna kerran viikossa vuonna 1988 ja jatkuvana vuonna 1989 laskeutusaltaiden yläpuolella olevalla mittapadolla.

Laskeutusaltaiden pintakuorma oli pienempi kuin  $0,7 \text{ m h}^{-1}$  ja virtausnopeus pienempi kuin  $0,004 \text{ m s}^{-1}$ . Reynoldsin luku oli  $95 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^5$ . Reynoldsin luvun perusteella virtaus laskeutusaltaassa oli turbulენტtista, kun virtaama oli yli  $47 \text{ l s}^{-1}$ . Turbulenttisen ja laminaarisen virtauksen raja-arvo ylittyi laskeutusaltaissa kolmena päivänä toukokuussa 1988 ja 12 päivänä huhtikuussa 1989.

#### 4.2.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Murtosuon turvetuotantoalueelta valuvan veden kesä-lokakuun kiintoainepitoisuus oli vuonna 1988 keskimäärin  $7,1$  ja vuonna 1989 vastaavasti  $10,8 \text{ mg l}^{-1}$ . Havaintojen vaihteluväli oli  $3,1 - 40,2 \text{ mg l}^{-1}$  (taulukko 7). Orgaaninen kiintoaine muodosti  $52 - 60 \%$  kiintoaineesta. Valumaveden kemiallinen hapenkulutus oli vastaavasti  $15,2 - 15,6 \text{ mg l}^{-1}$  ja vaihteli välillä  $8,1 - 23,3 \text{ mg l}^{-1}$ .

Taulukko 6. Murtosuon keskimääräiset kuukausivalumat ja minimi- sekä maksimivalumat vuosina 1988 - 1989 oletettaessa valuma-alueeksi 60 ha.

Aika	Valuma <sup>3)</sup> ( $\text{l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ )		
	$\bar{x}$	Min	Maks
1988 <sup>1)</sup>			
Toukokuu	106,3	34,7	332,0
Kesäkuu	25,0	19,0	28,8
Heinäkuu	15,0	15,0	15,0
Elokuu	30,8	19,0	48,3
Syyskuu	24,6	15,0	41,0
Lokakuu	59,5	34,7	84,3
1989 <sup>2)</sup>			
Helmikuu	13,4	10,7	14,3
Maaliskuu	7,7	7,5	10,7
Huhtikuu	125,3	7,5	458,3
Toukokuu	60,0	28,7	147,7
Kesäkuu	50,4	19,0	107,0
Heinäkuu	34,2	11,3	80,0
Elokuu	43,5	34,7	67,7
Syyskuu	30,5	38,7	34,7

1) Vuonna 1988 kesä-lokakuussa mittaus vain kerran viikossa näytteenoton yhteydessä, 2) Mittaus jatkuvana piirtävällä vedenkorkeusmittarilla varustetun lämpöeristetyn mittapadon avulla, 3) Mittapadolle tuli myös tuotantoalueen ulkopuolisia vesiä huhtikuuhun 1989 asti

Taulukko 7. Murtosuon turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu kesä-lokakuussa 1988 - 1989.

Vedenlaatumuuttuja	Pitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )							
	1988				1989			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Kiintoaine	7,1	4,2	12,6	20	10,8	3,1	40,2	19
Epäorg. kiintoaine	3,4	0	6,3	19	4,3	1,5	12,6	19
COD <sub>Mn</sub>	15,2	8,7	20,7	20	15,6	8,1	23,3	19

#### 4.2.3 Laskeutusaltaiden kuormitus

Murtosuon turvetuotantoalueelta laskeutusaltaille kohdistunut kiintoainekuormitus oli kesä-lokakuussa 1988-1989 keskimäärin 5,0 - 15,1 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 2,3 - 93,4 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 8, kuva 22). Orgaanisten aineiden kuormitus oli vastaavasti 11,5 - 18,3 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 4,4 - 40,9 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 8, kuva 23).

Taulukko 8. Murtosuon laskeutusaltaille kohdistunut keskimääräinen kuormitus (kg vrk<sup>-1</sup>) kesä-lokakuussa 1988-1989.

Vedenlaatumuuttuja	Kuormitus (kg vrk <sup>-1</sup> )	
	1988	1989
Kiintoaine	5,0	15,1
Epäorg. kiintoaine	2,6	4,2
COD <sub>Mn</sub>	11,5	18,3

#### 4.2.4 Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan vaikutus turvetuotantoalueen kuormitukseen

Murtosuon laskeutusaltilla saavutettu keskimääräinen kiintoainepoistuma oli - 15 - 46 % kesä-lokakuussa vuosina 1988 - 1989 (taulukko 9, kuva 22). Parhaiten kiintoainetta saatiin poistettua kesäkuun 1989 alussa, jolloin kuormitus oli suuri rankkasateen vuoksi. Kuormituksen ollessa pienimmillään ei laskeutusaltilla voitu siihen juuri vaikuttaa.

Laskeutusaltilla saavutettu keskimääräinen orgaanisten aineiden "poistuma" oli vastaavasti - 7 - (-) 1 % eli altaissa orgaanisten aineiden määrä lisääntyi (taulukko 9, kuva 23).

#### 4.2.5 Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan toimivuus ja kustannukset

Patolaatikot saadaan perustettua paremmin kuin esimerkiksi ns. rumpurakenne. Talvella patolaatikot on helppo lämpöeristää, ja ne pysyvät sulana. Tällöin valumavedet virtaavat patolaatikon kautta, eivätkä syövytä maata patolaatikon ympäriltä. Tämä vähentää laskeutusaltaan alapään poistorakenteiden kunnostustarvetta. Lisäksi tuotantoalueet kuivavat myös talvella, kun patolaatikko on toimintakunnossa. Patolaatikkoa käytettäessä laskeutusaltaan pintaleveys pienenee, jolloin altaan puhdistettavuus paranee ja tilantarve vähenee. Laskeutusallas voidaan tehdä myös 0,5 - 1,5 m matalammaksi kuin ns. tavallinen allas. Patolaatikko pienentää laskeutusaltaan rakentamiskustannuksia.

Taulukko 9. Keskimääräiset poistumat Murtosuon laskeutusalltailla kesä-lokakuussa 1988 - 1989.

Vedenlaatu- muuttuja	Keskimääräinen poistuma (%)			
	1988		1989	
	Vasen <sup>2)</sup> allas	Oikea <sup>1)</sup> allas	Vasen allas	Oikea allas
Kiintoaine	-15	7	42	46
COD <sub>Mn</sub>	-1	-5	-2	-7

1) Oikea allas = virtaussuunnassa oikeanpuoleinen allas, jonka patolaatikossa on kolmiolevy

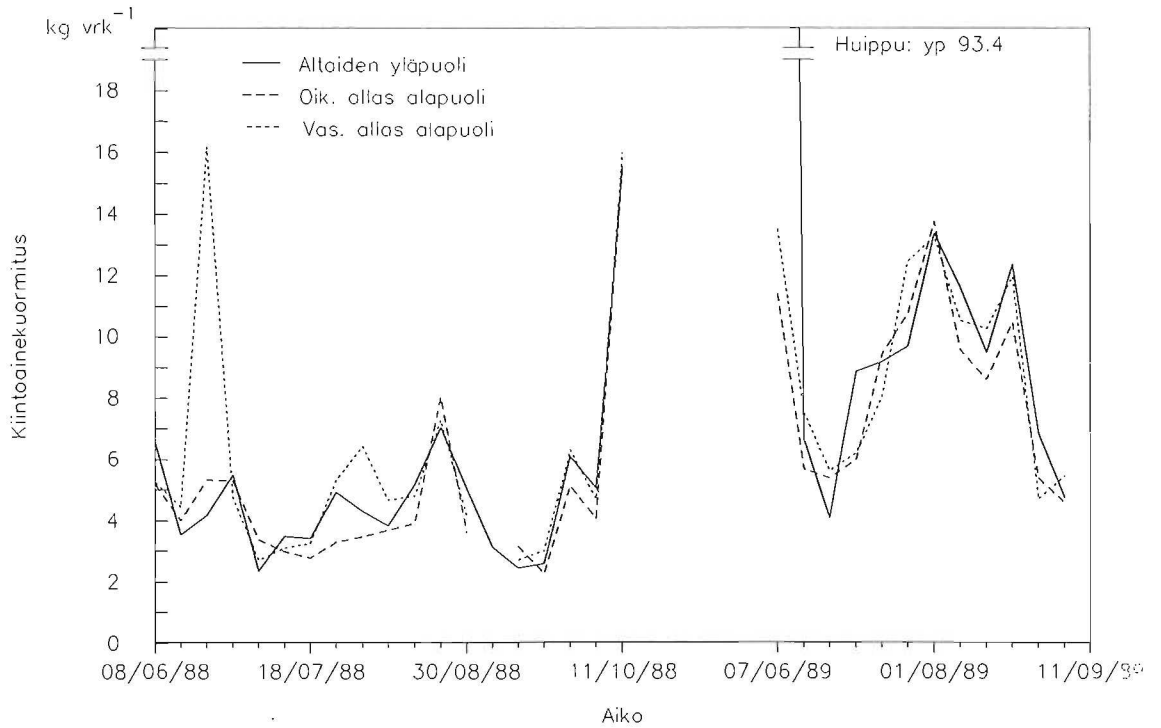
2) Vasen allas = virtaussuunnassa vasemmanpuoleinen allas, jonka patolaatikossa on reikälevy

## 5 T U L O S T E N T A R K A S T E L U

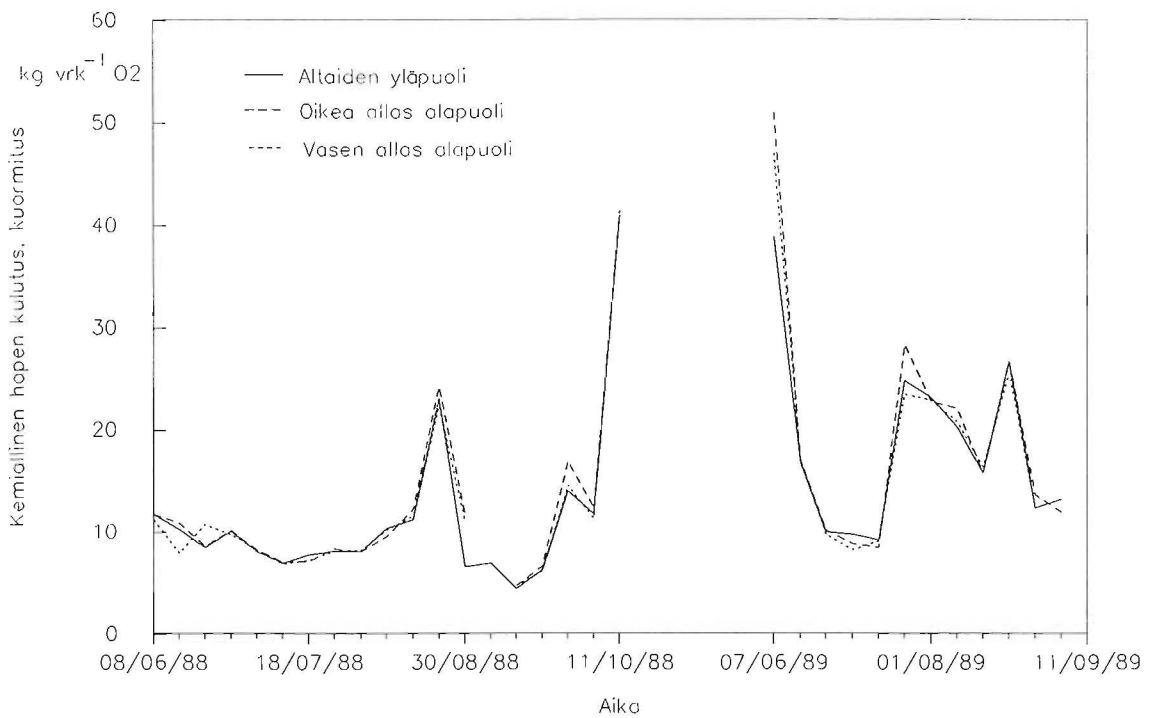
### 5.1 HYDROLOGIA

Tutkimuksen aikaiset sadannat olivat usein suurempia kuin pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot. Alueilla esiintyi ajoittain rankkasateita, mutta myös keskimääräistä pienempiä sadantoja. Täten laskeutusaltaiden toimivuudesta saatiin tietoa erilaisissa sadantaolosuhteissa.

Kurunnevan kesä-lokakuun keskimääräiset valumat eri kuukausina olivat 6,0 - 25,2 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Turvetuotantoalueen osuus valuma-alueesta oli kuitenkin enintään 75 %. Mittapadolle tuli myös tuotantoalueen ulkopuolelta vesiä. Virtaamat mitattiin päivittäin, joten valumia ei voida pitää täysin tarkkoina. Suurin mitattu roudattoman kauden (kesä-lokakuu) valuma oli 86,3 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>, joten



Kuva 22. Kiintoainekuormitus Murtosuoan laskeutusaltaiden yläpuolella ja alapuolella kesä-lokakuussa 1988 - 1989.



Kuva 23. Orgaanisten aineiden kuormitus Murtosuoan laskeutusaltaiden ylä- ja alapuolella kesä-lokakuussa 1988-1989.

laskeutusaltaiden mitoitusvaluma,  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , ei ylittynyt. Myös virtausnopeus oli mitoitusvirtausnopeutta,  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ , pienempi ja pintakuorma mitoituspintakuormaa,  $1,0 \text{ m h}^{-1}$ , pienempi. Altaissa kulkeutuvan kiintoaineen laskeutuvuutta haittaa virtauksen turbulენტtisuus. Turbulenttisen ja laminaarisen virtauksen raja-arvo ylittyi toisessa altaassa 15 kertaa ja toisessa altaassa 7 kertaa vuosina 1987 - 1989. Altaiden virtaus on turbulენტtista valuman ollessa noin  $16 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , mikä on huomattavasti pienempi kuin mitoitusvaluma.

Murtosuon helmi-lokakuun kuukausittaiset keskimääräiset valumat olivat  $7,7 - 125,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Mittapadolle tuli kuitenkin myös turvetuotantoalueen ulkopuolisia vesiä huhtikuuhun 1989 asti. Virtaamat mitattiin vain kerran viikossa vuonna 1988, jolloin valuma-arvot ovat epätarkkoja. Vuoden 1989 aikana mitattiin virtaamat jatkuvana piirtävällävedenkorkeusmittarillavarustetulla mittapadolla. Talvella mittauksia haittasi ajoittain mittapadon jäätyminen. Mitoitusvaluma,  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , ylittyi kolmena päivänä huhtikuussa 1989 suurimman hetkittäisen valuman ollessa  $458,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Turvetuotantoalueella oli myös kesällä ja syksyllä usein ylivalumia, jotka näkyvät "piikkeinä" valumakuvissa. Esimerkiksi kesäkuun 1989 alun rankkasateiden aikana valuma oli usean päivän aikana yli  $100 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Kesä-lokakuussa 1989 valuma oli yli  $50 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  20 päivän ajan. Laskeutusaltaiden virtausnopeus ja pintakuorma olivat pienemmät kuin vastaavat mitoitusarvot. Virtaus oli turbulენტtista Reynoldsin luvun mukaisesti 15 päivän ajan vuosina 1988 - 1989. Valuman ollessa  $78 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  muuttuu virtaus turbulენტtiseksi.

## 5.2 TURVETUOTANTOALUEIDEN VEDEN LAATU

Kurunnevalle ja Murtosuolla valumavesien kiintoainepitoisuudet olivat likimain samansuuruisia kuin aiemmin tutkituilla turvetuotantoalueilla (taulukko 10). Pitoisuudet olivat etenkin voimakkaiden valumien aikana huomattavasti suuremmat kuin luonnontilaisten soiden valumavesien kiintoainepitoisuudet. Vuoden 1989 elokuun alkupuolella tuotantovaiheessa olevan Kurunnevan havaitut pitoisuudet olivat suurimmillaan  $1\,394 \text{ mg l}^{-1}$ . Pitoisuudet olivat pienemmät kunnostusvaiheessa olevalla Murtosuolla kuin Kurunnevalle. Molemmissa tutkimuskohteissa mittapadoille virtasi myös tuotantoalueen ulkopuolisia vesiä, jotka todennäköisesti vaikuttivat pitoisuuksiin. Kurunnevalle kiintoainetta laskeutui myös näytteenottopisteen yläpuolella olevaan  $1,4 \text{ km}$  pitkään kokoojaojaan. Tämä ulottui kivennäismaahan, josta saattoi myös huuhtoutua ajoittain kiintoainetta. Kurunnevalle orgaaninen kiintoaine muodosti  $28 \%$  kiintoaineesta vuonna 1988 ja  $72 \%$  vuonna 1989, jolloin orgaanista kiintoainetta oli valumavedessä huomattavasti etenkin elokuun suurten valumien aikana.

Keskimääräinen kesä-lokakuun kemiallinen hapenkulutus valumavesissä oli likimain samansuuruinen kuin luonnon-tilaisten soiden valumavesissä (taulukko 10). Murtosuolla pitoisuudet olivat pienemmät kuin Kurunnevilla, jossa kemiallinen hapenkulutus oli jopa yli  $400 \text{ mg l}^{-1}$  vuoden 1989 elokuun alkupuolen suurten valumien aikana. Kurunnevan valumaveden suuret orgaanisten aineiden pitoisuudet johtuvat pääasiassa suuresta kiintoainepitoisuudesta.

Kurunnevan valumavedessä keskimääräiset kesä-lokakuun kokonaistyyppipitoisuudet,  $1,6 - 3,5 \text{ mg l}^{-1}$ , olivat likimain yhtä suuria kuin aikaisemmin tutkituissa turvetuotantoalueiden valumavesissä, mutta selvästi suurempia kuin luonnon-tilaisilta soilta valuvissa vesissä (taulukko 10). Pitoisuus oli ajoittain suuri ollen  $30,6 \text{ mg l}^{-1}$  vuoden 1989 elokuun suurten valumien aikana. Kokonaistyyppiä huuhtoui tuolloin pääasiassa kiintoaineen mukana. Valumaveden epäorgaanisen tyyden keskimääräiset pitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin luonnon-tilaisten soiden vastaavat pitoisuudet ja samaa suuruusluokkaa aikaisemmin esitettyjen turvetuotantoalueiden pitoisuuksien kanssa (taulukko 10). Epäorgaaninen tyyppi muodosti  $34 - 50 \%$  kokonaistyyppistä. Luonnon-tilaisten soiden valumavesien kokonaistyyppi on suurimmaksi osaksi orgaanista (Kenttämies 1979, Hynninen ja Sepponen 1983, Sallantaus 1983, Heikkinen 1990 a). Turvetuotantoalueiden valumavesientyyppiravinnepitoisuudet kasvavat, koska alueiden kuivatuksen vuoksi turpeen hajoaminen tehostuu ja lisäksi tuotantoalueilta puuttuu ravinteita pidättävä kasvillisuus (Komiteanmietintö 1987).

Kurunnevan valumavedessä keskimääräiset kesä-lokakuun kokonaisfosforipitoisuudet,  $70 - 100 \mu\text{g l}^{-1}$ , ja ortofosfaattipitoisuudet,  $40 - 50 \mu\text{g l}^{-1}$ , olivat suurempia kuin luonnon-tilaisilta soilta valuvissa vesissä ja likimain yhtä suuria kuin aikaisemmin tutkituissa turvetuotanto-alueiden valumavesissä (taulukko 10). Kokonaisfosforipitoisuus oli ajoittain suuri ollen  $500 \mu\text{g l}^{-1}$  vuoden 1989 elokuun suurten valumien aikana. Kokonaisfosforia huuhtoutui tuolloin pääasiassa kiintoaineen mukana.

Kurunnevan valumavedessä keskimääräiset kesä-lokakuun kokonaisrautapitoisuudet,  $7,7 - 9,6 \text{ mg l}^{-1}$ , olivat selvästi suuremmat kuin luonnon-tilaisten soiden valumavedessä (taulukko 10). Myös muilla turvetuotantoalueilla on mitattu vastaavansuuruisia pitoisuuksia. Valumaveden kokonaisrautapitoisuus oli ajoittain suuri ollen  $24,6 \text{ mg l}^{-1}$  vuoden 1989 elokuun alussa, jolloin myös kiintoainepitoisuus oli suuri. Rautaa huuhtoutuu turvetuotantoalueilta kiintoaineseen ja humusaineisiin sitoutuneena. Huuhtoutuminen lisääntyy yleensä voimakkaasti turvetuotannon seurauksena pääasiassa syvävalunnan tehostumisen ja osittain myös turpeen voimistuneen hajoamisen seurauksena (Komiteamietintö 1987). Syvävalunnan tehostuminen voi saada liikkeelle hapettomia, runsaasti rautaa sisältäviä vesiä etenkin minerotrofisilla soilla, missä turpeen ja suoveden rautapitoisuus lisääntyy syvempiin suokerroksiin edettäessä. Kurunnevan turvetuotantoalue sijaitsee minerotrofisten



soiden alueella. Rautaa voi huuhtoutua myös turvekerroksen alapuolisesta mineraalimaasta, mikäli ojasto siihen ulottuu.

Kurunnevan valumaveden keskimääräinen kesä-lokakuun väri, 370 - 390 Pt mg l<sup>-1</sup>, oli selvästi suurempi kuin maamme vesien keskimääräinen väri, 91 Pt mg l<sup>-1</sup>, ja Keski-Pohjanmaan vesien vastaava väriarvo, 180 Pt mg l<sup>-1</sup> (Laaksonen 1970). Vuoden 1989 elokuun alussa valumaveden väri oli jopa 750 Pt mg l<sup>-1</sup>.

Kurunnevan valumaveden kesä-lokakuun keskimääräiset pH-arvot olivat 6,5 - 6,7. Valumaveden pH aleni yleensä virtaaman voimistuessa ollen alhaisimmillaan 5,1 vuoden 1989 kesäkuun alun tulvan aikana. Valumaveden pH on yleensä alentunut virtaaman voimistuessa myös aiemmin tutkituilla turvetuotantoalueilla (Sallantaus 1983).

Vesinäytteet otettiin kerran viikossa, joten kuormitushuiput eivät aina ajoittuneet näytteenottoajalle.

### 5.3 LASKEUTUSALTAILLE KOHDISTUNUT KUORMITUS

Kurunnevan turvetuotantoalueen laskeutusaltaille kohdistunut kiintoainekuormitus vaihteli paljon ja oli keskimäärin 10,2 - 470,6 kg vrk<sup>-1</sup> kesä-lokakuussa vuosina 1987-1989. Kuormitus oli suurimmillaan lokakuun alussa vuonna 1988 ja elokuun alussa vuonna 1989. Tuolloin valuma ja valumaveden kiintoainepitoisuus olivat suurimmillaan. Murtosuolla laskeutusaltaille kohdistunut keskimääräinen kiintoainekuormitus, 5,0 - 15,1 kg vrk<sup>-1</sup>, oli pienempi ja kuormituksen vaihtelu vähäisempää kuin Kurunnevallalla. Kuormitus oli suurimmillaan 93,4 kg vrk<sup>-1</sup> kesäkuun 1989 alun tulvan aikana.

Laskeutusaltaille kohdistunut keskimääräinen orgaanisten aineiden kuormitus oli Kurunnevallalla 22,5 - 181,9 kg vrk<sup>-1</sup>. Murtosuolla vastaava kuormitus oli selvästi pienempi ollen 11,5 - 18,3 kg vrk<sup>-1</sup> kesä-lokakuussa 1987 - 1989. Kuormitus oli suurimmillaan ajankohtina, jolloin myös kiintoainekuormitus oli suurimmillaan.

Laskeutusaltaille kohdistunut keskimääräinen kokonaistypipikuormitus oli Kurunnevallalla 1,9 - 14,5 kg vrk<sup>-1</sup>, keskimääräinen kokonaisfosforikuormitus 0,07 - 0,3 kg vrk<sup>-1</sup> ja keskimääräinen kokonaisrautakuormitus 7,5 - 21,3 kg vrk<sup>-1</sup> kesä-lokakuussa 1987 - 1989. Ravinne- ja rautakuormitus olivat suurimmillaan elokuun alussa vuonna 1989, jolloin myös valumat ja kiintoainekuormitus olivat varsin suuria.

Kuormia ei laskettu ainehuuhtoumiksi, koska valuma-alueita ei oltu tarkkaan määritetty. Kuormitusarvoihin vaikuttavat pääasiassa valumaveden pitoisuus ja hydraulinen kuormitus, jotka vaihtelivat huomattavasti. Kurunnevallalla virtaamat mitattiin ja näytteet otettiin kerran viikossa, joten kuormitushuiput eivät aina tulleet mitatuksi. Murtosuolla

virtaamat mitattiin kuitenkin jatkuvana vuonna 1989. Kurunnevan laskeutusaltaille kohdistui hiukan eri suuruinen kuormitus, koska valumavettä ei saatu jaettua täysin tasaisesti molemmille altaille. Kuormitukset olivat kuitenkin samaa suuruusluokkaa.

Taulukko 10. Kurunnevan ja Murtosuo turvetuotantoalueiden valumaveden laatu kesä-lokakuussa 1987 - 1989 sekä aikaisemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden ja luonnontilaisien soiden valumavesien laatu.

Vedenlaatumuuttuja	Valumaveden pitoisuus			
	Kurunneva	Murtosuo	Aiemmin tutkitut turvetuotantoalueet	Luonnontilainen suo
Kiintoaine (mg l <sup>-1</sup> )	10,7 - 86,7 <sup>13)</sup> 6,4 - 1 394 <sup>14)</sup>	7,1 - 10,8 <sup>13)</sup> 3,1 - 40,2 <sup>14)</sup>	4,6 - 42,3 <sup>1)</sup> 7,0 - 25,8 <sup>6)</sup> 2,0 - 2 400 <sup>9)</sup> 10)	1,2 - 10,4 <sup>5)</sup>
COD <sub>Mn</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	20,7 - 46,3 <sup>13)</sup> 15,1 - 435 <sup>14)</sup>	15,2 - 15,6 <sup>13)</sup> 8,1 - 23,3 <sup>14)</sup>	16,8 - 90,9 <sup>1)</sup> 5,4 - 58,9 <sup>6)</sup> 15,0 - 34,0 <sup>9)</sup> 56,0 - 134,0 <sup>10)</sup>	15,3 - 45,3 <sup>5)</sup> 30,0 - 40,0 <sup>7)</sup> 80,0 <sup>8)</sup> 61,0 - 86,0 <sup>12)</sup>
Kok. N (mg l <sup>-1</sup> )	1,6 - 3,5 <sup>13)</sup> 0,6 - 30,6 <sup>14)</sup>		0,93 - 4,6 <sup>1)</sup> 0,86 - 4,5 <sup>6)</sup> 1,3 - 1,8 <sup>9)</sup> 1,3 - 4,7 <sup>10)</sup>	0,3 - 0,5 <sup>5)</sup> 0,63 <sup>7)</sup> 0,89 <sup>8)</sup>
NO <sub>3</sub> -N (µg l <sup>-1</sup> )	100 - 200 <sup>13)</sup> 20 - 900 <sup>14)</sup>		37 - 840 <sup>1)</sup> 30 - 450 <sup>9)</sup> 10 - 1 000 <sup>10)</sup>	1 <sup>7)</sup> 10 <sup>8)</sup> (100 <sup>5)</sup> 2)3)
NH <sub>4</sub> -N (µg l <sup>-1</sup> )	700 - 1 000 <sup>13)</sup> 20 - 3 000 <sup>14)</sup>		42 - 4 100 <sup>1)</sup> 71 - 3 000 <sup>6)</sup> 250 - 1 000 <sup>9)</sup> 350 - 3 000 <sup>10)</sup>	20 <sup>7)</sup> 30 <sup>8)</sup> (100 <sup>5)</sup> 2)3)
Kok. P (µg l <sup>-1</sup> )	70 - 100 <sup>13)</sup> 50 - 500 <sup>14)</sup>		20 - 160 <sup>1)</sup> 18 - 140 <sup>6)</sup> 29 - 170 <sup>9)</sup> 35 - 230 <sup>10)</sup>	27 <sup>4)</sup> 20 <sup>11)</sup> 24 - 90 <sup>5)</sup> 18 - 19 <sup>7)</sup> 16 - 20 <sup>8)</sup>
PO <sub>4</sub> -P (µg l <sup>-1</sup> )	40 - 50 <sup>13)</sup> 2 - 140 <sup>14)</sup>		2 - 47 <sup>1)</sup> 9 - 196 <sup>6)</sup>	7 - 63 <sup>5)</sup>
Kok. Fe (mg l <sup>-1</sup> )	7,7 - 9,6 <sup>13)</sup> 3,3 - 24,6 <sup>14)</sup>		1,2 - 10,0 <sup>1)</sup>	1,4 - 4,5 <sup>5)</sup>

1) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitsevat Jauhosoja ja Vittasuo kesällä ja syksyllä, 2) Kenttämies (1979), 3) Hynninen ja Sepponen (1983), 4) Heikurainen ym. (1978), keskimääräinen pitoisuus Pohjanmaan soiden valumavesissä, 5) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitseva, ojittamattomalta runsas-soiselta valuma-alueelta laskeva Keihäsoja kesällä ja syksyllä 1985 ja 1986, 6) Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto (1989), Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen tehotarkkailusoilta purkautuvien vesien keskimääräinen laatu vuonna 1988, 7) Sallantaus (1983), Häädetkeidas huhti-toukokuu 1980 ja 1981, 8) Sallantaus (1983), Häädetkeidas kesä-lokakuu 1980 ja 1981, 9) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita huhti-toukokuu 1980 ja 1981, 10) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita kesä-lokakuu 1980 ja 1981, 11) Kenttämies (1980), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilta soilta, 12) Tolonen ja Hosiaisloma (1978), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilla soilla vuonna 1972, 13) Keskimääräinen pitoisuus kesä-lokakuu 1987 - 1989, 14) Pitoisuuksien vaihteluväli

#### 5.4 LASKEUTUSALTAAN PUHDISTUSTIHEYDEN VAIKUTUS TURVETUOTANTO-ALUEEN KUORMITUKSEEN

Laskeutusaltaiden puhdistustiheydellä ei ollut merkittävää vaikutusta Kurunnevan kiintoaine-, ravinne- ja rautakuormitukseen. Kummallakin laskeutusaltaalla poistumat olivat lähes yhtä suuria riippumatta puhdistustiheydestä. Laskeutusaltaista huuhtoutui kuitenkin kiintoainetta, ravinteita, etenkin fosforia, ja rautaa ruoppauksen vuoksi. Useammin ruopatun laskeutusaltaan poistumat olivatkin hiukan pienemmät kuin vain kerran vuodessa ruopatun altaan poistumat. Laskeutusaltailla saavutetut keskimääräiset poistumat olivat kiintoaineella -216 - 73 %, orgaanisilla ianeilla -5 - 49 %, kokonaistypellä -9-31 %, kokonaisfosforilla -33 - 31 % ja kokonaisraudalla -27 - 38 %.

Vuonna 1987 keskimääräiset "poistumat" olivat negatiivisia, sillä tuolloin näytteitä otettiin kummastakin altaasta vain elokuussa ennen ruoppausta, ruoppauksen aikana ja ruoppauksen jälkeen. Vuonna 1989 keskimääräiset poistumat olivat positiivisia. Tuolloin saatiin vesistöön tulevia kuormituksia pienennettyä varsinkin elokuun alun suurten kuormitusten aikana. Tämä parantaa vuoden 1989 keskimääräisiä poistuma-arvoja. Vuonna 1989 saatiin laskeutusaltailla poistettua kiintoaineen lisäksi myös kiintoaineeseen sitoutuneita ravinteita, rautaa ja orgaanisia aineita. Vuosina 1987 - 1988 laskeutusaltailta ei saatu pienennettyä ravinteiden, raudan eikä orgaanisten aineiden kuormitusta.

Ruoppauksen kuormitusta lisäävä vaikutus ei tullut tuloksissa aina selvästi ilmi, koska näytteitä ei aina otettu heti ruoppauksen jälkeen. Toisaalta lietettä tyhjennettäessä altaasta poistettiin myös vettä niin, että veden virtaus altaasta ajoittain lakkasi. Tämä vähensi alapuolisen vesistön kuormitusta.

Kurunneva on ns. vanha tuotantoalue, jossa ojat ulottuvat ainakin osittain kivennäismaahan. Laskeutusaltaiden yläpuolella on yli kilometrin pitoinen kiintoainetta pidättävä kokoojaoja. Lisäksi altaiden kautta virtaa myös turvetuotantoalueen ulkopuolisia vesiä. Kiintoaineen sedimentoitumista altaaseen heikensi ajoittain virtauksen turbulენტtisuus (ks. 5.1). Nämä tekijät vaikuttavat laskeutusaltaille kohdistuvaan kuormitukseen ja puhdistustulokseen. Tuloksia voidaankin suurelta osin pitää ko. alueelle ominaisina. Ahon ja Kantolan (1985) eräällä turvetuotantoalueella tekemän tutkimuksen mukaan kiintoainepartikkelin halkaisijan ollessa 2 - 5 µm sisälsi kiintoaine 55 % laskeutumaton aineesta. Vastaava osuus oli 17 % halkaisijan ollessa 5 - 15 µm, 10 % halkaisijan ollessa 15 - 30 µm ja 0 % halkaisijan ollessa yli 30 µm. Kurunnevan valumaveden kiintoaineen partikkelikokojakamaa ei määritetty.

## 5.5 LASKEUTUSALTAASSA OLEVAN PATOLAATIKONVAIKUTUS TURVETUOTANTOALUEEN KUORMITUKSEEN

Murtosuon patolaatikoilla varustettujen laskeutusaltaiden keskimääräiset kiintoainepoistumat - 15 - 46 % kesälokakuussa vuosina 1988 - 1989 olivat usein saman suuruiset mutta usein myös pienemmät kuin Selinin ja Koskisen (1985) mukaan aikaisemmin laskeutusaltailla saavutetut roudattoman kauden poistumat 30 - 40 %. Patolaatikolla varustetuilla laskeutusaltailla ei ollut merkittävää vaikutusta pieniin kiintoainekuormiin. Parhaiten kiintoainetta saatiin poistettua ajoittaisten suurten kiintoainekuormitusten aikana. Poistumat olivat likimain yhtä suuria molemmissa laskeutusaltaissa, joissa toisessa oli kolmiolevyllä ja toisessa reikälevyllä varustettu patolaatikko.

Patolaatikoilla varustetuilla laskeutusaltailla ei saatu pienennettyä orgaanisten aineiden kuormitusta, joka oli varsin pieni. Orgaanisten aineiden määrä lisääntyi usein hiukan laskeutusaltaissa.

Patolaatikot ovat toimivuudeltaan parempia kuin esimerkiksi ns. rumpurakenne, jota on käytetty laskeutusaltaan poistopään patorakenteena. Valumavedet virtaavat patolaatikon kautta talvellakin, jolloin ne eivät syövytä maata patolaatikon ympäriltä, eivätkä näin aiheuta lisäkuormitusta alapuoliseen vesistöön.

## 6 LASKEUTUSALTAIDEN JA NIIDEN RAKENTEIDEN SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN, HOITO JA KUSTANNUKSET

### 6.1 TUTKIMUKSET

Laskeutusaltaita koskevat maastotutkimukset tehdään samanaikaisesti ojitustöiden edellyttämien tutkimusten kanssa. Tällöin määritetään alueen pinnanmuodot sekä tehdään maaperätutkimukset ja hydrologiset selvitykset.

Laskeutusaltaan valuma-alue on määritettävä maastossa. Samalla on tarkistettava, ettei ulkopuolisia valumavesiä tule altaaseen. Valuma-alue on merkittävä suunnitelma-karttaan. Altaan sijaintia määritettäessä tutkitaan tarvittaessa useita sijoitusvaihtoehtoja. Allasalueen vaaitus ja maaperätutkimus tehdään 20 m:n ruutututkimuksena.

### 6.2 LASKEUTUSALTAIDEN JA NIIDEN RAKENTEIDEN MITOITUS

Laskeutusaltaiden mitoitusperusteet ovat vesiviranomaisten valvontaohjeen (1990) mukaan seuraavat:

1. Laskeutusaltaiden mitoitusvaluma on  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ .
2. Virtausnopeus on enintään  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ .
3. Viipymä mitoitusvaluman aikana on vähintään 1,0 h.
4. Pintakuorma on enintään  $1,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .
5. Laskeutusaltaan maksimileveys määräytyy käytettävissä olevan puhdistuskaluston mukaan. Tavoitteena tulisi olla 8 m:n, jotta allas voitaisiin puhdistaa kokonaan altaan toiselta puolelta. Altaan pituus määräytyy mitoitusvaluman ja pintakuorman perusteella.
6. Laskeutusaltaassa olevan lietetilän on oltava vähintään  $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .
7. Laskeutusaltaan valuma-alue on enintään 30 - 50 ha. Tuotantokentän ulkopuoliset vedet johdetaan lietealaiden kautta laskeutusaltaan ohii.

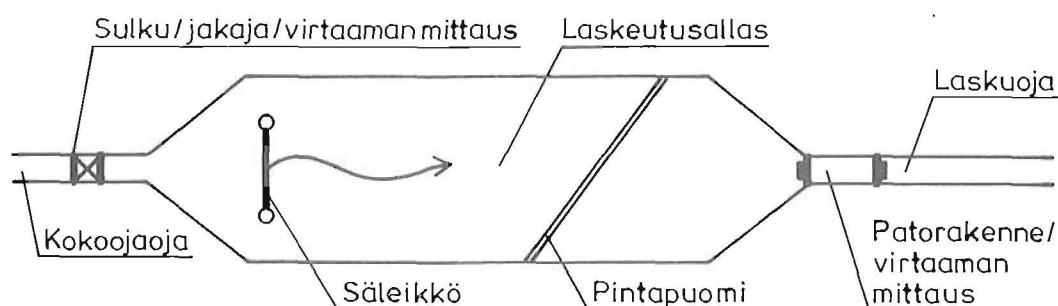
Laskeutusaltaiden yhteyteen tulee rakentaa ohitusjärjestelmä, jolla valumavedet johdetaan tarvittaessa altaiden ohii. Sen avulla voidaan estää tulvavesien aiheuttama lietteen huuhtoutuminen altaasta ja tulvan aiheuttama rakenteiden rikkoutuminen. Laskeutusaltaiden puhdistuksen aikana vedet voidaan ohjata myös ohitusojan kautta.

Laskeutusallas sijoitetaan yleensä tuotantoalueen reunaan tai laskuojan yhteyteen. Se on sijoitettava niin, ettei se jää tulva-alueelle. Turvemaassa tai karkearakeisessa maassa allas pysyy paremmin kunnossa kuin silttimaassa.

Laskeutusaltaille ja niiden mahdolliselle laajentamiselle sekä altaiden tyhjentämis-, syventämis- ja korjaamistoille on varattava riittävästi tilaa. Lietteelle on suunniteltava läjitysalue, jonka sijainti ja tyyppi riippuu käytettävästä puhdistuskalustosta. Imukauharuoppaajaa käytettäessä laskeutusaltaan ympärillä tulisi olla noin 5 m leveä kulku-ura koneelle altaan puhdistustöitä varten. Lietealtaat voidaan sijoittaa laskeutusaltaan läheisyyteen tai tarvittaessa jopa 150 m:n etäisyydelle altaasta imukauharuoppaajaa käytettäessä. Lietealtaan reunapenkereen korkeuden tulee olla noin 1,5 m.

Samalle valuma-alueelle rakennettavat useat laskeutusaltaat tulisi tarkkailun ja kunnossapidon vuoksi sijoittaa mahdollisimman lähekkäin. Altaat voidaan kytkeä toisiinsa eri tavoin. Rinnankytkettyjä altaita suunniteltaessa on erityistä huomiota kiinnitettävä virtaamanjakolaitteen toimivuuteen. Laskeutusaltaille on oltava kulkuyhteys.

Laskeutusaltaan lisärakenteita ovat tulovirtaaman jakaaja/sulku, virtaaman vaimennusäleikkö, pintapuomi, poistopään patorakenne ja mittapato (kuva 24). Rakenteiden on oltava toimivia, kestäviä, yksinkertaisia sekä mahdollisimman helppoja tehdä, asentaa ja huoltaa.



Kuva 24. Periaatekuva laskeutusaltaan rakenteista.

Tulovirtaaman jakaja/sulku sijaitsee kokoojaojassa ennen laskeutusallasta. Se ohjaa turvetuotantoalueelta tulevan veden altaan ohi (sulku) tai jakaa veden altaisiin. Rakenteena on käytetty paikalla tehtyä ponttiseinä/settipatorakennetta tai settipato/purkuputkielementtirakennetta. Kun rakennetaan rinnankytkettyjä laskeutusaltaita, voidaan veden jakajana käyttää esimerkiksi patokaivoa, josta putket lähtevät laskeutusaltaille ja ohitusojaan. Maahan upotettu rakenne pysyy sulana ja käyttökelpoisena myös talvella.

Virtaaman vaimennussäleikkö sijaitsee laskeutusaltaan yläosassa. Sen jakaa veden mahdollisimman tasaisesti koko altaalle. Rakenteena on käytetty mm. kestopuista pystyrimasäleikköä, joka on kiinnitetty pohjapaaluihin.

Pintapuomi sijaitsee altaan alaosassa vinosti virtaussuuntaan nähden. Se estää pinnalla kelluvan aineksen kulkeutumisen alapuoliseen vesistöön. Rakenteena on käytetty mm. öljypuomia. Se kiinnitetään altaan reunoille siten, että se toimii kaikilla vedenkorkeuksilla.

Poistopään patorakenne sijaitsee välittömästi altaan alapuolella. Se säätelee altaan veden korkeutta ja tasaa siten virtausnopeutta altaassa. Usein se toimii myös mittapatorakenteena. Käytettyjä rakenteita ovat patolaatikko, ponttiseinä/settipato, pohjapato, ylisyöksypato ja purkuputket, putkipato sekä settipato/purkuputki (Turveteollisuusliitto ry. 1990).

Patolaatikko havaittiin käytännössä varsin toimivaksi rakenteeksi Murtosuolla. Sitä käytettäessä altaan pintaleveys pienenee, jolloin altaan puhdistettavuus paranee ja tilantarve vähenee. Patolaatikolla varustettu laskeutusallas voidaan rakentaa 0,5 -1,5 m matalammaksi kuin tavallinen laskeutusallas, ja myös verhoustarve sekä sortumavaara vähenevät. Virtausnopeus on patolaatikolla varustetussa altaassa lähes vakio, jolloin ylipitkät viipymät lyhenevät. Maahan upotettuna ja lämpöeristettynä rakenne pysyy sulana. Haikarainen (1988) on esittänyt tarkat laskeutusaltaiden mitoitusohjeet käytettäessä patolaatikkoa altaan poistopään rakenteena (liite 1).

Mittapadon avulla seurataan tuotantoalueelta tulevia vesimääriä. Se rakennetaan laskeutusaltaan yhteyteen vedenjakajaan tai säännöstelypatoon tai erillisenä rakenteena laskuojaan. Yleisimmin on käytetty ns. Thompsonin kolmiomittapatoa, jossa on v -muotoinen aukko kärkikulmaltaan 90°. Yksinkertainen pato voidaan tehdä tukevasta metallilevystä, joka upotetaan maahan. Kolmiolevy voidaan asentaa myös teräsrumpuun tai erillisellä suojakopilla varustettuun teräksiseen mittapatolaatikkoon. Rakenne voidaan sijoittaa esimerkiksi kokooja- tai laskuojaan. Tällaisen mittapadon yhteyteen voidaan asentaa limnigrafi jatkuvan vesimäärän mittaamiseen sekä tarvittaessa automaattinen näytteenotin. Mittapatolaatikko on helppo lämpöeristää, jolloin mittauksia voidaan tehdä myös talvella. Lämpöeristetyllä suojakopilla varustetun mittapatolaatikon kustannukset ovat noin 20 000 mk (hintataso vuodelta 1988).

Suunnitelmissa on esitettävä laskeutusaltaista ja niiden rakenteista mitoitusperusteet, pohjapiirros sekä pituus- ja poikkileikkaukset.

### 6.3 LASKEUTUSALTAIDEN RAKENTAMINEN

Laskeutusaltaat tehdään lopullisille paikoilleen jo ennen suon esikuvitusvaiheen ja varsinaisen kuivatusvaiheen ojitustöitä. Altaat rakennetaan lopullista syvyyttä matalammiksi sortumavaaran vuoksi. Altaiden koko ja muoto viimeistellään varsinaisen ojituksen päätyttyä vuotuisten puhdistustöiden yhteydessä. Myös muut laskeutusallasrakenteet tehdään lopullisille paikoilleen. Kaivutyöt on tehtävä mahdollisimman kuivina kausina. Roudan sulamisen aikana kaivua on vältettävä.

### 6.4 LASKEUTUSALTAIDEN KUNNOSSAPITO

Laskeutusaltaiden ja niiden rakenteiden suunnitelmallisella käytöllä, hoidolla ja kunnossapidolla saadaan turvetuotantoalueelta valuvat vedet puhdistettua mahdollisimman tehokkaasti, mutta ne vaikuttavat myös tuotantoedellytyksiin. Esimerkiksi laskeutusaltaan poistopään patorakenne vaikuttaa veden puhdistumiseen, mutta myös tuotantoalueen kuivatukseen. Täten patoaukkojen toimivuus myös talvella on varmistettava lämpöeristyksellä. Suojaus voidaan tehdä suodatinkankaalla ja lumella tai sitä varten rakennetuilla lämpöeriste-elementeillä. Näin vesi virtaa myös talvella patorakenteen kautta, eikä syöpymistä rakenteen ympärillä tapahdu. Samalla vältytään mm. patorakenteiden keväisiltä korjauksilta.

Mittapatoaukkoon voi kulkeutua lietettä ja roskaa. Tarkastuskäyntien yhteydessä on patoaukko tarvittaessa puhdistettava. Mittapadon mahdolliset vuodot on korjattava. Jos mittapatoon on yhdistetty limnigrafi ja automaattinen

näytteenotin, niiden toimivuus on varmistettava viikottais-  
ten tarkastuskäyntien yhteydessä.

Laskeutusaltaat on tyhjennettävä tarpeen vaatiessa ja ainakin kerran vuodessa. Puhdistustiheys riippuu suon vuotuisista tuotantotoimenpiteistä, turpeen laadusta ja sateista. Kurunnevan laskeutusaltailla ei puhdistustiheydellä ollut merkittävää vaikutusta kiintoaine-, ravinne- ja rautakuormitukseen vuosina 1987 - 1989. Puhdistustiheys onkin määritettävä tapauskohtaisesti.

Puhdistuksen ajaksi altaan poistopää suljetaan, jotta puhdistuksen aikana irronut liete ei kulkeudu alapuoliseen vesistöön. Sulkemista ei saa tehdä silloin, kun allas sijaitsee alueella, jonka maalaji on hyvin häiriintyvää. Allasta puhdistettaessa poistetaan myös vettä, jolloin vedenpainesuhteet altaassa muuttuvat. Tällöin saattaa syntyä pohjan hydraulinen murtuma, luiskan liukupinta- tai juoksusortuma. Ellei allasta voida täysin sulkea, lietteen kulkeutumista alapuoliseen vesistöön voidaan ehkäistä asentamalla esimerkiksi suodatinkangas altaan purkupäähän. Tyhjennyksiä ja muuta altaiden kunnossapitoa varten tulisi rakentaa kaksi rinnakkain toimivaa allasta tai ohitusoja.

Puhdistukset tehdään yleisimmin tavallisella kaivukoneella. Tällöin liete nostetaan altaan molemmilta puolilta lietteenlajitusalueelle. Laskeutusaltaiden puhdistamiseen on kehitetty imukauharuoppaaja, jota käytettiin myös Kurunnevan altaiden puhdistamiseen. Sen keskimääräinen ruoppauskapasiteetti oli  $41 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Altaat oli ruopattava molemmilta puolilta, koska koneen ulottuvuus on noin 8 m ja altaiden leveys on 14 m.

## 6.5 KUSTANNUKSET

Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaankustannukset ovat pienemmät kuin tavallisen laskeutusaltaan kustannukset, koska altaat ovat matalampia ja niiden tilantarve on pienempi. Myös altaan kunnossapitokustannukset ovat pienemmät. Tavallisen laskeutusaltaan rakentamiskustannukset ovat  $450 - 880 \text{ mk ha}^{-1}$  vuoden 1988 hintatason mukaan (Selin ja Koskinen 1985). Kustannukset on muutettu vuosien 1982 -1983 hintatasosta vuoden 1988 hintatasoon maarakennuskustannusindeksin avulla.

## 7 Y H T E E N V E T O

Turpeen käyttö maamme energian tuotannossa on viime vuosina lisääntynyt ja tulee edelleen lisääntymään. Huomattava osa maamme turvetuotantoalueista sijaitsee Oulun läänissä. Turvetuotannon seurauksena lisääntyvät kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumatalapuoliseen vesistöön. Turvetuotantoalu-



eelta valuvia vesiä on puhdistettu nykyisin lähinnä laskeutusaltaiden avulla. Niillä ei ole voitu vaikuttaa varsinkaan turvetuotantoalueiden ravinnekuormitukseen. Aikaisemmin tehtyjen tutkimusten mukaan laskeutusallasrakenteita ja altaiden toimivuutta on edelleen kehitettävä.

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesiviranomaisen, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Projektissa tutkittavia jo aikaisemmin käytössä olleita menetelmiä olivat laskeutusaltaat sekä sarkaoja-altaat ja päisteputkipidättimet. Uusia menetelmiä olivat pintavalutus ja turvesuodatus.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laskeutusallasrakenteita niin, että altaiden toimivuus, rakenteiden kestävyys ja hoidettavuus paranee. Eri kohteissa selvitettiin laskeutusaltaiden ruoppaustiheyden vaikutusta puhdistustulokseen ja altaiden alapäässä olevan patolaatikon soveltuvuutta turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Myös pyörreselkeyttimen soveltuvuutta turvetuotantoalueen vesien puhdistukseen selvitettiin pienoismallikokein. Lisäksi tutkittiin laboratoriomittakaavassa erilaisten kemikaalien käyttöä laskeutuksen tehostajana.

Laskeutusaltaan ruoppaustiheyden vaikutusta puhdistustulokseen tutkittiin vuosina 1987 - 1989 Rantsilan Kurunnevan turvetuotantoalueella. Alue on ollut tuotannossa jo yli kymmenen vuotta. Patolaatikon soveltuvuutta laskeutusallasrakenteeksi tutkittiin vuosina 1988 - 1989 Pudasjärven Murtosuon turvetuotantoalueella. Alue oli tutkimuksen aikana kunnostusvaiheessa. Pyörreselkeyttimen pienoismallikokeet tehtiin Haapaveden Piipsannevalla.

Kurunnevan kahden laskeutusaltaan pituus on 130 m, leveys 14 m ja kokonaissyvyys 3,3 m. Altaissa on pintapuomit ja altaiden alaosassa rumpurakenteeseen rakennetut Thompsonin kolmiomittapadot. Altaiden kokonaisvaluma-alue on 343 ha, josta tuotantoalueen ulkopuolisten vesien osuus on 25,5 %. Toinen altaista puhdistettiin kerran ja toinen kolme kertaa vuodessa. Puhdistukset tehtiin kehitteillä olevalla imukauharuoppaajalla.

Murtosuon kahden laskeutusaltaan pituus on 63 m, leveys 12 m ja kokonaissyvyys 3,0 m. Altaiden poistopään rakenteena on patolaatikot. Toisen altaan patolaatikko varustettiin Thompsonin kolmiomittapatolevyllä ja toisen pohja-aukollisella levyllä. Kun valuma on pieni, vesi virtaa patolaatikon pohja-aukkojen kautta, eikä vedenpinta nouse niitä ylemmäksi. Valuman ollessa 100 - 300 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> padottavat laatikossa olevat settilankut vettä, jolloin

painekorkeus kasvaa ja virtaama pohja-aukoista kasvaa. Padotuksen kasvaessa kasvaa myös altaan vesipoikkileikkausala siten, että virtausnopeus on virtaamasta riippumatta noin  $0,01 \text{ m s}^{-1}$ . Valuman ollessa yli  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  vettä purkautuu myös patolaatikon ylimmän settilankun yli. Altaiden kokonaisvaluma-alue on 60 ha ja niihin tuli myös tuotantoalueen ulkopuolisia vesiä huhtikuuhun 1989 asti.

Virtaamat mitattiin Kurunnevallapäivittäin laskeutusaltaiden alapuolisilla mittapadoilla. Murtosuolla virtaamat mitattiin laskeutusaltaiden yläpuolisilla mittapadoilla kerran viikossa vuonna 1988 ja jatkuvana vuonna 1989. Vesinäytteitä otettiin viikottain kesä-lokakuussa laskeutusaltaiden ylä- ja alapuolelta. Kurunnevan näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, kiintoaineen hehkutusjäännös, kemiallinen hapenkulutus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ), kokonaistyyppi-, ammoniumtyppi-, nitraattityppi, kokonaisfosfori-, fosfaattifosfori- ja rautapitoisuus, pH sekä väri vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä. Murtosuon näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, kiintoaineen hehkutusjäännös ja kemiallinen hapenkulutus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ). Laskeutusaltailta saavutetut keskimääräiset poistumat kiintoaineen, orgaanisten aineiden, ravinteiden ja raudan osalta laskettiin ainevirtaamien perusteella.

Altaiden laskeutumisololoja tarkasteltiin määrittämällä virtauksen turbulentsuutta tai laminaarisuutta kuvaava Reynoldsin luku. Lisäksi mitoitusrvoja tarkasteltiin valuman, pintakuorman ja virtausnopeuden osalta eri ajanjaksoilla. Kurunnevan laskeutusaltaiden lietemäärät mitattiin ennen ja jälkeen altaiden puhdistamisen. Imukauharuoppaajan ruoppauskapasiteetti laskettiin ruopatun lietemäärän ja ruoppausajan perusteella.

Turvetuotantoalueilta valuvan veden keskimääräiset kesä-lokakuun kiintoaine-, ravinne- ja rautapitoisuudet olivat likimain yhtä suuria aikaisemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden vastaavien pitoisuuksien kanssa, mutta suurempia kuin luonnontilaisten soiden vastaavat pitoisuudet. Pitoisuudet olivat huomattavan suuria eteenkin rankkasateiden aikana. Kunnostusvaiheessa olevalla Murtosuolla valumaveden pitoisuudet olivat pienemmät kuin tuotantovaiheessa olevalla Kurunnevallalla. Keskimääräinen kesä-lokakuun kemiallinen hapenkulutus oli valumavedessä likimain samansuuruinen kuin luonnontilaisten soiden valumavedessä.

Kurunnevan laskeutusaltaille kohdistunut kiintoainekuormitus vaihteli paljon ollen eri vuosina kesä-lokakuussa keskimäärin  $10,2 - 470,6 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Murtosuon laskeutusaltaille kohdistui pienempi keskimääräinen kiintoainekuormitus kuin Kurunnevan laskeutusaltaille. Laskeutusaltaille tuleva keskimääräinen orgaanisten aineiden kuormitus oli  $11,5 - 181,9 \text{ kg vrk}^{-1}$  kuormituksen ollessa Murtosuolla selvästi pienempi kuin Kurunnevallalla. Kurunnevan laskeutusaltaille kohdistunut kesä-lokakuun keskimääräinen kokonaistyyppikuormitus oli  $1,9 - 14,5 \text{ kg vrk}^{-1}$  ja vastaa-

vasti kokonaisfosforikuormitus  $0,07 - 0,3 \text{ kg vrk}^{-1}$  sekä kokonaisrautakuormitus  $7,5 - 21,3 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Kuormia ei laskettu ainehuuhtoumiksi, koska laskeutusaltaille tuli myös tuotantoalueen ulkopuolisia vesiä. Kuormitusarvoihin vaikuttivat pääasiassa valumaveden pitoisuus ja hydraulinen kuormitus, jotka vaihtelivat huomattavasti.

Kurunnevalla laskeutusaltaiden puhdistustiheydellä ei ollut merkittävää vaikutusta kiintoaine-, ravinne- ja rautakuormitukseen. Eri laskeutusaltaille saavutetut poistumat olivat likimain yhtä suuria riippumatta puhdistustiheydestä. Ruoppauksen vuoksi huuhtoutui laskeutusaltaista kiintoainetta, ravinteita (etenkin fosforia) ja rautaa. Laskeutusaltaille saavutetut vuotuiset keskimääräiset poistumat olivat kiintoaineella  $-216 - 73 \%$ , orgaanisilla aineilla  $5 - 49 \%$ , kokonaistypellä  $-9 - 31 \%$ , kokonaisfosforilla  $33 - 31 \%$  ja kokonaisraudalla  $-27 - 38 \%$ .

Murtosuollapatolaatikoilla varustetuilla laskeutusaltaille ei ollut merkittävää vaikutusta pieniin kiintoaineen ja orgaanisten aineiden kuormiin. Laskeutusaltaille saavutetut keskimääräiset kesä-lokakuun kiintoainepoistumat olivat  $-15 - 46 \%$ . Orgaanisten aineiden määrä lisääntyi hiukan laskeutusaltaiissa.

Patolaatikko oli käytännössä varsin toimiva laskeutusallasrakenne. Sitä käytettäessä laskeutusaltaan pintaleveys pienenee, jolloin altaan puhdistettavuus paranee ja tilantarve vähenee. Patolaatikolla varustettu laskeutusallas voidaan tehdä matalammaksi kuin tavallinen laskeutusallas, ja myös verhoustarve sekä sortumavaara vähenevät. Maahan upotettuna ja lämpöeristettynä rakenne pysyy sulana, joten valumavedet virtaavat talvellakin patolaatikon kautta. Tällöin vesi ei syövytä maata patolaatikon ympäriltä, jolloin ei synny tästä aiheutuvaa lisäkuormitusta alapuoliseen vesistöön.

Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan kustannukset ovat pienemmät kuin tavallisen laskeutusaltaan kustannukset, koska altaat ovat matalampia ja niiden tilantarve on pienempi. Myös altaan kunnossapitokustannukset ovat pienemmät. Tavallisen laskeutusaltaan rakentamiskustannukset ovat  $450 - 880 \text{ mk ha}^{-1}$  vuoden 1988 hintatasossa.

Tutkimuksen avulla määritettiin laskeutusaltaiden ja niiden rakenteiden suunnittelua, rakentamista ja hoitoa koskevat ohjeet, jotka on esitetty kohdassa 6.

Piipsannevalla tehtyjen pyörreselkeyttimen pienoismallikokeiden tulokset on esitetty liitteessä 2. Pyörreselkeyttimiä on käytetty aikaisemmin lähinnä hyvin laskeutuvan kiintoaineen erottamiseen vedestä tai muista nesteistä. Erotus perustuu kiintoaineen laskeutuvuuteen ja hitaan pyörteen synnyttämiin virtauksiin. Kiintoaine kerääntyy pohjalle pyörteen keskelle, josta se poistuu ns. alivirtauksena. Tämän osuus on noin  $5 - 10 \%$  tulovirtauksesta. Voimakas pyörre parantaa kiintoaineen liikkumista pohjalla kohti alivirtausta. Pyörreselkeyttimellä saavutettu

poistuma (erotusaste) laskettiin tulovirtaamalla  $0,5-2,0 \text{ l s}^{-1}$ . Tulovirtaaman ollessa  $0,5 \text{ l s}^{-1}$  oli pintakuorma  $2,7 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Pyörreselkeyttimen pienoismallilla ei voitu kokeilla pienempiä pintakuormia, koska tulovirtaaman on oltava tarpeeksi suuri toivotun pyörteen aikaansaamiseksi. Pyörreselkeyttimelle tulevan veden kiintoainepitoisuudet olivat  $15 - 1\,157 \text{ mg l}^{-1}$ . Kaikkien pyörreselkeyttinkoikeiden keskimääräinen poistuma oli  $\sim 6 \%$  tulovirtaaman ollessa  $2,0 \text{ l s}^{-1}$  ja  $37 \%$  tulovirtaaman ollessa  $0,5 \text{ l s}^{-1}$ . Poistumat olivat sitä parempia, mitä pienempi oli tulovirtaama ja mitä suurempia olivat tulevan veden pitoisuudet. Pyörreselkeyttimellä ei saada poistettua kiintoainetta tehokkaammin kuin pinta-alaltaan saman kokoisella laskeutusaltaalla. Lisäksi pyörreselkeyttimen alivirtaus vaatii jatkokäsittelyn. Pyörreselkeyttintä ei siten voida pitää käytäntöön soveltuvana turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistusmenetelmänä.

Saostus- ja laskeutuskokeet tehtiin 24. - 25.4.1989 sekä 4. - 6.9.1989 Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa (liite 3). Saostuskokeet tehtiin Jar-testiä käyttäen. Tutkitut kemikaalit olivat ferrisulfaatti, polyaluminiumkloridi sekä Kemiran valmistamat polyelektrolyytit K 221 ja N 200. Tutkimuksen kohteena oleva vesi haettiin Piipsannevan turvetuotantoalueelta. Ferrisulfaattia käytettäessä parhaat tulokset saavutettiin, kun saostuskemikaalia annosteltiin  $29,6 \text{ mg l}^{-1}$  rautana laskien. Optimitulokseen pääsemiseksi polyaluminiumkloridia tarvittiin  $12,4 \text{ mg l}^{-1}$  alumiinina laskien. Polyelektrolyteillä ei saavutettu tässä vaiheessa tyydyttävää puhdistustulosta.

## SUMMARY

The use of peat for energy production has been increasing in Finland during the last few years and will continue to do so in the future, and a considerable proportion of Finland's peat resources are located in the province of Oulu. Peat mining causes suspended matter and nutrients to leach into the lakes and rivers below the site, on account of which the water issuing from peat mining areas is currently purified mainly by means of sedimentation basins. It has nevertheless proved difficult to reduce the nutrient load in particular by these means, so that sedimentation basins and their practicability should be further improved.

A research project "Development of water pollution control technology in peat mining", to be carried out jointly by the Ministry of Trade and Industry, the peat producers, the water authorities, the Building Laboratory of the Technical Research Centre of Finland and the University of Oulu, was set up in spring 1987 as a result of the expansion in peat mining. The aim was to develop methods which would provide the most effective way of reducing the loading coming from mires at the various stages of

preparation and mining, and to improve the methods already in use. Of these methods, sedimentation basins, field ditch basins and retention pipes were examined in the project, while the new methods looked at were peat filtration and overland flow techniques.

The aim of this investigation was to develop the structures of sedimentation basins to improve their practicability, durability and maintainability. The effect of dredging frequency on the purification results was examined at the various sites, together with the practicability of a box weir constructed at the lower end of the basin for the purification of peat mining water. A model of a swirl separator was also tested to examine its practicability.

The effect of dredging frequency on the purification results was examined in the Kurunneva peat mining area at Rantsila in 1987 - 1989, the area having been used for peat mining for over 10 years. The practicability of the box weir as a structural element for sedimentation basins was examined in 1988 - 1989 in the Murtosuo peat mining area at Pudasjärvi, which was at the preparation stage at that time. The swirl separator model was tested at Piipsanneva in Haapavesi.

The two sedimentation basins at Kurunneva are of length 130 m, width 14 m and total depth 3.3 m and have a total catchment area of 343 ha, of which water issuing from outside the peat mining area constitutes 25.5 %. The basins are equipped with surface booms and triangular Thompson's measuring weirs installed in the drum structure in the lower part of the basin. One of the basins was cleaned once a year and the other three times using a suction dredger currently being developed.

The two sedimentation basins at Murtosuo were of length 63 m, width 12 m and total depth 3.0 m. The box weirs, one of which was equipped with a triangular Thompson's measuring weir plate and the other with a plate with holes at the bottom, were constructed at the outlet ends of the basins. The water flows through the bottom holes at times of low runoff, and will not rise above this level, while at runoffs of  $100 - 300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  the set planks in the box weir dam the passage of water, increasing the head of water and the flow through the bottom holes. The cross-sectional area of the sedimentation basin increases with damming, i.e. the flow rate will be approx.  $0.01 \text{ m s}^{-1}$  irrespective of that of the incoming water. The water also discharges above the uppermost set plank in the box weir at a flow rate of over  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . The total catchment area of the sedimentation basins is 60 ha, and water from outside the peat mining area flowed into them until April 1989.

The flow rates were measured daily by means of measuring weirs constructed below the sedimentation basins at Kurunneva, while corresponding measurements were performed once a week at Murtosuo in 1988 and continuously in 1989

by means of measuring weirs located above the sedimentation basins. Water samples were taken on a weekly basis from above and below the sedimentation basins in June - October. The samples obtained from Kurunneva were analysed for total and organic suspended matter, chemical oxygen demand ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ), total N,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , total P,  $\text{PO}_4\text{-P}$  and total Fe, pH and colour using methods generally employed by the Finnish environmental authorities. The samples taken from Murtosuo were examined for total and organic suspended matter and  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ . The average reductions in suspended matter, organic matter, nutrients and Fe achieved by means of the basins were calculated from the transport rates for the various substances.

Sedimentation conditions were examined by determining Reynold's index to describe turbulence or laminarity, in addition to which dimensioning values were looked at from the point of view of runoff, surface load and flow rate during different periods. The amount of sludge in the sedimentation basins at Kurunneva was measured before and after dredging, and the capacity of the suction dredger was calculated from the amount of sludge removed and the time required for doing this.

The average suspended matter, nutrient and Fe concentrations of the peat mining water were of almost the same magnitude as those recorded for peat mining areas examined earlier, but were higher than for natural mires, particularly high figures being obtained during periods of heavy rain. The concentrations recorded for Murtosuo, which was at the preparation stage, were lower than those for Kurunneva, which was already in operation. The average  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  in June - October was almost equal to that in water issuing from natural mires.

The suspended matter load imposed on the sedimentation basins of Kurunneva varied considerably, being higher in June - October than that imposed on the sedimentation basins of Murtosuo, averaging  $10.2 - 470.6 \text{ kg d}^{-1}$ . The average organic matter load imposed on the sedimentation basins was  $11.5 - 181.9 \text{ kg d}^{-1}$ , markedly lower figures being obtained for Murtosuo than for Kurunneva. The average total N load imposed on the sedimentation basins of Kurunneva in June - October was  $1.9 - 14.5 \text{ kg d}^{-1}$ , that for total P  $0.07 - 0.3 \text{ kg d}^{-1}$  and total Fe  $7.5 - 21.3 \text{ kg d}^{-1}$ . No transport rates for of suspended and dissolved substances could be calculated, as the basins also received water from outside the peat mining area. The figures were mainly affected by the hydraulic load and the concentrations of suspended and dissolved substances in the runoff water, considerable variation being observed in this respect.

Dredging frequency of the sedimentation basins of Kurunneva had no appreciable effect on the suspended matter, nutrient and Fe load. Dredging caused leaching of suspended matter, nutrients (P in particular) and Fe from the sedimentation basins, the average reductions achieved by means of

these being -216 - 73 % for suspended matter, -5 - 49 % for organic matter, -9 - 31 % for total N, -33 - 31 % for total P and -27 - 38 % for total Fe.

The sedimentation basins equipped with box weirs had no appreciable effect on low suspended matter and organic matter loads. The average reductions in suspended matter achieved by this means in June - October were -15 - 46 %, but the amount of organic matter increased slightly.

The box weir proved to be a very practicable solution, as it cuts down the surface width of the sedimentation basin, makes it easier to clean and reduces the space required. A sedimentation basin equipped with a box weir can be constructed to be shallower than an ordinary basin, which will also reduce the need to cover the slopes of sedimentation basin and reduce the danger of the slopes caving in. As the box weir is thermally insulated and dug into the soil, it will not freeze and the runoff water will thus flow through it even in winter, i.e. the water will not erode the soil around the weir and impose any additional load on the watercourses downstream.

The costs arising from a sedimentation basin equipped with a box weir are lower than those from an ordinary basin, as the basin can be shallower and requires less space and lower maintenance costs. The construction costs of an ordinary sedimentation basin are 450 - 880 mk ha<sup>-1</sup> at the 1988 price level.

The results were used to draw up preliminary instructions for the planning, construction and maintenance of sedimentation basins and related constructions, as presented in Section 6.

The results obtained from tests conducted using a model of the swirl separator at Piipsanneva are presented in Appendix 2. The device has earlier mainly been used for separating suspended matter from water and other liquids, and its operation is based on the settlement properties of suspended matter and the flow caused by a slow swirl. The suspended matter accumulates in the middle of the swirl at the bottom from which it is then removed by the underflow, which constitutes approx. 5 - 10 % of the inflow. A strong swirl facilitates the movement of suspended matter towards the underflow. The reduction (degree of removal) achieved using the device was calculated at inflows of 0.5 - 2.0 l s<sup>-1</sup>, and a surface load of 2.7 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> was observed at an inflow of 0.5 l s<sup>-1</sup>. The model could not be tested at lower surface loads as the inflow must be high enough to develop the required swirl effect. The suspended matter concentrations in the water conducted to the swirl separator were 15-1 157 mg l<sup>-1</sup>, the average reduction recorded in the tests being - 6 % at an inflow of 2.0 l s<sup>-1</sup> and 37 % at an inflow of 0.5 l s<sup>-1</sup>. The highest reductions coincided with low inflows and high concentrations in the incoming

water. The swirl separator does not remove suspended matter any more effectively than a sedimentation basin does, in addition to which the underflow requires processing afterwards. Thus the device cannot be regarded as a practical method for the purification of peat mining water.

#### KIRJALLISUUS

- Aho, M. & Kantola, K. 1985. Kiintoaineen sedimentoituminen turvetuotannon vesissä. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 345. 56 s. ISBN 951-38-2260-5, ISSN 0358-5077.
- Haikarainen, A. 1988. Turvetuotantoalueiden laskeutusaltaiden mitoitus. Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri, Kajaani. Moniste. 8 s.
- 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*, painossa.
- Heikkinen, K. 1990b. Seasonal changes in iron transport and nature of dissolved organic matter in a humic river in northern Finland. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 15, p. 583-596.
- Heikkinen, K. 1990c. Nature of dissolved organic matter in the drainage basin of a boreal humic river in northern Finland. *J. Environ. Qual.*, vol. 19, p. 649-657.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. *Lyhennelmä: Metsäojituksen vesistövaikutukset*. *Suo*, vol. 29, p. 49-58.
- Hynninen, P. & Sepponen, P. 1983. Erään suoalueen ojituksen vaikutus purovesien laatuun Kiiminkijoen vesistöalueella, Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of drainage on the quality of brook waters in the Kiiminkijoki river basin, Northern Finland. *Silva Fennica*, vol. 17, p. 23-43.
- Huisman, I.L. 1973. Sedimentation and flotation. Mechanical filtration. Delft University of Technology. 47 p.
- Hosia, L. 1982. *Hydrauliikka*. RIL 141. Helsinki. s. 119-196.
- Ihme, R., Heikkinen, K. & Lakso, E. 1991. Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja*, painossa.
- Ihme, R., Isotalo, L., Heikkinen, K. & Lakso, E. 1991. Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja*, painossa.



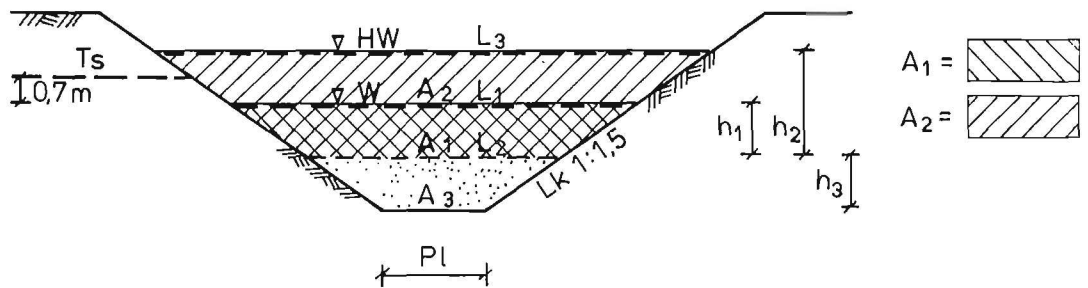
- Kenttämies, K. 1979. Metsäojituksen ja metsälannoituksen merkitys vesien kuormittajana. Vesistöjen hajakuormitus. Vesipäivä 19.11.1979, Vesiyhdistys ry., p. 90-100.
- Kenttämies, K. 1980. The effects on water quality of forest drainage and fertilization in peatlands. The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. Helsinki Symp. June 1980. IAHS Publ., vol 130, p. 277-284.
- Komiteanmietintö 1987. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnanmietintö. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö. 344 p. ISBN 951-47-1208-0, ISSN 0356-9470.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto 1989. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden hoito-, käyttö- ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1988. Luonnos 28.2.1989. 24 p.
- Ryti, K.J. 1975. Tekniikan käsikirja. Osa I. K.J. Gummerus. 8. uusittu ja täydennetty painos. Jyväskylä. s. 232-233.
- Sallantaus, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. Pro gradu tutkielma, Helsingin yliopisto limnologian laitos. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto, 122 p. Sarja D29. ISBN 951-46-6874-x, ISSN 0358-3910.
- Sallantaus, T. 1984. Quality of runoff water from Finnish fuel peat mining areas. Aqua Fennica, vol 14, p. 223-233.
- Selin, P. & Koskinen, K. 1985. Laskeutusaltaiden vaikutus turvetuotantoalueiden vesistökuormitukseen. Vesihallitus, Tiedotus 262. 112 s. ISBN 951-46-9058-3, ISSN 0355-0475.
- Sänkiäho, K. 1990. Imukauhaperiaatteella toimivan puhdistuskaluston kehittäminen - tutkimus. Vapo Oy:n tutkimusraportti. 28 s.
- Tolonen, K. & Hosiaisloma, V. 1978. Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special reference to algal growth. Ann. Bot. Fennici, vol. 15, p. 55-72.
- Turveteollisuusliitto ry., 1990. Turvetuotannon ympäristöohje. Jyväskylä.
- Vesihallitus, 1981. Vesihallituksen analyysimenetelmät. Vesihallitus, Tiedotus 213. Helsinki.
- Vesi- ja ympäristöhallitus, 1990. Turvetuotannon vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro 64. Luonnos.



## 1. Patolaatikolla varustetun laskeutusaltaan mitoitus

- Seuraavassa esitetty menetelmä antaa laskettavat arvot suoraan ilman iterointia. Virtausnopeus tulee automaattisesti n. 1 cm/s.
- Laskennan kulku: Vesipoikkileikkauksen laskenta etenee ylimmästä tuotannonaikaisesta vedenpinnasta alaspäin, jolloin määräytyy lietetilan yläraja. Tämän jälkeen lasketaan mitoitusvalumalle 300 l/s tarvittava veden korkeus lietetilan ylärajasta ylöspäin. Altaan pituus saadaan joko viipymän tai pinta-alavaatimuksen määräämänä. Viimeksi lasketaan tarvittava lietetilan korkeus.

### 1.1 Ylimmän tuotannon aikaisen vesipinnan ( $\nabla W$ ) määrittäminen



- $\nabla W$  = alin tuotantosyvyys - kapillaarinen vedennousukorkeus  
- et. lisä
- Vesipinnan leveys  $L_1$  valitaan siten, että altaan pintaleveys ei kasva liian suureksi käytettävissä olevalle puhdistuskalustolle.

1.2 Vesipoikkileikkausalan ( $A_1$ ) määrittäminen

- Vesipoikkileikkaus valitaan taulukosta. Pinta-ala määräytyy siten, ettei n. 100 l/s km<sup>2</sup> valumaa vastaava virtaama aiheuta yli 1 cm/s vedennopeutta altaassa.

Valuma-alue	Pohja-aukot	$A_1$
30 - 35 ha	2 $\phi$ 150	3,7 m <sup>2</sup>
36 - 45 ha	2 $\phi$ 160	4,4 m <sup>2</sup>
46 - 55 ha	2 $\phi$ 170	5,1 m <sup>2</sup>
56 - 70 ha	3 $\phi$ 160	6,5 m <sup>2</sup>

1.3 Vedenkorkeuden ( $h_1$ ) laskeminen

- $h_1$  on vedenkorkeus, jolla vaadittava  $A_1$  saavutetaan
- $h_1$  lasketaan  $\nabla W$  tasosta alaspäin ja tällöin saadaan lietetilan yläraja selville. Lasketaan  $L_2$ .

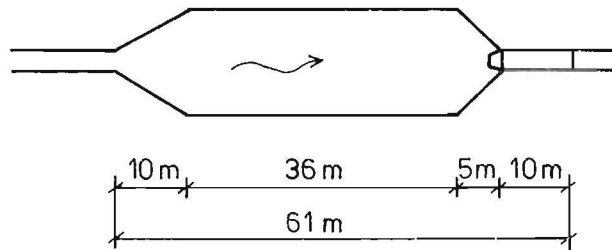
1.4 Ylävedenkorkeuden ( $h_2$ ) laskeminen

- Lasketaan lietetilan ylärajasta ylöspäin siten, että saadaan niin suuri vesipinta-ala, ettei mitoitusvalumaa (300 l/s km<sup>2</sup>) vastaava virtaama aiheuta yli 1 cm/s vedennopeutta.

## 1.5 Laskeutusaltan pituus

- viipymä  $\geq 1$  h --> pituus  $\geq 36$  m ( $v = 1$  cm/s)
- pinta-alavaatimus, pintakuorma (10 m<sup>2</sup>/ha/ $L_1$ )
- viisteet altaan päissä 10 + 5 m
- patorakenteen pituus 10 m
- altaan pituudessa mitoituslaskelmia tehdessä voidaan viisteet jättää huomiotta

Altaan minimipituus:



### 1.6 Lietetilan korkeus ( $h_3$ )

Lasketaan ensin lietetilaan tarvittava poikkileikkausala, joka saadaan kun lietetilavaatimus ( $4 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) jaetaan altaan pituudella. Lietetilan syvyys on oltava kuitenkin yli  $0,5 \text{ m}$ . Lopuksi lasketaan pohjanleveys.

## 2. Laskeutusaltaan mitoitusesimerkki

Lähtötiedot: Valuma-alue  $30 \text{ ha}$  tuotantoaluetta  
 Tuotantosyvyys  $h_{N60} = 100,00$   
 Maanpinta  $h_{N60} = 101,00$   
 Altaan etäisyys tuotantoalueesta  $200 \text{ m}$

Mitoitusarvot:

Mitoitusvirtaama  $0,30 \text{ km}^2 \cdot 0,300 \text{ m}^3/\text{s km}^2 = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Virtausnopeus  $1 \text{ cm/s}$   
 Viipymä  $\text{yli } 1 \text{ h}$   
 Lietetila  $30 \text{ ha} \cdot 4 \text{ m}^3/\text{ha} = 120 \text{ m}^3$   
 LK  $1 : 1,5$

### 2.1 Vesipinnan korkeus $\nabla W$

$$\nabla W = 100,00 - 0,7 - 200 \cdot 0,0005 = 99,20$$

$$L_1 \text{ valitaan } 7,0 \text{ m [pintaleveys } 7,00 + 2 \cdot 1,5 \cdot (101,00 - 99,20) = 12,4 \text{ m]}$$

2.2 Vesipoikkileikkaus  $A_1$ 

Valitaan taulukosta pohja-aukoksi  $2 \phi 150$ , jolloin  $A_1 = 3,7 \text{ m}^2$

2.3 Vedenkorkeuden ( $h_1$ ) laskeminen

Muodostetaan pinta-alan laskentayhtälö:

$$\frac{(L_1 + L_1 - 2 \cdot 1,5 \cdot h_1)}{2} \cdot h_1 = 3,7 \text{ m}^2,$$

josta  $L_1$  sijoittaen ratkaistaan  $h_1 = 0,61 \text{ m}$   
 $L_2 = 7,0 - 2 \cdot 1,5 \cdot 0,61 = 5,17 \text{ m}$

2.4 Ylävedenkorkeuden ( $h_2$ ) laskeminen

$$A_2 = \frac{0,09 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m/s}} = 9,0 \text{ m}^2$$

Pinta-alan laskentayhtälö:

$$\frac{(L_2 + L_2 + 2 \cdot 1,5 \cdot h_2)}{2} \cdot h_2 = 9,0 \text{ m}^2,$$

josta  $L_2$  sijoittaen ratkaistaan  $h_2 = 1,26 \text{ m}$

## 2.5 Altaan pituuden laskeminen

Viipymä:  $L = 0,01 \text{ m/s} \cdot 3600 \text{ s} = 36 \text{ m}$

Pinta-ala:  $L = 300 \text{ m}^2/7 \text{ m} = 42 \text{ m}$

=> Altaan pituus 42 m

2.6 Lietetilan korkeuden ( $h_3$ ) laskeminen

Lasketaan  $A_3 = 120 \text{ m}^3 / 42 \text{ m} = 2,9 \text{ m}^2$

$$\frac{(L_2 + L_2 - 2 \cdot 1,5 \cdot h_3)}{2} \cdot h_3 = 2,9 \text{ m}^2,$$

josta  $L_2$  sijoittaan ratkaistaan  $h_3 = 0,7 \text{ m}$

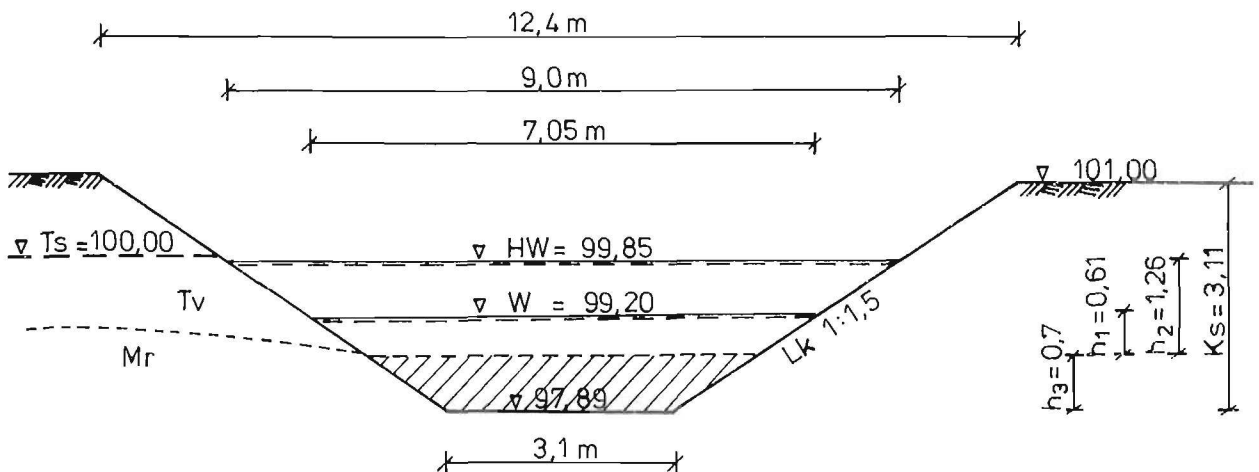
Pohjan leveys  $L_2 - 2 \cdot 1,5 \cdot h_3 = 5,17 - 2 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = 3,1 \text{ m}$

Pohja-aukon alareuna =  $\nabla W - 1,5 \phi = 99,20 - 1,5 \cdot 0,15 = 98,98$

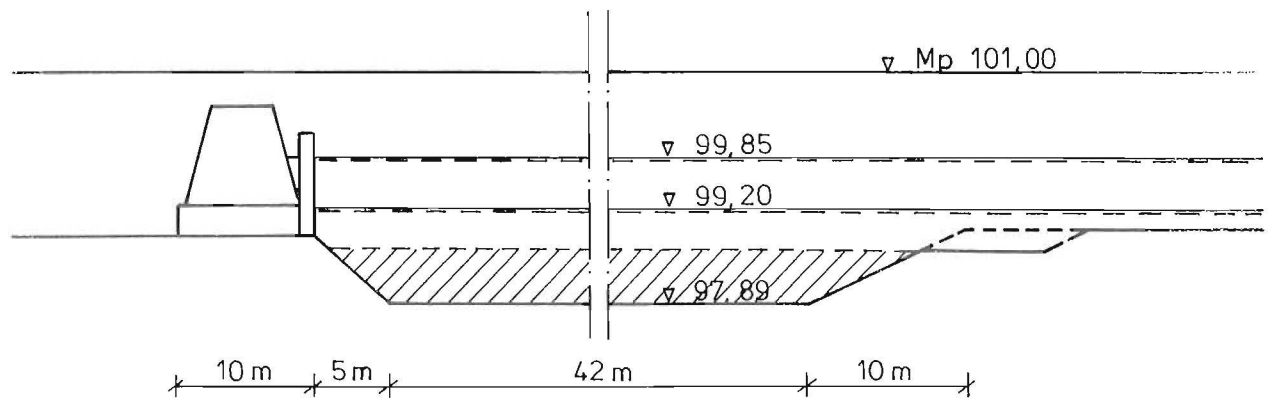
Patoaukon poistoputki voidaan mitoittaa esimerkiksi nyrkkisään-  
nöllä  $\phi = \sqrt{1,06 \cdot Q}$

$\phi = \sqrt{1,06 \cdot 0,09 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,31 \text{ m} \rightarrow$  valitaan TR 1,5 mm  $\phi$   
400 mm

Poikkileikkauksen piirtäminen MK 1 : 100



Pituusleikkauksen piirtäminen MK 1 : 500/1 : 100





Oulun vesi- ja ympäristöpiiri

Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen

Kiintoaineen erotus vedestä monivaiheisella pyörreselkeyt-  
timellä

Raportti koeajosta Haapaveden Piipsannevalla loka-  
kuussa 1988

Juhani Viiala

Bioneer Oy

## S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

## TIIVISTELMÄ

ESIPUHE	1
1. JOHDANTO	2
2. MONIVAIHEINEN PYÖRRESELKEYTIN	3
2.1 Toimintaperiaate	3
2.2 Mitoitus	5
3. KOELAITTEET JA KOKEIDEN SUORITUS	8
3.1 Koejärjestelyt	8
3.2 Pyörreselkeytinkokeet	9
3.3 Laskeutusallaskokeet	10
3.4 Laskeutusputkikokeet	11
4. TULOKSET	12
4.1 Turvesoiden vesien erityispiirteet	12
4.2 Erotusasteen laskenta	12
4.3 Pyörreselkeytinkokeiden tulokset	13
4.4 Vaakalaskutusallaskokeiden tulokset ja tulosten vertailu pyörreselkeytinkokeisiin	23
4.5 Laskeutusputkikokeiden tulokset	25
4.6 Vertailua aikaisempiin pyörreselkeytintutkimuksiin	27
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOEHDOTUS	29
LÄHDELUETTELO	30

## T I I V I S T E L M Ä

Tässä työssä on tutkittu monivaiheisen pyörreselkeyttimen sopivuutta turvesoiden valumavesien kiintoaineen erotukseen. Kenttäkokeiden avulla pyrittiin saamaan selville soveltuuko pyörreselkeytin näille vesille ja mikä on sen teho verrattuna laskeutusaltaaseen.

Pyörreselkeyttimellä erotetaan laskeutuvaa kiintoainetta vedestä tai muista nesteistä. Erotus perustuu kiintoaineen laskeutuvuuteen ja hitaan pyörteen synnyttämiin virtauksiin. Kiintoaine kerääntyy pohjalle pyörteen keskelle, josta se poistuu ns. alitevirtauksena. Tämän osuus on 5-10 % tulovirtauksesta. Voimakas pyörre parantaa kiintoaineen liikkumista pohjalla kohti alitevirtausta. Hidas virtaus ei saa laskeutunutta kiintoainetta liikkeelle pohjalla.

Pyörreselkeyttinkokeiden keskimääräinen erotusaste nousi noin 40 %. Tässä kokeessa suurin osa kiintoaineesta oli erittäin heikosti laskeutuvaa tai jopa laskeutumatonta. Jos kokeita olisi voitu tehdä pienemmillä virtaamilla, erotusaste olisi ollut suurempi, kuin 40 %. Pienoismallikokeita ei voitu tehdä pienillä tulovirtaamilla, koska pienillä nopeuksilla pyörre oli liian heikko, eikä laite toiminut toivotulla tavalla.

Kokeiden aikana vedenottoapaikan yläpuolella tehtiin ojien perkauksia, jotka ajoittain nostivat veden kiintoainepitoisuutta jopa yli 1000 mg/l. Muuna aikana veden kiintoainepitoisuus oli alle 50 mg/l, mikä vastaa normaalia tilannetta.

Kun tulevassa vedessä oli yli 1000 mg/l kiintoainetta, erotusaste oli yli 60 %. Pyörreselkeyttimellä voidaan tehokkaasti pienentää tilapäisiä suuria kiintoainepitoisuuksia.

Alitevirtauksen kiintoainepitoisuus oli kahdessa mitatussa kokeessa tulovirtaamaan verrattuna yli kaksinkertainen, vaikka pitoisuus tulovirtaamassa oli vain noin 16 mg/l.

Pyörreselkeyttimen erotusaste oli pienillä tulovirtaamilla suurempi kuin vaakalasketusaltaan, mutta suurilla virtaamilla erotusaste oli sama.

Pyörreselkeyttintä voidaan käyttää turvesoiden vesien käsittelyyn silloin, kun halutaan alentaa merkittävästi suuria kiintoainepitoisuuksia, tai pienten pitoisuuksien lievää alentamista. Kiintoainepitoisen alitevirtauksen osuus kokonaisvirtaamasta on vain 5-10 %, joten sen mahdollinen jatkokäsittely on helpompaa kuin suuren vesimäärän käsittely.

## E S I P U H E

Tämä tutkimus on tehty Oulun vesi- ja ympäristöpiirin Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittämiprojektin ja hämeenlinnalaisen Bioneer Oy:n välisen sopimuksen mukaan.

Oulun vesi- ja ympäristöpiiri järjesti kokeita varten koepaikan ja maksoi kaikki kokeista aiheutuneet kustannukset. Kokeet tehtiin Haapaveden Piipsan-  
nevilla Kotaojan varressa turvesuodattimen läheisyydessä.

Kokeiden aikana otetut vesinäytteet analysoitiin Oulun yliopiston rakentamistekniikan vesilaboratoriossa. Bioneer Oy antoi käyttöön koelaitteet ja palkkasi tutkijan kokeita varten.

Tutkimuksen tilaajan (Oulun vesi- ja ympäristöpiiri) yhdyshenkilöinä toimivat apul.prof. Esko Lakso (Oulun Yliopisto) ja DI Raimo Ihme (VTT-Rakennuslaboratorio, Oulu), Bioneer Oy:n yhdyshenkilönä ja työn pääasiallisena tutkijana toimi DI Juhani Viiala.

## 1 J O H D A N T O

Turvesoiden valumavesissä on runsaasti kiintoainetta ja ravinteita, jotka kuormittavat alapuolista vesistöä. Kuormitushuiput ovat yleensä lyhytaikaisia. Kuormituksen vähentämiseksi on ryhdytty tutkimaan eri menetelmiä, joilla voitaisiin pienentää turvesoiden valumavesien kiintoainepitoisuuksia. Osana tätä työtä on Haapaveden Piipsannevalla tehty kokeita monivaiheisella pyörreselkeyttimellä lokakuussa 1988.

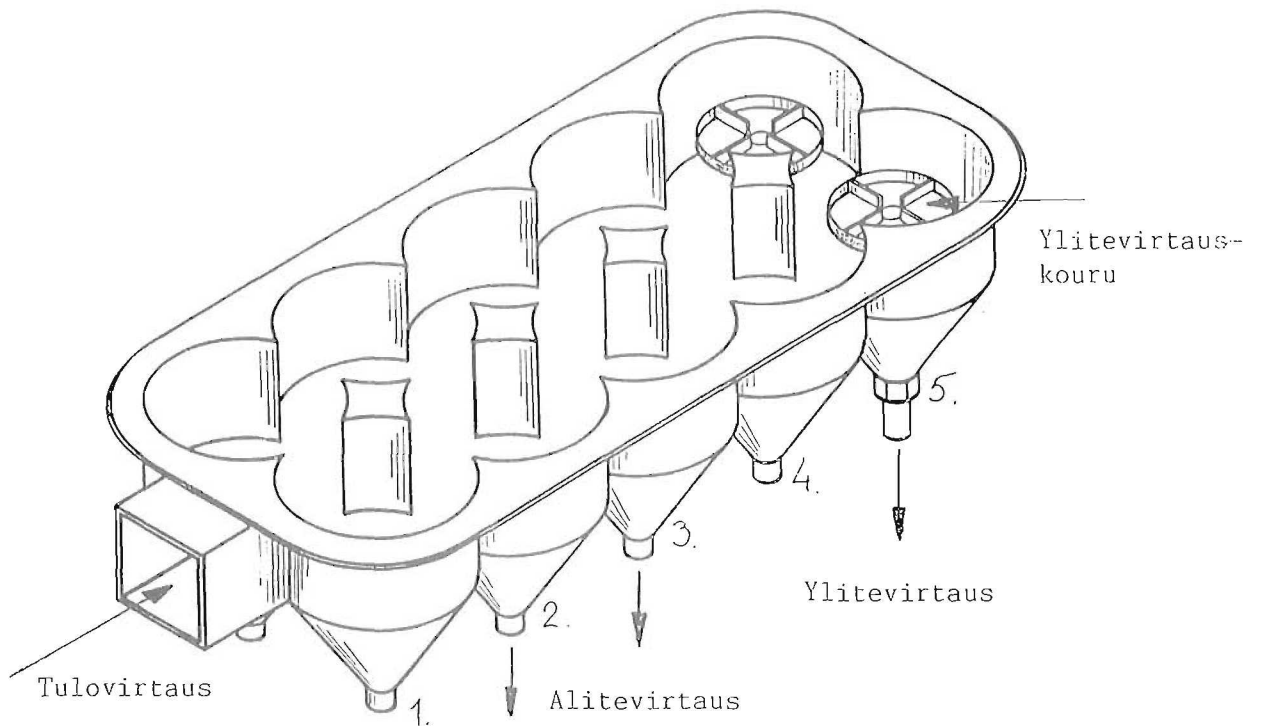
Kokeiden tarkoituksena oli selvittää, voidaanko monivaiheista pyörreselkeyttintä käyttää turvesoiden valumavesien kiintoaineen erotukseen. Tavoitteena oli selvittää, mikä on pyörreselkeyttimen erotusaste ja miten se poikkeaa vaakalaskutusaltaan erotusasteesta.

Pyörreselkeyttimiä käytetään lähinnä hyvin laskeutuvan kiintoaineen erottamiseen. Aikaisemmin pyörreselkeyttimet ovat olleet yksivaiheisia. Tässä tutkimuksessa käytetty monivaiheinen pyörreselkeytin on ollut kehitteillä muutaman vuoden. Aikaisempien kokemusten mukaan monivaiheisuuden etuna on hyvä erotusaste, kyky erottaa myös hitaasti laskeutuvaa kiintoainetta ja luokitella partikkeleita eri jakeisiin.

## 2 MONIVAIHEINEN PYÖRRESELKEYTTIN

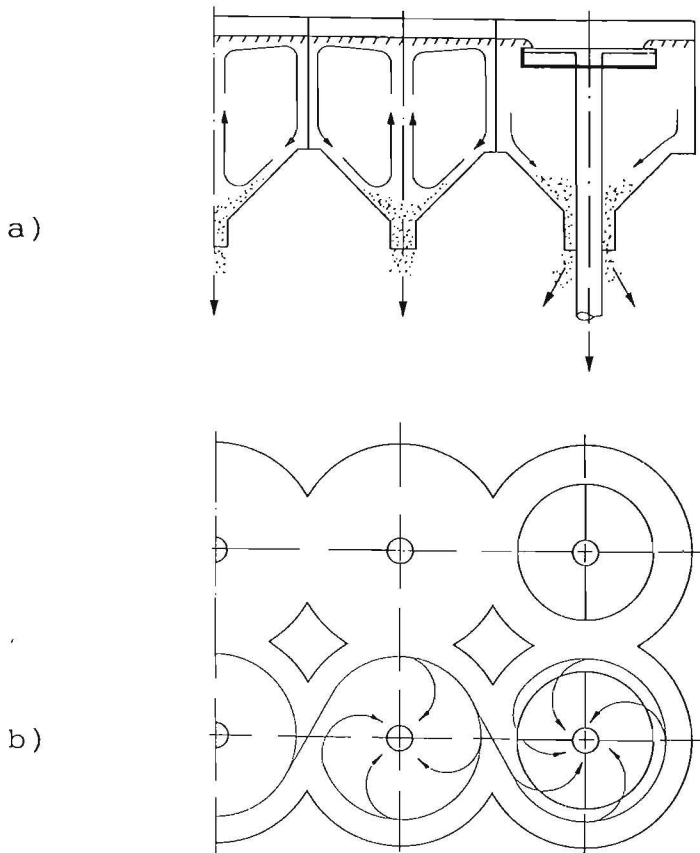
## 2.1 TOIMINTAPERIAATE

Monivaiheisella pyörreselkeyttimellä erotetaan laskeutuvaa kiintoainetta vedestä tai muista nesteistä. Neste kulkee peräkkäisten vaiheiden läpi viimeisen vaiheen ylitevirtauskourua kohti, jonka kautta poistetaan puhdistettu neste. Erotettu kiintoaine poistuu pohjalla olevien alitevirtausaukkojen kautta. Vierekkäisten pyörresarjojen pyörteet voivat nojata toisiinsa (kuva 1.).



Kuva 1. Kokeissa käytetty monivaiheinen pyörreselkeyttin.

Erotus perustuu ns. "Teekuppi-ilmiöön", jossa kiintoaine kerääntyy pohjalle pyörteen keskelle aivan kuten teenlehdet teekuppia hämmennettäessä. Tämän ilmiön saa aikaan pyörteeseen syntyvä poikittaissuuntainen virtaus (kuva 2.).



Kuva 2. Virtaus monivaiheisessa pyörreselkeyttimessä, a) poikittaisvirtaus, b) päävirtaus.

Laitteen pohja saa olla tasainen, mutta pohjan kartiokkuus parantaa kiintoaineen liikkumista alitevirtausaukkoon. Pohjan itsepuhdistuvuuden takia kaapimia ei tarvita kuten perinteisissä laskeutusaltaissa.

Erotus tapahtuu useassa eri vaiheessa, mikä nostaa erotusastetta. Vaiheita voi olla peräkkäin 4-6 kpl.

Pyörteen kulmanopeus on kaikissa vaiheissa likimain yhtä suuri. Keskipakovoiman vaikutus erotuksessa ei ole merkittävä.

Kulmanopeus ei saa nousta kovin suureksi, muuten pohjalle laskeutunut kiintoaine nousee pystysuuntaisen virtauksen takia keskeltä ylös. Myös turbulენტtisuus pohjalla kasvaa, jolloin kiintoaine sekoittuu takaisin virtaukseen. Toisaalta, jos pyörre on liian heikko, laskeutunut kiintoaine ei liiku pohjalla kohti alitevirtausaukkoa.

Painehäviö pyörreselkeyttimessä on hyvin pieni. Tämän takia energian tarve on myös pieni, vaikka käsiteltäisiin satoja kuutioita vettä tunnissa.

## 2.2 MITOITUS

Monivaiheista pyörreselkeyttintä varten ei ole vielä kehitetty teoriaa, jonka avulla voitaisiin pienoismallilla tehtyjen kokeiden tuloksia mallintaa täysmittakaavaisen laitteen mitoituserusteiksi. Yksivaiheisten pyörreselkeyttimien teorian kehittäminen on huomattavasti pidemmällä. Sitä voidaan käyttää hyväksi tietyiltä osin mallinnettaessa monivaiheista pyörreselkeyttintä, kuten päämittojen määrittämiseen.

Laitteen mitoitus ja toiminta-arvot määräytyvät pyörteen halkaisijan ja kiintoaineen mukaan. Halkaisijan muuttuessa laitteen muut mitat muuttuvat mittakaavan eri potensseissa. Virtausnopeuksiin ja pyörteen kulmanopeuksiin vaikuttaa kiintoaineen laskeutumisnopeus.

Täysmittakaavaisessa laitteessa pyörteen halkaisijan tulisi olla 0,5-2,0 m.

Taulukossa 1 on esitetty mittakaavan vaikutus laitteen mittoihin ja suoritusarvoihin. Taulukossa esitetyt merkinnät  $s$ ,  $i$ ,  $x_0$  ja  $x_1$  ovat seuraavia:

$s$  = mittakaava  
 $i$  = potenssi  
 $x_0$  = alkutilanne  
 $x_1$  = lopputilanne

esim.  $x_1 = s^i x_0$

Taulukko 1. Mittakaavan vaikutus pyörreselkeyttimen mittoihin ja toiminta-arvoihin.

ominaisuus		kulmanopeus vakio		kehänopeus vakio
pyörteen halkaisija	D	$s^1$	$D_0$	sama
pinta-ala	A	$s^2$	$A_0$	sama
sisääntulokanavan				
leveys	d	$s^1$	$d_0$	sama
korkeus	h	$s^1$	$h_0$	sama
pinta-ala	a	$s^2$	$a_0$	sama
tulovirtaama	Q	$s^3$	$Q_0$	$s_0^2 Q_0$
nopeus kanavassa	v	$s^1$	$V_0$	$s_0 V_0$
kulmanopeus	w	$s^1$	$w_0$	$s_0^{-1} w_0$
pintakuorma	S	$s^1$	$S_0$	$s_0 S_0$



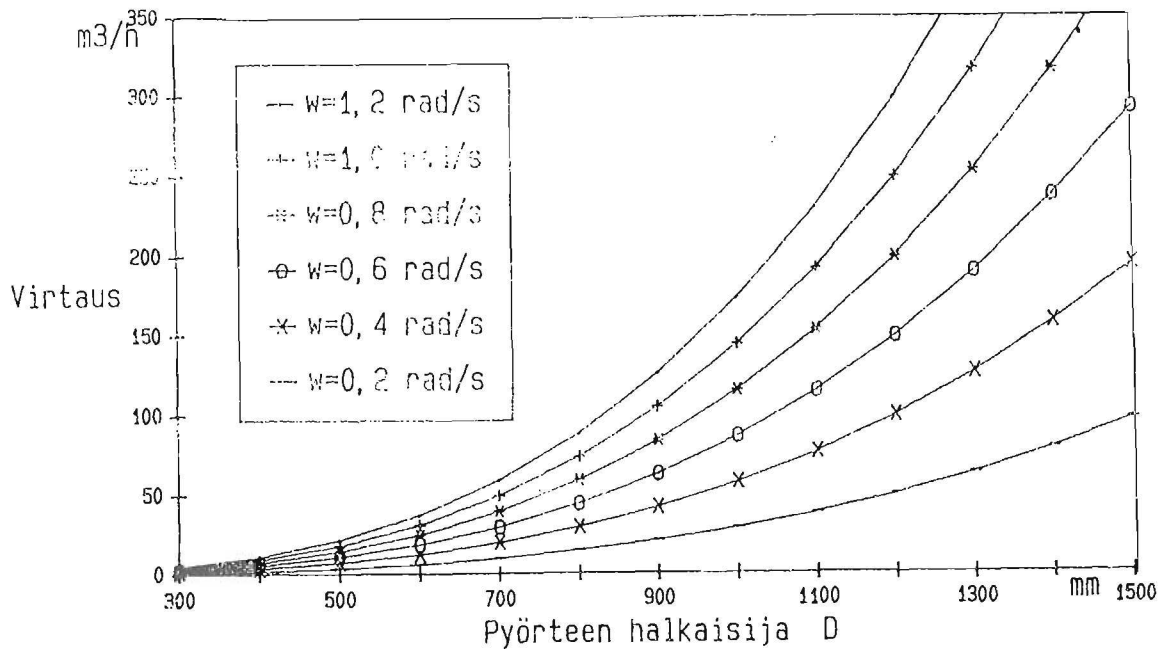
Yksivaiheiselle pyörreselkeyttimelle Sullivan /2/ ehdottaa mitoitusperusteeksi seuraavaa tulovirtaaman ja mittakaavan välistä riippuvuutta:

$$Q_1 = s^{5/2} Q_0$$

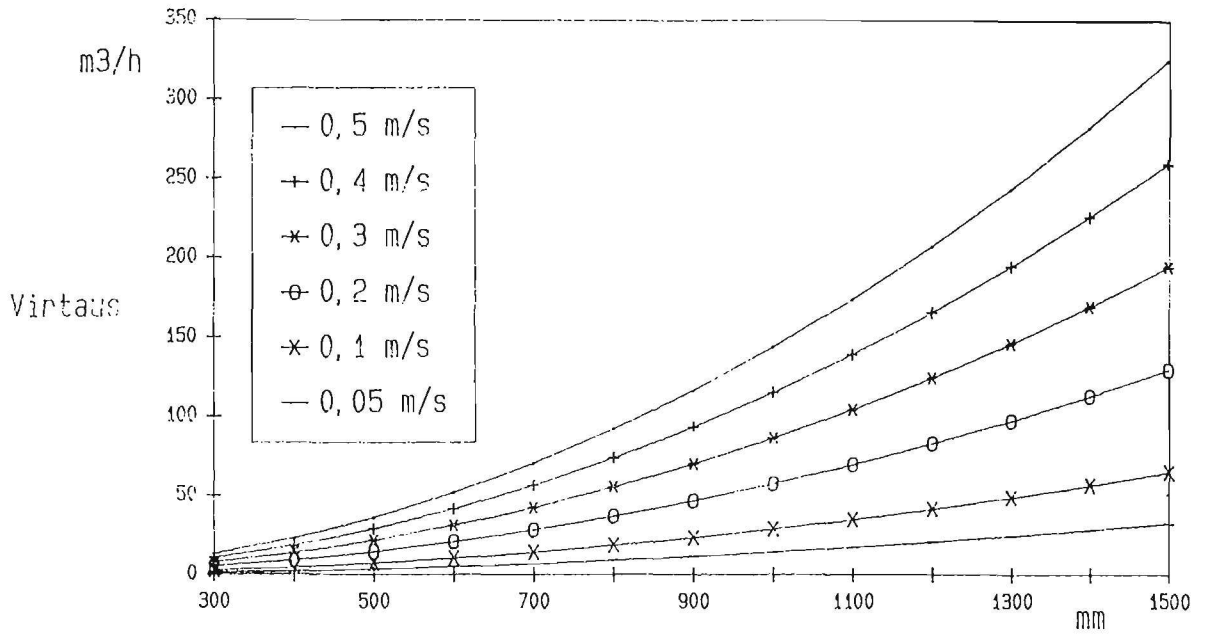
Monivaiheisen pyörreselkeyttimen mitoitus noudattaa likimain samaa sääntöä. Taulukon 1 mukaisesti monivaiheisen pyörreselkeyttimen tulovirtaaman riippuvuus mittakaavasta  $s$  on seuraavanlainen:

$$Q_1 = s^n Q_0, \text{ vakion } n \text{ arvo on välillä } 2-3.$$

Laskeutusaltaan mitoitusperusteet on esitetty esimerkiksi lähteessä Aho, Kantola / 1 /.

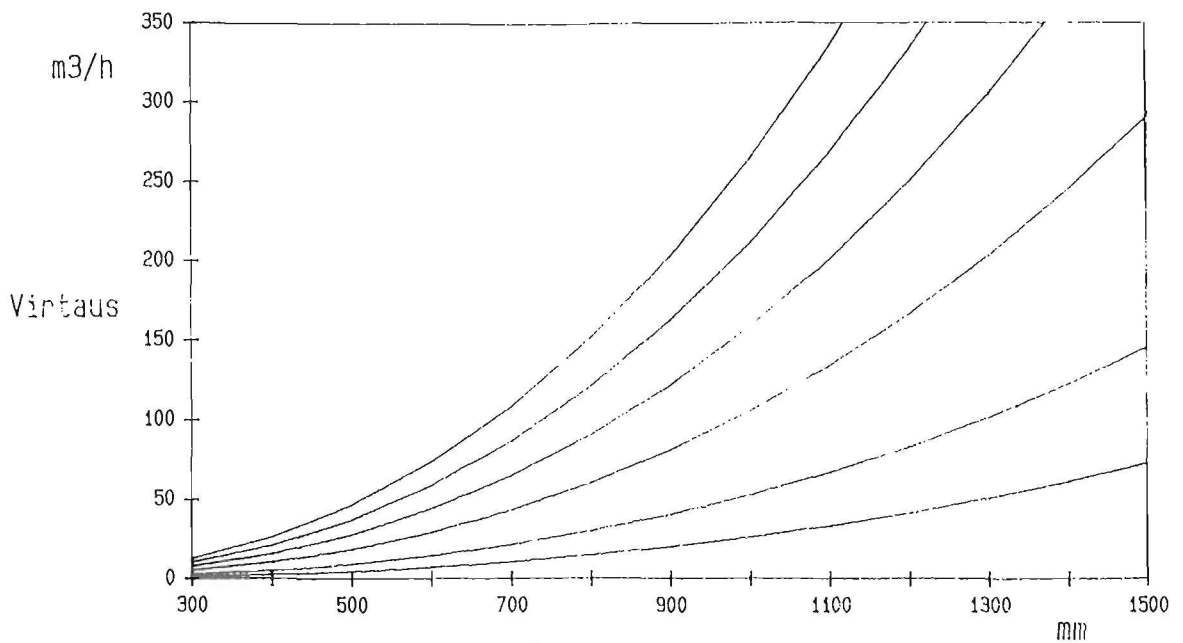


Kuva 3 a). Monivaiheisen pyörreselkeyttimen virtauskapasiteetti, kun kulmanopeus  $w$  on vakio.



Pyörteen halkaisija D

Kuva 3 b). Monivaiheisen pyörreselkeyttimen virtauskapasiteetti, kun sisääntulonopeus  $v$  on vakio.



Pyörteen halkaisija D

Kuva 3 c). Monivaiheisen pyörreselkeyttimen virtauskapasiteetti, kun virtausnopeus tulokanavassa muuttuu mittakaavan potenssissa 1,5.

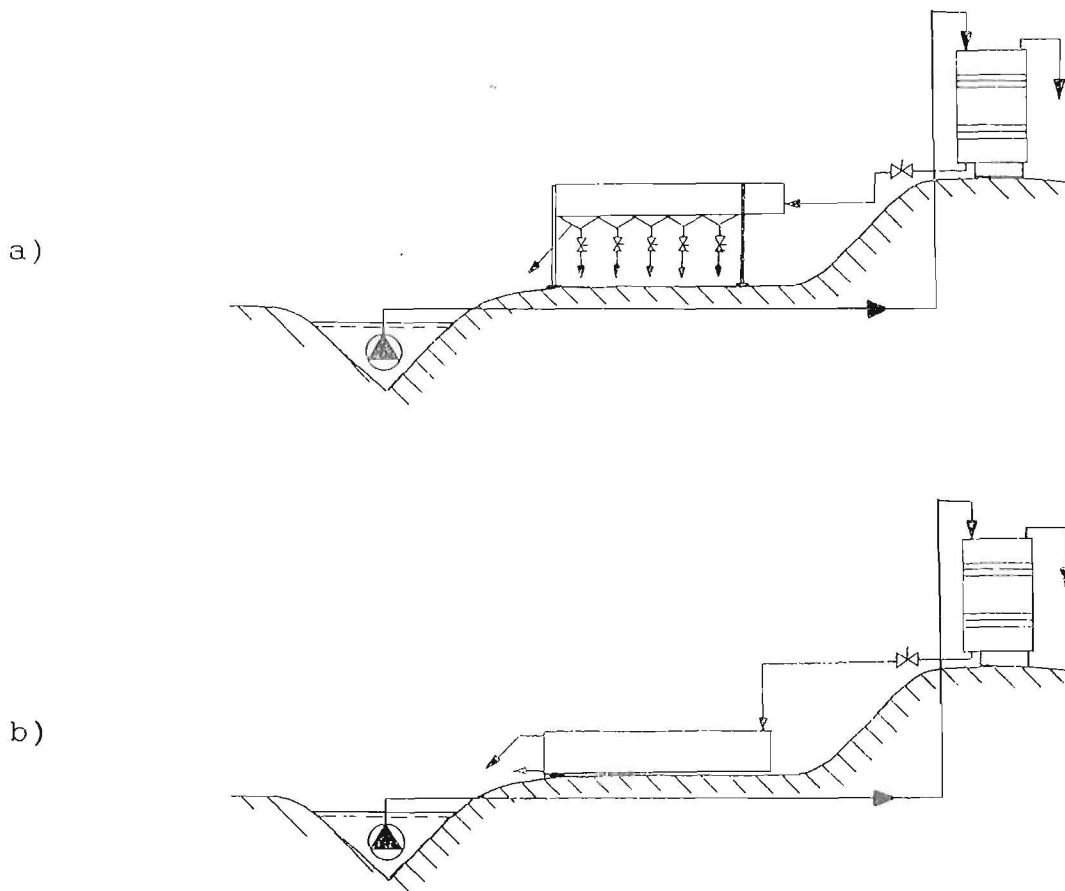
### 3 KOELAITTEET JA KOKEIDEN SUORITUS

#### 3.1 KOEJÄRJESTELYT

Vertailutiedon saamiseksi kokeita tehtiin kolmella eri laitteella; monivaiheisella pyörreselkeyttimellä, vaakalasketusaltaalla ja laskeutusputkella, jossa vesi oli staattisessa tilassa (kuvat 4,5,6,7).

Pyörreselkeyttimen ja vaakalasketusaltaan pinta-alat ja käytetyt tulovirtaamat olivat yhtä suuret, joten pintakuormat olivat samat.

Laskeutusputkikokeissa kiintoaineen laskeutuvuutta staattisessa tilassa seurattiin ottamalla näytteitä tietyin väliajoin eri syvyyksiltä.

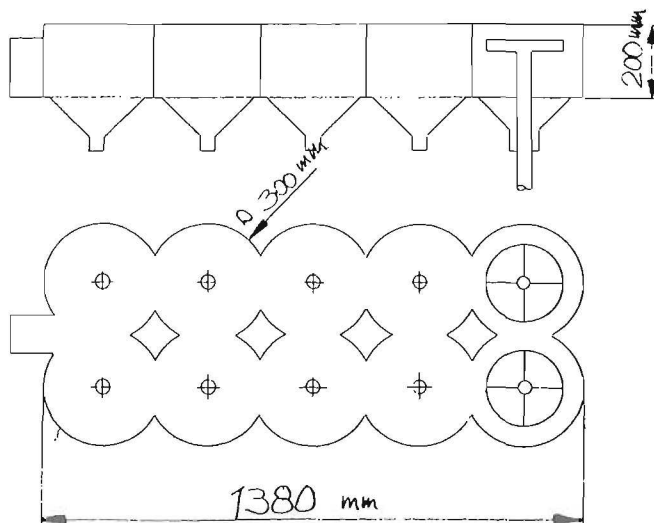


Kuva 4. Koejärjestelyt a) pyörreselkeyttinkokeet  
b) laskeutusallaskokeet.

## 3.2 PYÖRRESELKEYTINKOKEET

Kokeet tehtiin seuraavasti:

- vesi pumpattiin ojasta tasaussäiliöön (tynnyri), joka oli koko ajan täynnä vettä
- virtausta säiliöstä pyörreselkeyttimeen säädettiin venttiilillä, kokeissa käytettiin 4 eri tulovirtaamaa ( $0,5 \text{ l s}^{-1}$  -  $2,0 \text{ l}^{-1}$ ), säiliön ylävedenpinta oli 1 - 1,5 m koelaitteiden ylävedenpintaa korkeammalla.
- sisäänvirtauskanavan leveyttä muuttamalla (2 eri leveyttä) voitiin virtausnopeutta vaihdella
- alitevirtauksen osuus oli noin 10 % kokonaisvirtauksesta, virtausta säädettiin venttiileillä
- puhdistettu vesi kerättiin viimeisen vaiheen pinnalta pyörteen keskellä olevaan ylitevirtauskouruun
- vesisyvyyttä (2 eri syvyyttä) säädettiin ylitevirtauskourun korkeutta muuttamalla
- tulovirtaama mitattiin mitta-astialla ylitevirtausputkien päästä alitevirtausventtiilien ollessa suljettuna
- vesinäytteet otettiin ensin ylitevirtausputkien päästä, seuraavaksi alitevirtauksista (2 koetta) ja viimeiseksi tulokourusta. Näytteet pyrittiin ottamaan sitten, kun virtaus laitteessa oli säätöjen jälkeen tasaantunut. Näytteenottoväli oli noin 15 min.
- näytteistä analysoitiin kiintoainepitoisuus
- kokeiden aikana tehtiin havaintoja laitteen toiminnasta

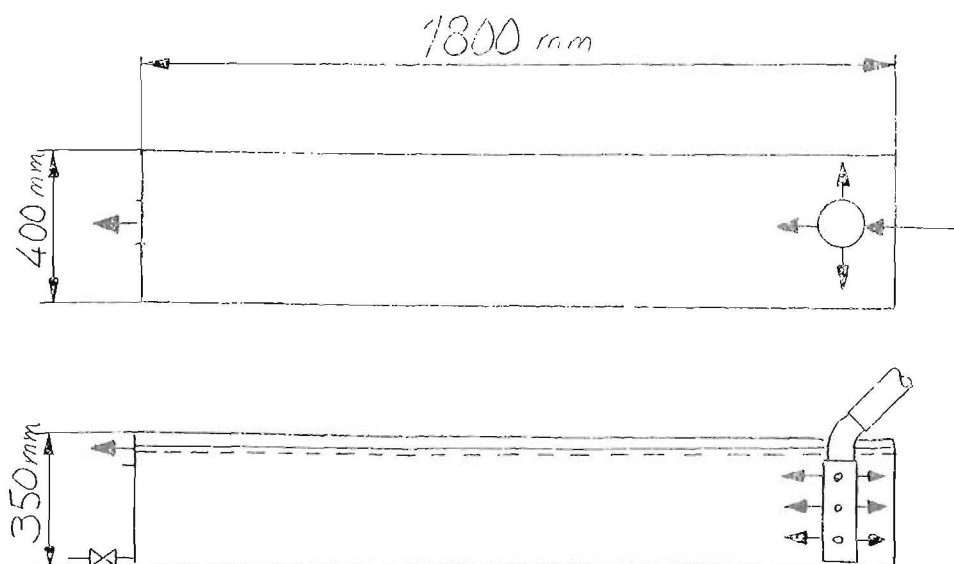


Kuva 5. Kokeissa käytetty monivaiheinen pyörreselkeytin.

### 3.3 LASKEUTUSALLASKOKEET

Kokeet tehtiin seuraavasti:

- vesi pumpattiin ojasta tasaussäiliön kautta laskeutusaltaaseen samalla tavalla kuin pyörreselkeytinkokeissa
- laskeutusallaskokeet (2 koesarjaa) tehtiin kahden pyörreselkeytinkokeen yhteydessä, jotta kokeet olisivat olleet vertailukelpoisia
- vesi tuli laskeutusaltaaseen suuttimen kautta, jossa oli useita reikiä eri suuntiin, tällä saatiin tasainen nopeusjakauma virtauspoikkipinta-alalla
- puhdistettu vesi poistui pinnalta altaan loppu päästä
- altaan päässä pohjalla oli venttiili, jonka kautta poistui noin 5 % vettä ja laskeutunutta kiintoainetta kokonaisvirtaamasta
- näytteet otettiin sekä ylivuodosta että sisään tulevasta vedestä, ennen näytteenottoa virtauksen annettiin säätöjen jälkeen tasaantua noin 15 min.
- näytteistä analysoitiin kiintoainepitoisuus

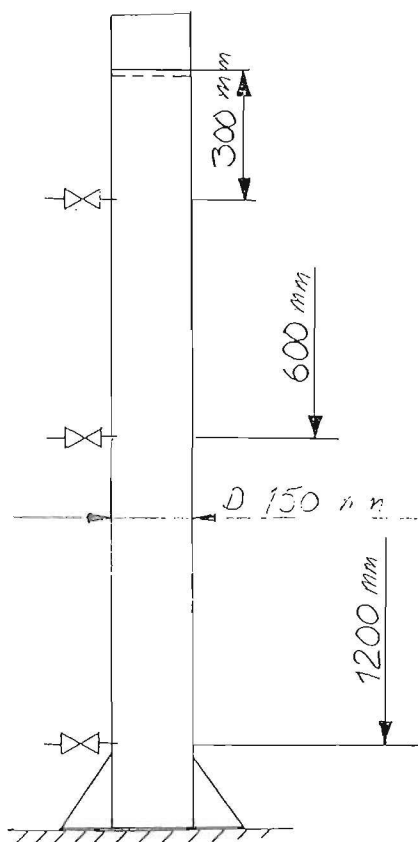


Kuva 6. Kokeissa käytetty laskeutusallas, päältä (yllä) ja sivulta (alla).

## 3.4 LASKEUTUSPUTKIKOKEET

Kokeet tehtiin seuraavasti:

- 1500 mm pitkä, läpinäkyvä muoviputki, jonka halkaisija oli 150 mm, täytettiin vedellä
- kolmelta eri syvyydeltä otettiin näytteitä tietyin aikaväleihin (ks. taulukko 8), pisin laskeutusaika oli 60 min
- koesarjoja tehtiin 3 kpl, jokaisesta sarjasta otettiin kutakin näytettä 300 ml, jotka yhdistettiin yhdeksi näytteeksi
- näytteistä analysoitiin kiintoainepitoisuus.



Kuva 7. Kokeissa käytetty laskeutusputki.

## 4 T U L O K S E T

### 4.1 TURVESOIDEN VESIEN ERITYISPIIRTEET

Turvetuotantoalueilta laskevien vesien vaikutus alapuoliseen vesistöön sisältää lyhytaikaisia kuormitushuippuja. Niitä aiheuttavat alueella tehtävät ojitustyöt, voimakas sade tai lumen sulaminen sekä turvetuotanto. Ilmiön vaikutuksen lakattua vesien kiintoainepitoisuus laskee nopeasti normaalille tasolle. Turvesoiden vesien kiintoainepitoisuudet vaihtelevat muutamasta milligrammasta jopa yli  $1000 \text{ mg l}^{-1}$  /1/.

### 4.2 EROTUSASTEEN LASKENTA

Erotusaste laskettiin kiintoainepitoisuuden muutoksen mukaan siten, että

$$E = (1 - (C \text{ lähtevä} / C \text{ tuleva})) * 100 \%$$

C = pitoisuus mg/l

Pyörreselkeyttimen tehokkuutta voidaan lisäksi arvioida sen perusteella, paljonko kiintoaineen mukana poistuu alitevirtauksesta vettä. Tätä ei erotusasteen arviointi pitoisuuksien avulla tuo täysin esiin. Kokeissa alitevirtauksen osuus kokonaisvirtaamasta oli 10 %.

Pyörreselkeyttimellä ja laskeutusaltaalla erotetaan vedestä laskeutuvaa kiintoainetta. Kokeissa käytettiin erotusasteen arviointiin kiintoainepitoisuuksia riippumatta siitä onko tuleva kiintoaine nopeasti vai hitaasti laskeutuvaa vai laskeutuuko se ol- lenkaan. Suurin osa kiintoaineesta oli laskeutumanta tai erittäin heikosti laskeutuvaa. Erotusaste ei siis anna kuvaa siitä, paljonko laskeutuvaa kiintoainetta saatiin erotettua.

Laskeutusputkella tehdyillä kokeilla selvitettiin, miten kiintoaine laskeutuu veden ollessa staattisessa tilassa. Yli puolet kiintoaineesta laskeutuu hitaammin kuin  $1 \text{ mh}^{-1}$ .

## 4.3 PYÖRRESELKEYTINKOKEIDEN TULOKSET

Pyörreselkeytinkokeiden tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Pyörreselkeytinkokeiden tulokset.

Koe No	Pitoisuudet tuleva mg/l	Pitoisuudet läht. mg/l	Tulo- virtaus l/s	Tulo- nopeus m/s	Kulma- nopeus rad/s	Erotus- aste %	Veden syvyys mm	Kanavan leveys mm
1	15,6	14,0	0,5	0,07	0,47	10,3	140	55
2	17,9	14,0	1,0	0,13	0,87	21,8	140	55
3	15,5	15,3	1,5	0,20	1,33	1,3	140	55
4	15,6	14,6	2,0	0,26	1,73	6,4	140	55
5	1157,0	425,2	0,5	0,07	0,47	63,2	140	55
6	1082,4	732,1	1,0	0,13	0,87	32,4	140	55
7	370,9	379,5	1,5	0,20	1,33	-2,3	140	55
8	172,1	223,4	2,0	0,26	1,73	-29,8 <sup>2*</sup>	140	55
9	15,1	14,4	0,5	0,05	0,30	4,6	140	79
10	14,9	14,0	1,0	0,09	0,60	6,0	140	79
11	21,6	17,0	1,5	0,14	0,91	21,3	140	79
12	29,2	25,0	2,0	0,18	1,21	14,4	140	79
13	200,0 <sup>1*</sup>	26,5	0,5	0,05	0,30	86,8	140	79
14	19,2	20,3	1,0	0,09	0,60	-5,7	140	79
15	23,8	20,3	1,5	0,14	0,91	14,7	140	79
16	20,8	25,8	2,0	0,18	1,21	-24,0 <sup>2*</sup>	140	79
25	15,8	12,7	0,5	0,09	0,60	19,6	100	55
26	15,8	12,1	1,0	0,18	1,20	23,4	100	55
27	15,8	14,9	1,5	0,27	1,82	5,7	100	55
28	15,8	15,4	2,0	0,36	2,43	2,5	100	55

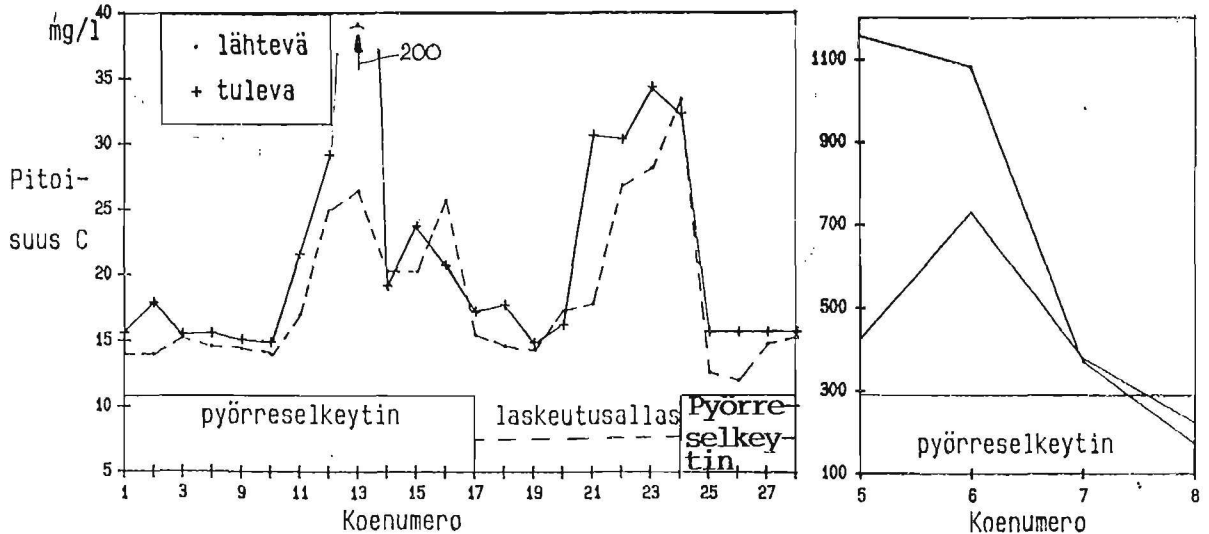
1\* Väärä analyysitulokset tai virheellinen näyte.

2\* Miinusmerkkiset erotusasteet johtuvat siitä, että pohjalla ollut kiintoaine lähti suurella virtauksella liikkeelle.

Tulovirtauksen ja lähtevän virtauksen pitoisuudet pyörreselkeytinkokeissa

Tulevan veden kiintoainepitoisuus eri kokeissa oli  $15 \text{ mg l}^{-1}$  -  $1157 \text{ mg l}^{-1}$ . Pitoisuus vaikutti sekä pyörreselkeyttimen että lasketusaltaan erotusasteeseen siten, että suurilla pitoisuuksilla erotusaste oli parempi kuin pienillä pitoisuuksilla. Kiintoaine oli todennäköisesti paremmin laskeutuvaa, kun pitoisuus oli suuri (kuva 8).





Kuva 8. Pyörreselkeytinkokeiden (1-16 ja 25-28) ja laskeutusallaskokeiden (17-24) tulevan veden ja lähtevän veden pitoisuudet. Oikealla on esitetty pyörreselkeytinkokeet 5-8, koska pitoisuudet ovat suuremmat kuin muissa kokeissa.

#### Keskimääräinen erotusaste pyörreselkeytinkokeissa

Tutkitulla tulovirtaama-alueella erotusaste kasvaa jyrkästi, kun tulovirtaamaa pienennetään. Muutamat erotusasteista ovat negatiivisia, koska kokeet suurilla virtaamilla tehtiin koesarjassa viimeisenä ja tällöin koelaitteeseen jäänyt, laskeutunut kiintoaine lähti kovan virtauksen takia liikkeelle.

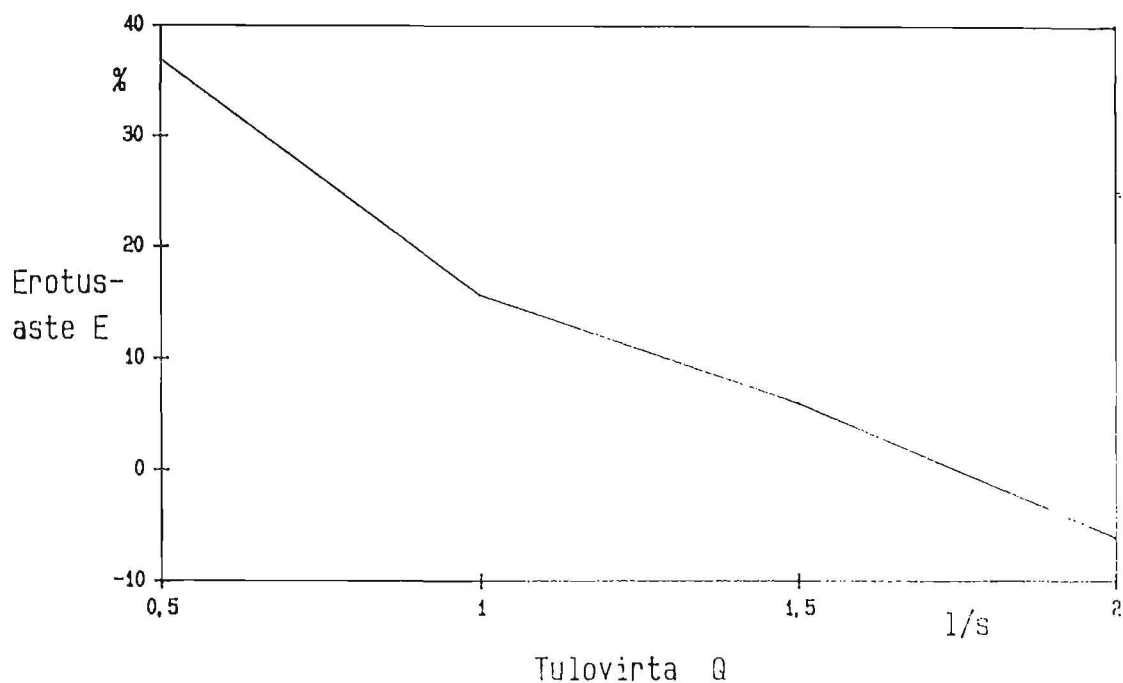
Kaikkien pyörreselkeytinkokeiden erotusasteiden keskiarvot eri tulovirtaamilla on taulukossa 3 ja kuvassa 9.

Taulukko 3. Kaikkien pyörreselkeytinkokeiden keskimääräinen erotusaste eri tulovirtaamilla kokeissa 1-16 ja 25-28.

Q	1/s	0,5	1,0	1,5	2,0
Ei	%	36,9	15,6	5,9	-6,1

Tulovirtaamalla 0,5 l/s pintakuorman S arvo on  $2,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . Pyörreselkeyttimen mittakaavan kasvaessa pintakuorma kasvaa enemmän kuin mittakaava, ks. kappale 2.2 pyörreselkeyttimen mitoitus.

Mitoitettaessa turvesoiden laskeutusaltaita pintakuorman on oltava pienempi kuin  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . Kokeissa käytetyllä monivaiheisen pyörreselkeyttimen pienoismallilla ei näin pieniä pintakuormia pystytty testaamaan, koska tulovirtaaman on oltava tarpeeksi suuri toivotun pyörteen aikaansaamiseksi.

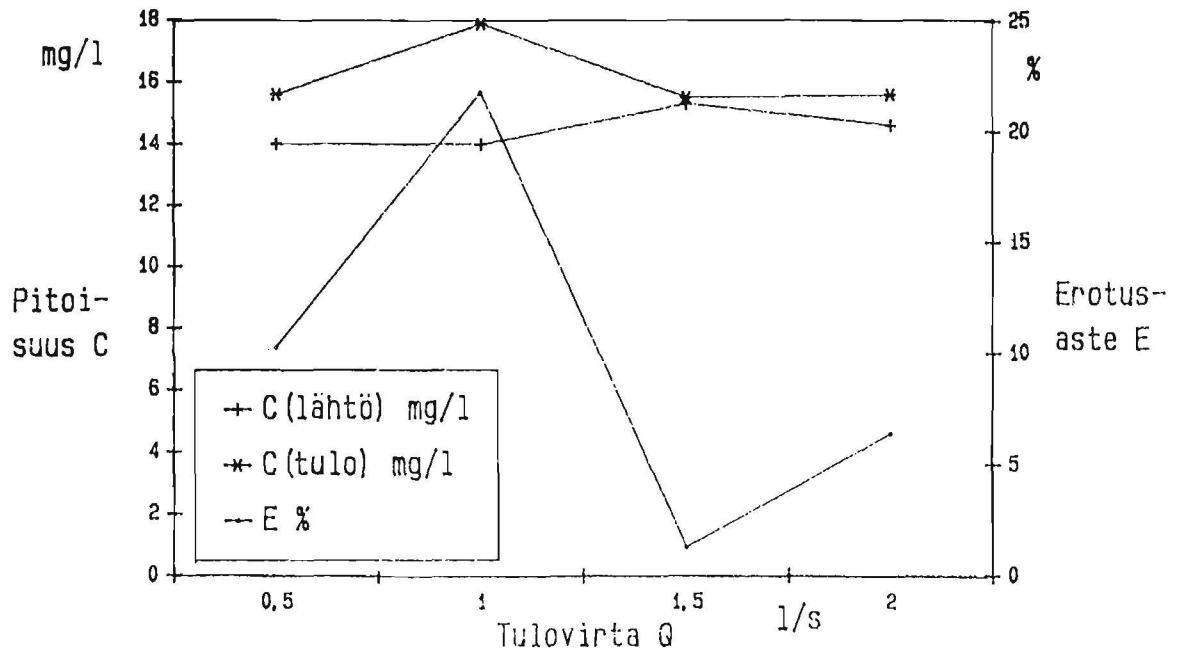


Kuva 9. Kaikkien pyörreselkeyttinkokeiden (1-16 ja 25-28) keskimääräinen erotusaste.

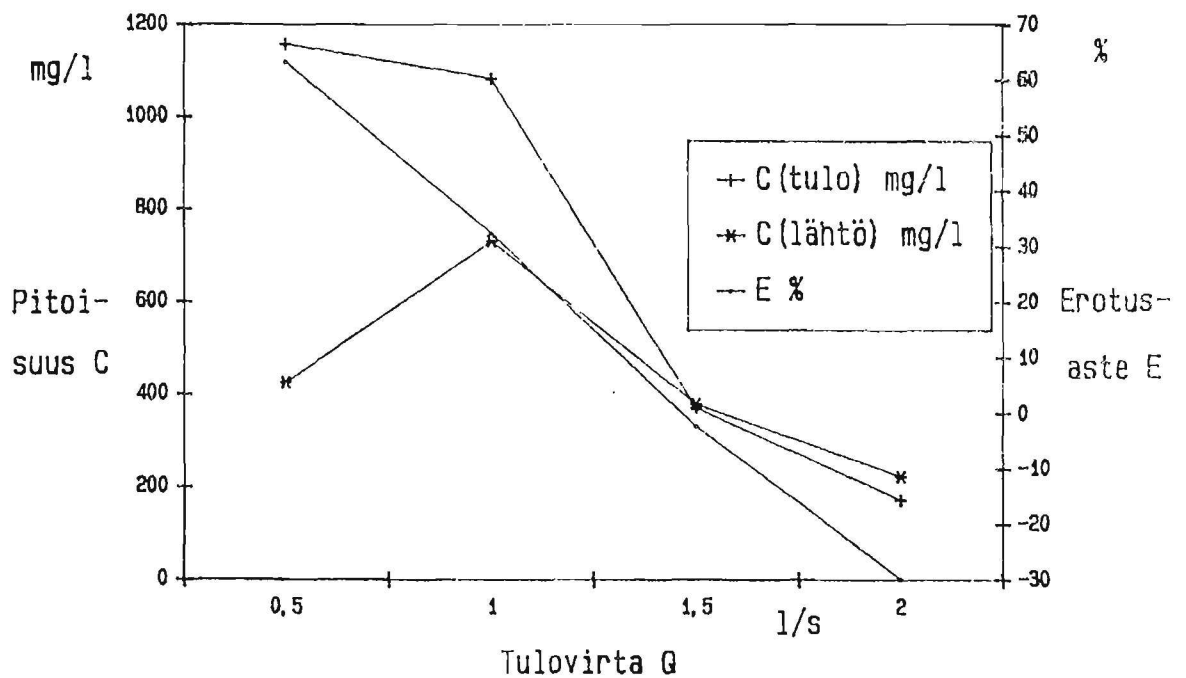
#### Pyörreselkeyttimen erotusasteet ja pitoisuudet koesarjoittain

Kuvissa 10 - 14 on jokaisesta pyörreselkeyttinkoesarjasta (5 kpl) piirretty tulevan ja lähtevän veden pitoisuudet sekä erotusasteet tulovirtaaman funktiona.

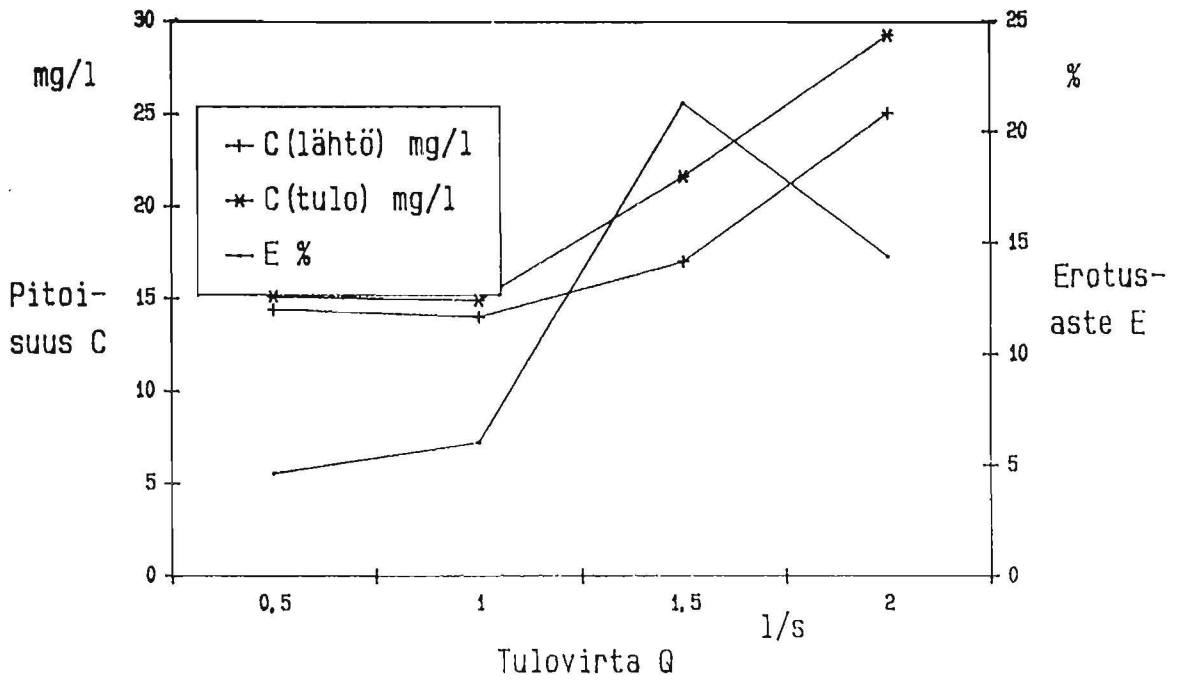
Erotusaste paranee, kun virtaamaa pienennetään. Liian suurilla virtauksilla erotusaste on lähes nolla. Se olisi todennäköisesti ollut yli 60 %, jos näitä pienoismallikokeita olisi voitu tehdä pienemmillä virtaamilla kuin 0,5 l/s.



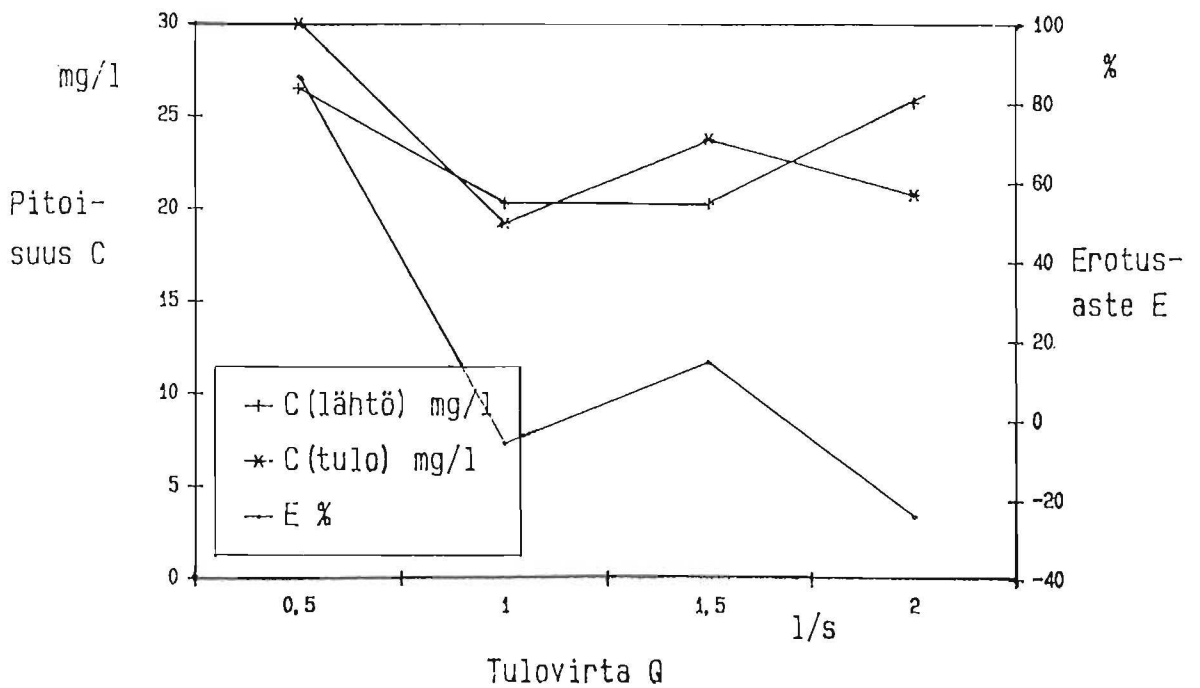
Kuva 10. Pitoisuudet ja erotusasteet pyörreselkeytinkokeissa 1-4.



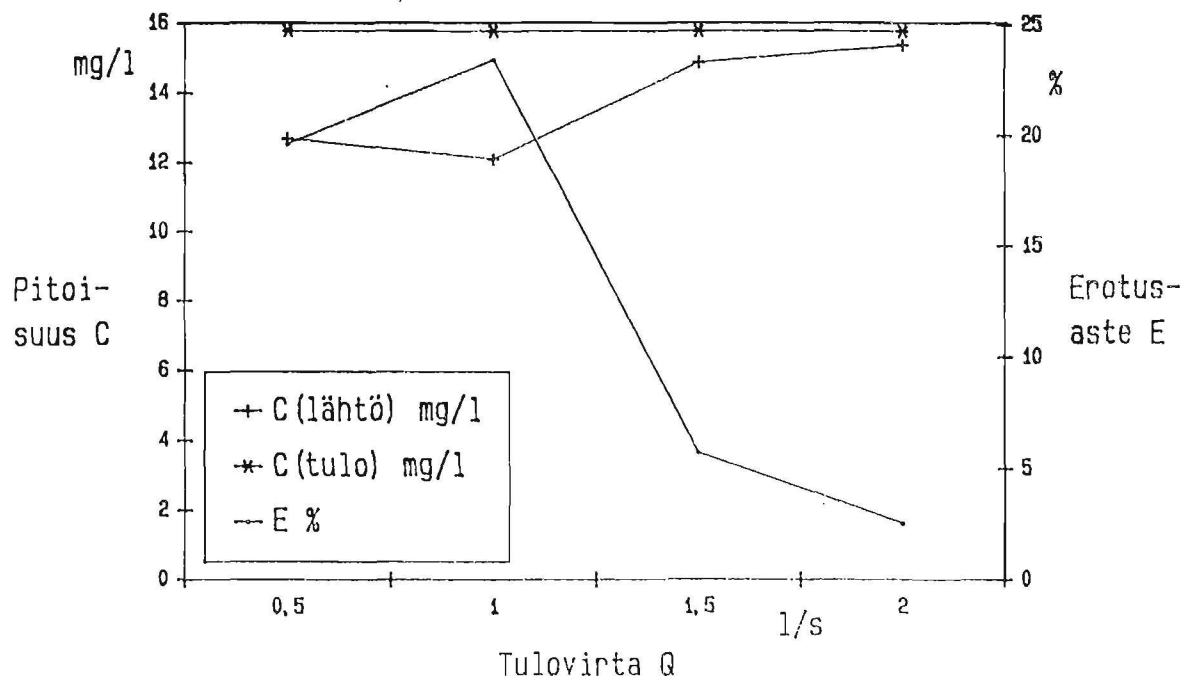
Kuva 11. Pitoisuudet ja erotusasteet pyörreselkeytinkokeissa 5-8.



Kuva 12. Pitoisuudet ja erotusasteet pyörreselkeytinkokeissa 9-12.



Kuva 13. Pitoisuudet ja erotusasteet pyörreselkeytinkokeissa 13-16.



Kuva 14. Pitoisuudet ja erotusasteet pyörreselkeytinkokeissa 25-28.

#### A l i t e v i r t a u k s i e n p i t o i s u u d e t

Kunkin pyörteen pohjalta poistetaan kiintoainetta ja 5-10 % nestettä kokonaisvirtaamasta ns. alitevirtaamana. Mitä sakeampaa alitevirtaus on sitä paremmin kiintoaine on saatu erotettua ja sitä helpompi on alitevirtausta tarvittaessa jatkokäsittellä.

Alitevirtauksien pitoisuudet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Alitevirtauksien pitoisuudet.

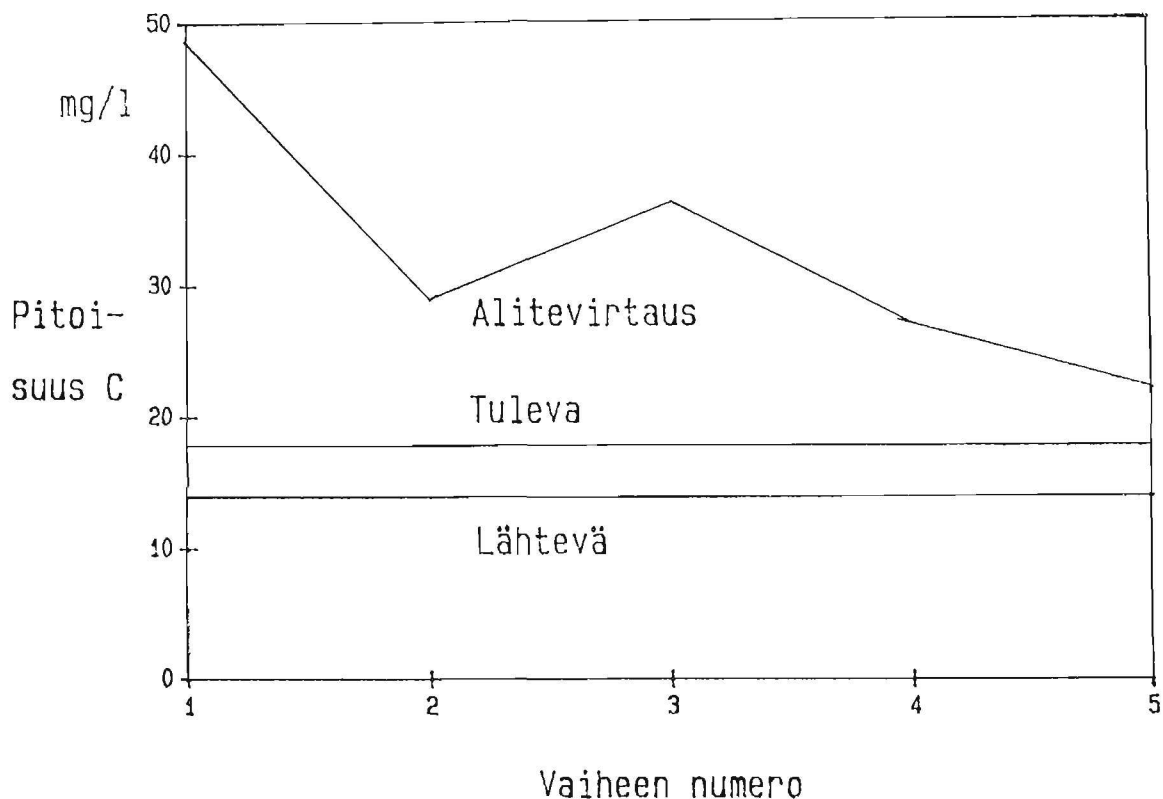
Pitoisuus, mg/l							
Koe	Alitevirtaukset					Lähtevä	
	Tuleva 1	2	3	4	5		
2	17,9	48,5	29,0	36,5	27,2	22,3	14,0
10	14,9	21,2	31,0	21,6	16,3	17,5	17,5

Tulovirtaus oli kokeissa  $1,0 \text{ l s}^{-1}$  ja veden nopeus  $0,13 \text{ l s}^{-1}$  (koe 2) ja  $0,09 \text{ l s}^{-1}$  (koe 10).

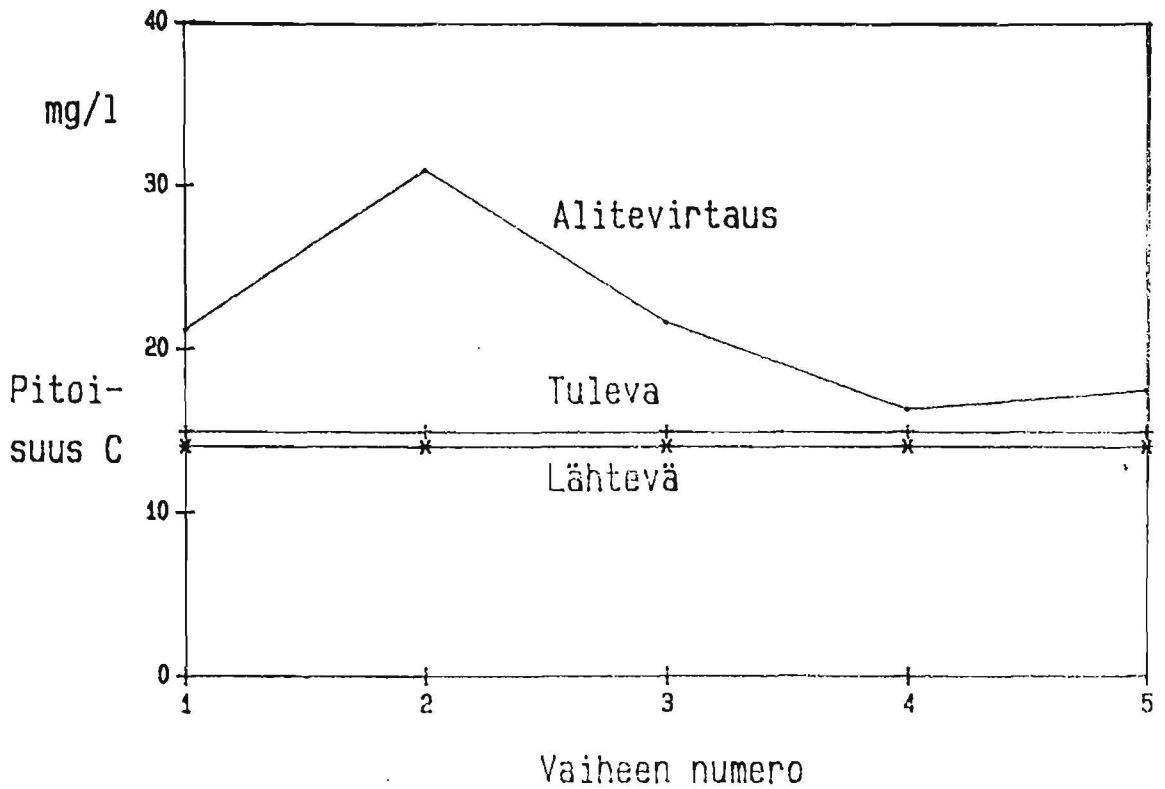
Kokeessa 2 oli alitevirtauksen keskimääräinen pitoisuus  $32,7 \text{ mg l}^{-1}$ . Tulovirtauksen pitoisuus oli  $17,9 \text{ mg l}^{-1}$ . Alitevirtauksen keskimääräisen pitoisuuden ja tulevan veden pitoisuuden suhde oli 1,8.

Kokeessa 10 oli alitevirtauksen keskimääräinen pitoisuus  $21,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Tulovirtauksen pitoisuus oli  $14,9 \text{ mg l}^{-1}$ . Alitevirtauksen keskimääräisen pitoisuuden ja tulevan veden pitoisuuden suhde oli 1,4.

Kiintoainetta jää enemmän laitteen alkupäähän kuin loppupäähän. Alitevirtauksen pitoisuus verrattuna tulevan veden pitoisuuteen on laitteen alkupäässä 2-3 kertainen ja laitteen loppupäässä 1-2 kertainen.



Kuva 15. Alitevirtauksien pitoisuudet kokeessa 2.

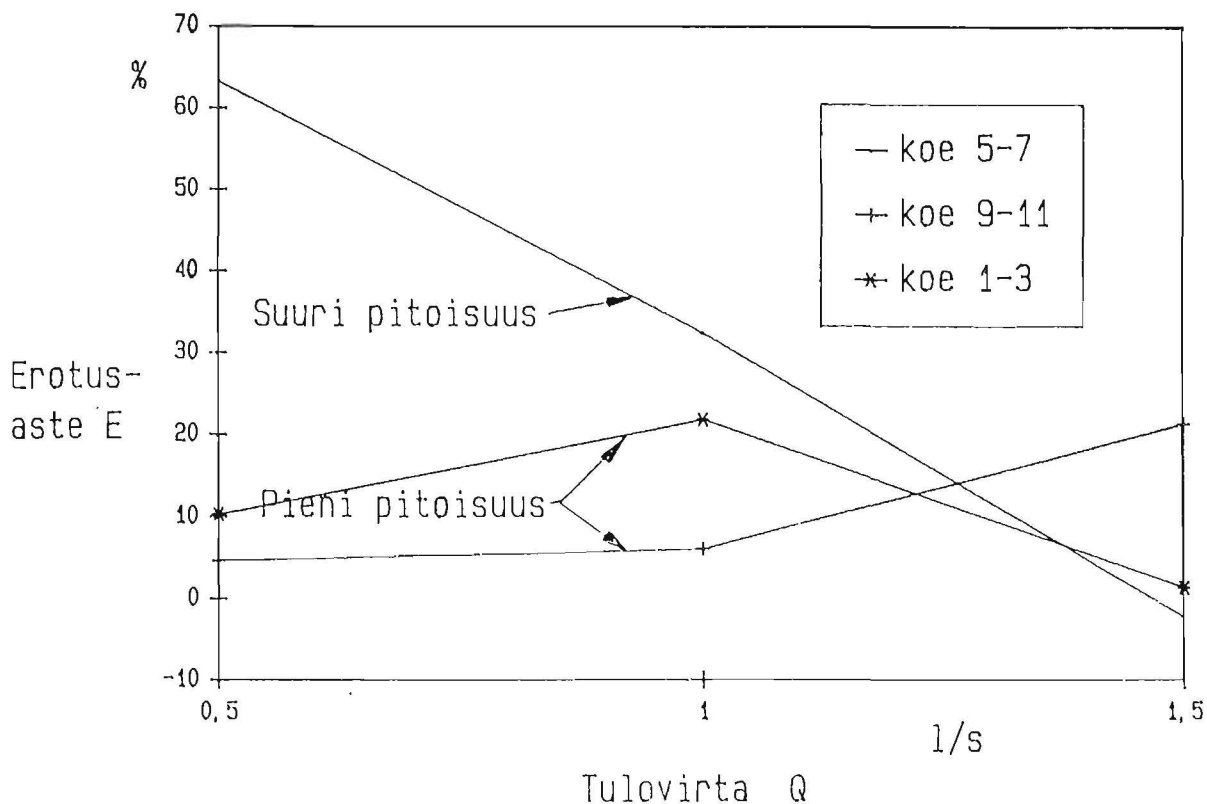


Kuva 16. Alitevirtausten pitoisuudet kokeessa 10.

Tulevan veden pitoisuuden vaikutus erotusasteeseen

Turvesoiden valumavesien kiintoainepitoisuudet normaalisti ovat alle  $50 \text{ mg l}^{-1}$ . Tämä havaittiin myös tässä tutkimuksessa. Hetkelliset huippuarvot saattavat kohota yli  $1000 \text{ mg l}^{-1} / 1 /$ . Kokeissa 5-7 pitoisuudet olivat suuria, mikä johtui vedenottopaikan yläpuolella olleesta ojankaivuutyöstä.

Tulevan veden pitoisuudet olivat kokeissa 1-3  $15,5 - 17,9 \text{ mg l}^{-1}$ , kokeissa 5-7  $1157,0 - 370,0 \text{ mg l}^{-1}$  ja kokeissa 9-11  $14,9 - 21,6 \text{ mg l}^{-1}$  (taulukko 2). Kuvassa 17 on esitetty tulevan veden pitoisuuden vaikutus pyörreselkeyttimen erotusasteeseen.



Kuva 17. Pitoisuuden vaikutus pyörreselkeyttimen erotusasteeseen

Pitoisuuden ollessa  $15-20 \text{ mg l}^{-1}$  oli erotusaste parhaimmillaan 22 % ja pitoisuuden ollessa  $350-1200 \text{ mg l}^{-1}$  vastaavasti 63 %.

Pyörreselkeyttimellä voidaan alentaa suurien kiintoainepitoisuuksien aiheuttamia kuormitushuipuja, joita esiintyy sateiden, ojitustöiden ja lumen sulamisen aikana.

Virtausnopeuden vaikutus erotusasteeseen

Pyörteen kulmanopeus ja kehänopeus ovat suoraan verrannollisia veden virtausnopeuteen tulokanavassa.

Pelkän virtausnopeuden vaikutuksen arviointi erotusasteeseen näiden kokeiden perusteella ei ole mahdollista, koska virtausnopeutta muutettaessa muuttui myös tulovirtaama.

Silmämääräisten havaintojen perusteella hitailla virtausnopeuksilla kiintoaine ei kulkenut alitevirtausaukkoa kohti tarpeeksi tehokkaasti.

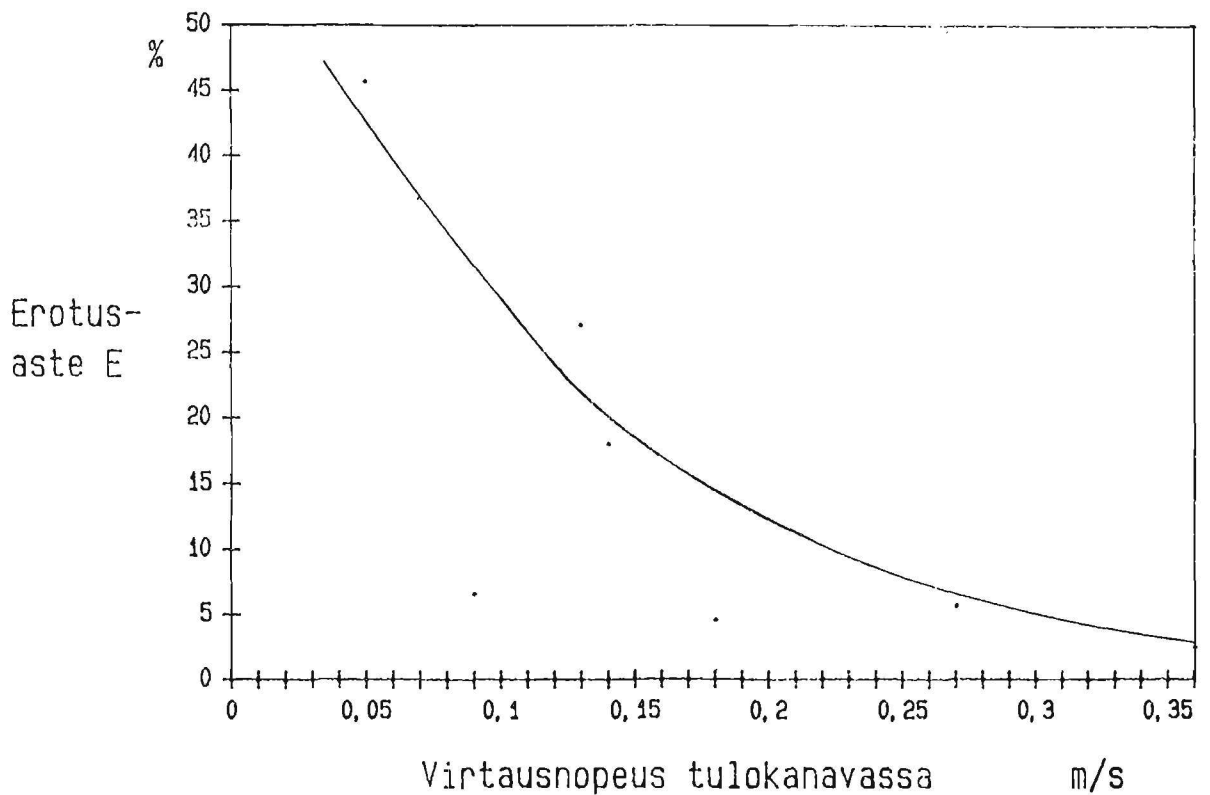


Suurilla nopeuksilla pohjalle laskeutunut kiintoaine sekoittui takaisin virtaukseen.

Taulukossa 5 on esitetty pyörreselkeytinkokeiden erotusaste veden tulonopeuden mukaan.

Taulukko 5. Pyörreselkeytinkokeiden erotusaste veden tulonopeuden mukaan.

V ms <sup>-1</sup>	E %
0,05	45,7
0,07	36,8
0,09	6,6
0,13	27,1
0,14	18,0
0,18	4,6
0,20	- 0,5
0,26	- 11,7
0,27	5,7
0,36	2,5



Kuva 18. Virtausnopeuden vaikutus pyörreselkeytinkokeiden erotusasteeseen

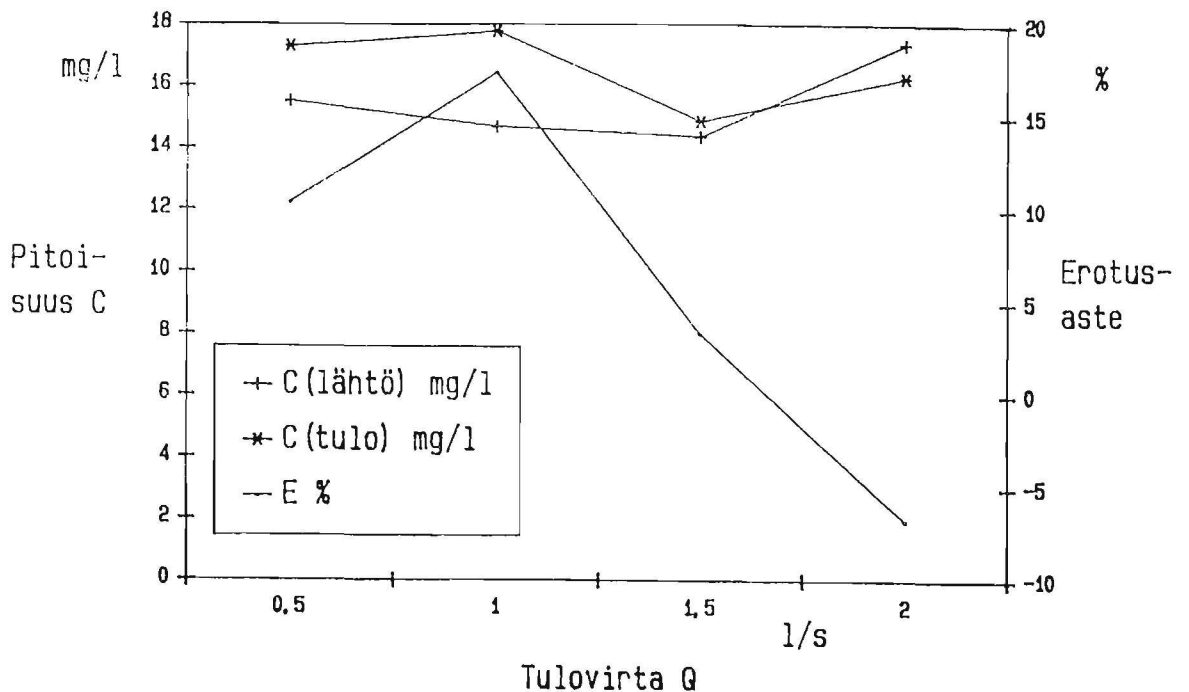
#### 4.4 LASKEUTUSALLASKOKEIDEN TULOKSET JA TULOSTEN VERTAILU PYÖRRESELKEYTINKOKEIDEN TULOSSIIN

Vertailutiedon saamiseksi kokeita tehtiin myös vaakalasketusaltaalla, jolla oli sama pinta-ala kuin pyörreselkeyttimellä.

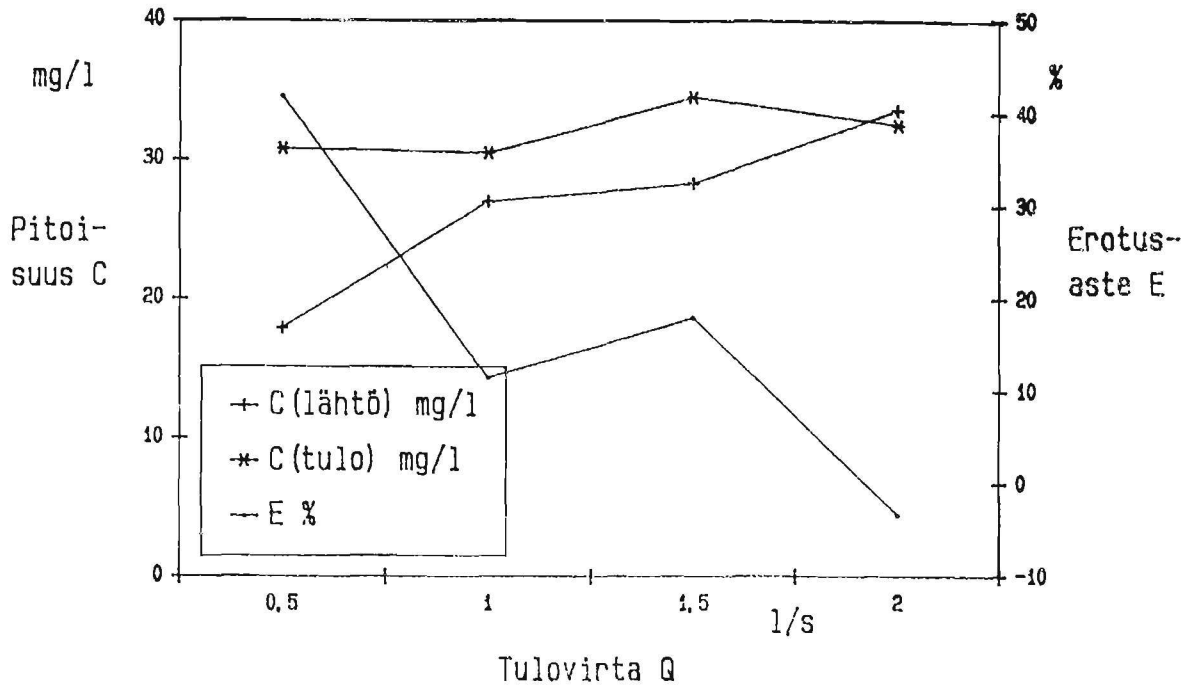
Taulukko 6. Laskeutusallaskokeiden tulokset.

Koe No	Pitoisuudet tuleva mg/l	Pitoisuudet lähtevä mg/l	Tulo- virtaus l/s	Erotus- aste %	Veden syvyys mm	Altaan leveys mm
17	17,3	15,5	0,5	10,4	350	500
18	17,8	14,7	1,0	17,4	350	500
19	14,9	14,4	1,5	3,4	350	500
20	16,3	17,4	2,0	-6,7	350	500
21	30,8	17,9	0,5	41,9	350	500
22	30,5	27,0	1,0	11,5	350	500
23	34,5	28,3	1,5	18,0	350	500
24	32,5	33,6	2,0	-3,4	350	500

Toisen laskeutusallaskoesarjan (kokeet no. 21-24) aikana tulevan veden kiintoainepitoisuus oli noin kaksinkertainen normaaliin tilaan verrattuna. Erityisesti pienillä tilavuusvirroilla erotusaste oli tällöin suuri (42 %), joten myös laskeutusaltaan erotusaste paranee konsentraation kasvaessa.



Kuva 19. Pitoisuudet ja erotusasteet vaakalasketusallaskokeissa 17- 20.



Kuva 20. Pitoisuudet ja erotusasteet vaakalaskutusallaskokeissa 21-24.

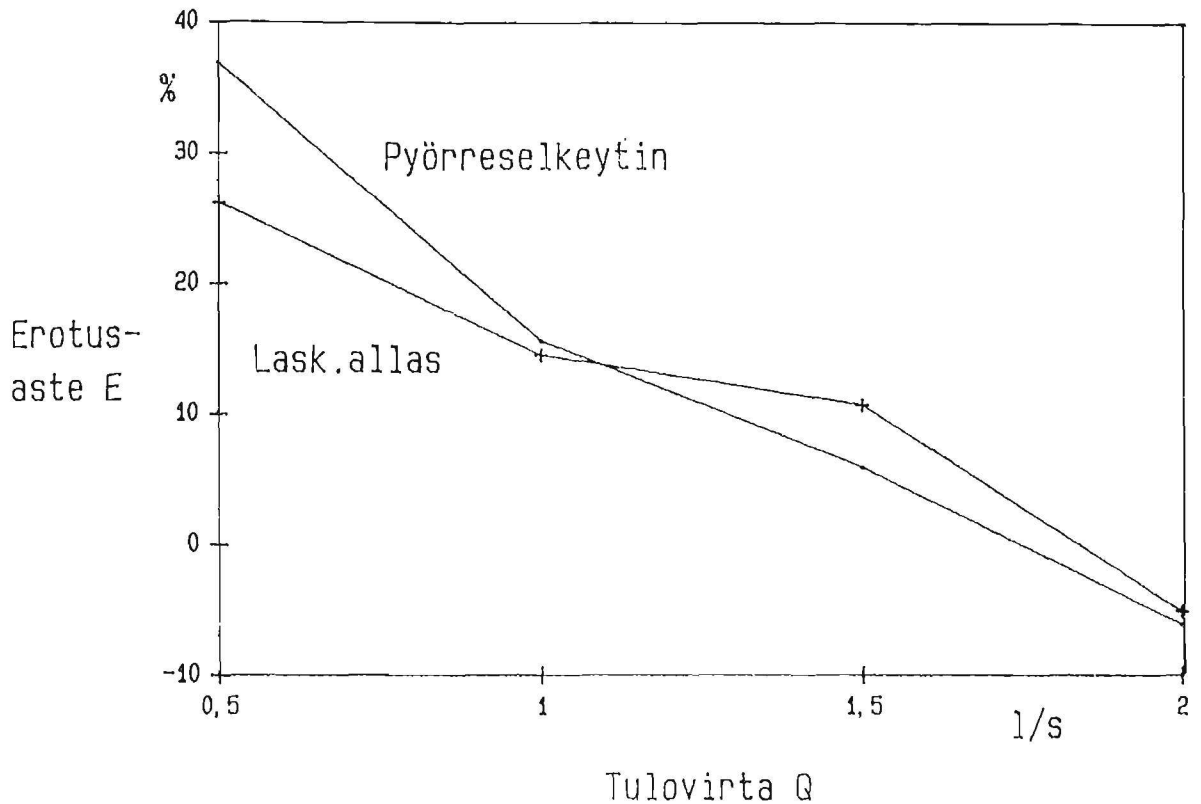
Pyörreselkeyttimen ja vaakalaskutusaltaan erotusasteiden vertailu

Taulukossa 7 ja kuvassa 21 on esitetty kaikkien pyörreselkeyttinkokeiden ja laskeutusallaskokeiden keskimääräiset erotusasteet.

Taulukko 7. Keskimääräinen erotusaste laskettuna kaikkien kokeiden perusteella.

Keskimääräinen erotusaste E %		
Tulovirta ls <sup>-1</sup>	Pyörreselkeytin	Laskeutusallas
0,5	36,9	26,2
1,0	15,6	14,5
1,5	5,9	10,7
2,0	-6,1	-5,1

Pyörreselkeyttimen erotusaste on pienillä tilavuusvirroilla hieman parempi kuin laskeutusaltaalla, mutta todellista erotusasteiden eroa ei voida kokeiden perusteella sanoa.



Kuva 21. Pyörreselkeyttimen ja vaakalasketusaltaan erotus-asteet.

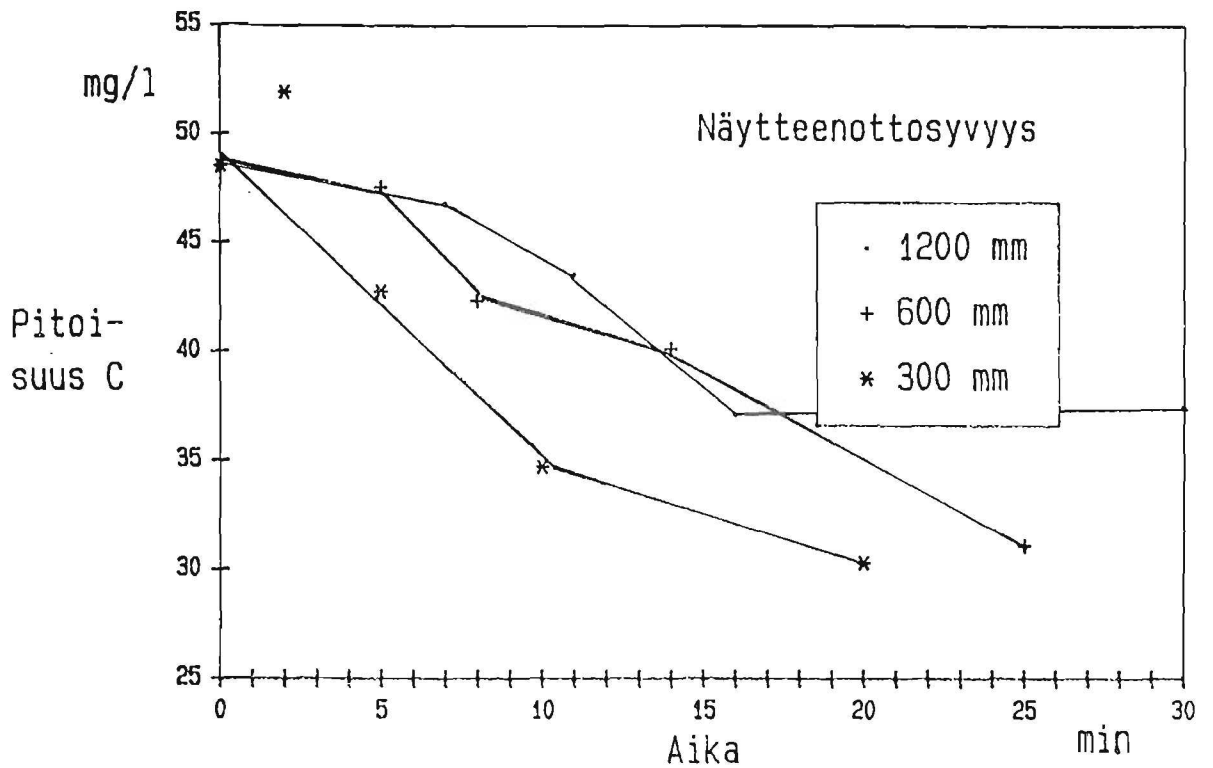
#### 4.5 LASKEUTUSPUTKIKOKEIDEN TULOKSET

Laskeutusputkella tutkittiin kuinka hyvin kiintoaine laskeutuu staattisessa vedessä (taulukko 8).

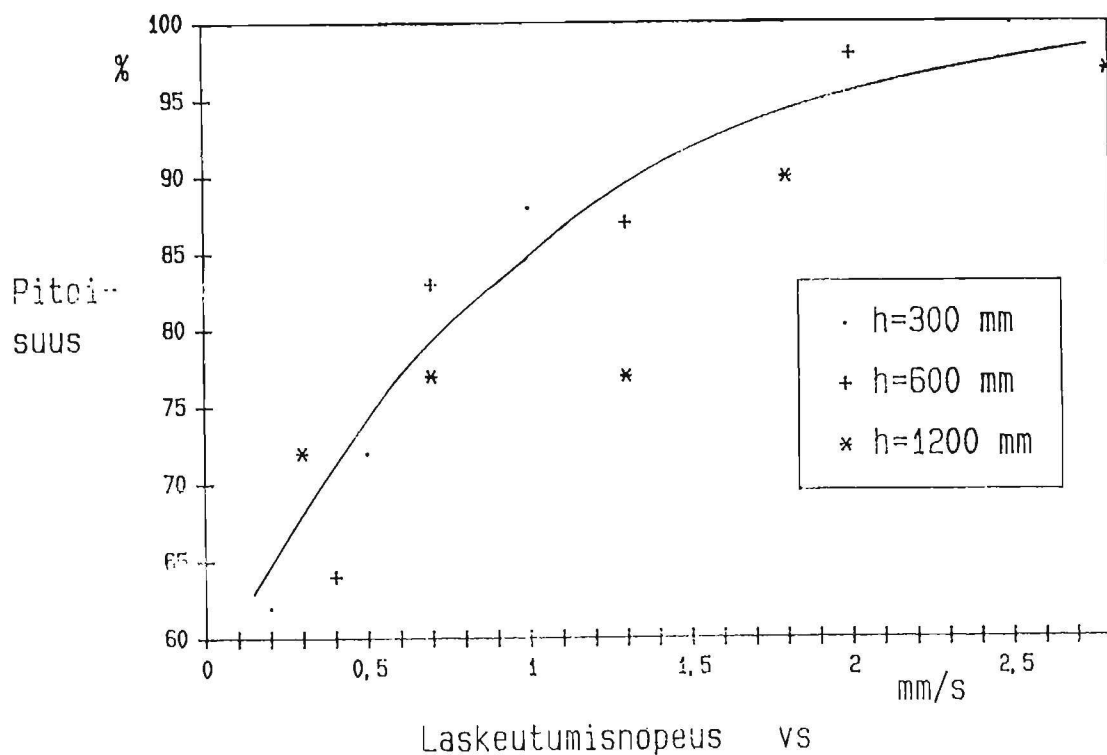
Taulukko 8. Kiintoaineen laskeutuvuus laskeutusputkikokeessa.

t min	t sec	h m	$V_{s3}$ $10^{-3}$ $ms^{-1}$	Pitoisuudet		$(C/C_0) \cdot 100$ %
				Tuleva	Näyte	
2	120	0,3	2,5	48,5	51,9	100
5	300	0,3	1,0	48,5	42,7	88
10	600	0,3	0,5	48,5	34,7	72
20	1200	0,3	0,25	48,5	30,3	62
5	300	0,6	2,0	48,5	47,5	98
8	480	0,6	1,25	48,5	42,3	87
14	840	0,6	0,71	48,5	40,1	83
25	1500	0,6	0,4	48,5	31,1	64
7	420	1,2	2,8	48,5	46,8	97
11	660	1,2	1,82	48,5	43,5	90
16	960	1,2	1,25	48,5	37,1	77
30	1800	1,2	0,67	48,5	37,5	77
60	3600	1,2	0,33	48,5	35,1	72

Koelaitteena käytetyllä pyörreselkeyttimellä ei saada erotettua kovin suurella tehokkuudella kiintoainetta, jonka laskeutuvuus on hitaampaa kuin  $1 \text{ mms}^{-1}$ . Laskeutusputkikokeen perusteella 85 % kiintoaineesta laskeutuu hitaammin kuin  $1 \text{ mms}^{-1}$  ( kuva 23 ).



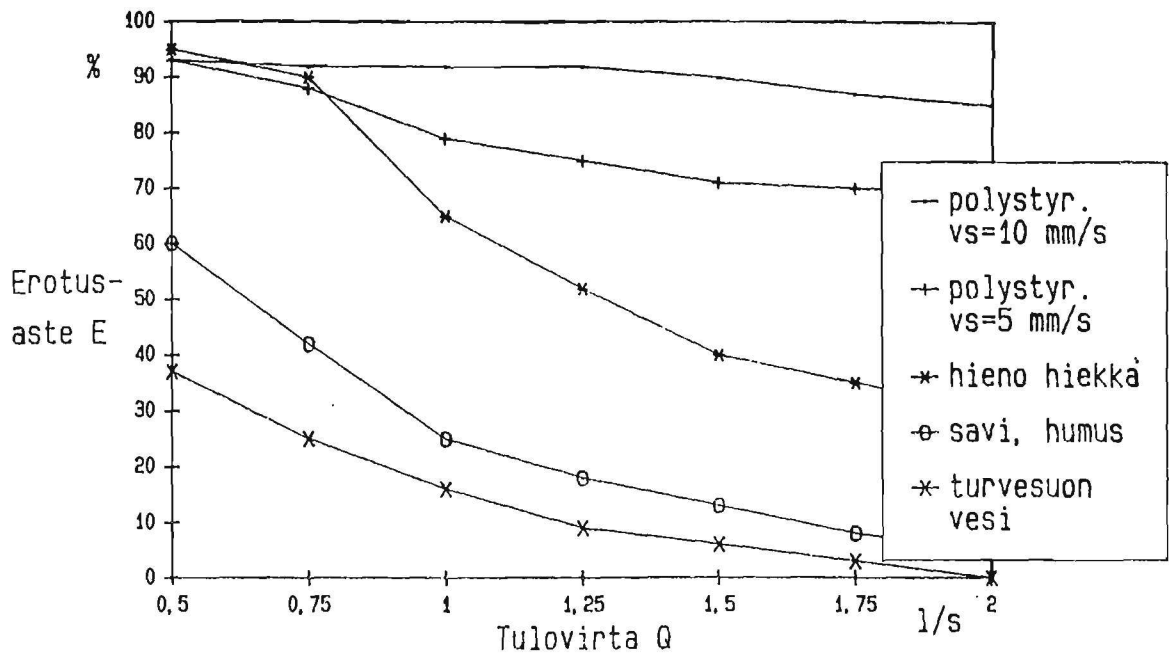
Kuva 22. Pitoisuudet laskeutusputkessa eri korkeuksilla ajan funktiona.



Kuva 23. Kiintoaineen laskeutuvuus laskeutusputkikokeessa.

#### 4.6 VERTAILUA AIKAISEMPIIN PYÖRRESELKEYTINTUTKIMUKSIIN

Monivaiheista pyörreselkeytintä on tutkittu sekä laboratoriossa että teollisuus- ja kenttäolosuhteissa. Tutkimukset on tehty pääosin Tampereen teknillisen korkeakoulun, Hämeenlinnalaisen Bioneer Oy:n ja laitteen patentoijan DI Seppo Rynäsen toimesta. Tutkimuksissa on kokeiltu erikokoisia laitteita. Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia verrataan samalla laitteella tehtyihin aikaisempiin tutkimuksiin (kuva 24). Toiminta-arvot ovat eri kokeissa muuten samoja, mutta kiintoaineen määrä ja laatu on erilainen.



Kuva 24. Pyörreselkeyttimen erotusaste eri kiintoaineilla.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOEHDOTUS

Pyörreselkeyttimellä voidaan erottaa kiintoainetta turvesoiden valumavesistä. Laite toimii sakeuttimena, jolloin ns. alitevirtauksena poistuu kiintoainetta ja vettä muutama prosentti tulovirtaamasta. Kunkin alitevirtauksen kiintoaine on erilaista jaetta. Puhdistettu vesi johdetaan joko vesistöön tai tarvittaessa jatkokäsitellään.

Muutamia kokeista saatuja tuloksia:

- Kun vedessä on paljon kiintoainetta, erotustehokkuus on hyvä, jolloin kuormitushuippuja voidaan pienentää.
- Alitevirtauksen kiintoainepitoisuus on suurempi kuin tulevan virtauksen, vaikka tulevan veden pitoisuus olisi pieni
- Jotta päästään hyvään erotusasteeseen on virtauksen oltava laitteen kokoon nähden sopiva

Koelaite oli pienoismalli, jolla ei voitu testata niin pieniä pintakuormia kuin turvesoiden vesien kiintoaineenerotus vaatisi. Suurennettaessa laitteen kokoa sallittu tilavuusvirta ja pintakuorma kasvavat mittakaavan potenssissa. Myös erotusaste paranee. Jatkokokeet olisi tehtävä laitteella, jossa pyörteen halkaisija on suurempi kuin 300 mm.

Pyörreselkeyttimen virtauskapasiteettia ei voida lisätä rajatta suurentamalla pyörteen halkaisijaa, vaan laitteita on asennettava rinnan tarpeellinen määrä. Virtauksen vaihdellessa laitteita joko kytketään pois tai päälle tarpeen mukaan. Tämä voidaan järjestää esim. virtausteknisin keinoin.

Seuraavat kokeet kannattaisi tehdä pyörreselkeyttimellä, jossa

- pyörteen halkaisija on 600 mm - 1000 mm
- tilavuusvirta on 20-50 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>
- arvioitu erotusaste olisi 30-70 %

Näytteistä pitäisi analysoida tarkemmin erotetun ja puhdistetun veden mukana poistuvan kiintoaineen ominaisuudet kuten laskeutuvuus.



## LÄHDELUETTELO

- / 1 / Aho M., Kantola K.,  
Kiintoaineen sedimentoituminen turvetuotannon  
vesissä, VTT Kotimaisen polttoaineen laboratorio,  
Espoo, 1985
- / 2 / Sullivan et Al,  
The Swirl Primary Separator: Development and Pilot  
Demonstration, 1978



19.2.1991

E. Lakso

## TURVETUOTANNON VALUMAVESIEN SAOSTUSKOKEET LABORATORIOSSA

Laskeutusaltaista saatujen kokemusten perusteella turvetuotantoalueelta tulevien valumavesien sisältämien kiintoainepartikkeleiden laskeutusominaisuudet ovat heikot. Partikkeleiden heikko laskeutuvuus johtuu niiden pienestä koosta ja keveydestä vesimassaan nähden, mutta ennen kaikkea partikkeleiden sisältämästä sähköisestä varauksesta, jolla ne hylkivät toisiaan.

Vesilaitostekniikasta tiedetään, että humuspitoisten pintavesien puhdistus juomavedeksi voidaan tehdä käyttäen saostuskemikaaleja. Saostuskemikaaleina tulevat kyseeseen kolmenarvoiset rauta- ja aluminumsuolat sekä polyelektrolyytit. Saostus- ja laskeutuskokeet tehtiin 24. ja 25.4.1989 sekä 4. - 6.9.1989 Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa. Saostuskokeet tehtiin Jar-testiä käyttäen. Jar-testissä sekoitetaan ja hämmennetään viittä eri vesinäytettä täsmälleen samalla tavalla. Tällöin saadaan eri kemikaalien ja niiden annostelumäärien erot selvästi esille.

Jar-testissä viiteen rinnakkaiseen koeastiaan mitataan kaksi litraa tutkittavaa vettä ja käynnistetään pikasekoitus. Käytettävät saostuskemikaalit annostellaan tutkittaviin vesiin. Pikasekoitus kestää 0,5 - 1,0 minuuttia. Tämän jälkeen pikasekoitus hiljennetään hämmennykseksi, jonka kestoaika on 10 - 20 minuuttia. Hämmennyksen jälkeen sekoittimet pysäytetään täysin, jolloin seuraa selkeytysvaihe kestoaltaan noin 30 minuuttia. Mikäli tutkittavassa vedessä käytetyllä kemikaalilla flokkaus on onnistunut, syntyneet flokit laskeutuvat nopeasti. Puhdistuneesta vedestä vesinäytteet otetaan koeastioiden yläosasta.

Tutkitut kemikaalit olivat ferrisulfaatti, polyaluminiumkloridi sekä Kemiran valmistamat polyelektrolyytit K 211 ja N 200. Mainitut kemikaalit annosteltiin nestemäisinä ja polyelektrolyytit ohjeen mukaan laimennettuna pikasekoitukseen. Tutkimuksen kohteena oleva vesi haettiin Piipsannevan turvetuotantoalueelta. Vesi laskeutettiin mekaanisesti ennen kemiallista saostusta.

## LIITE 3/2

Ferrisulfaattia käytettäessä parhaat tulokset saavutettiin, kun saostuskemikaalia annosteltiin 29,6 mg/l rautana laskien. Optimitulokseen pääsemiseksi polyalumiiniumkloridia tarvittiin 12,4 mg/l alumiinina laskien. Polyelektrolyyteileillä ei saavutettu tässä vaiheessa tyydyttävää puhdistustulosta.

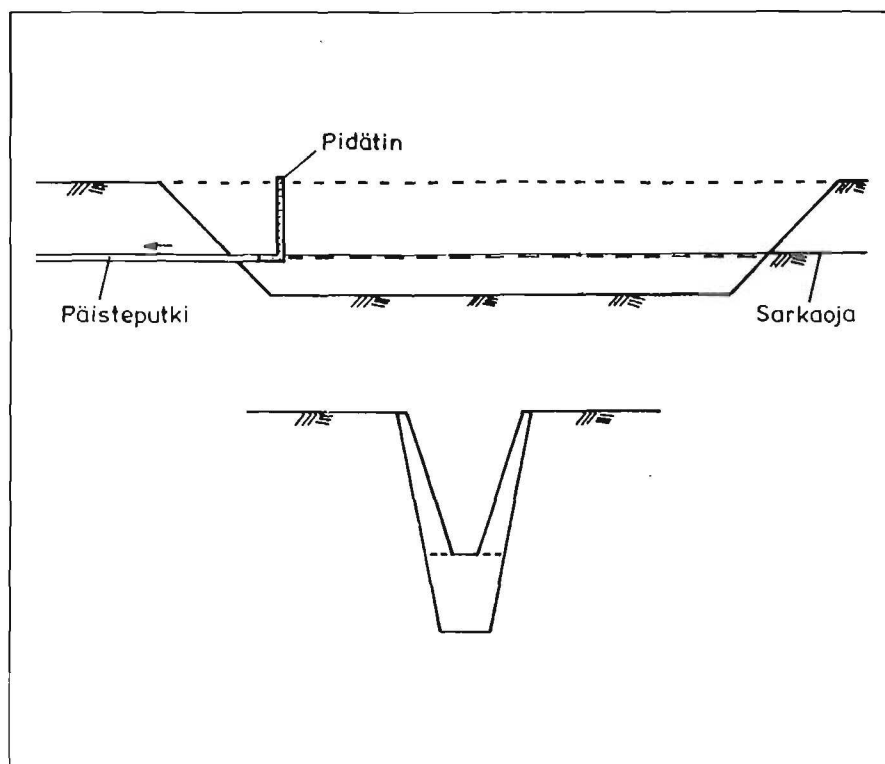
Seuraavassa on esitetty edellä mainituilla annosmäärillä saavutetut puhdistustulokset:

Veden laatu-parametrit	Pitoisuus ennen saostusta	Poistuma %	
		Rauta Suola	Alumiinikloridi
Kiintoaine mg/l	40	49	54
KMnO <sub>4</sub> mg/l	45	85	77
Väri mg Pt/l	600	95	97
Kokonaisfosfori mg/l	0,13	100	100
Rauta mg/l	1,5	85	87
pH-arvo	6,9		

Ferrisulfaattia käytettäessä veden pH-arvo laski 4,1:een. Polyalumiiniumkloridia käytettäessä veden pH-arvo laski 6,3:een. Laboratorio-olosuhteissa alumiinia saostuskemikaalina käytettäessä vedessä ei ollut jäännösalmiinia.

Laboratoriotutkimusten perusteella voidaan suositella saostuskemikaalien käytön tutkimista myös täydessä mittakaavassa. Lisäksi kannattaa edelleen etsiä polyelektrolyyttiä, joka saostaisi turvetuotantoalueelta tulevia valumavesiä. Polyelektrolyytin etuna metallisuoloihin olisi tarvittava pieni määrä, koska sen normaalit annostelumäärät ovat alle 10 g/m<sup>3</sup>.

TURVETUOTANTOALUEIDEN KUORMITUKSEN PIDÄTTÄMINEN SARKAOJIIN



Raimo Ihme  
Kaisa Heikkinen  
Esko Lakso



Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

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

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)Turvetuotantoalueiden kuormituksen pidättäminen sarkaojiin  
(Avskiljning i fältkanaler av belastningen från torvproduktionsmarker)Julkaisun laji

Tutkimusraportti

ToimeksiantajaToimielimen asettamispyyntiJulkaisun osatTiivistelmä

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keuhällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesi- ja ympäristöviranomaisten, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. "Turvetuotannon kuormituksen pidättäminen sarkaojiin" oli yksi osaprojekti.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli määrittää erilaisten pidättimien soveltuvuus turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Lisäksi selvitettiin sarkaoja-altaan ja pidättimien sekä näiden yhdistelmän vaikutusta puhdistustulokseen. Kenttätutkimukset tehtiin vuosina 1987 - 1989 kahdella eri turvetuotantoalueella, jotka sijaitsevat Oulun läänissä.

Päisteputkipidättimillä ja sarka-oja-altailla voitiin valumavedestä poistaa kiintoainetta. Parhaat tulokset saatiin sarkaojalla, jossa oli 300 mm:n muoviputkipidätin. Tulosten perusteella laadittiin sarkaojien, sarkaoja-altaiden ja niissä olevien pidättimien alustavat suunnittelu-, rakentamis- ja hoito-ohjeet.

Asiasanat (avainsanat)

Turvetuotanto, vesistöt, kuormitus, vesiensuojeluteknikka, sarkaoja-allas, päisteputkipidätin

Muut tiedotSarjan nimi ja numeroVesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja  
- sarja A77ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

s. 213 - 259

Kieli

Suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

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

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen

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

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Publikation (även den finska titeln)

Avskiljning i fältkanaler av belastningen från torvproduktionsmarker  
(Turvetuotantoalueiden kuormituksen pidättäminen sarkaojiin)

Typ av publikation

Forskningsrapport

UppdragsgivareDatum för tillsättandet av organetPublikationens delarReferat

På grund av den ökande torvproduktionen inleddes våren 1987 forskningsprojektet "Utveckling av vattenskyddsteknik för torvproduktionen". Projektet genomfördes som ett samarbete mellan handels- och industriministeriet, torvproducenter, vatten- och miljömyndigheterna, byggnadslaboratoriet vid Statens tekniska forskningscentral och Uleåborgs universitet. Uppgiften var att utveckla metoder som så effektivt som möjligt minskar vattendragsbelastningen från en torvmyr i de olika faserna av beredning och produktion. Ett annat mål var att förbättra befintliga metoder. "Avskiljning i fältkanaler av belastningen från torvproduktionsmarker" var ett delprojekt.

Syftet med undersökningen var att studera hur olika typer av avskiljare lämpar sig för rening av avrinningsvatten från torvproduktionen. Vidare undersökte man hur fältkanalens sedimenteringsbassäng och avskiljaren samt kombinationer av dessa påverkade reningseffekten. Fältstudierna utfördes 1987 - 1989 på två olika torvproduktionsområden i Uleåborgs län.

Med avskiljare och sedimenteringsbassäng i fältkanalerna kunde man avskilja suspenderade ämnen ur avrinningsvattnet. De bästa resultaten gav en fältkanal med en avskiljare i form av ett plaströr med 300 mm diameter. På basen av resultaten utarbetades preliminära anvisningar för planering, anläggning och underhåll av fältkanalernas sedimenteringsbassängar och deras avskiljare.

Nyckelord

Torvproduktion, vattendragsbelastning, vattenskyddsteknik, vattenvård, teknologi, fältkanalens sedimenteringsbassäng, avskiljare

Övriga uppgifterSeriens namn och nummer

Vatten- och miljöförvaltningens publikationer  
- serie A77

ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Sideantal

s. 213 - 259

Språk

Finska

PrisSekretessgrad

Offentlig

Distribution

Statens tryckericentral  
PB 516, 00101 Helsingfors

Förlag

Vatten- och miljöstyrelsen  
PB 250, 00101 Helsingfors



Published by

National Board of Waters and the Environment

Date of publicationAuthor(s)

Raimo Ihme, Kaisa Heikkinen &amp; Esko Lakso

Title of publication

Purifying Runoff Water from Peat Production Areas by Field Ditch Structures

Type of publication

Research report

Commissioned byParts of publicationAbstract

As a result of the expansion in peat mining a research project "Development of water pollution control technology in peat mining", to be carried out jointly by the Ministry of Trade and Industry, the peat producers, the water and environment authorities, the Building Laboratory of the Technical Research Centre of Finland and the University of Oulu, was set out in spring 1987. The aim was to develop methods which would provide the most effective way of reducing the watercourse loading coming from mires at the various stages of preparation and mining, and to improve the methods already in use. One of the subprojects dealt with field ditch basins and retention pipes.

The aim of the present research project was to examine the practicability of the various alternative retainer devices and to determine the role of field ditch basins, retainers and combinations of these in the water purification results. The field work was carried out in two peat mining areas in the province of Oulu in 1987-1989.

It was possible to remove suspended matter from the peat mining water by means of retention pipes and field ditch basins, but the various field ditch constructions did not have any significant effect on nutrient concentrations. A field ditch with a 300 mm plastic pipe retainer gave the best suspended matter reductions (78 - 97 %). The results were used to draw up preliminary instructions for the planning, construction and maintenance of field ditches, field ditch basins and retainers.

Keywords

Peat production, water pollution load, water pollution, pollution control technology, field ditch basin, retention pipe

Other informationSeries (key title and no.)

Publication of the Water and Environment  
Administration - series A77

ISBN

951-47-4721-6

ISSN

0786-9592

Pages

pp. 213 - 259

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

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, vesiviranomaisten, turvetuottajien, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Tämä tutkimus oli yksi osaprojekti.

Tutkimuksen päärahoittajina toimivat kauppa- ja teollisuusministeriö, vesi- ja ympäristöhallitus sekä turvetuottajat.

Tutkimuksia valvoi ja ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat professori Seppo Mustonen (puh.joht.), ylitarkastaja Raija Pikku-Pyhältö (7.11.1989 - 31.12.1990), ylitarkastaja Aimo Aalto, ylitarkastaja Seppo Oikarinen (1.3.1987-7.4.1989), ylitarkastaja Tarja-Liisa Perttala (7.4.-7.11.1989), DI Antti Lehtinen (projektin vastuullinen johtaja), limnologi Pirkko Valpasvuo-Jaatinen, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Mauno Rönkkömäki, vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Altti Luoma (6.4.1989 - 31.12.1990), toimitusjohtaja Raimo Sopo (7.4.1989 -31.12.1990), toimitusjohtaja Keijo Sahrman (1.3. - 7.4.1989), ympäristönsuojelupäällikkö Pirkko Selin, aluejohtaja Juhani Hakkarainen, tutkimuspäällikkö Harry Uosukainen (6.4.1988-31.12.1990), tekninen johtaja Matti Uusimäki (1.3.1987-6.4.1988), FM Jukka Nyrönen, valtion geologi Eino Lappalainen (7.4.1989 - 31.12.1990) ja apulaisprofessori Esko Lakso (sihteeri). Käytännön töitä ohjasi työryhmä, johon kuuluivat johtoryhmästä Esko Lakso (puh.joht.), Aimo Aalto, Pirkko Selin, Harry Uosukainen ja Antti Lehtinen sekä lisäksi toimialapäällikkö Erkki Alasaarela (1.12.1988-31.12.1990), ylitarkastaja Urpo Myllymaa (1.3.-6.11.1987), toimialapäällikkö Martti Seppälä, suunnittelupäällikkö Kari Väisänen (6.4.1988 - 31.12.1990) ja toimialapäällikkö Matti Lehtimäki. Työryhmän kokouksiin ja tutkimukseen osallistuivat myös toimialapäällikkö Juha Kauto ja insinööri Kari Arola. Projektin teknisenä asiantuntijana toimi DI Raimo Ihme ja luonnontaloudellisena asiantuntijana FL Kaisa Heikkinen (1.1.1989 -31.12.1990) sekä FK Kirsti Koskinen (1.3.1987 - 31.8.1988). Projektin asiantuntijat osallistuivat myös johto- ja työryhmän kokouksiin. Johtoryhmä valvoi myös MML Tapani Sallantauksen tutkimuksia (6.4.1988 - 31.12.1990). Tutkimustoimintaan osallistui myös lukuisia muita henkilöitä, jotka ovat ratkaisevasti edistäneet työn toteutumista.

Kiitämme lämpimästi kaikkia edellä mainittuja ja kaikkia muita tutkimukseen osallistuneita hyvästä yhteistyöstä.

S I S Ä L L Y S		Sivu
ALKUSANAT .....		216
1 JOHDANTO .....		219
2 TUTKIMUSALUEET .....		220
2.1 Piipsanneva .....		220
2.1.1 Koealueiden ja päisteputkipidättimien ominai- suudet .....		220
2.2 Savalonneva .....		223
2.2.1 Koealueen ja päisteputkipidättimen ominai- suudet .....		223
3 AINEISTO JA MENETELMÄT .....		224
3.1 Hydrologia .....		224
3.2 Vesinäytteiden otto ja analysointi .....		224
3.3 Vedenlaatu- ja virtaama-aineiston käsittely .....		225
3.4 Päisteputkipidättimien ja sarkaoja-altaiden toimivuuden seuranta .....		225
4 TULOKSET .....		225
4.1 Piipsanneva .....		225
4.1.1 Hydrologia .....		225
4.1.1.1 Sadanta .....		225
4.1.1.2 Virtaamat .....		226
4.1.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....		228
4.1.3 Kiintoainekuormitus .....		233
4.1.4 Puhdistustulokset .....		233
4.1.5 Pidättimien toimivuus, huolto ja kunnossapito ..		236
4.1.6 Kustannukset .....		237
4.2 Savalonneva .....		237
4.2.1 Hydrologia .....		237
4.2.1.1 Sadanta .....		237
4.2.1.2 Virtaamat .....		237
4.2.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu .....		238
4.2.3 Kiintoainekuormitus .....		239
4.2.4 Puhdistustulokset .....		240
5 TULOSTEN TARKASTELU .....		242
5.1 Hydrologia .....		242
5.2 Turvetuotantoalueiden veden laatu .....		243
5.3 Kiintoainekuormitus .....		245
5.4 Päisteputkipidättimet ja sarkaoja-altaat kuormituksen vähentäjinä .....		245
6 SARKAOJIEN, SARKAOJA-ALTAIDEN JA NIISSÄ OLEVIEN PIDÄTTIMIEN SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN, HOITO JA KUSTANNUKSET .....		247
6.1 Tutkimukset ja mitoitus .....		247
6.2 Rakentaminen ja kunnossapito .....		248
6.3 Kustannukset .....		248
7 JATKOTUTKIMUSTARVE .....		249
8 YHTEENVETO .....		249
SUMMARY .....		252
KIRJALLISUUS .....		255



## 1 JOHDANTO

Turpeen käyttö maamme energian tuotannossa on viime vuosina lisääntynyt ja tulee edelleen lisääntymään. Energiapoliittisen ohjelman (1983) mukaan turpeen polttokäyttöä pyritään lisäämään tasolle 20 - 30 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa vuoteen 1995 mennessä eli lähes kaksinkertaiseksi nykyiseen käyttöön verrattuna. Turpeen käytön kehityksen enimmäisarvion mukaan soita olisi kuivatettava ja valmisteltava tuotantoon jatkuvasti, keskimäärin 5 000 - 7 000 ha vuodessa (Komiteamietintö 1987). Huomattava osa maamme turvevaroista sijaitsee Oulun läänissä, missä tuotettiin turvetta lähes 10 000 ha:n alueella vuonna 1988.

Turvetuotannon seurauksena muuttuvat sekä valumavesien määrä että laatu. Kiintoainetta huuhtoutuu vesistöön turvetuotantoalueilta etenkin runsaan valunnan aikana. Myös liukoisen humuksen ja ravinteiden huuhtoumat voivat lisääntyä. Etenkin ammoniumtynpeä huuhtoutuu runsaasti luonnonhuuhtoumaan verrattuna. Turvetuotanto voi olla myös fosforikuormittajana paikallisesti merkittävä.

Turvetuotantoalueelta valuvia vesiä on puhdistettu nykyisin lähinnä laskeutusaltaiden avulla. Niillä ei ole voitu vaikuttaa varsinkaan turvetuotantoalueiden ravinnekuormitukseen.

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesiviranomaisten, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olevia menetelmiä. Projektissa tutkittavia jo aikaisemmin käytössä olleita menetelmiä olivat sarkoja-altaat ja päisteputkipidättimet sekä varsinaiset laskeutusaltaat. Uusia menetelmiä olivat pinta-valutus ja turvesuodatus.

Turvetuotantoalueille kaivetaan tiheä sarkaojaverkosto, keskimäärin noin 500 m ha<sup>-1</sup>. Sarkaojia voidaan käyttää myös laskeutusaltaina, joihin pidättyy kiintoainetta. Sarkaojastossa yhden ojan valuma-alue on pieni, jolloin ojassa virtaavat vesimäärät ovat suhteellisen pieniä ja virtausolot pysyvät vakaina. Sarkaojan alapäähän rakennetaan aina ns. päisteputki eli putkioja. Sen tarkoituksena on toimia rumpuna työkoneiden liikkuesssa saralta toiselle. Päisteputken sarkaojan puoleiseen päähän voidaan liittää erillinen pidätin. Sen avulla päisteputki pysyy auki, ja lisäksi se parantaa sarkaojan lietteenpidätyskykyä. Sarkaojan alapäähän on kaivettu myös usein pieni sarkaoja-allas.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli määrittää erilaisten pidättimien soveltuvuus turvetuotannon valumavesien puhdis-

tukseen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää sarkaoja-altaan ja pidättimen sekä näiden yhdistelmän vaikutus puhdistustulokseen.

Kenttätutkimukset tehtiin Haapaveden Piipsannevan turvetuotantoalueella vuosina 1987 - 1988 ja Rantsilan Savalonnevan turvetuotantoalueella vuonna 1989.

## 2 T U T K I M U S A L U E E T

### 2.1 PIIPSANNEVA

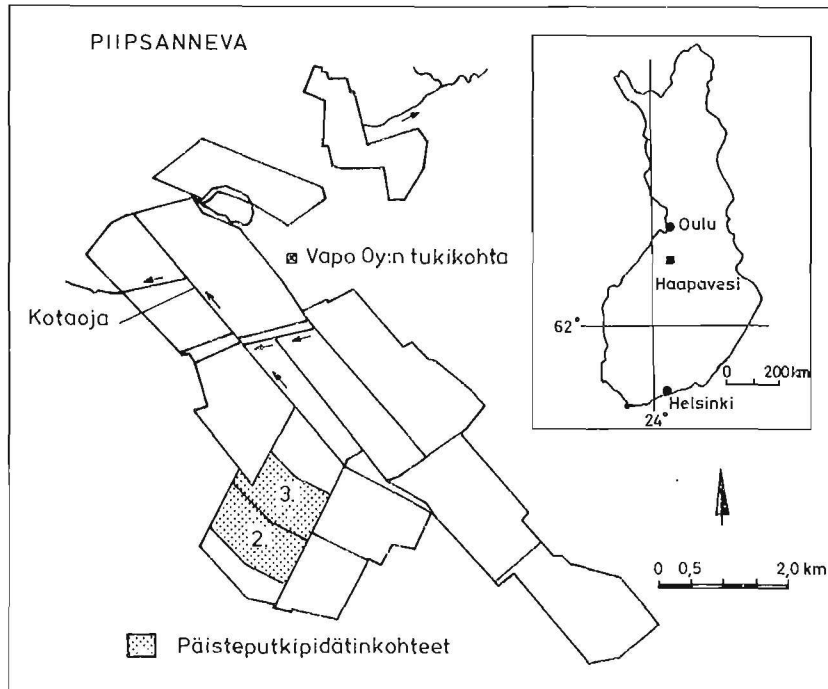
Päisteputkipidätintutkimukset tehtiin Haapaveden kunnassa sijaitsevalla Piipsannevan turvetuotantoalueella lohkoilla 2 ja 3 vuosina 1987 ja 1988 (kuva 1). Piipsannevan suunniteltu tuotantoala on 2 577 ha, josta tällä hetkellä on ojitettuna 2 232 ha ja tuotantokunnossa 1 596 ha. Ojitukset turvetuotantoa varten on aloitettu vuonna 1973. Alue oli jo ennen turvetuotantoa metsäojitettu. Vuonna 1985 tuotannossa oli 150 ha ja vuonna 1986 824 ha. Tuotantotapana on ollut haku- ja karheensiirtomenetelmään sekä imuvaunukeräykseen perustuva jyrsinturvetuotanto. Alueella on tuotettu joinakin vuosina myös huomattavia määriä palaturvetta. Vuonna 1989 Piipsannevalla tuotettiin 573 566 m<sup>3</sup> jyrsinturvetta. Tuotanto tulee laajenemaan, sillä 15 km päähän rakennettu Haapaveden turvevoimala aloitti toimintansa vuonna 1989. Suunniteltu turpeen kokonaiskäyttö voimalassa on noin 2,5 milj. m<sup>3</sup> v<sup>-1</sup>.

Pääosa Piipsannevan turvetuotantoalueen vesistä (2 261 ha:n alueelta) johdetaan alueen halki virtaavaa Kotaojaa pitkin Likajärven järvikuivioon, josta vedet johdetaan edelleen Piipsanojaan ja sieltä Pyhäjoen laajentumaan Haapajärveen.

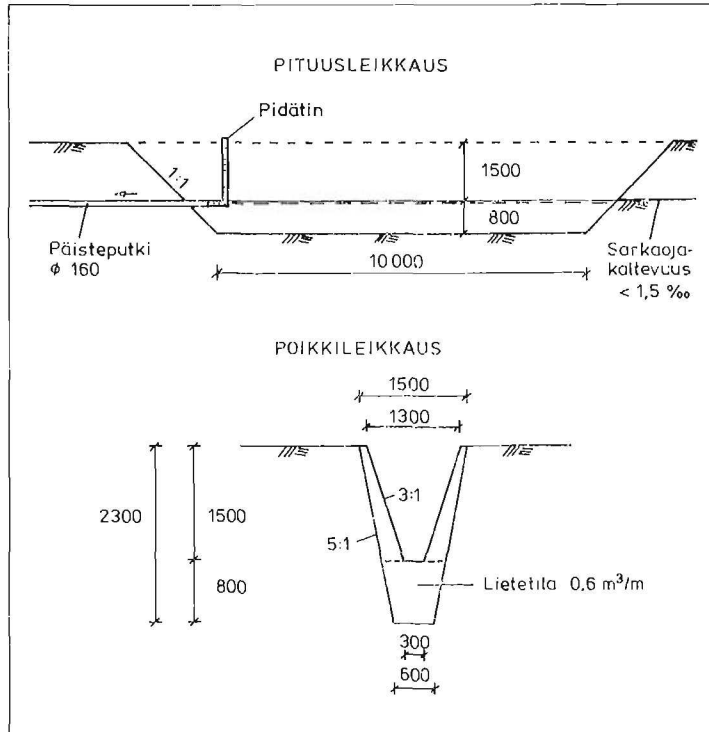
#### 2.1.1 Koealueiden ja päisteputkipidättimien ominaisuudet

Piipsannevan lohkoilla 2 sarkaojat ulottuivat osittain kivennäismaahan ja lohkoilla 3 ne olivat kaivettuna täysin turpeeseen. Sarkaojien pituus oli 640 m ja sarkaleveys 20 m, joten yhden ojan valuma-alue oli 1,28 ha.

Pidättimet olivat erilaisia reijitettyjä muovi-, metalli- ja salaojaputkia sekä reijitettyjä metallilevyjä (taulukko 1, kuvat 2 ja 3). Pidätinputkien halkaisijat olivat 110 - 300 mm ja pituus 1,5 m. Pidätinputkiin ja levyihin oli leikattu eri kokoisia pysty- ja vaakarakoja (taulukko 1). Putkien alapäätkä tukittiin muovitulpalla. Molemmilla lohkoilla oli seurannassa jokainen pidätintyyppi kahdessa eri ojassa. Kaikissa ojissa pidättimien edessä sarkaoja-altaat.



Kuva 1. Piipsannevan päisteputkipidättimien tutkimusalueet.



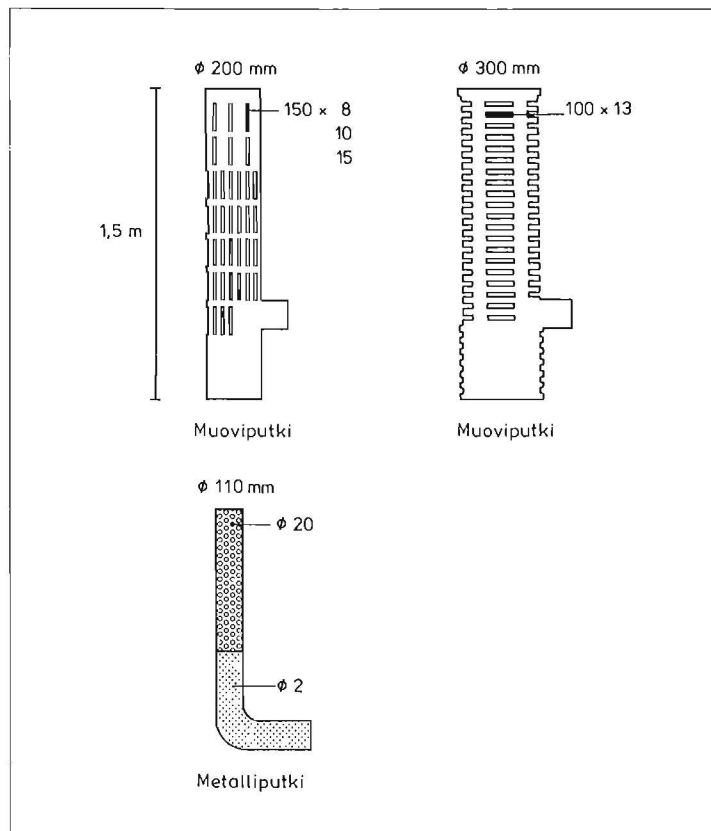
Kuva 2. Pituus- ja poikkileikkaus sarkaojan alapään sarkaoja-altaasta sekä siihen liitetyistä päisteputki- ja pidätinrakenteista.

Taulukko 1. Piipsannevalla ja Savalonnevalla tutkitut päisteputkipidättimet sekä niiden ominaisuudet.

Pidätintyyppi	Pystyputken halkaisija (mm)	Reijitys (mm x mm)	Vedenlaatu seuranta		
			1987 <sup>1)</sup>	1988 <sup>1)</sup>	1989 <sup>2)</sup>
Muoviputki	300	vaakaraot 100 x 13	x	x	x
Muoviputki	140	pystyraot 150 x 15			
Muoviputki ymp. teräsverkko	140	pystyraot 150 x 10	x	x	
Muoviputki	200	pystyraot 150 x 8			
Muoviputki	200	pystyraot 150 x 10	x		
Muoviputki	200	pystyraot 150 x 15			
Metalliputki	110	pyöreä $\phi$ 20			
Metalliputki	110	pyöreä $\phi$ 20, mutkassa $\phi$ 2	x		
Muovisalaajaputki	vaakaputki	reikäpinta-ala 50 cm <sup>2</sup> /putki-m			
Metallilevy	ojapoikkil. muotoinen			x	

1) Piipsanneva

2) Savalonneva

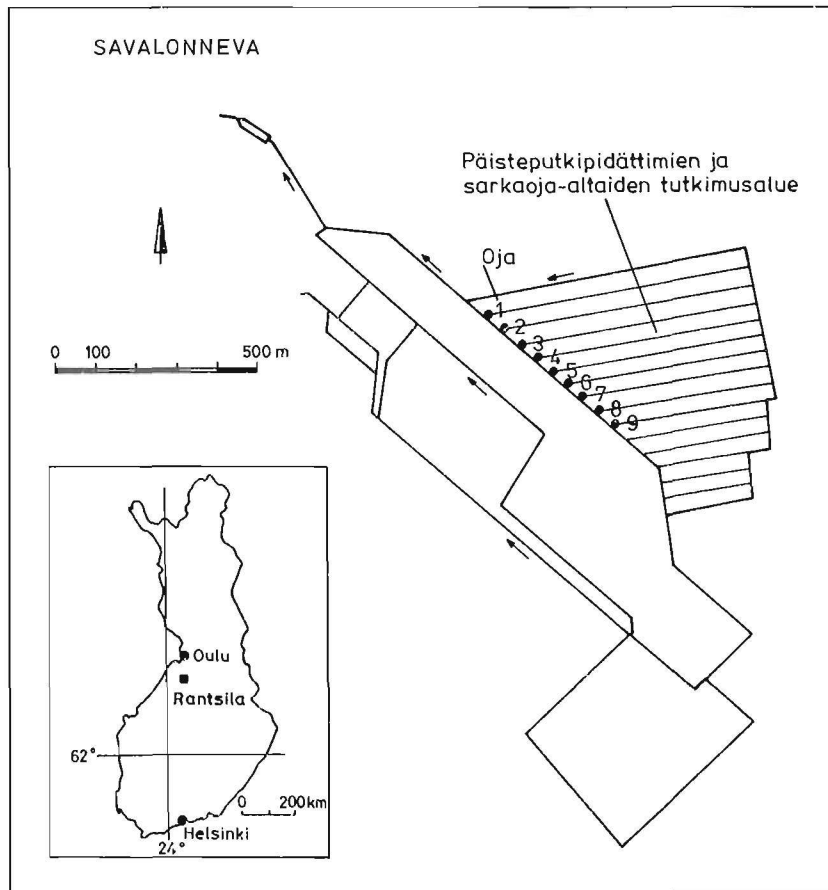


Kuva 3. Päisteputkipidättimiä, joiden toimivuutta tutkittiin Piipsannevalla.



## 2.2 SAVALONNEVA

Päisteputkipidätin- ja sarkaoja-allastutkimuksia tehtiin myös Rantsilan kunnassa sijaitsevalla Savalonnevan turvetuotantoalueella lohkolla 8 vuonna 1989 (kuva 4). Lohkon tuotantoala on 26 ha. Rahkasaraturvekerroksen paksuus on 2,4 m ja maatuneisuus H 5,0. Ympärysvedet on johdettu alueen ulkopuolelle. Alue on kunnostettu turvetuotantoa varten vuosina 1987 - 1989, ja se otettiin ensimmäisen kerran jyrsinturvetuotantoon vuonna 1989. Jyrsinturvetta tuotettiin tuolloin 12 000 m<sup>3</sup>.



Kuva 4. Savalonnevan päisteputkipidättimien ja sarkaoja-altaiden tutkimusalue.

### 2.2.1 Koealueen ja päisteputkipidättimen ominaisuudet

Savalonnevan lohkolla 8 sarkaojat oli kaivettu täysin turpeeseen. Sarkaojien pituus oli 400 - 700 m. Sarkaleveys oli 40 m, ja kunkin saran puolivälissä oli salaoja.

Savalonnevalla tutkittiin kolmea erilaista sarkaojan alapään rakennevaihtoehtoa (kuva 4):

- a. Oja, jossa ei ollut sarkaoja-allasta eikä pidätintä,
- b. Oja, jossa oli sarkaoja-allas, muttei pidätintä,
- c. Oja, jossa oli sarkaoja-allas ja pidätin.

Sarkaojat 1, 4 ja 7 olivat tyyppiä a, sarkaojat 2, 5 ja 8 tyyppiä b ja sarkaojat 3, 6 ja 9 tyyppiä c (kuva 4). Pidättimenä oli halkaisijaltaan 300 mm muoviputkipidätin (taulukko 1). Kaikissa ojissa oli muovinen päisteputki, jonka halkaisija oli 160 mm.

### 3 A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

Piipsannevalla tutkittiin erilaisten pidättimien toimivuutta alueella, jossa sarkaojat ulottuvat kivennäismaahan ja alueella, jossa sarkaojat olivat täysin turpeessa. Alueilla tutkittiin myös sellaisten vertailuojien (O-ojat) toimivuutta, joissa ei ollut pidätintä.

Savalonnevalla tutkittiin, mikä merkitys sarkaoja-altaalla ja pidättimellä sekä näiden yhdistelmillä on puhdistustulokseen.

Erilaisten sarkaojarakenteiden toimivuutta seurattiin vesinäytteiden, virtaamamittausten ja käyttöhavaintojen avulla. Vesinäytteiden avulla selvitettiin, mikä merkitys eri rakenteilla on valumaveden laatuun. Virtaamamittausten avulla selvitettiin, miten hyvin erilaisilla rakenteilla varustetut sarkaojat kuivuvat eli mikä on kunkin rakenteen vedenläpäisykyky.

#### 3.1 HYDROLOGIA

Päivittäiset sademäärät saatiin ilmatieteen laitoksen Haapaveden mittausasemalta, joka sijaitsee noin 15 km:n etäisyydellä Piipsannevan tutkimuskohteesta.

Virtaamat mitattiin viikottain päisteputken alapuolelta astiamittauksena kaikista tutkimuskohteena olevista sarkaojista (kuva 2). Mittaukset tehtiin Piipsannevalla 21.7.-19.10.1987 ja 19.7. - 25.10.1988 sekä Savalonnevalla 19.6. - 13.11.1989.

#### 3.2 VESINÄYTTEIDEN OTTO JA ANALYSOINTI

Vesinäytteitä otettiin viikottain sarkaoja-altaan yläpuolelta ja päisteputken alapuolelta samanaikaisesti kuin virtaamamittaukset tehtiin (kuva 2). Taulukossa 1 on esitetty vedenlaatu seurannassa olleet pidättimet vuosina 1987 - 1989 Piipsannevalla ja Savalonnevalla. Piipsannevalla otettiin näytteet myös vertailuojista (O-ojat), joissa ei ollut pidätintä. Savalonnevalla vedenlaatu seurannassa olivat kaikki sarkaojat.

Vesinäytteet analysoitiin Oulun vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratoriossa. Piipsannevan näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, kemiallinen hapenkulutus ( $COD_{Mn}$ ), kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kokonaisrautapitoisuus vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä (Vesihallitus 1981). Savalonnevan näytteistä määritettiin viikottain kiintoainepitoisuus ja kemiallinen hapenkulutus.

### 3.3 VEDENLAATU- JA VIRTAAMA-AINEISTON KÄSITTELY

Sarkaojiin tuleva kiintoainekuormitus laskettiin näytteenoton aikaisten virtaamien ja pitoisuuksien avulla. Eri sarkaojarakenteiden avulla saavutetut keskimääräiset kiintoainepoistumat sekä Savalonnevalla saavutetut orgaanisten aineiden poistumat laskettiin ainevirtaamien perusteella. Keskimääräiset kokonaisravinne- ja kokonaisrautapoistumat sekä orgaanisten aineiden poistumat laskettiin pitoisuuksien avulla vain Piipsannevan vuoden 1987 näytteistä.

### 3.4 PÄISTEPUTKIPIDÄTTIMIEN JA SARKAOJA-ALTAIDEN TOIMIVUUDEN SEURANTA

Sarkaojarakenteiden toimivuutta seurattiin pitämällä kenttäpäiväkirjaa. Päiväkirjaan merkittiin kaikki tekijät, joilla oli vaikutusta veden laatuun ja turvetuotantoalueen kuivatukseen. Myös erilaiset rakenteiden huoltotarpeet, esiintyneet ongelmat ja muut rakenteiden toimivuuteen liittyvät asiat kirjattiin.

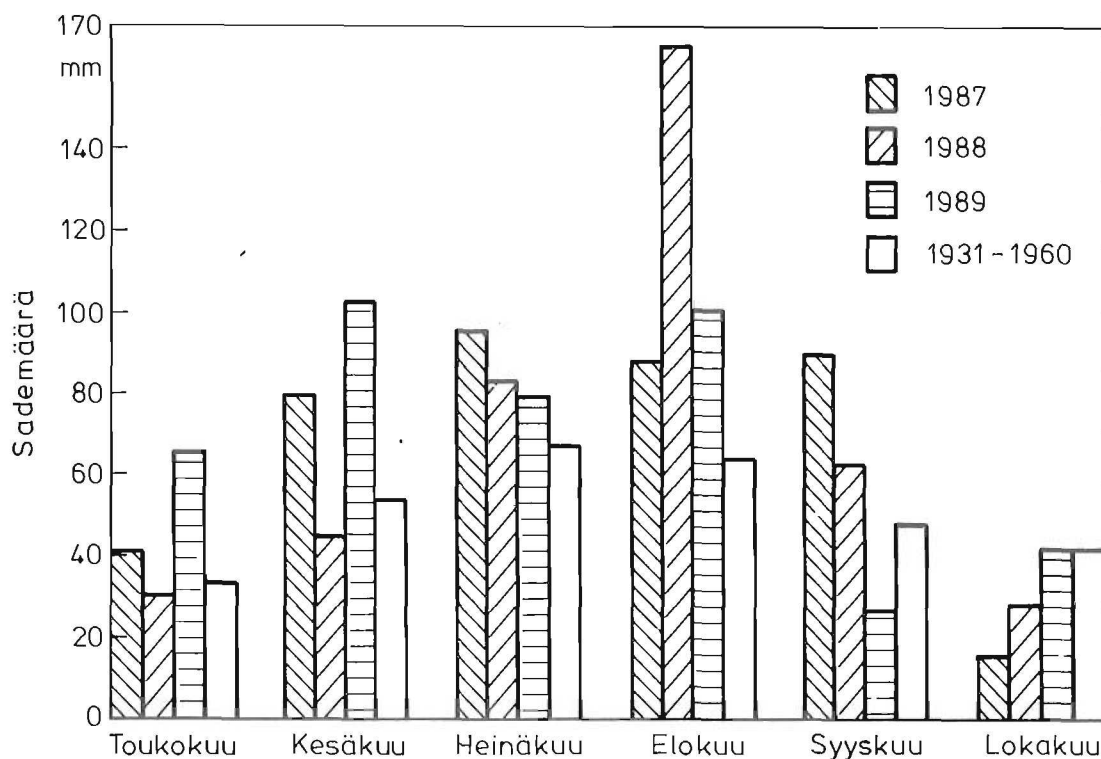
## 4 T U L O K S E T

### 4.1 PIIPSANNEVA

#### 4.1.1 Hydrologia

##### 4.1.1.1 Sadanta

Vuosien 1987 - 1989 kesä - lokakuun ajanjaksot olivat pitkäaikaista sadantakeskiarvoa (v. 1931 - 1960) sateisempia (kuva 5). Vuonna 1987 lokakuun sadanta, vuonna 1988 kesäkuun ja lokakuun sadanta sekä vuonna 1989 lokakuun sadanta olivat kuitenkin pienempiä kuin vastaavat pitkäaikaiset sadantakeskiarvot. Alueella oli myös rankkasateita. Haapavedellä satoi 31 mm 25.7.1987, 61 mm 5.8.1988 ja 34 mm 4.6.1989.



Kuva 5. Sadanta kuukausittain vuosina 1987 - 1989 Haapa-vedellä, noin 15 km:n etäisyydellä Piipsannevan päisteputkipidätintutkimuskohteesta.

#### 4.1.1.2 Virtaamat

Keskimääräiset virtaamat olivat vuonna 1987 eri pidättimillä varustetuissa ojissa  $0,08 - 0,19 \text{ l s}^{-1}$  ja virtaamien vaihteluväli  $0,01 - 0,75 \text{ l s}^{-1}$  lohkolle 2, jossa sarkaojat ulottuivat osittain kivennäismaahan (taulukko 2). Täällä virtaamamittaukset tehtiin 10 - 12 kertaa. Keskimääräiset virtaamat olivat suurimmat ojissa, joissa oli 300 mm:n tai 200/15 mm:n muoviputkipidätin tai kahden reikäkoon metalliputkipidätin ja pienimmät yhden reikäkoon metalliputkipidättimillä ja salaojapidättimellä varustetuissa ojissa. Vertailuojan keskimääräiset virtaamat olivat samansuuruiset tai suuremmat kuin pidättimillä varustettujen ojien suurimmat virtaamat. Samalla pidättimellä varustettujen ojien keskimääräiset virtaamat saattoivat olla eri suuruisia. Virtaamat vaihtelivat vähiten 300 mm:n muoviputkipidättimellä ja kahden reikäkoon metalliputkipidättimellä varustetuissa ojissa.

Keskimääräiset virtaamat eri pidättimillä varustetuissa ojissa vuonna 1987 olivat selvästi pienemmät lohkolle 3, jossa sarkaojat olivat täysin turpeessa, kuin lohkolle 2, jossa sarkaojat ulottuivat osittain kivennäismaahan (taulukko 2). Täällä virtaamamittaukset tehtiin 4 - 8 kertaa. Keskimääräiset virtaamat olivat suurimmat 300

mm:n muoviputkipidättimellä ja pienimmät 140 mm:n muoviputkipidättimillä varustetuissa ojissa. Keskimääräiset virtaamat olivat yhtä suuret vertailuojassa ja 300 mm:n muoviputkipidättimellä varustetussa ojassa.

Keskimääräiset virtaamat olivat vuonna 1988 eri pidättimillä varustetuissa ojissa  $0,09 - 0,12 \text{ l s}^{-1}$  lohkokolla 2 (taulukko 2, kuva 6). Täällä virtaamamittaukset tehtiin 12 - 15 kertaa. Keskimääräiset virtaamat olivat suurimmat 300 mm:n ja 200/15 mm:n muoviputkipidättimillä varustetuissa ojissa (kuva 6). Keskimääräiset virtaamat olivat lähes yhtä suuria vertailuojassa (0-oja) kuin 300 mm:n ja 200/15 mm:n muoviputkipidättimillä varustetuissa ojissa. Metallilevyllä varustetussa ojassa oli selvästi pienin keskimääräinen virtaama,  $0,09 \text{ l s}^{-1}$ . Levyn padottava vaikutus olikin selvästi havaittavissa. Myös metalliputkipidättimillä (msihtil, msihti2) varustetuissa ojissa keskimääräiset virtaamat olivat pieniä (kuva 6).

Lohkokolla 3 virtaamamittauksia haittasi vuonna 1988 sarkaojien alapuolella olevien kokoojaojien korkea vesipinta, minkä vuoksi näytteitä ei saatu aina otettua. Virtaamat mitattiinkin harvemmin kuin lohkokolla 2. Keskimääräiset virtaamat olivat selvästi pienempiä kuin lohkokolla 2 (taulukko 2, kuva 6). Keskimääräinen virtaama oli suurin 200/15 mm:n muoviputkipidättimellä varustetussa ojassa (13 mittausta). Keskimääräiset virtaamat olivat lähes yhtä suuria salaoja-, metallilevy- ja 300 mm:n muoviputkipidättimillä varustetuissa ojissa kuin vertailuojassa (0-oja) (kuva 6, taulukko 2). Virtaamien hajonta oli pienin 300 mm muoviputkella varustetussa ojassa. Metalliputkipidättimillä (msihtil, msihti2) varustettujen ojien keskimääräiset virtaamat olivat pieniä kuten lohkokolla 2.

Kummallakin lohkokolla vesi virtasi nopeimmin 200/15 mm:n ja 300 mm:n muoviputkipidättimien läpi. Vesi virtasi lähes yhtä nopeasti vertailuojan ilman pidätintä olleen päisteputken läpi, mutta päisteputki tukkeutui kuitenkin ajoittain.

Taulukko 2. Virtaamat eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevan lohkoilla 2 ja 3.

Paikka/ Pidätintyyppi	Virtaama (l s <sup>-1</sup> )					
	1987			1988		
	$\bar{x}$	Min	Maks	$\bar{x}$	Min	Maks
Lohko 2						
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	0,12 - 0,16 <sup>5)</sup>	0,01	0,50			
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>				0,11 - 0,15 <sup>5)</sup>	0,004	0,38
Muovi 140/15	0,14 - 0,17	0,01	0,50	0,14 - 0,15	0,01	0,50
Muovi 200/8	0,16 - 0,17	0,03	0,50	0,14 - 0,17	0,01	0,75
Muovi 200/10	0,13 - 0,18	0,04	0,50	0,10 - 0,13	0,01	0,50
Muovi 200/15	0,14 - 0,19	0,02	0,50	0,14 - 0,20	0,01	0,75
Muovi 300	0,16 - 0,18	0,03	0,50	0,16 - 0,19	0,02	0,50
Metalli 110/20	0,08 - 0,14	0,01	0,38	0,09 - 0,12	0,02	0,30
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	0,17 - 0,18	0,01	0,75	0,11 - 0,15	0,01	0,50
Salaoja	0,10	0,01	0,30			
Metallilevy				0,09	0,005	0,30
Vertailuoja <sup>4)</sup>	0,17 - 0,23	0,01	0,75	0,12 - 0,22	0,01	0,50
Lohko 3						
Muovi 140/10	0,10 - 0,13	0,04	0,25			
Muovi 140/10 + V				0,09	0,02	0,19
Muovi 140/15	0,08 - 0,12	0,05	0,30			
Muovi 200/8	0,12	0,06	0,15	0,05	0,04	0,08
Muovi 200/10	0,13 - 0,14	0,06	0,30	0,08	0,08	0,08
Muovi 200/15				0,12	0,02	0,25
Muovi 300	0,15	0,05	0,30	0,09	0,05	0,15
Metalli 110/20				0,08	0,08	0,08
Metalli 110/20 ja 2	0,11	0,05	0,15	0,09	0,01	0,21
Salaoja				0,09 - 0,12	0,04	0,18
Metallilevy				0,09 - 0,11	0,01	0,21
Vertailuoja	0,15	0,04	0,30	0,11 - 0,12	0,02	0,50

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

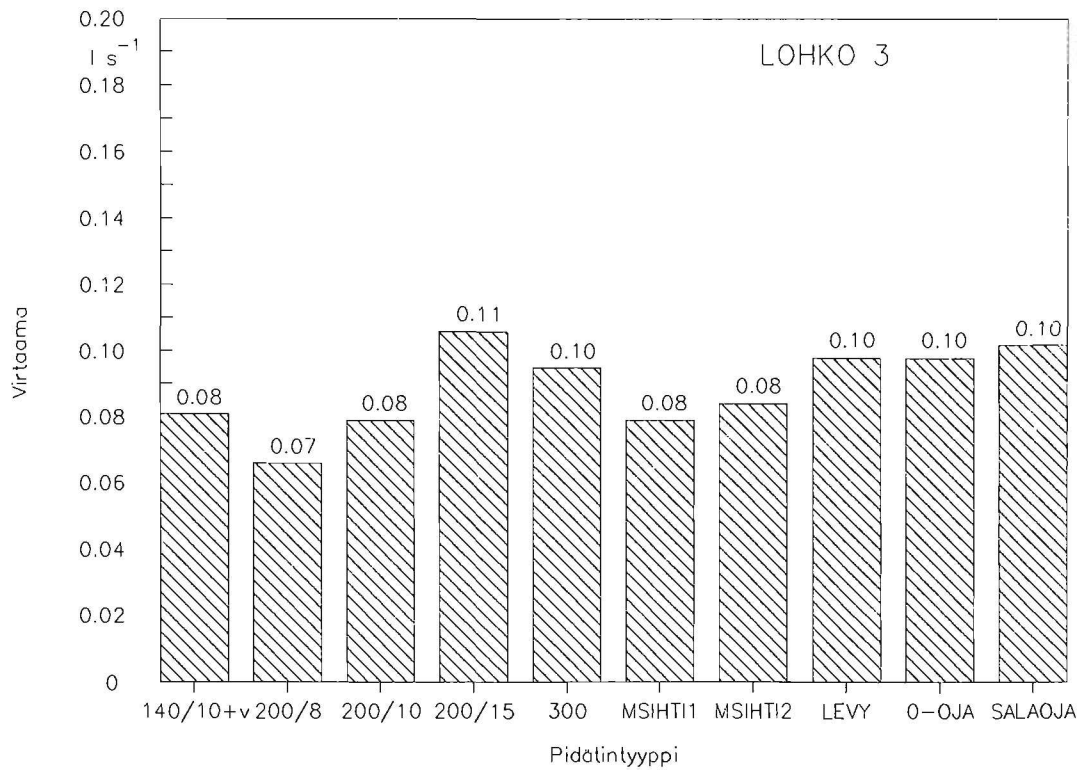
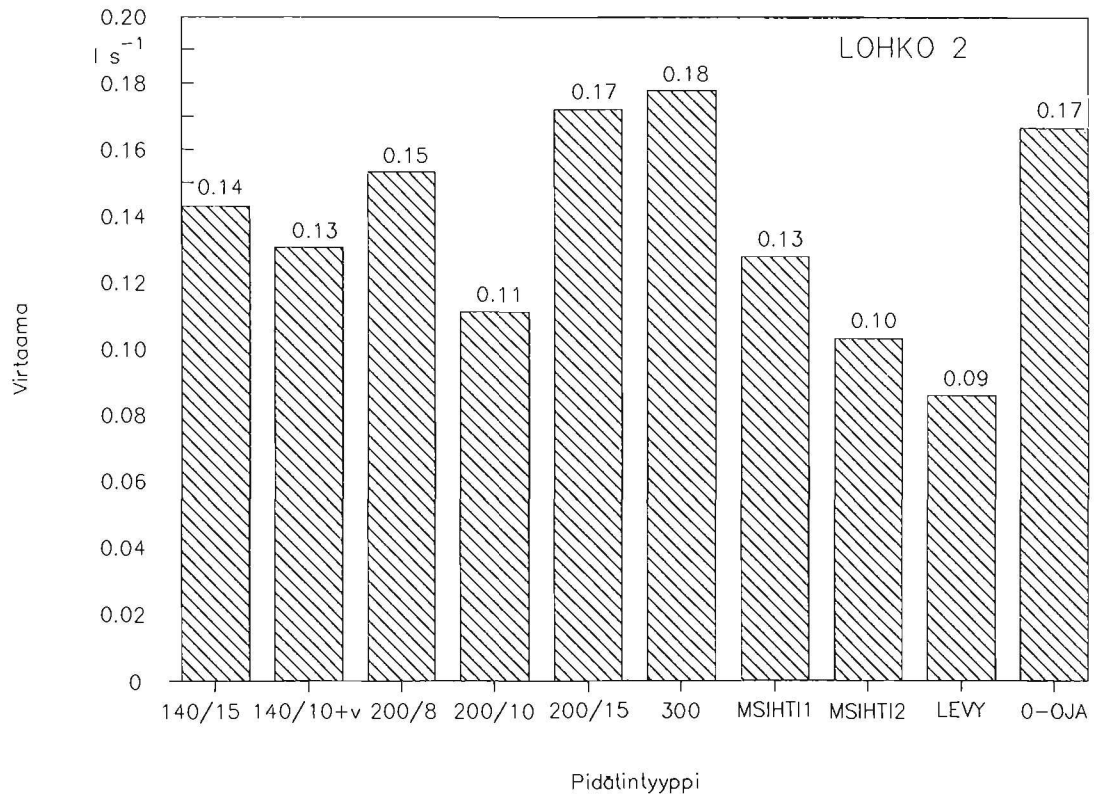
3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisijat 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

5) Kaksi ojaa

#### 4.1.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Sarkaojiin tulevan veden laatu vaihteli paljon (taulukot 3 - 7). Eri ojien kiintoainepitoisuudet olivat keskimäärin 5,3 - 203,0 mg l<sup>-1</sup> ja vaihtelivat välillä 1,2 - 2 530 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 3). Pitoisuudet olivat selvästi suuremmat vuonna 1988 kuin vuonna 1987. Pitoisuudet kohosivat mm. ajoittaisten rankkasateiden ja sarkaojien puhdistustöiden aikana.



Kuva 6. Keskimääräiset virtaamat eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevan lohkoilla 2 ja 3 vuonna 1988.

Taulukko 3. Kiintoainepitoisuudet eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	Kiintoainepitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	10,3	2,3	38,4	17				
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>					105	3,5	1 030	15
Muovi 200/10	6,4	2,6	15,3	16				
Muovi 300	35,8	1,2	211	16	167	2,9	2 060	15
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	15,6	3,4	132	14				
Metallilevy					35,5	11,3	165	14
Vertailuoja <sup>4)</sup>	7,8	1,4	52,5	13	52,8	7,7	350	15
Lohko 3								
Muovi 140/10	5,3	2,7	11,7	8				
Muovi 140/10 + V					65,9	2,5	216	12
Muovi 200/10	11,7	3,2	54,4	8				
Muovi 300	6,7	6,7	6,7	1	101	2,7	835	16
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					172	3,4	883	16
Vertailuoja					203	3,2	2 530	17

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

Taulukko 4. Kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub>) eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	COD <sub>Mn</sub> (mg l <sup>-1</sup> )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	43,1	19,2	78,9	16				
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>					68,6	15,2	348	15
Muovi 200/10	38,7	28,7	55,8	15				
Muovi 300	35,6	17,2	179	15	44,7	14,5	170	15
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	33,4	20,5	139	14				
Metallilevy					44,0	18,8	107	14
Vertailuoja <sup>4)</sup>	31,4	21,5	63,7	13	53,6	27,6	82,2	15
Lohko 3								
Muovi 140/10	28,3	17,8	45,6	9				
Muovi 140/10 + V					126	30,2	367	12
Muovi 200/10	33,2	18,3	94,0	8				
Muovi 300	43,4	43,4	43,4	1	126	31,0	438	16
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					280	25,5	2 830	16
Vertailuoja					113	30,0	583	17

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä



Eri ojien kemiallinen hapenkulutus oli keskimäärin  $28,3 - 280,0 \text{ mg l}^{-1}$  ja vaihteli välillä  $14,5 - 2\ 830 \text{ mg l}^{-1}$  (taulukko 4). Sen arvot olivat selvästi suuremmat vuonna 1988 kuin vuonna 1987. Vuonna 1988 arvot olivat selvästi suuremmat lohkoilla 3 kuin lohkoilla 2.

Eri ojien kokonaistyyppipitoisuudet olivat keskimäärin  $3,2 - 9,2 \text{ mg l}^{-1}$  ja vaihtelivat välillä  $2,1 - 18,8 \text{ mg l}^{-1}$  (taulukko 5). Kokonaisfosforipitoisuudet olivat keskimäärin  $34 - 100 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  ja vaihtelivat välillä  $1 - 230 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (taulukko 6). Kokonaisrautapitoisuudet olivat vastaavasti  $1,1 - 9,6 \text{ mg l}^{-1}$  ja vaihtelivat välillä  $0,6 - 22,4 \text{ mg l}^{-1}$ .

Taulukko 5. Kokonaistyyppipitoisuudet eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	Kokonaistyyppipitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	5,5	3,1	8,2	17	8,1	1,3	20,5	3
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>								
Muovi 200/10	4,1	2,1	5,0	16				
Muovi 300	3,2	2,2	7,4	16	3,6	1,3	6,4	5
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	3,5	2,5	8,1	14				
Metallilevy					3,1	2,3	4,0	2
Vertailuoja <sup>4)</sup>	3,4	2,4	5,4	13	4,6	3,2	6,0	3
Lohko 3								
Muovi 140/10	4,4	3,5	5,2	8				
Muovi 140/10 + V					8,2	3,8	12,5	3
Muovi 200/10	4,4	3,1	5,6	7				
Muovi 300	5,1	5,1	5,1	1	5,5	4,3	7,0	3
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					9,2	3,7	18,8	6
Vertailuoja					6,4	4,5	10,5	5

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

Taulukko 6. Kokonaisfosforipitoisuudet eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	Kokonaisfosforipitoisuus ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	57	40	83	16				
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>					110	46	190	3
Muovi 200/10	65	52	96	16				
Muovi 300	85	38	150	16	58	38	78	5
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	54	1	120	14				
Metallilevy					51	39	62	2
Vertailuoja <sup>4)</sup>	55	37	81	13	64	56	71	3
Lohko 3								
Muovi 140/10	34	28	50	9				
Muovi 140/10 + V					49	27	80	3
Muovi 200/10	38	32	42	7				
Muovi 300	39	39	39	1	71	22	150	3
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					100	22	230	6
Vertailuoja					43	27	55	5

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidätin ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

Taulukko 7. Kokonaisrautapitoisuudet eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	Kokonaisrautapitoisuus ( $\text{mg l}^{-1}$ )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	2,8	1,0	7,9	17				
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>					9,6	1,3	22,4	3
Muovi 200/10	1,9	0,7	3,8	16				
Muovi 300	3,0	0,8	6,2	16	2,4	0,6	3,9	5
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	2,5	1,3	4,4	14				
Metallilevy					2,5	2,0	3,0	2
Vertailuoja <sup>4)</sup>	2,2	1,1	6,0	13	1,9	1,6	2,2	3
Lohko 3								
Muovi 140/10	2,5	0,8	3,9	9				
Muovi 140/10 + V					4,8	1,8	10,5	3
Muovi 200/10	3,4	2,0	5,0	7				
Muovi 300	1,1	1,1	1,1	1	6,5	1,6	16,1	3
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					7,6	1,7	21,8	6
Vertailuoja					1,6	1,0	2,4	5

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidätin ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

## 4.1.3 Kiintoainekuormitus

Sarkaojiin tuleva kiintoainekuormitus vaihteli paljon. Kuormitus oli keskimäärin 0,04 - 8,86 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 0,001 - 109,30 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 8, kuvat 7, 8 ja 9). Vuonna 1988 kiintoainekuormitus oli suurempi kuin vuonna 1987.

Taulukko 8. Kiintoainekuormitus eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevan lohkoilla 2 ja 3 vuosina 1987 - 1988.

Paikka/ Pidätintyyppi	Kiintoainekuormitus (kg vrk <sup>-1</sup> )							
	1987				1988			
	$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
Lohko 2								
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	0,08	0,01	0,29	13				
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>					0,52	0,02	2,14	14
Muovi 200/10	0,11	0,01	0,30	12				
Muovi 300	0,80	0,003	6,84	13	6,85	0,02	89,00	15
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	0,17	0,01	0,87	13				
Metallilevy					0,17	0,001	0,85	8
Vertailuoja <sup>4)</sup>	0,23	0,01	0,73	12	0,32	0,05	1,44	12
Lohko 3								
Muovi 140/10	0,04	0,03	0,07	6				
Muovi 140/10 + V					0,39	0,02	1,01	10
Muovi 200/10	0,06	0,03	0,10	7				
Muovi 300	0,08	0,04	0,19	6	0,42	0,02	2,30	12
Metalli 110/20 ja 2								
Metallilevy					1,63	0,03	5,72	12
Vertailuoja					8,86	0,01	109,30	13

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

## 4.1.4 Puhdistustulokset

Eri pidättimillä varustettujen sarkaojien keskimääräiset kiintoainepoistumat laskettiin ainevirtaamien perusteella vuosille 1987 ja 1988. Keskimääräiset kokonaisravinnepoistumat sekä orgaanisten aineiden poistumat laskettiin pitoisuuksien perusteella vain vuodelle 1987, jolloin näytteitä otettiin enemmän kuin vuonna 1988.

Eri pidättimillä varustettujen sarkaojien keskimääräinen kiintoainepoistuma oli - 98 - 97 % (taulukko 9, kuvat 7, 8 ja 9). Sarkaojassa, jossa oli 300 mm:n muoviputkipidätin, saatiin poistettua kiintoainetta hyvin (78 - 97 %) varsinkin rankkasateiden ja sarkaojien puhdistuksen aikana, jolloin kiintoainepitoisuudet olivat suuria.

Kiintoainetta saatiin poistetuksi myös ojissa, jotka oli varustettu metallilevyllä (12 - 94 %) ja teräsverkolla ympäröidyllä 140/10 mm:n muoviputkipidättimellä (48 - 85 %). Vertailuojassa kiintoainetta poistui 43 - 89 %, mutta lähtevän veden kiintoainepitoisuuden hajonta oli siinä selvästi suurempi kuin pidättimillä varustetuissa ojissa. Vuonna 1987 140/10 mm:n ja 200/10 mm:n muoviputkipidättimellä varustetuissa ojissa kiintoainepitoisuudet olivat usein suuremmat lähtevässä kuin tulevassa vedessä.

Eri lohkoilla sijaitsevat pidättimet poistivat valumavedestä kiintoainetta lähes yhtä hyvin. Eri pidättimillä saadut poistumat eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia, koska eri ojien kiintoainekuormitus vaihteli huomattavasti.

Taulukko 9. Keskimääräiset poistumat eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa Piipsannevalla.

Paikka/ Pidätintyyppi	Keskimääräinen poistuma (%)						
	1987					1988	
	Kiinto- <sup>5)</sup> aine	COD <sub>Mn</sub> <sup>6)</sup>	Kok. N <sup>6)</sup>	Kok. P <sup>6)</sup>	Kok. Fe <sup>6)</sup>	Kiinto- <sup>5)</sup> aine	COD <sub>Mn</sub> <sup>5)</sup>
Lohko 2							
Muovi 140/10 <sup>1)</sup>	46	3	0	5	11		
Muovi 140/10 + V <sup>2)</sup>						48	26
Muovi 200/10	-4	2	-14	-1	-4		
Muovi 300	89	37	19	16	15	97	52
Metalli 110/20 ja 2 <sup>3)</sup>	40	25	2	6	10		
Metallilevy						12	3
Vertailuoja <sup>4)</sup>	49	13	7	14	-16	43	-1
Lohko 3							
Muovi 140/10	-98	-8	-6	-6	1		
Muovi 140/10 + V						85	54
Muovi 200/10	-30	12	-2	-2	15		
Muovi 300		35	4	8		78	40
Metalli 110/20 ja 2						94	85
Metallilevy						89	62
Vertailuoja							

1) Muovinen putkipidätin, halkaisija 140 mm, pystyraon leveys 10 mm

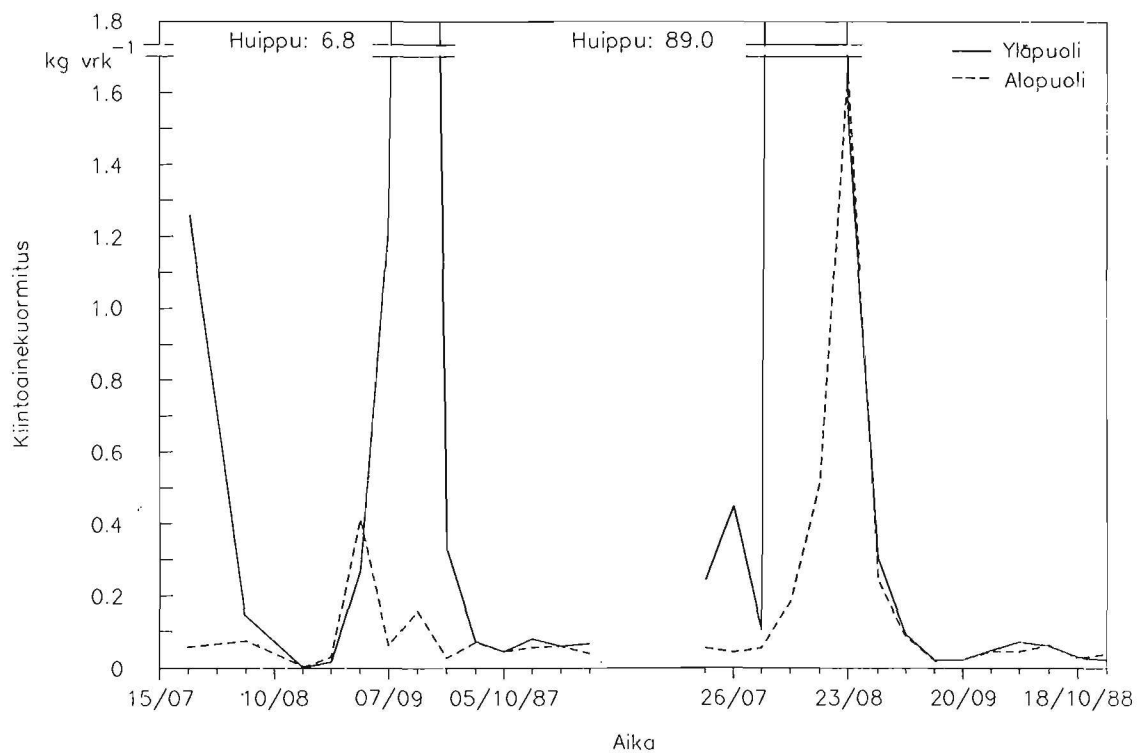
2) Teräsverkko muoviputkipidättimen ympärillä

3) Metallinen putkipidätin, putken halkaisija 110 mm, reikien halkaisija 20 mm ja 2 mm

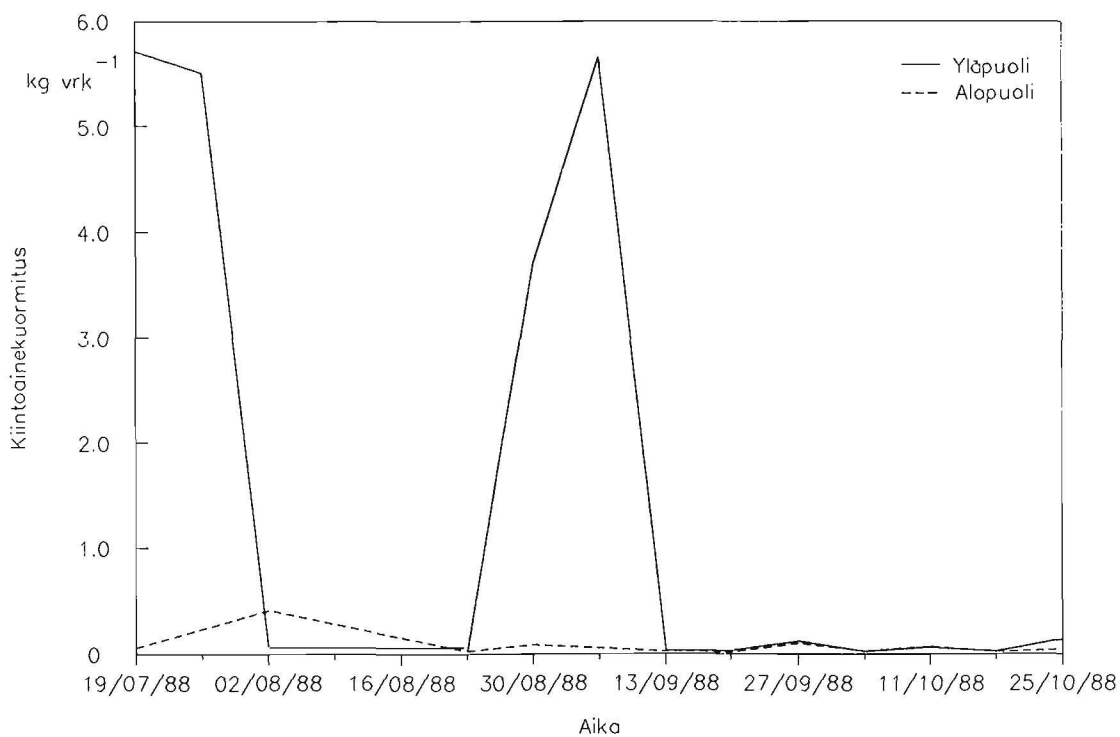
4) Sarkaoja, jossa ei ole pidätintä

5) Poistumat laskettiin ainevirtaamista

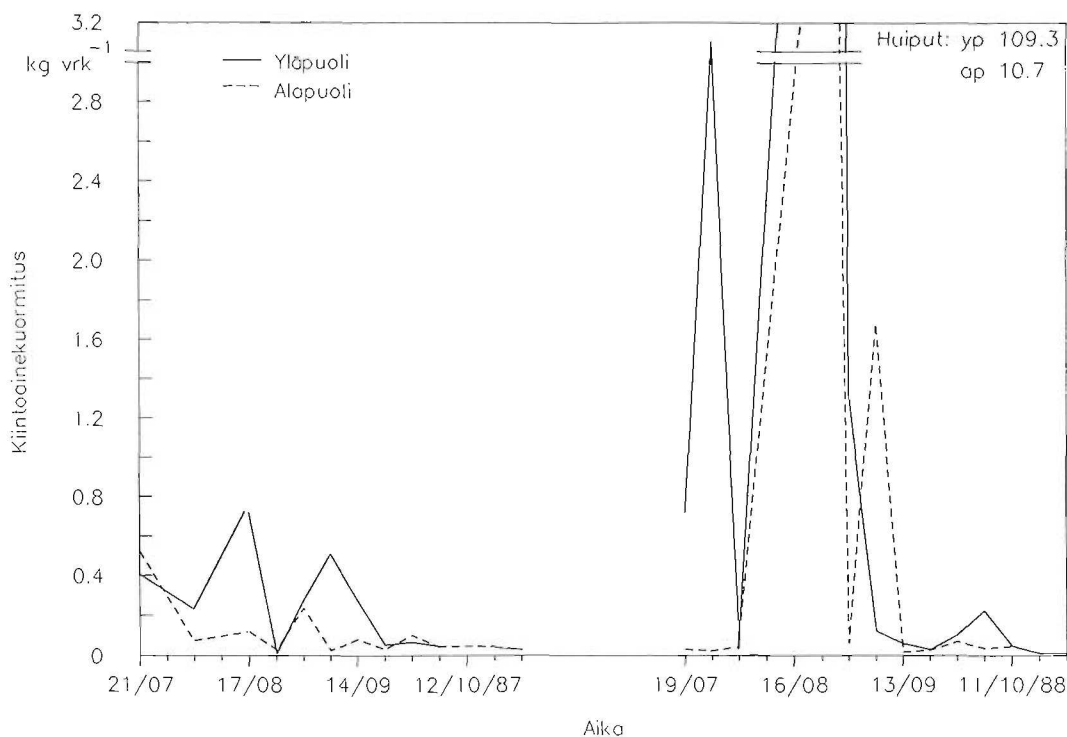
6) Poistumat laskettiin pitoisuuksista



**Kuva 7. Kiintoainekuormitus 300 mm:n muoviputkipidättimellä varustetussa sarkaojassa Piipsannevan loholla 2 vuosina 1987 - 1988.**



**Kuva 8. Kiintoainekuormitus metallilevyllä varustetussa sarkaojassa Piipsannevan loholla 3 vuonna 1988.**



Kuva 9. Kiintoainekuormitus vertailuojassa Piipsannevan loholla 2 vuosina 1987 - 1988.

Keskimääräinen orgaanisten aineiden poistuma kemiallisen hapenkulutuksen perusteella oli - 8 - 85 % eri pidättimillä varustetuissa sarkaojissa (taulukko 9). Sarkaojissa, joissa saatiin poistettua hyvin kiintoainetta, saatiin poistettua myös orgaanisia aineita. Myös vertailuojassa orgaanisia aineita poistui - 1 - 62 %. Sarkaojien orgaanisten aineiden pitoisuudet olivat ajoittain suuremmat lähteessä kuin tulevassa vedessä.

Ravinne- ja rautapitoisuuksiin ei erilaisilla pidättimillä ollut juurikaan vaikutusta. Eri pidättimillä varustettujen sarkaojien keskimääräinen kokonaistyyppi-poistuma oli - 14 - 19 %, keskimääräinen kokonaisfosforipoistuma - 6 - 16 % ja keskimääräinen kokonaisrautapoistuma - 16 - 15 % vuonna 1987 (taulukko 9). Poistumat olivat suurimmat sarkaojissa, joissa saatiin poistettua kiintoainetta.

#### 4.1.5 Pidättimien toimivuus, huolto ja kunnossapito

Kiintoaine voitiin puhdistaa helpommin muoviputkipidättimestä kuin metalliputkipidättimestä. Se tarttui lujemmin metalli- kuin muoviputkiin. Pidätin, jossa oli ns. kulmakappale putken alaosassa (käyrä osa), oli vaikea puhdistaa. Puhdistettaessa putki usein rikkoontui.

Muoviputkipidätin tukkeutui sitä helpommin mitä pienempi sen halkaisija oli. Muovinen teräsverkolla ympäröity

140/10 mm putkipidätin oli vaikea puhdistaa. Kun kiintoainetta tarttui teräsverkon reikiin, verkko oli ennen puhdistusta nostettava pois. Lisäksi muoviputken ja teräsverkon asentaminen oli vaikeaa, eivätkä ne pysyneet paikoillaan.

Muoviputkipidättimistä kestävin oli 300 mm:n pidätin. Se pysyi parhaiten paikallaan ja kesti koneiden töytäisyjä. Tiheästi reijitetyt 140 mm:n ja 200 mm:n muoviputkipidättimet murtuivat herkästi ja metalliputkipidättimet vääntyivät.

Putkipidättimet haittasivat sarkaojien koneellista puhdistamista. Pidätin oli usein niin korkealla, ettei koneella päässyt sen yli sitä rikkomatta. Sarkaojia puhdistettaessa koneet kulkivat usein ojan yli, jolloin ojaan sortui turvetta. Sarkaojan alapää jätettiin myös usein puhdistamatta siellä olevan putkipidättimen vuoksi.

Metallilevyn asentaminen sarkaojaan ja sen puhdistaminen oli helpompaa kuin putkipidättimien. Metallilevy voitiin asentaa painamalla levy sarkaojaan joko sarkaoja-altaan yläpuolelle tai päisteputken läheisyyteen sarkaoja-altaan alapuolelle. Se puhdistettiin luudalla, eikä se rikkoontunut. Metallilevy oli myös käytännöllisempi kuin putkipidättimet puhdistettaessa sarkaojia koneellisesti. Se voitiin joko nostaa pois tai painaa alas niin, ettei se häirinnyt koneellistapuhdistusta. Tutkittujen metallilevyjenhaittana oli kuitenkin niiden vettä padottava vaikutus.

#### 4.1.6 Kustannukset

Sarkaoja-altaissa käytettyjen pidättimien kustannukset ovat 85 - 150 mk (hintataso 1989). Muovisen 300 mm:n putkipidättimen hinta on 150 mk. Sarkaojan pituuden ollessa 1 000 m ja sarkaleveys 20 m on pidättimien hankinnasta aiheutuva kustannus 85 - 150 mk tuotantohehtaaria kohti. Lisäksi kustannuksia aiheutuu pidättimen asentamisesta, huollosta ja kunnossapidosta.

## 4.2 SAVALONNEVA

### 4.2.1 Hydrologia

#### 4.2.1.1 Sadanta

Savalonneva sijaitsee noin 25 km:n etäisyydellä Haapavedeltä, jonka sadantatulokset on esitetty kohdassa 4.1.1.1. Savalonnevalla sadantaa ei mitattu.

#### 4.2.1.2 Virtaamat

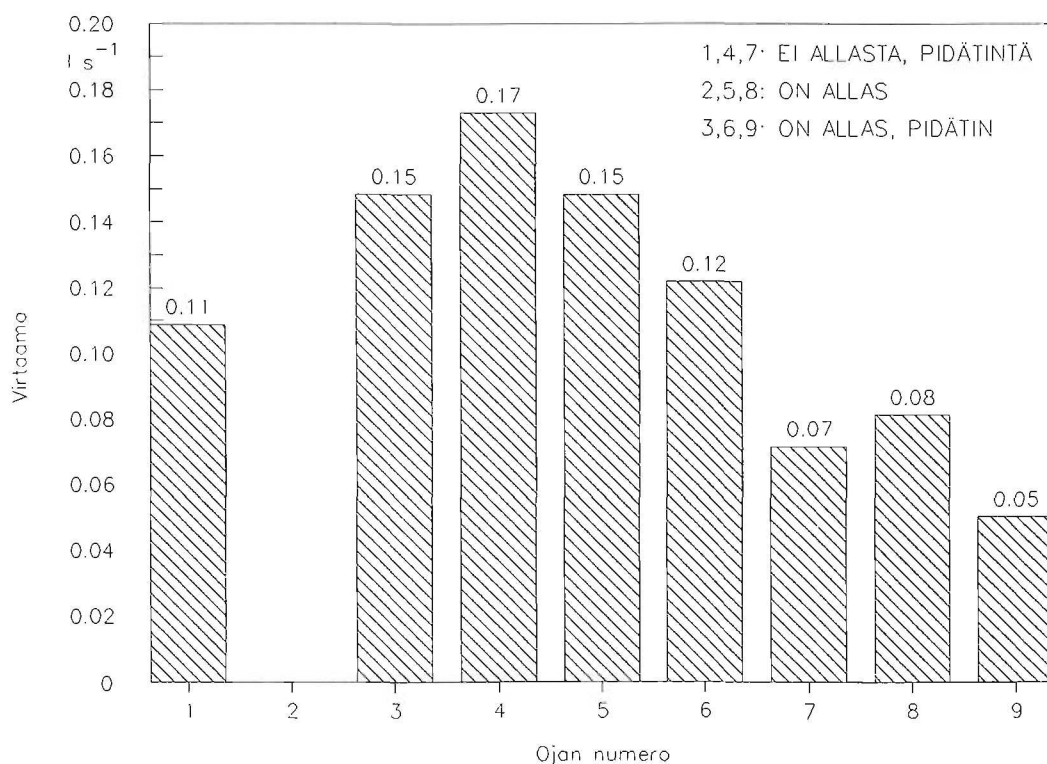
Sarkaojien virtaamat olivat keskimäärin 0,05 - 0,17 l s<sup>-1</sup> ja vaihtelivat välillä 0,005 - 0,47 l s<sup>-1</sup> (kuva

10). Virtaamamittaukset tehtiin 10 - 22 kertaa. Ojasta 2 virtaamia ei saatu mitatuksi, koska päisteputken alapää oli kokoojaojan vedenpinnan alapuolella tai päisteputki oli tukossa. Keskimääräiset virtaamat olivat suurimmat ojissa 3, 4 ja 5 Savalonnevan lohkon 8 keskiosassa (kuvat 4 ja 10). Eri rakenteilla varustettujen sarkaojien virtaamisissa ei ollut selvää eroa, sillä keskimääräiset virtaamat olivat 0,11 - 0,12 l s<sup>-1</sup>. Eri sarkaojatyyppeiden vedenläpäisevyyttä ei voitu kuitenkaan tarkasti selvittää, koska sarkaojiin tuleva vesimäärä vaihteli voimakkaasti ojan sijainnin mukaisesti (kuva 10).

#### 4.2.2 Turvetuotantoalueelta valuvan veden laatu

Sarkaojiin tulevan veden kiintoainepitoisuudet olivat keskimäärin 8,1 - 31,0 mg l<sup>-1</sup> ja vaihtelivat välillä 1,8-193,0 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 10). Näytteitä eri ojista otettiin 10 - 23 kertaa.

Kemiallinen hapenkulutus oli keskimäärin 38,7 - 72,0 mg l<sup>-1</sup> ja vaihteli välillä 22,1 - 144,0 mg l<sup>-1</sup> (taulukko 10).



Kuva 10. Keskimääräiset virtaamat Savalonnevan sarkaojissa vuonna 1989.



Taulukko 10. Sarkaojiin tulevan veden kiintoainepitoisuudet ja kemiallinen hapenkulutus Savalonnevalla vuonna 1989.

Oja	Tyyppi <sup>1)</sup>	Kiintoainepitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )				COD <sub>Mn</sub> (mg l <sup>-1</sup> )			
		$\bar{x}$	Min	Maks	n	$\bar{x}$	Min	Maks	n
1	a	31,0	5,9	193	10	58,7	32,8	144	10
2	b	16,8	4,4	137	21	47,8	26,5	102	21
3	c	8,5	2,7	32,7	21	52,6	29,7	89,4	21
4	a	8,1	3,1	22,6	22	38,7	22,1	67,4	22
5	b	18,2	4,2	92,4	23	52,8	27,9	118	23
6	c	21,3	2,6	163	22	57,4	26,5	169	22
7	a	8,9	3,6	14,8	9	72,0	47,2	87,9	9
8	b	16,1	2,1	114	22	61,5	29,9	97,8	21
9	c	18,4	1,8	128	15	71,3	50,3	110	15

- 1) a = sarkaoja, jossa ei ole sarkaoja-allasta eikä pidätintä  
 b = sarkaoja, jossa on sarkaoja-allas, muttei pidätintä  
 c = sarkaoja, jossa on sarkaoja-allas ja pidätin

#### 4.2.3 Kiintoainekuormitus

Sarkaojien kiintoainekuormitukset olivat keskimäärin 0,06 - 0,52 kg vrk<sup>-1</sup> ja vaihtelivat välillä 0,01 - 1,13 kg vrk<sup>-1</sup> (taulukko 11, kuvat 11, 12 ja 13). Kuormitus määritettiin eri ojista 8 - 22 mittauskerran perusteella.

Taulukko 11. Sarkaojien kiintoainekuormitus Savalonnevalla vuonna 1989.

Oja	Tyyppi <sup>1)</sup>	Kiintoainekuormitus (kg vrk <sup>-1</sup> )			
		$\bar{x}$	Min	Maks	n
1	a	0,23	0,02	0,80	8
2	b				
3	c	0,10	0,03	0,34	20
4	a	0,11	0,04	0,23	21
5	b	0,17	0,04	0,57	22
6	c	0,16	0,03	0,69	21
7	a	0,52	0,26	0,87	8
8	b	0,06	0,01	0,26	19
9	c	0,11	0,01	1,13	15

- 1) a = sarkaoja, jossa ei ole sarkaoja-allasta eikä pidätintä  
 b = sarkaoja, jossa on sarkaoja-allas, muttei pidätintä  
 c = sarkaoja, jossa on sarkaoja-allas ja pidätin

## 4.2.4 Puhdistustulokset

Eri sarkaojatyyppeiden keskimääräiset kiintoaineen ja orgaanisten aineiden poistumat laskettiin ainevirtaamien avulla.

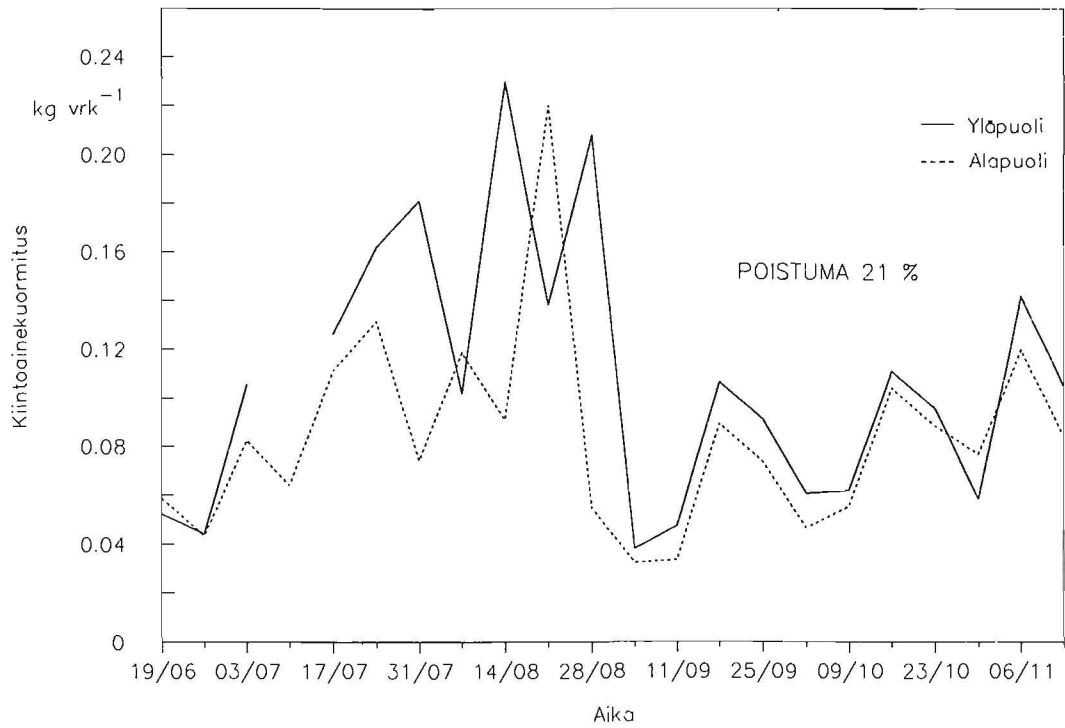
Keskimääräinen kiintoainepoistuma eri sarkaojissa oli 3-78 % (taulukko 12, kuvat 11, 12 ja 13). Sarkaojatyypin a keskimääräinen kiintoainepoistuma oli 21 - 64 %, sarkaojatyypin b 25 - 33 % ja sarkaojatyypin c 3 - 78 %. Sarkaoja--altaalla ja pidättimellä varustettuun ojaan (tyyppi c) sekä myös pelkällä sarkaoja--altaalla varustettuun ojaan (tyyppi b) pidättyi kiintoainetta hyvin varsinkin suuren kuormituksen aikana (kuvat 11, 12 ja 13).

Orgaanisten aineiden kuormitukseen eri tyyppisillä sarkaojilla ei ollut merkittävää vaikutusta (taulukko 12). Eri sarkaojien keskimääräinen orgaanisten aineiden poistuma oli kemiallisen hapenkulutuksen perusteella - 1 - 14 %. Orgaanisten aineiden poistumat olivat suurimmat ojissa, joissa myös kiintoainepoistumat olivat suurimmat.

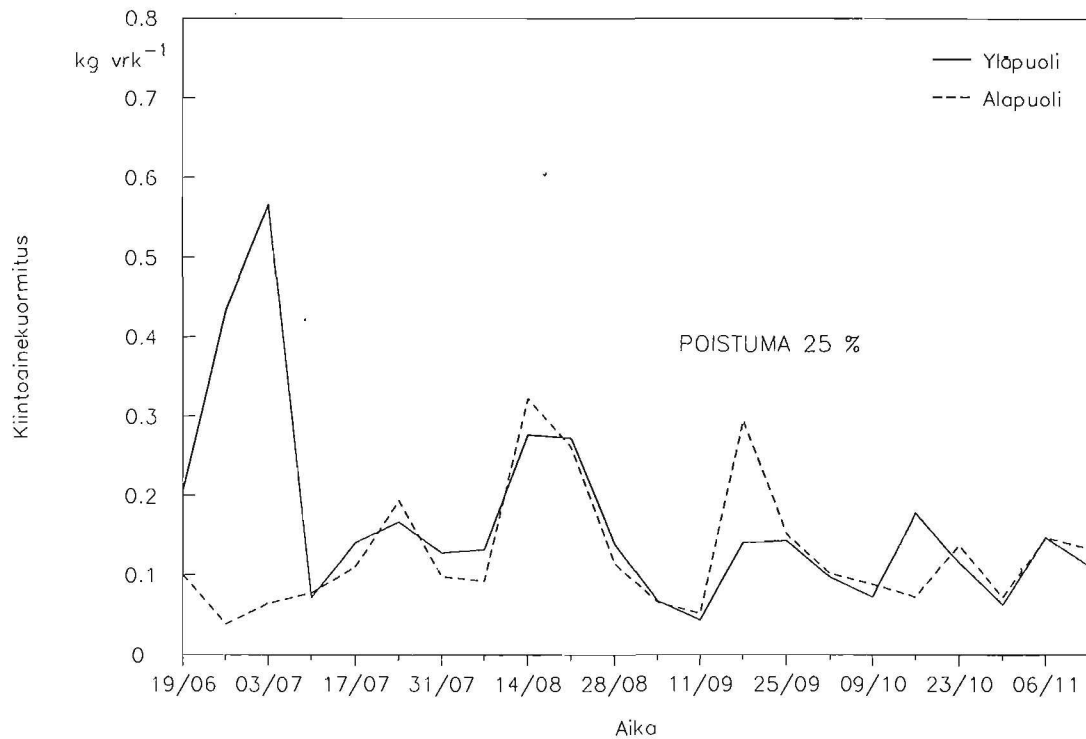
Taulukko 12. Keskimääräiset kiintoaineen ja orgaanisen aineen poistumat Savalonnevan sarkaojissa vuonna 1989.

Oja	Tyyppi <sup>1)</sup>	Keskimääräinen poistuma (%)	
		Kiintoaine	COD <sub>Mn</sub>
1	a	64	14
2	b		
3	c	3	-1
4	a	21	2
5	b	25	6
6	c	55	6
7	a	26	0
8	b	33	1
9	c	78	8

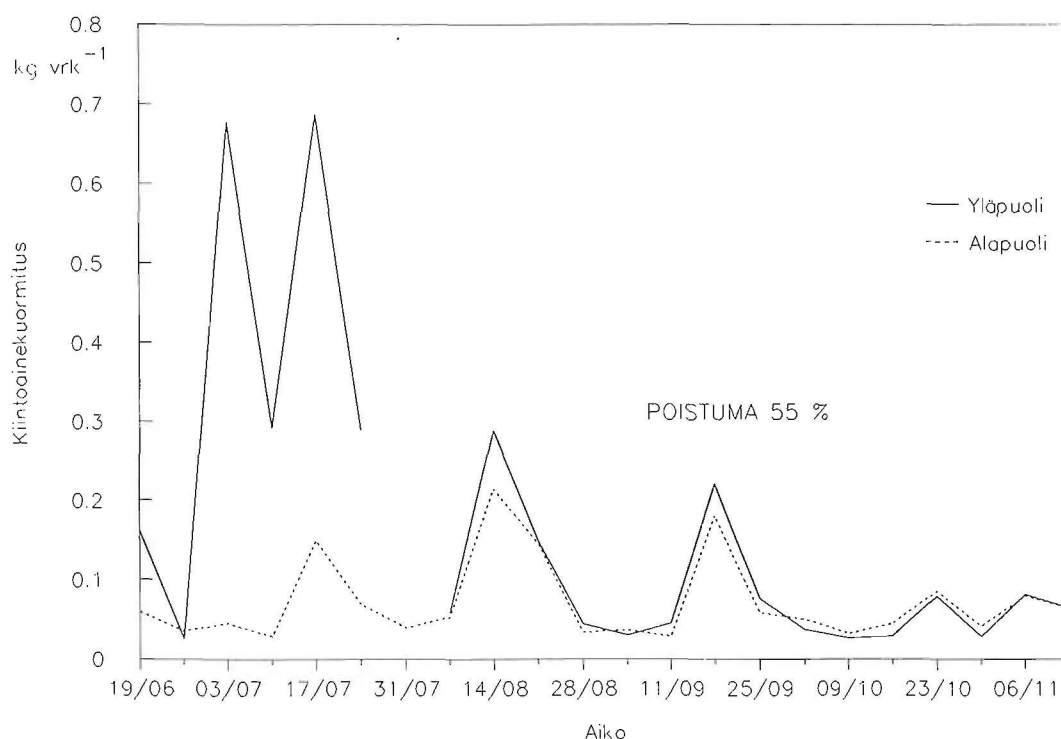
- 1) a = sarkaoja, jossa ei ole sarkaoja--allasta eikä pidätintä  
 b = sarkaoja, jossa on sarkaoja--allas, muttei pidätintä  
 c = sarkaoja, jossa on sarkaoja--allas ja pidätin



Kuva 11. Kiintoainekuormitus Savalonnevan sarkaojassa 4, jossa ei ollut sarkaoja-allasta eikä pidätintä (tyyppi a).



Kuva 12. Kiintoainekuormitus Savalonnevan sarkaojassa 5, jossa oli sarkaoja-allas muttei pidätintä (tyyppi b).



Kuva 13. Kiintoainekuormitus Savalonnevan sarkaojassa 6, jossa oli sarkaoja-allas ja pidätin (tyyppi c).

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 HYDROLOGIA

Tutkimusjakson aikana varsinkin kesä - elokuun sadannat olivat usein suurempia kuin pitkäaikaisten sadantojen keskiarvot. Alueilla esiintyi ajoittain rankkasateita, mutta myös keskimääräistä pienempiä sadantoja. Täten sarkaojarakenteiden toimivuudesta saatiin tietoa erilaisissa sadantaolosuhteissa.

Piipsannevalla tehtyjen tutkimusten mukaan 300 mm:n muoviputkipidätin, jossa oli 100 mm x 13 mm vaakaraot, sekä 200 mm:n muoviputkipidätin, jossa oli 150 mm x 15 mm pystyraot, olivat vedenläpäisevyydeltään parhaita sekä kivennäismaahan että turpeeseen kaivetuissa sarkaojissa. Virtaamien hajonta oli pienin 300 mm:n muoviputkipidättimellä varustetuissa ojissa, joten voitaneen olettaa, että pidätin ei tukkeudu herkästi.

Sarkaojan, jossa ei ollut pidätintä, vedenläpäisevyys oli lähes yhtä hyvä kuin suurimmilla muoviputkipidättimillä varustettujen ojien vedenläpäisevyys. Nämä ojat tukkeutuivat kuitenkin ajoittain.

Halkaisijaltaan pienimpien muoviputkipidättimien, metalliputkipidättimien, salaojapidättimien ja metallilevypidättimien vedenläpäisevyydet olivat huonoimmat. Sateen jälkeen vedenkorkeus pysyi varsinkin metallilevyllä varustetussa ojassa korkeammalla kuin muissa seurannassa olleissa ojissa.

Kivennäismaahan ulottuvissa sarkaojissa virtaamat olivat selvästi suuremmat ja vaihtelivat enemmän kuin pelkästään turvemaahan ulottuvissa sarkaojissa.

Sarkaojiin valuva vesimäärä vaihteli ympäristöolosuhteiden vuoksi. Virtaamamittaukset tehtiin vain kerran viikossa, joten valumahuiput eivät aina ajoittuneet mittausajalle. Myös sarkaojien alapuolella olevien kokoojaojien vedenpinta oli usein niin korkealla, että virtaamamittauksia ei voitu aina tehdä. Nämä tekijät vaikeuttivat eri pidättimien tarkkaa vedenläpäisevyysvertailua.

Myöskään Savalonnevalla eri sarkaojarakenteiden vedenläpäisevyyttä ei pystytty tarkasti selvittämään. Virtaamat olivat suurimmat tutkimusalueen keskiosassa sijaitsevissa sarkaojissa, jotka edustivat kolmea tutkittavaa sarkaojatyyppeä. Tutkittavat sarkaojat olivat eri pituisia. Ne sijaitsivat 40 m:n välein, ja kunkin ojan välissä oli salaoja. Nämä aiheuttivat osittain veden epätasaisen jakaantumisen eri sarkaojissa.

## 5.2 TURVETUOTANTOALUEIDEN VEDEN LAATU

Piipsannevan ja Savalonnevan sarkaojissa virtaavassa vedessä kiintoainepitoisuudet olivat usein likimain saman suuruisia kuin aiemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden valumavesissä (taulukko 13). Pitoisuudet olivat ajoittain huomattavan suuria. Vuonna 1988 Piipsannevan eri sarkaojissa virtaavan veden keskimääräiset pitoisuudet olivatkin 35,5 - 203,0 mg l<sup>-1</sup>. Pitoisuudet olivat suurimmillaan (2 530 mg l<sup>-1</sup>) rankkasateiden ja sarkaojien puhdistustöiden aikana. Kivennäismaahan ja turvemaahan ulottuvien sarkaojien veden kiintoainepitoisuuksissa ei ollut selvää eroa. Savalonnevan alue oli ensimmäisen kerran tuotannossa vuonna 1989. Keskimääräiset kiintoainepitoisuudet olivat Savalonnevalla pienemmät kuin Piipsannevalla vuonna 1988.

Sarkaojissa virtaavassa vedessä keskimääräinen kemiallinen hapenkulutus oli likimain yhtä suuri tai suurempi kuin aiemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden valumavesissä (taulukko 13). Kemiallisen hapenkulutuksen suuruuteen vaikuttavat orgaaninen kiintoaine ja humusaineet. Tutkimuskohteiden suuret orgaanisten aineiden pitoisuudet johtuvat pääosin suuresta kiintoainepitoisuudesta.

Taulukko 13. Valumaveden laatu Piipsannevan sarkaojissa kesällä 1987 - 1988 ja Savalonnevan sarkaojissa kesällä 1989 sekä luonnontilaisella suolla ja aiemmin tutkituilla turvetuotantoalueilla.

Vedenlaatuomuttuja	Valumaveden pitoisuus			
	Luonnontilainen suo	Aiemmin tutkitut turvetuotantoalueet	Piipsanneva	Savalonneva
Kiintoaine (mg l <sup>-1</sup> )	1,2 - 10,4 <sup>3)</sup>	4,6 - 42,3 <sup>1)</sup> 7,0 - 25,8 <sup>4)</sup> 2,0 - 2 400,0 <sup>7), 8)</sup>	5,3 - 203,0 <sup>11)</sup> 1,2 - 2 530,0 <sup>12)</sup>	8,1 - 31,0 <sup>11)</sup> 1,8 - 193,0 <sup>12)</sup>
COD <sub>Mn</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	15,3 - 45,3 <sup>3)</sup> 30,0 - 40,0 <sup>5)</sup> 80,0 <sup>6)</sup> 61,0 - 86 <sup>10)</sup>	16,8 - 90,9 <sup>1)</sup> 5,4 - 58,9 <sup>4)</sup> 15,0 - 34,0 <sup>7)</sup> 50,0 - 134,0 <sup>8)</sup>	28,3 - 280,0 <sup>11)</sup> 14,5 - 2 830,0 <sup>12)</sup>	38,7 - 72,0 <sup>11)</sup> 22,1 - 144,0 <sup>12)</sup>
Kok. N (mg l <sup>-1</sup> )	0,3 - 4,7 <sup>1)</sup> 0,63 <sup>5)</sup> 0,89 <sup>6)</sup>	0,93 - 4,6 <sup>1)</sup> 0,86 - 4,5 <sup>4)</sup> 1,3 - 1,8 <sup>7)</sup> 1,3 - 4,7 <sup>8)</sup>	3,2 - 9,2 <sup>11)</sup> 2,1 - 18,8 <sup>12)</sup>	
Kok. P (µg l <sup>-1</sup> )	27 <sup>2)</sup> 20 <sup>9)</sup> 24 - 90 <sup>3)</sup> 18 - 19 <sup>5)</sup> 16 - 20 <sup>6)</sup>	20 - 160 <sup>1)</sup> 18 - 140 <sup>4)</sup> 29 - 170 <sup>7)</sup> 35 - 230 <sup>8)</sup>	34 - 110 <sup>11)</sup> 1 - 230 <sup>12)</sup>	
Kok. Fe (mg l <sup>-1</sup> )	1,4 - 4,5 <sup>3)</sup>	1,2 - 10,0 <sup>1)</sup>	1,1 - 9,6 <sup>11)</sup> 0,6 - 22,4 <sup>12)</sup>	

- 1) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitsevat Jauhosoja ja Vittasuo kesällä ja syksyllä 1987 - 1986
- 2) Heikurainen ym. (1978), keskimääräinen pitoisuus Pohjanmaan soiden valumavesissä
- 3) Heikkinen (1990), Kiiminkijoen valuma-alueella sijaitseva, ojittamattomalta runsassoijelta valuma-alueelta laskeva Keihäsoja kesällä ja syksyllä 1985 ja 1986
- 4) Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto (1989), Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen tehotarkkailu-soilta purkautuvien vesien keskimääräinen laatu vuonna 1988
- 5) Sallantaus (1983), Häädetkeidas huhti-toukokuu 1980 ja 1981
- 6) Sallantaus (1983), Häädetkeidas kesä-lokakuu 1980 ja 1981
- 7) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita huhti-toukokuu 1980 ja 1981
- 8) Sallantaus (1983), eri turvetuotantoalueita kesä-lokakuu 1980 ja 1981
- 9) Kenttämiest (1980), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilta soilta
- 10) Tolonen ja Hosiaisloma (1978), valumaveden keskipitoisuus luonnontilaisilla soilla v. 1972
- 11) Keskimääräinen pitoisuus kesä-marraskuu
- 12) Pitoisuuksien vaihteluväli

Piipsannevan sarkaojissa virtaavassa vedessä keskimääräiset kokonaistyyppipitoisuudet olivat likimain yhtä suuria tai suurempia kuin aiemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden valumavesissä ja selvästi suurempia kuin luonnontilaisilta soilta virtaavissa vesissä (taulukko 13). Keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat suurempia kuin luonnontilaisten soiden vastaavat pitoisuudet ja likimain yhtä suuria aiemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden vastaavien pitoisuuksien kanssa. Keskimääräinen kokonaisrautapitoisuus oli lähes samansuuruinen kuin luonnontilaisten soiden vastaavat pitoisuudet. Rautapitoisuudet olivat ajoittain selvästi kohonneet.

Piipsannevan sarkaojissa virtaavan veden kiintoaine-, ravinne- ja rautapitoisuudet olivat selvästi suuremmat vuonna 1988 kuin vuonna 1987. Turvetuotantoalueelta huuhtoutuva kiintoaine koostuu suurelta osin vähän hajonneista turvehiukkasista, joiden mukana huuhtoutuu orgaanisia aineita, typpeä, fosforia ja rautaa. Täten kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kokonaisrautapitoisuudet lisääntyvät valumaveden kiintoainepitoisuuden lisääntyessä.

Monet tekijät vaikeuttivat eri pidättimien puhdistustulosten arviointia. Alueella liikkuvat työkoneet aiheuttivat pölyämistä. Varsinkin kuivana tuotantoaikana turvepöly kulkeutui tiettyihin sarkaojiin. Sarkaoja-altaisiin muodostui turvekalvo veden pintaan, jonka jälkeen edustavan näytteen ottaminen oli vaikeaa. Näytteen ottaminen oli vaikeaa myös silloin, kun sarkaoja-altaassa oli vähän vettä. Lisäksi vesipinta oli kokoojaojissa usein päisteputken yläpuolella, eikä näytettä voitu silloin ottaa. Näytteet otettiin vain kerran viikossa, joten kuormitushuiput eivät aina ajoittuneet näytteenottoajalle.

### 5.3 KIINTOAINEKUORMITUS

Piipsannevan sarkaojiin tuleva kiintoainekuormitus vaihteli paljon keskimääräisen kiintoainekuormituksen ollessa  $0,04 - 8,86 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Savalonnevan kiintoainekuormituksen vaihtelu oli vähäisempää keskimääräisen kiintoainekuormituksen ollessa  $0,06 - 0,52 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Kuormitukseen vaikuttavat pääasiassa valumaveden pitoisuus ja hydraulinen kuormitus, jotka vaihtelivat eri sarkaojissa huomattavasti (ks. 5.1 ja 5.2).

### 5.4 PÄISTEPUTKIPIDÄTTIMET JA SARKAOJA-ALTAAT KUORMITUKSEN VÄHENTÄJINÄ

Päisteputkipidättimillä ja sarkaoja-altailla voidaan turvetuotantoalueen valumavedestä poistaa kiintoainetta. Ravinnepitoisuuksiin ei erilaisilla sarkaojarakenteilla ole juuri vaikutusta.

Sarkaojalla, jossa oli 300 mm:n muoviputkipidätin, saatiin poistettua kiintoainetta hyvin (poistuma 78 - 97 %) varsinkin silloin, kun kiintoainepitoisuudet olivat suuria, mutta myös kiintoainepitoisuuksien ollessa alhaisia ( $10,0 - 20,0 \text{ mg l}^{-1}$ ). Tällä pidättimellä saatiin kiintoainetta poistettua myös tasaisimmin eli lähes jokaisen näytteenoton aikana pitoisuus lähtevässä vedessä oli pienempi kuin tulevassa vedessä.

Kiintoainetta saatiin poistettua myös metallilevyllä ja teräsverkolla ympäröidyllä 140/10 mm:n muoviputkipidättimellä, kun pitoisuus oli yli  $20,0 \text{ mg l}^{-1}$ . Näillä rakenteilla varustetuista sarkaojista huuhtoutui kuitenkin

ajoittain kiintoainetta. Halkaisijaltaan pienimmillä muoviputkipidättimillä varustetuista sarkaojista huuhtoutui kiintoainetta varsinkin vuonna 1987.

Suuri-reikäisin (pystyrako 150 mm x 15 mm) 200 mm:n muoviputkipidätin oli vedenläpäisevyydeltään lähes yhtä hyvä kuin 300 mm:n muoviputkipidätin (ks. 5.1). Mikäli se poistaa kiintoainetta yhtä hyvin kuin 300 mm:n pidätin, se soveltuu yhtä hyvin pidättimeksi kuin 300 mm pidätin. Se ei kuitenkaan ollut vedenlaatuseurannassa tässä tutkimuksessa.

Sarkaojassa, jossa ei ollut pidätintä (vertailuoja), kiintoainetta poistui silloin, kun pitoisuudet olivat yli 20,0 mg l<sup>-1</sup>. Lähtevän veden kiintoainepitoisuudet olivat kuitenkin ajoittain huomattavan suuria. Päisteputki tukkeutui ajoittain. Kun tukkeuma poistettiin, putkesta ja sarkaoja-altaasta huuhtoutui paljon kiintoainetta alapuoliseen kokoojaan.

Sarkaojissa, joissa saatiin poistettua kiintoainetta, saatiin poistettua yleensä myös orgaanisia aineita. Ajoittain ojista myös huuhtoutui orgaanisia aineita.

Eri pidättimillä varustetuilla sarkaojilla saatiin ajoittain poistettua myös vähän ravinteita ja rautaa, mutta usein niitä kuitenkin huuhtoutui. Ajoittainen ravinne- ja rautapitoisuuksien pieneneminen johtuu kiintoaineen pidätyksestä.

Pidättimet poistivat kiintoainetta lähes yhtä hyvin sekä kivennäis- että turvemaahan kaivetuissa sarkaojissa. Eri ojien kiintoaine- ja ravinnekuormitus sekä hydraulinen kuormitus vaihtelivat huomattavasti, joten eri pidättimille saadut poistumaprosentit eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia (ks. 5.1, 5.2 ja 5.3).

Savalonnevalla saatiin poistettua kiintoainetta eri sarkaojatyypeillä 3 - 78 %. Verrattaessa alueen keskiosassa sijaitsevien kolmen eri sarkaojatyypin (ojat 4, 5 ja 6) toimivuutta saatiin kiintoainetta poistettua parhaiten sarkaojassa, jossa oli sarkaoja-allas ja pidätin (300 mm muoviputkipidätin). Kiintoainetta saatiin poistettua hyvin pitoisuuksien ollessa suuria, mutta myös alhaisten pitoisuuksien (jopa alle 10,0 mg l<sup>-1</sup>) aikana. Sarkaojaan, jossa oli pelkkä sarkaoja-allas, pidättyi kiintoainetta varsinkin suuren kuormituksen aikana. Oja, jossa ei ollut sarkaoja-allasta eikä pidätintä, tukkeutui usein helposti, eikä näytteitä saatu otetuksi. Alueella oli puujäänteitä, jotka tukkivat päisteputken, ja sen avaaminen oli hyvin vaikeaa.



## 6 SARKAOJIEN, SARKAOJA - ALTAIDEN JA NIISSÄ OLEVIEN PIDÄTTIMIEN SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN, HOITO JA KUSTANNUKSET

### 6.1 TUTKIMUKSET JA MITOITUS

Sarkaojien ja ojiin tehtävien rakenteiden (altaat, pidättimet) edellyttämät tutkimukset tehdään samanaikaisesti muiden ojitustöiden edellyttämien tutkimusten kanssa. Niillä määritetään sarkaojien ja niissä olevien rakenteiden sijainti, laaditaan maaperäselvitykset ja hydrologiset selvitykset sekä pituus- ja poikkileikkaukset.

Sarkaojan pituuskaltevuuden tulisi olla pienempi kuin 1,5 °/.. ja päisteputken puoleisessa päässä niin loiva kuin mahdollista. Ojan lietteen pidätyskykyä voidaan parantaa lietekuopilla tai syvennyksillä koko ojaston alueella.

Sarkaoja-altaan mitoitusvalumana voidaan käyttää arvoa  $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  silloin, kun alueelle ei rakenneta varsinaisia laskeutusaltaita (Selin ja Koskinen 1985). Sarkaoja-allas ei saa olla paljon leveämpi kuin sarkaoja, koska leveä allas vaikeuttaa työkoneiden liikkumista. Koneiden liikkuminen saattaa aiheuttaa luiskien sortumia, ja tuotantokoneet kuljettavat turvepölyä liian leveisiin altaiisiin. Mitoitusarvojen saavuttamiseksi on sarkaoja-allas tehtävä riittävän pitkäksi. Lietetilaa tarvitaan sarkaoja-altaissa yleensä enemmän kuin varsinaisissa laskeutusaltaissa, joissa lietetilän mitoitusarvo on  $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Sarkaoja-altaan syvyyteen vaikuttavat mm. maalaji ja puhdistuskalusto. Kuvassa 2 on esitetty erään sarkaoja-altaan pituus- ja poikkileikkaus.

Sarkaojan alapään päisteputkena käytetään halkaisijaltaan 110 - 160 mm:n muoviputkea. Jos ojissa ei käytetä erillistä pidätintä, tulisi päisteputken halkaisijan olla vähintään 140 mm.

Päisteputken edessä olevan pidättimen

- on estettävä turvekokkareiden pääsy päisteputkeen
- on rankkasateiden aikana padottava vettä sarkaojaan, mutta ei tuotantokentälle
- on oltava nopeasti ja helposti puhdistettavissa
- on oltava kestävä, jotta se ei rikkoontuisi esimerkiksi puhdistustöiden aikana eikä talvella
- tulisi olla halpa, sillä pidättimiä tarvitaan runsaasti

Tässä tutkituista pidättimistä toimi parhaiten 300 mm:n muoviputkipidätin, jossa oli  $100 \times 13 \text{ m}^2$  vaakaraot. Sitä käyttämällä saatiin pidätettyä kiintoainetta parhaiten, ja myös tuotantoalueen kuivatus oli tehokkainta. Se oli myös kestävyydeltään paras tutkituista muoviputkipidättimistä. Kiintoaineen puhdistaminen muoviputkipidättimestä oli myös helpompaa kuin metalliputkipidättimestä.

## 6.2 RAKENTAMINEN JA KUNNOSSAPITO

Sarkaojat ja niihin liittyvät rakenteet tehdään suon peruskuivatusojitustöiden yhteydessä. Sarkaoja-altaat ja pidättimet tulisi rakentaa ennen sarkaojan kaivamista. Pidätin tulisi asentaa niin alas, ettei se häiritse sarkaojien koneellista puhdistamista ja leveiden koneiden siirtymistä saralta toiselle.

Sarkaojat ja niissä olevat altaat on tyhjennettävä tarvittaessa ja vähintään kerran vuodessa. Puhdistus tehdään tuotantokauden päättyessä ja ennen syyssateita sekä poikkeuksellisten, rankkojen syyssateiden jälkeen. Sarkaoja-altaat on puhdistettava yleensä tiheämmin kuin varsinaiset laskeutusaltaat. Puhdistuksen ajaksi päisteputket tukitaan, jottei turveliete kulkeudu alapuoliseen vesistöön. Puhdistus on tehtävä siten, ettei luiskasortumia tapahdu eivätkä pidätinrakenteet rikkoonnu.

Mikäli ojat tai altaat ulottuvat kivennäismaahan, ojasta ja lietetaskusta tuleva liete on kuljetettava pois tuotantoalueelta. Kentälle levitettyä kivennäismaa lisää turpeen tuhkapitoisuutta, mikä heikentää turpeen jatkokäyttelyä. Lisäksi ojasta poistettu liete on usein hyvin juoksevaa, jolloin se valuu helposti takaisin ojaan.

Sarkaojissa olevat pidättimet on huollettava säännöllisesti. Pidättimien puhdistus (harjaus, kopistelu) tehdään sarkaoja-altaiden puhdistuksen yhteydessä, mutta tarvittaessa useamminkin. Puhdistus on tehtävä siten, ettei turveliete pääse kulkeutumaan alapuoliseen vesistöön, eivätkä pidättimet rikkoonnu.

Sarkaojien ja sarkaoja-altaiden puhdistamiseen on käytettävissä useita eri periaatteella toimivia laitteita. Puhdistaminen on aloitettava aina sarkaojan päisteputken puoleisesta päästä.

## 6.3 KUSTANNUKSET

Sarkaoja-altaissa käytettyjen pidättimien kustannukset ovat 85 - 150 mk tuotantohehtaaria kohti sarkaojan pituuden ollessa 1 000 m ja sarkaleveyden 20 m (hintataso 1989). Lisäksi kustannuksia aiheutuu pidättimen asentamisesta, huollosta ja kunnossapidosta. Sarkaoja-altaan rakentamiskustannukseksi on esitetty 90 mk ha<sup>-1</sup> (Selin ja Koskinen 1985). Kustannukset on muutettu vuoden 1984 hintatasosta vuoden 1989 hintatasoon maarakennuskustannusindeksin avulla. Pidättimellä varustetun sarkaoja-altaan kustannukset ovat tämän mukaan 175 - 240 mk ha<sup>-1</sup> (hintataso 1989). Kustannukset ovat pienemmät kuin varsinaisen laskeutusaltaan rakennuskustannukset, jotka ovat 470 - 920 mk ha<sup>-1</sup> vuoden 1989 hintatasossa (Selin ja Koskinen 1985).

## 7 J A T K O T U T K I M U S T A R V E

Päisteputkipidättimillä ja sarkaoja-altailla voidaan turvetuotantoalueen valumavedestä poistaa kiintoainetta. Lisäksi pidättimillä päisteputki saadaan pysymään auki ja voidaan tasata huippuvirtaamia. Eri pidättimien toimivuudesta ei kuitenkaan vielä saatu tarkkaa kuvaa.

Jatkotutkimuksilla tulisi määrittää sarkaoja-altaiden ja pidättimien käyttäjälle mahdollisimman tarkat suunnittelu-, rakentamis- ja käyttöohjeet. Eri pidättimien toimintaa tulisi tutkia täysin hallituissa olosuhteissa. Selvitettäviä asioita ovat mm. pidättimen rakenne, materiaali sekä sijainti sarkaoja-altaassa. Pidätintutkimuksia tulisi tehdä myös ottaen huomioon kentän tuotanto- ja kunnostustoimenpiteet. Lisäksi tuotanto- ja kunnostusmenetelmiä tulisi kehittää siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän kuormitusta. Sarkaoja-altaiden tutkimuksissa tulisi ottaa huomioon ojien kaltevuus, turvepaksuus, turvelaji ja maatuneisuus. Jatkossa tulisi myös selvittää, miten eri vesien käsittelymenetelmiä voitaisiin yhdistää mahdollisimman tehokkaiden ja taloudellisten vesiensuojelumenetelmien kehittämiseksi.

## 8 Y H T E E N V E T O

Turpeen käyttö maamme energian tuotannossa on viime vuosina lisääntynyt ja tulee edelleen lisääntymään. Huomattava osa maamme turvetuotantoalueista sijaitsee Oulun läänissä. Turvetuotannon seurauksena lisääntyvät kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumatalapuoliseen vesistöön. Turvetuotantoalueelta valuvia vesiä on puhdistettu nykyisin lähinnä laskeutusaltaiden avulla. Niillä ei ole voitu vaikuttaa varsinkaan turvetuotantoalueiden ravinnekuormitukseen.

Turvetuotannon laajenemisen vuoksi käynnistettiin keväällä 1987 tutkimusprojekti "Turvetuotannon vesiensuojeluteknologian kehittäminen". Projekti toteutettiin kauppa- ja teollisuusministeriön, turvetuottajien, vesiviranomaisten, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorion ja Oulun yliopiston välisenä yhteistyönä. Tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joilla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää suolta tulevaa kuormitusta tuotannon ja kuntoonpanon eri vaiheissa. Lisäksi tarkoituksena oli parantaa jo käytössä olleita menetelmiä. Projektissa tutkittavia jo aikaisemmin käytössä olevia menetelmiä olivat sarkaoja-altaat ja päisteputkipidättimet sekä varsinaiset laskeutusaltaat. Uusia menetelmiä olivat pinta-valutus ja turvesuodatus.

Turvetuotantoalueille kaivetaan tiheä sarkaojaverkosto, keskimäärin noin 500 m ha<sup>-1</sup>. Sarkaojia voidaan käyttää myös laskeutusaltaina, joihin pidättyy kiintoainetta. Ojastossa yhden ojan valuma-alue on pieni, jolloin ojassa virtaavat vesimäärät ovat suhteellisen pieniä ja virtaus-

olot pysyvät vakaina. Sarkaojan alapäähän rakennetaan aina ns. päisteputki eli putkioja. Sen tarkoituksena on toimia rumpuna työkoneiden liikkuesssa saralta toiselle. Päisteputken sarkaojan puoleiseen päähän voidaan liittää erillinen pidätin. Sen avulla päisteputki pysyy auki, ja lisäksi se parantaa sarkaojien lietteenpidätyskykyä. Sarkaojan alapäähän on kaivettu usein myös pieni sarkaoja-allas.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli määrittää erilaisten pidättimien soveltuvuus turvetuotannon valumavesien puhdistukseen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, mikä merkitys sarkaoja-altaalla ja pidättimellä sekä näiden yhdistelmällä on puhdistustulokseen.

Erilaisten pidättimien toimivuutta tutkittiin Haapaveden Piipsannevan turvetuotantoalueella kesällä 1987 - 1988. Tutkimuksia tehtiin alueella, jossa sarkaojat ulottuivat osittain kivennäismaahan, ja alueella, jossa ne olivat kaivettuna täysin turvemaahan. Alueet ovat olleet tuotannossa jo useita vuosia. Sarkaoja-altaan ja pidättimen merkitystä puhdistustulokseen tutkittiin Rantsilan Savalonnevan turvetuotantoalueella kesällä 1989. Tutkimusalueella tuotettiin turvetta ensimmäisen kerran vuonna 1989.

Piipsannevalla tutkitut pidättimet olivat erilaisia reijitettyjä muovi-, metalli- ja salaojaputkia sekä reijitettyjä metallilevyjä. Pidätinputkien halkaisijat olivat 110 - 300 mm ja putken pituus 1,5 m. Pidätinputkissa ja levyissä oli eri kokoisia pysty- ja vaakarakoja.

Savalonnevalla tutkittiin kolmea erilaista sarkaojan rakentamisvaihtoehtoa eli sarkaojia, joissa ei ollut sarkaoja-allasta eikä pidätintä, sarkaojia, joissa oli sarkaoja-allas, muttei pidätintä ja sarkaojia, joissa oli sarkaoja-allas ja pidätin. Pidättimenä oli muoviputkipidätin, jonka halkaisija oli 300 mm ja jossa oli 100 x 13 mm<sup>2</sup>:n vaakaraot.

Virtaamat mitattiin viikottain päisteputken alapuolelta astiamittauksena kaikista tutkituista sarkaojista. Vesinäytteitä otettiin viikottain sarkaoja-altaan yläpuolelta ja päisteputken alapuolelta. Piipsannevan näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus, kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kokonaisrautapitoisuus vesi- ja ympäristöhallinnossa käytössä olevilla menetelmillä. Savalonnevan näytteistä määritettiin kiintoainepitoisuus ja kemiallinen hapenkulutus. Eri pidättimillä varustettujen sarkaojien keskimääräiset kiintoainepoistumat ja Savalonnevalla saavutetut orgaanisten aineiden poistumat laskettiin ainevirtaamien perusteella. Keskimääräiset kokonaisravinne- ja kokonaisrautapitoistumat sekä orgaanisten aineiden poistumat laskettiin pitoisuuksien avulla vain Piipsannevan vuoden 1987 näytteistä.

Turvetuotantoalueiden valumavesissä kiintoaine-, kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kokonaisrautapitoisuudet sekä kemiallinen hapenkulutus olivat likimain samansuuruisia kuin aiemmin tutkittujen turvetuotantoalueiden valuma-

vesissä ja suurempia kuin luonnontilaisilta soilta virtaavissa vesissä. Kiintoainepitoisuudet olivat ajoittain huomattavan suuria. Ne olivat suurimmillaan rankkasateiden ja sarkaojien puhdistustöiden aikana.

Piipsannevan sarkaojiin tuleva kiintoainekuormitus vaihteli paljon ollen keskimäärin  $0,04 - 8,86 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Savalonnevan kiintoainekuormituksen vaihtelu oli vähäisempää keskimääräisten arvojen ollessa  $0,06 - 0,52 \text{ kg vrk}^{-1}$ . Kuormitukseen vaikuttavat lähinnä valumaveden pitoisuus ja hydraulinen kuormitus, jotka vaihtelivat eri sarkaojissa huomattavasti.

Päisteputkipidättimillä ja sarkaoja-altailla voitiin turvetuotantoalueen valumavedestä poistaa kiintoainetta. Ravinnepitoisuuksiin ei erilaisilla sarkaojarakenteilla ollut juuri vaikutusta.

Sarkaojalla, jossa oli 300 mm:n muoviputkipidätin, saatiin poistettu kiintoainetta 78 - 97 %. Pidätin toimi hyvin varsinkin silloin, kun kiintoainepitoisuudet olivat suuria, mutta myös kiintoainepitoisuuksien ollessa alle  $20 \text{ mg l}^{-1}$ . Tällä pidättimellä saatiin kiintoainetta poistettua myös tasaisimmin.

Sarkaojassa, jossa ei ollut pidätintä, poistui kiintoainetta silloin, kun pitoisuudet olivat yli  $20 \text{ mg l}^{-1}$ . Sarkaojasta lähtevän veden kiintoainepitoisuudet olivat kuitenkin ajoittain huomattavan suuria. Päisteputki tukkeutui ajoittain. Kun tukkeuma poistettiin, huuhtoutui putkesta ja sarkaoja-altaasta paljon kiintoainetta alapuoliseen kokoojaojaan.

Pidättimet poistivat kiintoainetta lähes yhtä hyvin sekä kivennäis- että turvemaahan kaivetuissa sarkaojissa. Eri ojien kiintoaine- ja ravinnekuormitus sekä hydraulinen kuormitus vaihtelivat huomattavasti, joten eri pidättimille saadut poistumaprosentit eivät ole täysin vertailukelpoisia.

Savalonnevalla saatiin poistettua kiintoainetta eri sarkaojatyypeillä 3 - 78 %. Kiintoainetta saatiin poistettua parhaiten sarkaojassa, jossa oli sarkaoja-allas ja pidätin. Ojaan, jossa oli pelkkä sarkaoja-allas, pidättyi kiintoainetta varsinkin suuren kuormituksen aikana. Oja, jossa ei ollut sarkaoja-allasta eikä pidätintä, tukkeutui usein helposti.

Piipsannevalla tehtyjen tutkimusten mukaan olivat 300 mm:n muoviputkipidätin, jossa oli 100 mm x 13 mm vaakaraot, sekä 200 mm:n muoviputkipidätin, jossa oli 150 mm x 15 mm pystyraot, vedenläpäisevyydeltään parhaita sekä kivennäismaahan että turpeeseen kaivetuissa sarkaojissa. Sarkaojan, jossa ei ollut pidätintä, vedenläpäisevyys oli lähes yhtä hyvä kuin suurimmilla muoviputkipidättimillä varustettujen ojien vedenläpäisevyys. Nämä ojat tukkeutuivat kuitenkin ajoittain.

Eri sarkaojiin valuva vesimäärä vaihteli huomattavasti. Valumahuiput eivät ajoittuneet aina mittausajalle, koska mittaukset tehtiin vain kerran viikossa. Nämä tekijät vaikeuttivat eri pidättimien tarkkaa vedenläpäisevyysvertailua.

Sarkaoja-altaissa käytettyjen pidättimien kustannukset ovat 85 - 150 mk tuotantohehtaaria kohti vuoden 1989 hintatason mukaan. Lisäksi kustannuksia aiheutuu pidättimen asentamisesta, huollosta ja kunnossapidosta. Sarkaoja-altaan rakentamiskustannuksiksi on esitetty 90 mk ha<sup>-1</sup> vuoden 1989 hintatasossa.

Tutkimuksen perusteella määritettiin sarkaojien, sarkaoja-aldaiden ja niissä olevien pidättimien suunnittelua, rakentamista ja hoitoa koskevat alustavat ohjeet, jotka on esitetty kohdassa 6.

Eri pidättimien toimivuudesta ei tässä tutkimuksessa saatu tarkkaa kuvaa. Jatkotutkimuksilla tulisi määrittää sarkaoja-aldaiden ja pidättimien käyttäjälle mahdollisimman tarkat suunnittelu-, rakentamis- ja käyttöohjeet. Tutkimukset tulisi tehdä ottaen huomioon myös kentän tuotanto- ja kunnostustoimenpiteet. Jatkossa tulisi myös selvittää, miten eri menetelmiä voitaisiin yhdistää mahdollisimman tehokkaiden ja taloudellisten vesiensuojelumenetelmien kehittämiseksi.

## SUMMARY

The use of peat for energy production has been increasing in Finland during the last few years and will continue to do so in the future, and a considerable proportion of Finland's peat resources are located in the province of Oulu. Peat mining causes suspended matter and nutrients to leach into the lakes and rivers below the site. The water issuing from peat mining areas is currently purified mainly by means of sedimentation basins. It has nevertheless proved difficult to reduce the nutrient load in particular by means of the pollution control measures currently in use.

A research project "Development of water pollution control technology in peat mining", to be carried out jointly by the Ministry of Trade and Industry, the peat producers, the water authorities, the Building Laboratory of the Technical Research Centre of Finland and the University of Oulu, was set up in spring 1987 as a result of the expansion in peat mining. The aim was to develop methods which would provide the most effective way of reducing the loading coming from mires at the various stages of preparation and mining, and to improve the methods already in use, of which field ditch basins and retention pipes were examined in the project, the new methods looked at being peat filtration and overland flow techniques.

A dense field ditch network of approx. 500 m ha<sup>-1</sup> is constructed in peat mining areas, and these ditches may also be used as sedimentation basins to retain suspended matter. As the catchment area of one ditch is small, the amount of water is also restricted and flow conditions remain stable. The lower end of the field ditch is always provided with a pipe drain, to act as a drum when the excavators are moved from one production field of peatland to another. A separate retainer can be attached to the end of the pipe drain closest to the field ditch to keep the pipe drain open and improve the suspended matter retention capacity of the ditches. In addition, a small basin can be constructed at the lower end of the field ditch.

The aim of the present research is to examine the practicability of the various alternative retainer devices for water pollution control and to determine the role of field ditch basins, retainers and combinations of these in the purification results.

The practicability of the various retainers was examined in the Haapavesi peat mining site in summer 1987 - 1988, including both an area in which the field ditches extended down to the mineral soil in places and one in which they were entirely constructed in peat. The areas had been used for peat mining for a number of years. The effect of the field ditch basins and a retainer on the purification results was examined in the Savalonneva peat mining area at Rantsila in summer 1989, peat mining having been started in the area in the same year.

Various types of plastic, metal and subsurface retention pipes, and metal plates provided with holes were examined at Piipsanneva. The retention pipes were of diameter 110 - 300 mm and length 1.5 m, and were provided with vertical and horizontal slots of varying size.

Three alternative field ditch structures were examined at Savalonneva, i.e. ones with neither a basin nor a retainer, ones with a basin but no retainer and ones with both a basin and a retainer. The retainer consisted of a plastic pipe of diameter 300 mm and horizontal slots of 100 x 13 mm<sup>2</sup>.

Flow rates in all the field ditches examined were measured weekly at a point below the pipe drain by a container method, water samples also being obtained both from this point and from one above the field ditch basin. The samples obtained from Piipsanneva were analysed for suspended matter content, chemical oxygen demand (COD<sub>Mn</sub>), total N, total P and total Fe by methods generally employed by the Finnish water authorities. The samples taken from Savalonneva were examined for suspended matter and COD<sub>Mn</sub>. The average reductions in suspended matter achieved by means of the various field ditch constructions and the reductions in organic matter obtained at Savalonneva were calculated from the transport rates.

Average reductions in total nutrients and total Fe were calculated only from the concentrations in the samples taken from Piipsanneva in 1987.

The suspended matter, total N, total P and total Fe concentrations and  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  in the peat mining waters were of almost the same magnitude as those observed in peat mining areas examined earlier, and higher than in the water issuing from natural mires. Markedly high suspended matter concentrations were recorded occasionally, the highest values being obtained during periods of heavy rain and during dredging of the field ditches.

There were considerable variations in the suspended matter load imposed on the field ditches of Piipsanneva, with an average value of  $0.04 - 8.86 \text{ kg day}^{-1}$ , while that imposed on Savalonneva was lower, averaging  $0.06 - 0.52 \text{ kg day}^{-1}$ . The figures were mainly affected by hydraulic load and the concentrations of suspended and dissolved substances in the runoff water, considerable variation being observed between the field ditches in this respect.

It was possible to remove suspended matter from the runoff water issuing from a peat mining area by means of retention pipes and field ditch basins, but the various field ditch constructions did not have any significant effect on nutrient concentrations.

A field ditch with a 300 mm plastic pipe retainer removed 78 - 97 % of the suspended matter, particularly good results being obtained at high concentrations and at figures below  $20 \text{ mg l}^{-1}$ . This retainer also removed suspended matter most consistently.

Suspended matter was removed from a field ditch with no retainer at concentrations exceeding  $20 \text{ mg l}^{-1}$ , although markedly high concentrations were occasionally observed in the water issuing from the ditch. The pipe drain became clogged from time to time and when it was cleaned, a large amount of suspended matter was washed out of it and the field ditch basin into the collection ditch downstream.

The retainers removed suspended matter almost equally well both from the field ditches constructed in mineral soil and from those dug in peat. As the suspended matter, nutrient and hydraulic loads imposed on the ditches varied considerably, the reductions obtained for the various retainers are not entirely comparable.

It was possible to remove 3 - 78 % of the suspended matter at Savalonneva by means of the various types of field ditch constructions available. Suspended matter was best removed using a ditch with a basin and retainer. A ditch with a basin only retained suspended matter mainly periods of high loading. The ditch with neither a basin nor a retainer easily became clogged.



The investigations carried out at Piipsanneva indicated that a 300 mm plastic pipe retainer with 100 x 13 mm<sup>2</sup> horizontal slots, and a 200 mm plastic pipe retainer with 150 x 15 mm<sup>2</sup> vertical slots had the highest water permeability in both the field ditches dug down to the mineral soil and those constructed entirely in peat. The water permeability of a field ditch with no retainer was nearly as good as that of the ditches equipped with the largest plastic pipe retainers, but field ditches with no retainer became clogged from time to time.

Factors hampering exact comparison of the retainers in terms of their water permeability were the considerable variation between the field ditches in the amounts of water flowing into them and the fact that the samples were taken only once a week and did not always coincide with the load peaks.

The costs arising from the use of retainers in field ditches are 85 - 150 mk per hectare of peat mining area at the 1989 price level. Additional costs arise from the installation, servicing and maintenance of the retainer. The construction costs suggested for a field ditch basin are 90 mk ha<sup>-1</sup> at the 1989 price level.

The results were used to draw up preliminary instructions for the planning, construction and maintenance of field ditches, field ditch basins and retainers, as presented in Section 6.

No exact data were obtained here on the practicability of the various retainers. Future investigations should be geared towards providing the user of field ditch basins and retainers with as exact planning, construction and operating instructions as possible, taking into account the various peat mining and preparation measures used in the area concerned. Further research should also explore ways of combining different methods to develop as effective and economical water pollution control methods as possible.

#### KIRJALLISUUS

- Energiapoliittinen ohjelma. 1983. Helsinki. 34 p., liite (17 p.). Hyväksytty valtioneuvostossa 24.2.1983.
- Heikkinen, K. 1990. 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, painossa.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Lyhennelmä: Metsäojituksen vesistövaikutukset. Suo, vol. 29, p. 49-58.

- Kenttämies, K. 1979. Metsäojituksen ja metsälannoituksen merkitys vesien kuormittajana. Vesistöjen hajakuormitus. Vesipäivä 19.11.1979, Vesiyhdistys ry., p. 90-100.
- Komiteanmietintö 1987. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnanmietintö. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö. 344 p. ISBN 951-47-1208-0, ISSN 0356-9470.
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto, 1989. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin alueen turvetuotantosoiden hoito-, käyttö ja kuormitustarkkailu. Yhteenvetoraportti v. 1988. Luonnos 28.2.1989. 24 p.
- Sallantaus, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. Pro gradu tutkielma, Helsingin yliopisto, limnologian laitos. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto, 122 p. Sarja D29. ISBN 951-46-6874-x, ISSN 0358-3910.
- Selin, P. & Koskinen, K. 1985. Laskeutusaltaiden vaikutus turvetuotantoalueiden vesistökuormitukseen. Summary: The effects of the sedimentation ponds on the loading coming from peat production areas to the watercourses. Helsinki, vesihallitus. 95 p. Vesihallitus, Tiedotus 262.
- Tolonen, K. & Hosiailuoma, V. 1978. Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special reference to algal growth. Ann. Bot. Fennici, vol. 15, p. 55-72.

## 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; Miettinen, 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 järviuivion happamat sulfaattimaat. Palko, Jukka & Myllymaa, Urpo: Happamien sulfaattimaiden vesistövaikutuksista, esimerkkinä Limingan Tupoksen täydennyskuivatusalue. Palko, Jukka; Räsänen, Matti & Alasaarela, Erkki: Luodon-Öjanjärven 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 määrittäminen 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.) elintoimintoihin 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.): Tammisaaren 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 intressianalyysi. Helsinki 1991.
75. Ihme, Raimo; Heikkinen, Kaisa & Lakso, Esko: Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Helsinki 1991.

76. Pasanen, Jaana: Öljyisen maan ja jätteen mikrobiologinen puhdistus.  
Helsinki 1991.



ISBN 951-47-4721-6  
ISSN 0786-9592