

KALA- JARIISTARAPORTTEJA nro 143

*Jarmo Makkonen
Seppo Mustonen
Raimo Määttä*

**Selvitys Kuusamon kalanviljelylaitoksen aiheuttaman
vesistökuormituksen osatekijöistä**

Kuusamo 1999



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Jarmo Makkonen, Seppo Mustonen ja Raimo Määttä

Selvitys Kuusamon kalanviljelylaitoksen aiheuttaman vesistökuormituksen osatekijöistä

Raportti

Tiivistelmä

Riistan- ja kalantutkimuksen Kuusamon kalanviljelylaitoksen vesioikeusluvassa laitoksen vuotuiseksi fosforikuormitukseksi vesistöön on määritelty enintään 95 kg ja 0,55 kg vuorokaudessa kuukausikeskiarvona laskettuna.

Laitoksen lietteen talteenottojärjestelmään sisältyvät itsepuhdistuvat altaat, lietesyvennykset ja allashallin erillisviemärointi lietevesille. Lietesyvennysten tyhjennys hoidetaan käsin ja siitä syntyvät jätevedet johdetaan hautomon/poikashallin osalta kokonaan Käylän seudun vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle. Allashallin lietevedet johdetaan laskeutusaltaaseen ja osittain edelleen jätevedenpuhdistamolle, pääosa poistuu kuitenkin pintapoistona (kirkaste) Kitkajokeen. Altaiden päävesijae menee suoraan pintapoistona Kitkajokeen. Puhdistamoon johdetusta fosforista saadaan talteen yli 90 % ja kiintoaineesta 80 %.

Vuonna 1998 suoritettiin kahtena, noin kahden viikon pituisena jaksena kevättalvella ja alkusyksyllä selvitys laitoksen tuotannollisten ja toiminnallisten osien eli hautomon, poikas- ja allashallin sekä katosaltaiden ja laskeutusaltaan poistovesien ja lietevesien vesistökuormituksesta. Selvityksessä keskityttiin kuormituksen, puhdistusprosessin ja vesistön kannalta oleelliseen, eli fosforiin ja kiintoaineeseen.

Tulosten perusteella laskettiin tunnusluvut altaiden itsepuhdistuskyvyn puhdistustehon suhteen halleittain. Kuormitusta ja puhdistustehoa koko prosessin osalta tarkasteltiin kokonaisfosforin avulla.

Altaiden toimivuuteen itsepuhdistuvina ja lietteen erottelussa vaikutti niiden koko, materiaali, rakenne ja lietteen huuhtelumenetelmä. Hautomon/poikashallin altaiden lietteenerottelulle saatiin kohtalainen arvo eli n. 50 % kokonaisfosforista, allashallissa vastaava arvo oli alkusyksyllä vain 27 %.

Allashallin altaiden itsepuhdistuvuutta ja lietteenerottelua parantamalla voitaisiin laitoksen vesistökuormitusta vähentää. Keinoina tähän voivat olla mm. lietteenpoiston rytmityksen muuttaminen tai lietteenpoistojärjestelmän rakentaminen suljetuksi järjestelmäksi. Nykytilanteessa muutosten tekemiseen ei ole tarvetta, sillä vesioikeuden lupaehto mahdollistaa riittävän tuotannollisen kapasiteetin.

Asiasanat

fosfori, kiintoaine, vesistökuormitus, liete, jätevesi, itsepuhdistuskyky

Kala- ja riistaraportteja 143

951-776-206-2

1238-3325

20 s. + liite

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Kuusamon kalanviljelylaitos

Pukimäen aukio 4, PL 6

Käyläntie 34

00721 Helsinki

93850 KÄYLÄ

Puh. 0205 751 830 Faksi 0205 751 839

Puh. 0205 7511 Fax. 0205 751 201

Sisällys

1. SELVITYKSEN TAVOITE	1
2. TUTKITUT OSA-ALUEET	2
3. SELVITYKSEN PERUSLÄHTÖKOHDAT	4
3.1. NÄYTTEENOTOT JA VIRTAAMIEN MITTAUKSET	4
3.1.1. Tulovesi	5
3.1.2. Poistovesi	5
3.1.3. Lietevesi.....	5
3.1.4. Kirkaste	5
3.2. ANALYYSIT	5
4. TUOTANTOTILANNE SELVITYKSEN AIKANA	6
4.1. KALABIOMASSA	6
4.2. REHUNKULUTUS JA RUOKINTATEHO	6
4.3. VEDENKÄYTTÖ JA -LÄMPÖTILA	6
5. AINEVIRTAAMAT JA KUORMITUKSET	8
5.1. ALTAIDEN POISTOVEDET	8
5.1.1. Hautomo	8
5.1.2. Poikashalli.....	9
5.1.3. Allashalli	10
5.1.4. Katosaltaat	11
5.2. LIETVEDET	12
5.2.1. Hautomo/poikashalli	12
5.2.2. Allashalli	12
5.3. KIRKASTE	13
6. TUNNUSLUVUT	14
6.1. ALTAIDEN SISÄINEN ITSEPUHDISTUVUUS	14
6.2. LASKEUTUSALTAAN PUHDISTUSTEHO.....	14
7. KUORMITUS JA PUHDISTUSTEHO KOKO PROSESSISSA	15
8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	16
8.1. NÄYTEJAKSOJEN OLOSUHTEET JA SELVITYKSEN VIRHELÄHTEET.....	16
8.2. ALTAIDEN TOIMIVUUS ITSEPUHDISTUVINA JA LIETTEENEROTTELUSSA	16
8.3. VESISTÖKUORMITUKSEN MÄÄRÄ JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	17
8.4. MAHDOLLISET KUORMITUSTA VÄHENTÄVÄT TOIMENPITEET.....	18
KIITOKSET	19
KIRJALLISUUS	20

LIITE. OSA-ALUEIDEN KOHTEITTAISET VIRTAAMAT (l/s) SEKÄ FOSFORI- ($\mu\text{g/l}$) JA KIINTOAINEMÄÄRÄT (mg/l) NÄYTTEENOTTOKERROITTAIN

1. Selvityksen tavoite

Riistan- ja kalantutkimuksen Kuusamon (aik. Käylä) kalanviljelylaitos hoitaa Kuusamon itään laskevien vesien kalakantoja. Laitoksella on käytössään viljelyä varten hautomo ja kaksi kasvatushallia sekä kesäaikaista kasvatusta varten katettuja ulkoaltaita. Nykyisellään laitoksella voidaan tuottaa yhteensä noin 20 miljoonaa siian ja harjuksen vastakuoriutunutta poikasta, noin 250.000 1-vuotiasta ja noin 160.000 2-3-vuotiasta järvitäimenen poikasta. Lisäksi laitoksessa tuotetaan järvilohen ja nieriän poikasia alueellista kysyntää vastaavasti. Viljelyssä on kaikkiaan kuusi kalalajia ja niistä yli kymmenen eri vesistön kantaa.

Kuusamon kalanviljelylaitokselle Pohjois-Suomen vesioikeuden myöntämän vesioikeusluvan (päättös nro 32/96/1 29.5.1996) lupaehtojen kohdan 3 mukaan: "Laitoksella saadaan käyttää kalojen ruokintaan kuivarehua enintään 18.000 kg vuodessa, mutta ei kuitenkaan enempää kuin 1,2 kertaa kalojen lisäkasvu. Kuivarehuna on käytettävä mahdollisimman vähän fosforia ja tyypeä sisältäviä rehuja. Fosforipitoisuus on tarvittaessa selvitettävä Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen hyväksymällä tavalla. Laitokselta vesistöön pääsevän fosforin määrä saa olla enintään 95 kg vuodessa ja 0,55 kg vuorokaudessa kuukausikeskiarvona laskettuna."

Ainetaselaskelmien mukaan laitoksen maksimaalinen vesistökuormitus oli suurimman rehunkulutuskauksen mukaan laskettuna vuosina 1986-1995 0,31-0,59 kg/vrk ja 48-86 kg/v. Viljelyolosuhteiden vakiinnuttua 1990-luvulla maksimaalinen kuormitus on ollut tasolla 0,31-0,43 kg/vrk ja 52-63 kg/v.

Lietteen talteenottojärjestelmään sisältyvät itsepuhdistuvat altaat, lietesynnykset ja allashallin erillisviemärointi lietevesille. Lietesyvennysten tyhjennys hoidetaan käsisääteisesti/kelloautomaatiikan avulla ja siitä syntyvät jätevedet johdetaan erilliseen lietesäiliöön tai laskeutusaltaaseen ja edelleen suurimmalta osin Käylän seudun vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle lietteen lopullista käsittelyä varten (Heinimaa 1991, Pasanen ja Mustonen 1997). Puhdistamo on bioroottorilaitos, jossa fosforin saostuskemikaalina käytetään kalkkia. Laitoksen puhdistusteho on 1990-luvulla ollut fosforin osalta keskimäärin 94 % ja kiintoaineesta on saatu talteen n. 80 % (Koski-Vähälä 1998). Altaiden päävesijae menee suoraan pintapoistona Kitkajokeen (Heinimaa 1991, Pasanen ja Mustonen 1997).

Laitoksen jätevesien puhdistusjärjestelmien tehoa ja käytön optimointia on selvitetty jo 1980-luvun lopulla (Heinimaa 1991), samoin kuin altaiden lietteenpoistoa alipaineella (Vielma 1992). Näiden selvitysten jälkeen laitoksen viljelyolosuhteissa on tapahtunut suuria muutoksia. Ruokinnassa on otettu käyttöön ITUMIC:n automaattiruokintajärjestelmä, joka on tuonut rehunkäyttöön tehokkuutta (rehukerroin <1). Rakenteellisena muutoksena on allasalueen kattaminen vuonna 1992.

Tämän selvityksen tarkoituksena oli tutkia laitoksen eri osista altaista poistuvan veden ja lieteveden mukana poistuvan fosforin ja kiintoaineen määrät. Tietoja käytetään hyödyksi arvioitaessa nykyisen talteenottojärjestelmän toimivuutta ja fosforin talteenoton tehostamisvaihtoehtoja.

2. Tutkitut osa-alueet

Tuotannollisesti ja toiminnallisesti Kuusamon kalanviljelylaitos koostuu viidestä osa-alueesta. Vuonna 1998 tehtiin näiden osa-alueiden selvitys, joka antaa tietoa eri viljelyvaiheiden kuormitusosuuksista ja puhdistusprosessien tehosta.

Seuraavassa on lyhyt kuvailu laitoksen osa-alueista (ks. myös kuva 1):

1. Hautomo

Hautomossa on 4 kpl 4 m²:n neliönmuotoisia, itsepuhdistuvia lasikuituisia altaita, 75 kpl 5 litran siianmädin haudontasuppiloita ja 33 kpl järvitaimenten mädin haudontakaukaloita. Altaiden tulovesitys (Kitkajoki) tapahtuu tulovesikourusta venttiilihanojen kautta. Poistovesi johdetaan pintapoistona poistokouruun ja edelleen poistokaivon kautta vesistöön (Kitkajoki).

Hautomossa lietteenpoistojärjestelmänä on alipaineella toimiva lietteenimujärjestelmä. Altaissa on lietesyvitys, johon laskeutunut liete poistetaan alipaineputkistoa pitkin työpäivisin kerran vuorokaudessa erilliseen lietesäiliöön (tilavuus 1,2 m³), jonka täytyttyä sisältö tyhjennetään vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle. Samaan säiliöön tulevat myös poikashallin lietevedet. Lietteen imua ohjataan allaskohtaisesti käsisäätöisesti (käytetty selvityksen aikana) tai kelloautomaattikan avulla, joka säätää imun ajankohdan ja keston magneettiventtiileillä.

Ruokinta tapahtuu ITUMIC-automaattikalla ja ruokintalaitteet ovat tyyppiä Ewos.

2. Poikashalli

Hallissa on 15 kpl 1 m²:n, 12 kpl 4 m²:n ja 16 kpl 7 m²:n neliönmuotoisia, itsepuhdistuvia lasikuituisia altaita. Altaiden tulovesitys, poistoveden pintapoisto ja lietteenpoisto tapahtuu samoin kuin hautomossa. Ruokinta tapahtuu ITUMIC-automaattikalla ja -fiidereillä.

3. Allashalli

Hallissa on 12 kpl 64 m²:n pystyreunaisia betonialtaita ja 6 kpl poistovesien johtamiseen tarkoitettuja poistokanavia, joissa on myös kasvatustoimintaa. Altaiden tulovesitys (Kitkajoki) tapahtuu tulovesiputkistosta sulkuventtiilien kautta kunkin altaan kahdesta kulmasta seitsemästä uima-allasventtiilistä, jotka on asennettu pystyputkeen tasaisin välimatkoin pohjasta pintaan. Poistovesi johdetaan pintapoistona altaan keskeltä poistokaivon ja edelleen poistokanavan kautta vesistöön (Kitkajoki).

Allashallin lietteenpoistojärjestelmä muodostuu altaiden erillisviemäröinneistä sekä laskeutus- ja keräilyaltaana toimivasta betonialtaasta. Erillisviemäröinti on järjestetty altaista altaittain ja poistokanavasta lohkoittain laskeutusaltaaseen. Altaiden keskiosan pohjassa oleviin lietesyvityksiin kertynyt liete tyhjennetään kaksi kertaa viikossa tiistaisin ja perjantaisin. Tyhjentäminen tapahtuu avaamalla käsikäyttöinen lieteputken sulkuventtiili ja pitämällä sitä auki noin 10 sekunnin ajan, jolloin syvennyksessä oleva liete huuhtoutuu laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaaseen johdetaan myös altaiden pesuvedet.

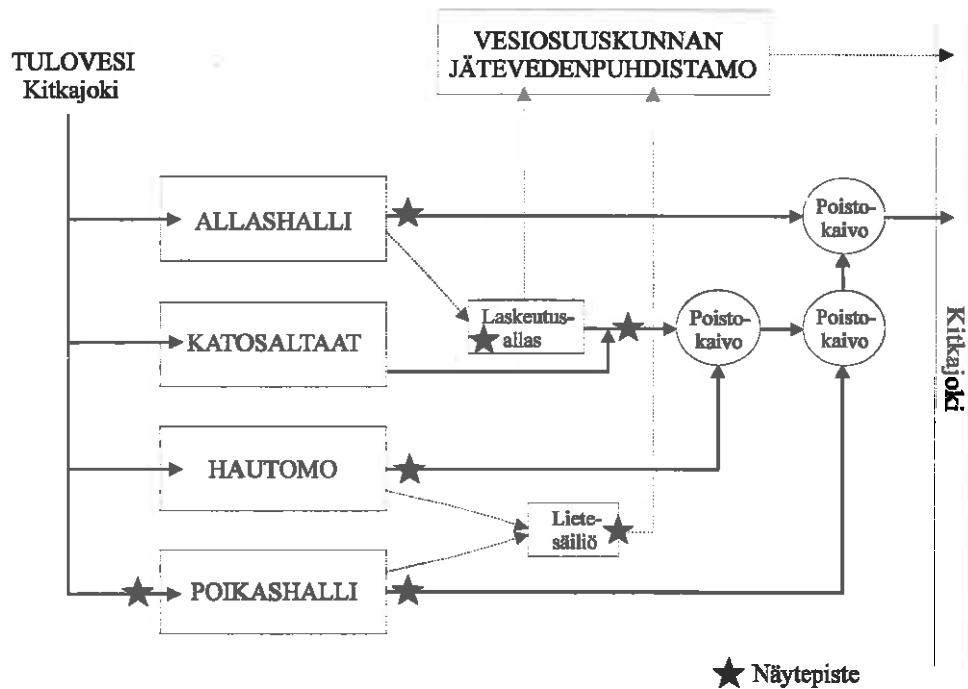
4. Katosaltaat

Ulkokatoksissa on kesäaikaista kasvatusta varten 7 kpl 4 m²:n ja 6 kpl 7 m²:n lasikuituista allasta. Tulovesitys on järjestetty poikashallia vastaavalla tavalla. Poistovesi, kuten myös pesuvedet, johdetaan suoraan lasikuituisten poistokourujen kautta poistokaivoon (sama kuin laskeutusaltaan kirkasteella) ja siitä edelleen vesistöön (Kitkajoki). Erillistä lietteenpoistoa ei ole.

5. Laskeutusallas

Allashallin lietteenpoiston erillisviemäröinnissä hallin kustakin altaasta ja poistokanavasta tulee oma 160 mm:n poistoputki lietealtaaseen, joka avataan mekaanisella sulkulevyllä ja poistoputket suljetaan lisäksi kierteisellä sulkukorkilla. Laskeutusallas (lietesäiliö) on kolmiosainen, betoninen allas, jonka vesisyvyys on 2,3 m. Se koostuu kolmesta osastosta, jotka ovat kooltaan 5,5×2,7 m (osasto 1), 2,0×2,7 m (osasto 2) ja 2,0×2,7 m (osasto 3). Allashallista poistokanavien kautta tulevat lietevedet tyhjenetään osastoon 1, josta ne johdetaan pohjan kautta 30 cm:n aukosta osastoon 2, mistä vesi poistuu edelleen pintapoistona osastoon 3. Sieltä kirkaste poistetaan pintapoistona putken kautta poistokaivoon ja edelleen vesistöön (Kitkajoki). Samaan poistokaivoon tulevat myös katosaltaiden poistovedet.

Laskeutusaltaaseen kertyneestä lietteestä osa pumpataan selkeyttämisen jälkeen kaksi kertaa viikossa (tiistai ja perjantai) vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle. Pumppaaminen tehdään osasto 2:ssa olevalla uppopumpulla. Pääosin osaston 1, mutta myös osaston 2 pohjalle kertyvä liete (n. 30 m³/v) poistetaan kerran vuodessa ja kuljetetaan loka-autolla jätevedenpuhdistamolle.



Kuva 1. Kuusamon kalanviljelylaitoksen jätevesivirtaamakaavio.

3. Selvityksen peruslähtökohdat

Selvityksessä keskityttiin kuormituksen, puhdistusprosessin ja vesistön kannalta oleelliseen, eli kiintoaine- ja kokonaisfosforimäärään, viimeksi mainittu suodattamattomasta ja suodatetusta (liukoinen fosfori) näytteestä.

Ohjelma ajoitettiin yhteen kylmän (13.-24.4.1998) ja yhteen lämpimän veden jaksoon (31.8.-11.9.1998), jotka antavat kuvan laitoksen toiminnasta eri vuodenaikoina. Selvitys tehtiin kunkin osa-alueen osalta samanaikaisesti kahtena 12 vuorokauden mittaisena jaksonea. Kesäaikaisesta käytöstä johtuen katosaltaiden selvitys tehtiin vain yhtenä jaksonea. Myös laskeutusaltaan osalta selvitys rajoittui yhteen jaksoon, sillä allashallin altaiden lietesyvennyksiä ei tyhjennetty normaalikäytännöstä poiketen huhtikuisen jakson aikana.

Tuotannollisten osa-alueiden ruokintataso (kg rehuja/vrk) ja rehun sisältämä keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus (%) selvitettiin kummallakin näytejaksolla. Kalabiomassa ja rehunkulutus saatiin mikrolta (ITUMIC).

Näytteenoton riittävä kattavuus saavutettiin käyttämällä automaattisia näytteenottimia tai lappoputken avulla tapahtuvaa näytteenottoa. Mikäli tutkittavassa kohdassa virtasi vettä/lietettä vain sykkäyksittäin, tuli näytteenoton toimia koko sykkäyksen ajan.

Ainetaselaskelmien edellyttämät virtaamat selvitettiin joko mittamalla tai laskennallisesti.

3.1. Näytteenotot ja virtaamien mittaukset

Vesinäytteiden otossa noudatettiin hautomon ja poikas- sekä allashallin osalta seuraavaa aikataulua: Maanantaina aamulla käynnistettiin seuranta. Näytteet (vuorokausi-kokoomat) otettiin neljänä peräkkäisenä päivänä maanantain ja perjantain välisenä aikana, viikonloppunäyte seuraavana maanantaina ja jälleen neljä peräkkäistä kokoomanäytettä maanantaista perjantaihin. Näin ollen saatiin luotettavuuden varmistamiseksi kahdeksan vuorokausinäytettä sekä yksi viikonloppunäyte (3 vrk).

Katosaltaiden poistovesinäytteitä ja laskeutusaltaan kirkastenäytteitä ei teknisistä syistä johtuen saatu otettua erikseen, koska kummatkin vedet johdettiin samaan poistokaivoon (ks. kuva 1). Katosaltaiden osalta laskelmissa käytettiin siten vain niitä päiviä otettuja näytteitä, jotka eivät sisältäneet kirkastevesiä eli keskiviikkona ja torstaina sekä maanantaina (viikonloppukokooma) otettuja näytteitä. Vastaavasti laskeutusaltaan kirkasteen osalta laskelmat perustuvat tiistaina ja perjantaina otettuihin näytteisiin (ks. luku 3.1.4.).

Poikashallin lietenäytteet otettiin kertonäytteinä vesinäytteitä vastaavalla aikataululla. Allashallin lietenäytteet otettiin erilaisen lietteentyhjennyskäytännön vuoksi kertonäytteinä kaksi kertaa viikossa (tiistai ja perjantai) kahden peräkkäisen viikon aikana.

3.1.1. Tulovesi

Tulovesinäyte (Kitkajoki) otettiin poikashallin tulovesikourusta vuorokausi/viikonloppukokoomana pipettiletkulla lappona säiliöön. Säiliöön kertynyt vesi (n. 70 l/vrk) sekoitettiin ja siitä otettiin kahden litran näyte aamuisin klo 7.15. Samasta tulovesilähteestä ja osa-alueiden seurannan samanaikaisuudesta johtuen tulovedestä ei tarvittu enempää näytteitä.

Virtaama oli poistovesivirtaama (pintapoisto) lisättyä lieteveden määrällä. Käytännössä lietevesien määrät jäivät niin vähäisiksi, että tulovesivirtaama oli sama kuin poistovesivirtaama.

3.1.2. Poistovesi

Poistovesinäytteet (pintapoisto) otettiin automaattisilla näytteenottimilla vuorokausi/viikonloppukokoomana poistokaivoista. Näytteenottotaajuus oli 150 ml kuuden minuutin välein. Säiliöön kertynyt vesi (n. 35 l/vrk) sekoitettiin ja siitä otettiin kahden litran näyte aamuisin klo 7.15-7.45 välisenä aikana.

Virtaamat määritettiin virtausmittarilla (SCHILT KNECHT mini Water type 624 W- M/L) tai siivikolla, osittain myös astiamittauksella.

3.1.3. Lietevesi

Hautomon/poikashallin lietevesi laskettiin n. 1.200 litran säiliöön, josta otettiin vuorokausi/viikonloppunäyte (2 litraa) sekoittuneesta lietevedestä aamuisin n. klo 7.45. Vastaavasti allashallin lietevesi laskettiin laskeutusaltaaseen, jonka sekoittuneesta vedestä otettiin kahden litran näyte.

Hautomon/poikashallin lietevesien määrät mitattiin säiliön tilavuuden perusteella ja allashallin lietevesien määrät määritettiin laskennallisesti.

3.1.4. Kirkaste

Kirkastenäytteet otettiin automaattisella näytteenottimella vuorokausi/viikonloppukokoomana poistokaivosta. Näytteenotto tapahtui ja näytteenottotaajuus oli poistovesiä vastaava. Näytteet sisälsivät myös katosaltaiden poistovesiä (vrt. luku 3.1.).

Virtaama oli allashallin lietevesivirtaama vähennettynä 15 % (arvio jätevedenpuhdistamolle pumpattavasta lietemäärästä) sekä katosaltaiden poistovesivirtaama.

3.2. Analyysit

Kaikkiaan näytteitä kertyi 103 kappaletta, joista vesinäytteitä (sis. tulo- ja poistovesi, kirkaste) oli 81 kpl ja lietenäytteitä 22 kpl. Näytteet säilöttiin jääkaappiin, josta ne toimitettiin joka toinen päivä linja-autorahdina Taivalkosken riistan- ja kalantutkimukseen. Siellä vesinäytteistä analysoitiin fosfori- ja kiintoainemäärät välittömästi, lietenäytteet pakastettiin ja vastaavat määritykset tehtiin myöhemmin (liite 1). Fosfori- ja kiintoainemääritykset perustuivat kaikkien näytteiden osalta vesinäytteistä (laimennos) tehtyihin määrityksiin.

4. Tuotantotilanne selvityksen aikana

Kuusamon kalanviljelylaitoksen tuotantotilanne oli selvityksen aikana normaalia vastaava ja laitosta käytettiin rutiinikäytännön mukaisesti. Ainoa poikkeama oli se, ettei huhtikuisen jakson aikana allashallin altaiden lietsyvennyksiä tyhjennetty. Esimerkkeinä tuotantotilanteen vaikutuksesta kuormitukseen voidaan mainita mm. veden lämpötilan muuttuminen, allaskohtainen virtaama tai ruokintasuhde, jotka vaikuttavat voimakkaasti kaloista ja rehuista veteen joutuvaan ainemäärään.

4.1. Kalabiomassa

Huhtikuussa kalojen kasvu oli seurantajakson aikana vähäistä. Alkusyöksen seurantajaksolla kasvua tapahtui kaikilla osa-alueilla ja suhteellisesti eniten (n. 30 %) kalabiomassa lisääntyi poikashallissa (taulukko 1).

Taulukko 1. Kalabiomassat (kg) osa-alueittain selvityksen aikana.

Näytejakso	Hautomo		Poikashalli		Allashalli		Katosaltaat	
	alku	loppu	alku	loppu	alku	loppu	alku	loppu
13.-24.4.	52	47	713	734	13718	13895	-	-
30.8.-11.9.	77	102	374	479	14895	15733	94	108

4.2. Rehunkulutus ja ruokintateho

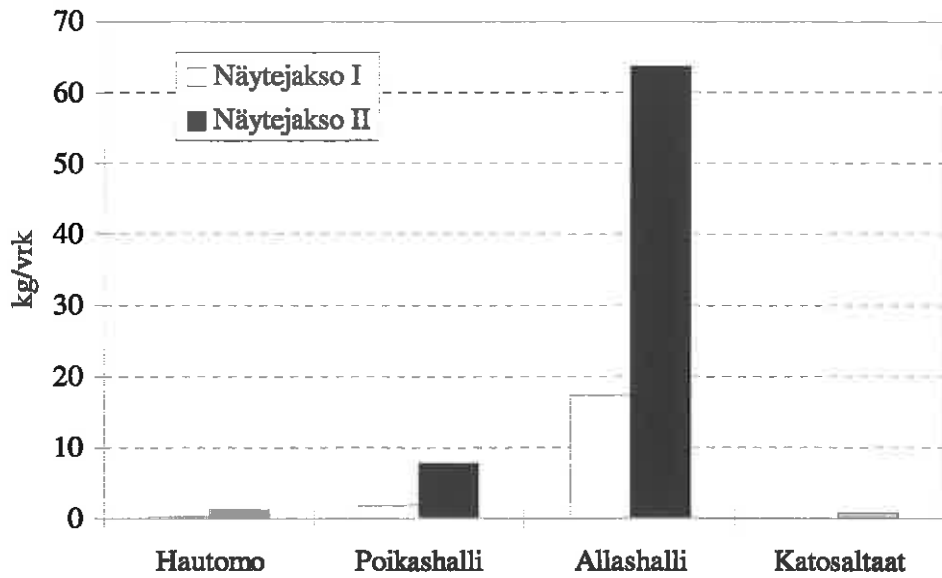
Huhtikuussa hautomossa käytettiin kuivarehua keskimäärin 0,3, poikashallissa vajaa 2 ja allashallissa n. 17 kg/vrk. Ruokintatehot (% kalabiomassasta) olivat vuodenajasta ja kylmästä vedestä johtuen alhaiset, vaihdellen allashallin hieman yli 0,1 %:sta hautomon n. 0,6 %:iin. Loppukesällä rehunkulutus nelinkertaistui ja ruokintatehot olivat keskimäärin 0,4-1,9 %:n välillä (kuvat 2 ja 3).

Hautomossa käytetyn rehun (P-pit. 1,45 %) sisältämä kokonaisfosforimäärä oli huhtikuussa keskimäärin 4 g/vrk, poikashallissa (P-pit. 1,45 %) 26 g/vrk ja allashallissa (P-pit. 1,0 %) 174 g/vrk. Loppukesällä vastaavat määrät olivat 18, 112 ja 637 g/vrk. Katosaltaissa käytetyn rehun (P-pit. 1,0 %) sisältämä kokonaisfosforimäärä oli syyskuussa 8 g/vrk.

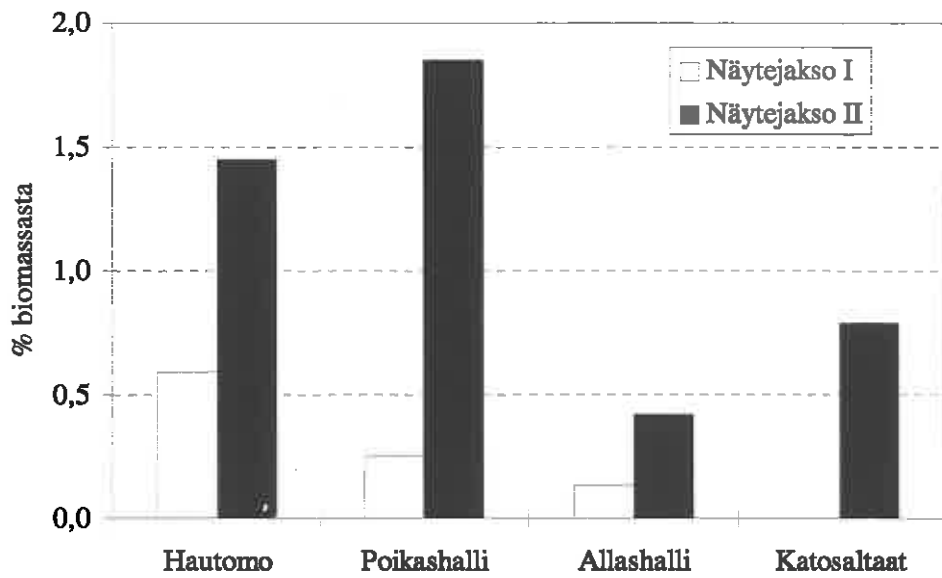
4.3. Vedenkäyttö ja -lämpötila

Laitoksen vedenkulutus oli huhtikuussa keskimäärin 101 l/s, josta hautomon osuus oli noin 9 l/s, poikashallin noin 22 l/s ja allashallin noin 70 l/s. Syyskuussa vedenkulutus oli keskimäärin 143 l/s, josta hautomon osuus oli 4,5 l/s, poikashallin 24,5 l/s, allashallin noin 101 l/s ja katosaltaiden noin 13 l/s.

Veden lämpötila oli huhtikuussa keskimäärin 0,5 °C (vaihteluväli 0,3-0,9 °C) ja syyskuussa keskimäärin 11,1 °C (vaihteluväli 10,7-11,6 °C).



Kuva 2. Keskimääräinen rehunkulutus (kg/vrk) osa-alueittain selvityksen aikana.



Kuva 3. Keskimääräinen ruokintateho (% biomassasta) osa-alueittain selvityksen aikana.

5. Ainevirtaamat ja kuormitukset

5.1. Altaiden poistovedet

5.1.1. Hautomo

Hautomon poistovesien (pintapoisto) aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainekuormitukset vesistöön talvi- (13.-24.4.) ja alkusyksyn (31.8.-11.9.) aikaisten näytejaksojen osalta on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Hautomon tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen ensimmäisen näytejakson aikana.

	Virtaama	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	9,1	5,5	4,3	3,8	3,0	0,2	158
Pintapoisto, Kitkajoki	9,1 ^{*)}	6,2	4,9	4,5	3,5	0,3	236
KUORMITUS			0,6		0,5		78
Viikonloppu (pe-ma)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	9,1	4,9	3,9	3,4	2,7	0,3	236
Pintapoisto, Kitkajoki	9,1 ^{*)}	6,1	4,8	5,2	4,1	0,3	236 ^{**)}
KUORMITUS			0,9		1,4		0
Työviikko 2 (ma-pe)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	9,1	6,4	5,0	4,8	3,8	0,3	236
Pintapoisto, Kitkajoki	9,1 ^{*)}	7,3	5,7	5,2	4,1	0,3	236 ^{**)}
KUORMITUS			0,7		0,3		0
Koko jakso (keskimäärin)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	9,1	5,8	4,6	4,2	3,3	0,3	236
Pintapoisto, Kitkajoki	9,1 ^{*)}	6,7	5,3	4,9	3,9	0,3	236 ^{**)}
KUORMITUS			0,7		0,6		0

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä (sis myös poikashallin lietevedet) jätevedenpuhdistamolle menevä vesimäärä on vain 0,007-0,01 l/s vuorokausikeskiarvona

^{**)} pintapoiston sama arvo suhteessa tulevaan veteen johtuu mahdollisesta näytteenottovirheestä tai kiintoaineen hajoamisesta

Taulukko 3. Hautomon tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen toisen näytejakson aikana.

	Virtaama l/s	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
		$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	4,5	8,8	3,4	3,8	1,5	0,6	233
Pintapoisto, Kitkajoki	4,5 ^{*)}	14,7	5,7	4,1	1,6	0,8	311
KUORMITUS			2,3		0,1		78
Viikonloppu (pe-ma)							
Tulovesi, Kitkajoki	4,5	8,2	3,2	6,3	2,5	0,8	311
Pintapoisto, Kitkajoki	4,5 ^{*)}	16,2	6,3	5,1	2,0 ^{**)}	0,9	350
KUORMITUS			3,1		-0,5		39
Työviikko 2 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	4,5	9,1	3,5	4,7	1,8	1,2	467
Pintapoisto, Kitkajoki	4,5 ^{*)}	11,1	4,3	4,5	1,8 ^{**)}	1,0	389 ^{**)}
KUORMITUS			0,8		0,0		-78
Koko jakso (keskimäärin)							
Tulovesi, Kitkajoki	4,5	8,9	3,5	4,5	1,8	0,9	350
Pintapoisto, Kitkajoki	4,5 ^{*)}	13,2	5,1	4,4	1,7 ^{**)}	0,9	350 ^{**)}
KUORMITUS			1,6		-0,1		0

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä (sis myös poikashallin lietevedet) jätevedenpuhdistamolle menevä vesimäärä on vain 0,012-0,018 l/s vuorokausikeskiarvona

^{**)} pintapoiston sama tai pienempi arvo suhteessa tulevaan veteen johtuu mahdollisesta näytteenottovirheestä, fosforin liukenemisestä (suodatetut näytteet) tai kiintoaineen hajoamisesta

5.1.2. Poikashalli

Poikashallin poistovesien (pintapoisto) aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainekuormitukset vesistöön talvi- (13.-24.4.) ja alkusyksyn (31.8.-11.9.) aikaisten näytejaksojen osalta on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 4. Poikashallin tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen ensimmäisen näytejakson aikana.

	Virtaama l/s	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
		$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	22,1	5,5	10,5	3,8	7,3	0,2	382
Pintapoisto, Kitkajoki	22,1 ^{*)}	11,8	22,5	5,7	10,9	0,8	1.528
KUORMITUS			12,0		3,6		1.146
Viikonloppu (pe-ma)							
Tulovesi, Kitkajoki	22,1	4,9	9,4	3,4	6,5	0,3	573
Pintapoisto, Kitkajoki	22,1 ^{*)}	8,8	16,8	5,2	9,9	0,4	764
KUORMITUS			7,4		3,4		191
Työviikko 2 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	22,1	6,4	12,2	4,8	9,2	0,3	573
Pintapoisto, Kitkajoki	22,1 ^{*)}	11,6	22,2	7,2	13,8	0,3	573 ^{**)}
KUORMITUS			10,0		4,6		0,0
Koko jakso (keskimäärin)							
Tulovesi, Kitkajoki	22,1	5,8	11,1	4,2	8,0	0,3	573
Pintapoisto, Kitkajoki	22,1 ^{*)}	11,4	21,8	6,3	12,0	0,5	955
KUORMITUS			10,7		4,0		382

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä (sis myös hautomon lietevedet) jätevedenpuhdistamolle menevä vesimäärä on vain 0,007-0,01 l/s vuorokausikeskiarvona

^{**)} pintapoiston sama arvo suhteessa tulevaan veteen johtuu mahdollisesta näytteenottovirheestä tai kiintoaineen hajoamisesta

Taulukko 5. Poikashallin tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen toisen näytejakson aikana.

	Virtaama	P suodattamaton	P suodatettu	Kiintoaine			
	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	24,5	8,8	18,6	3,8	8,0	0,6	1.270
Pintapoisto, Kitkajoki	24,5 ^{*)}	14,3	30,3	5,3	11,2	0,9	1.905
KUORMITUS			11,7		3,2		635
Viikonloppu (pe-ma)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	24,5	8,2	17,4	6,3	13,3	0,8	1.693
Pintapoisto, Kitkajoki	24,5 ^{*)}	19,5	41,3	6,4	13,6	1,1	2.329
KUORMITUS			23,9		0,3		636
Työviikko 2 (ma-pe)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	24,5	9,1	19,3	4,7	10,0	1,2	2.540
Pintapoisto, Kitkajoki	24,5 ^{*)}	17,3	36,6	6,4	13,6	1,4	2.964
KUORMITUS			17,3		3,6		424
Koko jakso (keskimäärin)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	24,5	8,9	18,8	4,5	9,5	0,9	1.905
Pintapoisto, Kitkajoki	24,5 ^{*)}	16,2	34,3	5,9	12,5	1,1	2.329
KUORMITUS			15,5		3,0		424

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä (sis myös hautomon lietevedet) jätevedenpuhdistamolle menevä vesimäärä on vain 0,012-0,018 l/s vuorokausikeskiarvona

5.1.3. Allashalli

Allashallin poistovesien (pintapoisto) aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainekuormitukset vesistöön talvi- (13.-24.4.) ja alkusyksyn (31.8.-11.9.) aikaisten näytejaksojen osalta on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

Taulukko 6. Allashallin tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen ensimmäisen näytejakson aikana.

	Virtaama	P suodattamaton	P suodatettu	Kiintoaine			
	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	70,1	5,5	33,3	3,8	23,0	0,2	1.211
Pintapoisto, Kitkajoki	70,1 ^{*)}	15,2	92,1	12,0	72,7	0,4	2.423
KUORMITUS			58,8		49,7		1.212
Viikonloppu (pe-ma)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	70,1	4,9	29,7	3,4	20,6	0,3	1.817
Pintapoisto, Kitkajoki	70,1 ^{*)}	16,1	97,5	9,1	55,1	1,3	7.874
KUORMITUS			67,8		34,5		6.057
Työviikko 2 (ma-pe)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	70,1	6,4	38,8	4,8	29,1	0,3	1.817
Pintapoisto, Kitkajoki	70,1 ^{*)}	14,4	87,2	9,6	58,1	0,6	3.634
KUORMITUS			48,4		29,0		1.817
Koko jakso (keskimäärin)	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi, Kitkajoki	70,1	5,8	35,1	4,2	25,4	0,3	1.817
Pintapoisto, Kitkajoki	70,1 ^{*)}	15,0	90,9	10,6	64,2	0,5	3.028
KUORMITUS			55,8		38,8		1.211

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä laskeutusaltaaseen menevä vesimäärä on vain 0,04 l/s vuorokausikeskiarvona

Taulukko 7. Allashallin tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen toisen näytejakson aikana.

	Virtaama l/s	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
		$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	101,7	8,8	77,3	3,8	33,4	0,6	5.272
Pintapoisto, Kitkajoki	101,7 ^{*)}	16,3	143,2	5,5	48,3	0,9	7.908
KUORMITUS			65,9		14,9		2.636
Viikonloppu (pe-ma)							
Tulovesi, Kitkajoki	101,7	8,2	72,1	6,3	55,4	0,8	7.030
Pintapoisto, Kitkajoki	101,7 ^{*)}	14,9	130,9	5,5	48,3	1,1	9.666
KUORMITUS			58,8		-7,1		2.636
Työviikko 2 (ma-pe)							
Tulovesi, Kitkajoki	101,7	9,1	80,0	4,7	41,3	1,2	10.544
Pintapoisto, Kitkajoki	101,7 ^{*)}	17,3	152,0	6,3	55,4	1,0	8.787 ^{**)}
KUORMITUS			72,0		14,1		-1.757
Koko jakso (keskimäärin)							
Tulovesi, Kitkajoki	101,7	8,9	78,2	4,5	39,5	0,9	7.908
Pintapoisto, Kitkajoki	101,7 ^{*)}	16,6	145,9	5,8	51,0	1,0	8.787
KUORMITUS			67,7		11,5		879

^{*)} käytännössä sama kuin tulovesivirtaama, koska lietevetenä laskeutusaltaaseen menevä vesimäärä on vain 0,04 l/s vuorokausikeskiarvona

^{**)} pintapoiston pienempi arvo suhteessa tulevaan veteen johtuu mahdollisesta näytteenottovirheestä tai kiintoaineen hajoamisesta

5.1.4. Katosaltaat

Katosaltaiden poistovesien (pintapoisto) aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainekuormitukset vesistöön alkusyksyn (31.8.-11.9.) aikaisen näytejakson osalta on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Katosaltaiden tulo- ja poistovesien keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen toisen näytejakson aikana.

	Virtaama l/s	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
		$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Työviikko 1 (ma-pe)^{*)}							
Tulovesi, Kitkajoki	12,6	7,7	8,4	4,1	4,5	0,6	653
Pintapoisto, Kitkajoki	12,6	33,2	36,1	13,9	15,1	1,1	1.198
KUORMITUS			27,7		10,6		545
Viikonloppu (pe-ma)							
Tulovesi, Kitkajoki	12,6	8,2	8,9	6,3	6,9	0,8	871
Pintapoisto, Kitkajoki	12,6	45,7	49,8	17,5	19,1	3,0	3.266
KUORMITUS			40,9		12,2		2.395
Työviikko 2 (ma-pe)^{*)}							
Tulovesi, Kitkajoki	12,6	10,2	11,1	4,8	5,2	1,1	1.198
Pintapoisto, Kitkajoki	12,6	37,4	40,7	21,9	23,8	1,3	1.415
KUORMITUS			29,6		18,6		217
Koko jakso (keskimäärin)							
Tulovesi, Kitkajoki	12,6	8,8	9,6	4,8	5,2	0,8	871
Pintapoisto, Kitkajoki	12,6	37,4	40,7	17,8	19,4	1,5	1.633
KUORMITUS			31,1		14,2		762

^{*)} sisältää vain kaksi kokoomanäytettä (keskiviikkona ja torstaina otetut)

5.2. Liettevedet

5.2.1. Hautomo/poikashalli

Hautomon/poikashallin lietevesien aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainevirrat jätevedenpuhdistamolle talvi- (13.-24.4.) ja alkusyksyn aikaisten (31.8.-11.9.) näytejaksojen osalta on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Hautomosta/poikashallista lietesäiliöön tulevien lietevesien keskimääräiset virtaamat (l/vrk), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) näytejaksojen aikana.

Työviikko 1 (ma-pe)	Virtaama		P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
	l/jakso	l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso I	3.233	808	19.148	15,5	7.612	6,2	544	440
Näytejakso II	5.505	1.376	16.298	22,4	3.756	5,2	579	797
Viikonloppu (pe-ma)	l/jakso	l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso I	870	290	20.144	5,9	8.694	2,5	710	206
Näytejakso II	2.400	800	15.657	12,5	4.759	3,8	453	362
Työviikko 2 (ma-pe)	l/jakso	l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso I	3.202	801	10.325	8,3	6.802	5,5	326	261
Näytejakso II	5.505	1.376	16.884	23,2	3.450	4,8	635	874
Koko jakso (keskim.)		l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso I		664	14.861	9,9	7.372	4,9	465	309
Näytejakso II		1.219	16.487	20,1	3.732	4,6	590	719

5.2.2. Allashalli

Allashallin lietevesien aiheuttamat keskimääräiset fosfori- ja kiintoainevirrat laskeutusaltaaseen alkusyksyn aikaisen (31.8.-11.9.) näytejakson osalta on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Allashallista laskeutusaltaaseen tulevien lietevesien keskimääräiset virtaamat (l/vrk), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) toisen näytejakson aikana.

Viikko 1 (pe-pe)	Virtaama		P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
	l/vk	l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso II	25.200	3.600	6.329	22,8	2.698	9,7	122	439
Viikko 2 (pe-pe)	l/vk	l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso II	25.200	3.600	7.554	27,2	3.683	13,3	179	644
Koko jakso (keskim.)		l/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Näytejakso II		3.600	6.942	25,0	3.190	11,5	150	540

5.3. Kirkaste

Allashallin lietevesien aiheuttamaa vesistökuormitusta laskeutusaltaan kirkasteen (pintapoisto) kautta ei pystytä tarkasti määrittämään, sillä kirkastevedet johdettiin samaan poistokaivoon katosaltaiden poistovesien kanssa (ks. kappale 3.1.). Kirkasteen osuutta kuormituksesta voidaan arvioida vain suuntaa-antavasti laskemalla tiistain ja perjantain näytteiden (sis. kirkaste ja katosaltaiden poistovesi) aiheuttamat kuormitukset ja vähentämällä niistä taulukossa 8 esitetyt, pelkästään katosaltaiden poistovesien aiheuttamat kuormitukset (taulukko 10).

Taulukko 10. Laskeutusaltaan kirkasteen ja katosaltaiden tulo- ja poistovesien (tiistaina ja perjantaina otetut näytteet) yhteenlasketut keskimääräiset virtaamat (l/s), vesien sisältämät keskimääräiset fosfori- ($\mu\text{g/l}$) ja kiintoainepitoisuudet (mg/l) sekä -määrät (g/vrk) ja aiheutunut kuormitus Kitkajokeen toisen näytejakson aikana sekä kyseisen kuormituksen ja katosaltaiden kuormituksen perusteella arvioitu kirkasteen aiheuttama kuormitus Kitkajokeen.

Työviikko 1 (ti & pe)	Virtaama l/s	P suodattamaton		P suodatettu		Kiintoaine	
		$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi (katosaltaat), Kitkajoki	12,6	9,9	10,8	3,6	3,9	0,5	544
Poistovesi, Kitkajoki	12,64 ^{*)}	44,3	48,4	20,6	22,5	1,0	1.092
KUORMITUS			37,6		18,6		548
Katosaltaiden kuormitus (taul. 8)			27,7		10,6		545
KUORMITUS kirkaste			9,9		6,0		3
Työviikko 2 (ti & pe)							
	l/s	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	$\mu\text{g/l}$	g/vrk	mg/l	g/vrk
Tulovesi (katosaltaat), Kitkajoki	12,6	8,0	8,7	4,6	5,0	1,3	1.415
Pintapoisto, Kitkajoki	12,64 ^{*)}	39,9	43,6	24,6	26,9	1,0	1.092 ^{**)}
KUORMITUS			34,9		21,9		-323
Katosaltaiden kuormitus (taul. 8)			29,6		18,6		217
KUORMITUS kirkaste			5,3		3,3		-540

^{*)} laskeutusaltaan lieteveden pintapoiston (kirkaste) vesimäärän osuus n. 0,04 l/s vuorokausikeskiarvona

^{**)} poistoveden pienempi arvo suhteessa tulevaan veteen johtuu mahdollisesta näytteenottovirheestä tai kiintoaineen hajoamisesta

6. Tunnusluvut

6.1. Altaiden sisäinen itsepuhdistuvuus

Kasvatusaltaiden itsepuhdistuvuutta hallien (allashalli vain kesäaika) osalta voidaan arvioida lieteveden kuormituksen ja kokonaiskuormituksen välisestä suhteesta (ks. taulukko 11) seuraavasti:

Altaiden itsepuhdistuskyky (%) = lieteveden kuormitus / kokonaiskuormitus × 100

jossa, kokonaiskuormitus = poistoveden (pintapoisto) kuormitus + lieteveden kuormitus - tuloveden kuormitus

Taulukko 11. Hallien altaista lähtevä fosfori- ja kiintoainekuormitus (g/vrk) ja siitä lietesäiliöön/laskeutusaltaaseen johdettava määrä (g/vrk) ja niiden perusteella laskettu altaiden itsepuhdistuskyky (%) näytejaksoittain.

Näytejakso	Hautomo+poikashalli			Allashalli	
	I	II	keskim.	I ^{*)}	II
Kokonaiskuormitus	g/vrk	g/vrk	g/vrk	g/vrk	g/vrk
P suodattamaton	21,3	37,2	29,3	55,8	92,7
P suodatettu	9,5	7,5	8,5	38,8	23,0
Kiintoaine	691	1.143	917	1.211	1.419
Lietekuormitus	g/vrk	g/vrk	g/vrk	g/vrk	g/vrk
P suodattamaton	9,9	20,1	15,0	-	25,0
P suodatettu	4,9	4,6	4,8	-	11,5
Kiintoaine	309	719	514	-	540
Itsepuhdistuskyky	%	%	%	%	%
P suodattamaton	46,5	54,0	50,3	-	27,0
P suodatettu	51,6	61,3	56,5	-	50,0
Kiintoaine	44,7	62,9	53,8	-	38,1

^{*)} itsepuhdistuskykyä ei voida määrittää, koska altaista ei poistettu lietevesiä näytejakson aikana

6.2. Laskeutusaltaan puhdistusteho

Laskeutusaltaan puhdistustehoa voidaan arvioida alkusyksyn aikaisen näytejakson osalta allashallin lietevesien ja laskeutusaltaan kirkastevesien kuormitusten välisestä suhteesta. Kokonaisfosforin (suodattamaton) osalta lietevesi sisälsi fosforia keskimäärin 25 g/vrk (taulukko 10) ja kirkasteen mukana siitä joutui vesistöön keskimäärin 8 g/vrk (taulukko 10). Näin ollen puhdistamolle pumpattiin fosforia keskimäärin 18 g/vrk, joten puhdistustehoksi saadaan n. 70 %. Liukoisen fosforin osalta puhdistusteho oli n. 60 %. Saatuja arvoja ei voida pitää kuin enintään suuntaa-antavina (vrt. luku 5.3.).

7. Kuormitus ja puhdistusteho koko prosessissa

Tarkastelu tehdään vain kokonaisfosforin suhteen. Fosfori suodatetuissa (liukoinen fosfori) näytteissä samoin kuin kiintoainemäärä ovat tulosten ja edellä laskettujen tunnuslukujen mukaan pääsääntöisesti suhteessa kokonaisfosforiin, mutta eräissä tapauksissa prosessissa tapahtuu fosforin liukenemistä ja kiintoaineen hajoamista, mitkä vaikuttavat tulokseen. Kuormittajana kokonaisfosfori on myös oleellisin.

Hautomon, poikashallin ja katosaltaiden kuormitus kohdistui pelkästään poistovesinä (pintapoisto) suoraan vesistöön. Allashallin kuormitukseen tuli lisäksi toisella näytejaksolla lietteestä laskeutusaltaan kirkasteen kautta tuleva kuormitus. Jotta alueet olisivat vertailukelpoisia, altaista lähteväksi fosforin kokonaiskuormitukseksi merkittiin 100.

Kokonaisfosforikuormitukset edellä olevan suhdelukutarkastelun perusteella on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Suhteellinen kokonaisfosforikuormitus, lieteveden fosforiosuus ja osa-alueen kokonaisprosessin kuormitus. Altaista poistuva kokonaisfosforikuorma on merkitty suhdeluvulla 100.

Näytejakso	Hautomo+ poikashalli		Allashalli		Katos- altaat
	I	II	I	II	II
Kokonaiskuormitus	100	100	100	100	100
Lietevedessä	46,5	54,0	0,0	18,3 ^{*)}	0,0
Jätevedenpuhdistamolle (=kiinnisaatu kuormitus)					
Kuormitus vesistöön	53,5	46,0	100,0	81,7	100,0

^{*)} lukua voidaan pitää vain suunta-antavana, koska jätevedenpuhdistamolle johdettavaa fosforimäärää ei pystytty tarkasti määrittämään

Yllä olevat suhteelliset lukuarvot kertovat suoraan puhdistustoimenpiteiden tehokkuuden. Luvut eivät kuitenkaan kuvaa koko viljelyprosessin kuormitusvaikutusta, ellei taulukon 12 lukuarvoja edelleen suhteuteta osa-alueiden todelliseen kuormitukseen, mikä riippuu hallien kalamäärästä ja ruokinnasta sekä kalojen ruokintasuhdeesta. Koska selvityksen aikana, ja muutenkaan, ei ruokinta ja ruokintasuhde tai rehukerroin voi olla kalastosta johtuen suoraan vertailukelpoinen, jää mahdolliseksi painottaa kuormitus suuntaa antavasti keskimääräisellä kalabiomassalla (taulukko 13).

Taulukko 13. Osa-alueiden suhteellinen kuormitusvaikutus (%) koko laloksen kuormituksesta selvityksen aikana.

Osa-alue	Kuormitus- luku		Biomassa kg (keskim.)		Kuormitusluku biomassa		Kuormitus- vaikutus %	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Näytejakso								
Hautomo+poikashalli	53,5	46,0	774	517	41.409	23.782	2,9	1,9
Allashalli	100,0	81,7	13.807	15.314	1.380.700	1.251.154	97,1	97,3
Katosaltaat	-	100,0	-	101	-	10.100	-	0,8

8. Yhteenveto ja johtopäätökset

8.1. Näytejaksojen olosuhteet ja selvityksen virhelähteet

Lupaehdon 95 fosforikilon vuotuinen päästörajoitus vesistöön on riittävän suuri, että Kuusamon kalanviljelylaitos on pystynyt toimimaan ja toimi normaalilla teholla selvityksen aikana. Talviaikaisella näytejaksolla ruokinta oli alhaisesta veden lämpötilasta johtuen niin vähäistä, että ainakin osittain muut tekijät kuin altaiden rehun ja kalojen ulosteiden puhdistuskyky tulivat merkitseviksi.

Poikashallissa (myös hautomossa) oletettiin syntyvän alkusyksyn näytejaksolla suhteellisen paljon kuormitusta, koska suhteellisen tehokkaalla ruokinnalla tavoiteltiin suurempaa kasvua. Puhdistuslaitteiden (itsepuhdistuvat altaat) tehon tarkastelun kannalta tämä tilanne on edullinen, koska suuresta kuormituksesta on helpompaa poistaa suuri osuus kuin vähäisestä kuormituksesta.

Lieteanalyysit tehtiin pakastetuista näytteistä. Pakastamisen yhteydessä kiintoaineen ja liukoisen (suodatettu) fosforin pitoisuudet voivat muuttua, kokonaisfosforiin sillä ei ole juurikaan vaikutusta.

Kalojen ruokinta-automaattien (ITUMIC) antama rehunkulutus saattoi olla järjestelmän luonteesta johtuen osittain epätarkka.

8.2. Altaiden toimivuus itsepuhdistuvina ja lietteenerottelussa

Hautomon/poikashallin altaat toimivat suhteellisen hyvin itsepuhdistuvina ja lietteenerottelussa jätevedenpuhdistamolle johdettiin keskimäärin 50 % kokonaisfosforista. Altaiden itsepuhdistuskyky oli alkusyksyllä hieman parempi kuin talvella.

Allashallin altaiden itsepuhdistuvuutta voidaan tarkastella vain alkusyksyn näytejakson osalta. Hallin altaat toimivat itsepuhdistuvina huomattavasti huonommin kuin hautomon/poikashallin altaat ja lietteenerottelussa laskeutusaltaaseen johdettiin keskimäärin noin 27 % kokonaisfosforista.

Ero itsepuhdistuvuudessa hallien välillä voi olla ainakin osittain altaiden koosta, materiaalista sekä poistosihtien rakenteesta ja sihtien reikäkoosta johtuvaa. Hautomon/poikashallin pienissä, lasikuituisissa altaissa pohjalla oleva liete päättyy ehkä paremmin lietesyvennykseen kuin allashallin suuremmissa ja karkeampipohjaisissa betoniaitaissa. Pienemmissä altaissa veden pyörimisliike saattaa olla myös lietteenpoistolle edullisempaa.

Toisaalta hallien väliset erot altaiden itsepuhdistuvuudessa voivat johtua myös lietesyvennyksen erilaisista tyhjennystavoista. Hautomossa/poikashallissa lietesyvennykset tyhjenetään alipaineella toimivalla lietteenimujärjestelmällä viisi kertaa viikossa, kun taas allashallissa lietesyvennyksiä huuhdellaan kaksi kertaa viikossa, kerralla noin 10 sekunnin ajan. Huuhtelusta johtuen allashallin lietevesi on fosforipitoisuudeltaan 2,4-kertaa (alkusyksy) laimeampaa kuin hautomossa/poikashallissa. Allashallin lietteenpoisto tuottaa myös yli kolminkertaisen vesimäärän hautomoon/poikashalliin verrattuna.

Riistan- ja kalantutkimuksen Muonion kalanviljelylaitoksessa kesällä 1997 tehdyssä selvityksessä poikashallin lujitemuovisten altaiden (4,0, 12,5 ja 16,0 m²) itsepuhdistusteho kokonaisfosforin suhteen oli 40 % ja emokalahallin betonipohjaisten altaiden (50 m²) 32

% (Makkonen ym. 1998). Enonkoskella Saimaan kalantutkimus ja vesiviljelyssä kesällä 1994 tehdyssä selvityksessä poikashallin lasikuituisten altaiden (2,1, 3,3 ja 12,7 m²) itsepuhdistusteho kokonaisfosforin suhteen oli 78 % ja emokalahallin lasikuituisten, betonipohjaisten altaiden (28 ja 63 m²) 82 % (Pursiainen ja Makkonen 1995). Näitä lukuja ei voida suoraan verrata tämän selvityksen tuloksiin mm. erilaisten allaskokojen ja -materiaalien sekä lietesyvyyksien huuhtelumenetelmien ja lietevesien johtamisen erojen suhteen, mutta Enonkosken arvot määrittävät kuitenkin tason mihin altaiden itsepuhdistuvuudessa voidaan päästä.

8.3. Vesistökuormituksen määrä ja siihen vaikuttavat tekijät

Kuusamon laitoksen talviaikainen vesistökuormitus oli selvityksen aikana peräisin pelkästään altaiden poistovesistä, sillä allashallin lietteenpoistojärjestelmää ei käytetty. Hautomon/poikashallin lietevedethän johdetaan ympäri vuoden vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle, eivätkä ne siten aiheuta missään vaiheessa suoraa kuormitusta. Huhtikuussa laitoksen kokonaisfosforikuormitus vesistöön oli keskimäärin 67 g/vrk, josta hautomon osuus oli 1 %, poikashallin 16 % ja allashallin 83 %.

Kesäaikana vesistökuormitusta aiheuttivat lisäksi allashallin lietevedet laskeutusaltaan kirkasteen kautta sekä kesäaikaisessa käytössä olevien katosaltaiden poistovedet. Syyskuussa hautomon ja hallien altaiden poistovesien kokonaisfosforikuormitus vesistöön oli keskimäärin 85 g/vrk, josta hautomon osuus oli 2 %, poikashallin 18 % ja allashallin 80 %. Katosaltaiden poistovesien kautta joutui vesistöön fosforia keskimäärin 31 g/vrk eli syyskuussa laitoksen kokonaisfosforikuormitus vesistöön oli keskimäärin 116 g/vrk. Lisäksi laskeutusaltaan kirkasteen kautta tuli kahtena päivänä viikossa n. 8 g:n (arvio) fosforikuormitus.

Hautomosta/poikashallista johdettiin vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolle lietevesinä fosforia huhtikuussa keskimäärin 10 g ja syyskuussa 20 g vuorokaudessa. Jätevedenpuhdistamon teholla (90-95 %) tätä kautta aiheutui vesistökuormitusta ajankohdasta riippuen 0,5-2 g/vrk. Allashallista lietevesien sisältämästä fosforista (n. 25 g/vrk) pumpattiin jätevedenpuhdistamolle syyskuussa n. 17 g/vrk (lopun kirkasteen mukana vesistöön). Jätevedenpuhdistamon teholla (90-95 %) tätä kautta aiheutui vesistökuormitusta 0,9-1,7 g/vrk.

Poistoveden kautta vesistöön tuleva kuormitus oli käytännössä suoraan verrannollinen käytettyyn rehumäärään eli ruokinta lisää lähes samassa suhteessa kuormitusta. Myös lieteveden fosforipitoisuus, joka vaihteli varsin paljon samankin näytejakson eri päivinä, oli vastaavalla tavalla ruokinnasta riippuvainen (ks. liite).

Kuusamon (silloinen Käylä) kalanviljelylaitoksella vuosina 1987 ja 1988 tehtyjen tutkimusten tuloksia (Heinimaa 1991) ei pystytä suoraan vertailemaan tämän selvityksen tuloksiin, koska mm. kalabiomassat, rehunkulutus ja vedenkäyttö poikkeavat oleellisesti eri vuosina. Lisäksi ruokinta on tehostunut automatisoinnin ansiosta ja entisen ulkoallasalueen tilalla on nykyisin halli.

8.4. Mahdolliset kuormitusta vähentävät toimenpiteet

Hautomon ja poikashallin kuormitusvaikutus ei pienestä kalabiomassasta, rehun- ja vedenkäytöstä johtuen ole normaalissa viljelytilanteessa kovinkaan merkittävä. Lisäksi lietteenerottelutaso altaissa on suhteellisen hyvä ja liete johdetaan kokonaan pois laitokselta. Näin ollen, vaikka allaskohtaista lietteenerottelua voitaisiinkin vielä parantaa, ei siihen nykytilanteessa ole tarvetta.

Katosaltaiden poistovesien kuormitusvaikutus oli suurempi kuin hautomon/poikashallin, vaikka kalabiomassa olikin selvästi pienempi. Tämä selittyy sillä, että altaissa ei ole erillistä lietteenpoistoa, vaan poisto- ja pesuvedet johdetaan suoraan poistokaivon kautta vesistöön. Katosaltaiden kuormitusvaikutus ei kuitenkaan muodostu kovinkaan merkittäväksi pienestä kalabiomassasta, rehun- ja vedenkäytöstä sekä vain kesäaikaisesta käytöstä johtuen.

Laskeutusaltaaseen kertyvän lietteen poistoa ei nyky muodossaan ole hoidettu kovinkaan tehokkaasti. Lietettä kalkitsemalla estettäisiin fosforin hajoaminen, jolloin voitaisiin kerran vuodessa altaan pohjalta poistettavan lietteen mukana poistuva fosfori käyttää suoraan hyödyksi fosforipoistona ainetaselaskelmissa.

Vesistökuormituksen vähentämisessä päähuomio kohdistuu allashalliin ja siellä lietetaskujen tyhjennysrytmiin. Mikäli lietteenpoistoa pystyttäisiin parantamaan esimerkiksi siirtymällä päivittäiseen lietteenpoistoon ja estämällä kirkasteiden karkaaminen alapuoliseen vesistöön, voitaisiin tuotannollista toimintaa tehostaa joko lisäämällä kalabiomassaa ja/tai tehostamalla ruokintaa. Laitoksella ei nykytilassa ole kuitenkaan tarvetta tähän, sillä nykyinen vesioikeuden lupaehto mahdollistaa riittävän tuotannollisen kapasiteetin. Kuitenkin mahdollisia jatkotoimenpiteitä, joiden vaikutusta altaiden itsepuhdistuvuuteen ja allaskohtaiseen lietteenerotteluun voitaisiin selvittää, voivat olla:

- lietteenpoiston rytmityksen muuttaminen
- rakentamalla lietteenpoistojärjestelmä suljetuksi järjestelmäksi (kaikki liete puhdistamolle)
- allashydrauliikan muuttaminen pintapoiston osalta edullisemmaksi
- altaiden pohjamateriaalin tekeminen lietteenpoistoa edistäväksi, mm. maalaaminen
- erilaisten poistosihitirakenteiden ja sihti(reikä)kokojen testaus
- tulovesivirtauksen suuntaaminen siten, että osa tulevasta vedestä ohjataan altaan pohjan läheiseen vesikerrokseen ja suunnataan lietettä lietesyvennykseen ohjaavaan liikkeeseen
- tulovesivirtauksen suuttimien muotoilu niin, että kaikki käytettävissä oleva veden paine-ero saadaan muutettua altaiden veden kiertoliikkeeksi, mikä pitää pohjalle laskeutuvan lietteen paremmin liikkeessä ja vie sen mahdollisimman tuoreena lietesyvennykseen

Kiitokset

Tekijät esittävät parhaat kiitokset Kuusamon kalanviljelylaitoksen kalanviljelijöille selvitykseen liittyvistä näytteenotoista ja muista toimenpiteistä sekä laborantti Anita Väisäselle Taivalkosken riistan- ja kalantutkimuksessa tehdyistä laboratorioanalyyseistä.

Kirjallisuus

Heinimaa, P. 1991. Selvitys Käylän kalanviljelylaitoksen jätevesien puhdistusjärjestelmien tehosta ja käytön optimoinnista. Raportti vuosien 1987 ja 1988 kokeista. RKTL. Moniste, 30 s. + 13 liitettä.

Koski-Vähälä, J. 1998. Käylän seudun vesiosuuskunta. Käylän jätevedenpuhdistamon käyttö- ja kuormitustarkkailun tulokset vuodelta 1997. Lapin Vesitutkimus Oy. Raportti, 5 s. + 4 liitettä.

Makkonen, J., Salo, O., Pasanen, P. & Iivari, J. 1998. Selvitys Muonion kalanviljelylaitoksen aiheuttaman vesistökuormituksen osatekijöistä. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 125, 14 s. + 2 liitettä.

Pasanen, P. & Mustonen, S. 1997. Minimizing the waste from Kuusamo Aquaculture. In: Makkonen, J. (ed). Technical Solutions in the Management of Environmental Effects of Aquaculture. The Scandinavian Association of Agricultural Scientists Seminar no. 258, p. 28-32.

Pursiainen, M. & Makkonen, J. 1995. Jätefosforin ja -kiintoaineen virrat ja talteenotto kalanviljelyssä. Selvitys Saimaan vesiviljelyn aiheuttaman vesistökuormituksen osatekijöistä. RKTL. Kalaraportteja 27, 17 s. + 2 liitettä.

Vielma, J. 1992. Lietteen poisto kalankasvatusaltaista alipaineella: tutkimus fosforin puhdistustehosta Käylän kalanviljelylaitoksella. Evon kalastuskoeasema ja kalanviljelylaitos. Moniste, 10 s.

NÄYTEJAKSO II (31.8.-11.9.1998)

P µg/l suodattamaton		I/s	I/vrk	31.8.-1.9.	1.-2.9.	2.-3.9.	3.-4.9.	4.-7.9.	7.-8.9.	8.-9.9.	9.-10.9.	10.-11.9.
Kirkajoki	tulovesi	143,3	-	8,2	9,9	7,2	9,8	8,2	11,6	7,7	8,8	8,3
HAUTOMO	poistovesi	4,5	-	18,1	14,5	13,9	12,1	16,2	11,7	10,1	11,0	11,6
POIKASHALLI	poistovesi	24,5	-	15,1	13,7	15,8	12,6	19,5	15,3	19,9	16,3	17,7
	lietevesi	-	1.065-1.530	14.941	19.175	18.674	12.403	15.657	22.043	15.750	16.437	13.307
ALLASHALLI	poistovesi	101,7	-	20,1	16,4	13,8	15,0	14,9	16,0	19,7	17,4	16,0
	lietevesi	-	12.600	5.432	-	-	7.226	-	7.454	-	-	7.654
KATOSALTAAT	poistovesi	12,6	-	35,8	60,5 ^{*)}	30,5	28,0 ^{*)}	45,7	36,3	49,7 ^{*)}	38,5	30,0 ^{*)}
LASK. ALLAS	kirkaste	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P µg/l suodatettu		I/s	I/vrk	31.8.-1.9.	1.-2.9.	2.-3.9.	3.-4.9.	4.-7.9.	7.-8.9.	8.-9.9.	9.-10.9.	10.-11.9.
Kirkajoki	tulovesi	143,3	-	3,5	3,3	4,6	3,9	6,3	4,6	3,8	5,0	5,3
HAUTOMO	poistovesi	4,5	-	3,1	4,0	5,1	4,2	5,1	4,6	4,2	4,0	5,0
POIKASHALLI	poistovesi	24,5	-	5,7	5,6	4,8	5,2	6,4	5,6	5,3	5,0	9,6
	lietevesi	-	1.065-1.530	4.176	4.327	3.629	2.893	4.759	4.861	3.489	3.008	2.444
ALLASHALLI	poistovesi	101,7	-	4,8	5,7	5,3	6,0	5,5	6,2	5,2	6,4	7,2
	lietevesi	-	12.600	2.059	-	-	3.397	-	4.225	-	-	3.140
KATOSALTAAT	poistovesi	12,6	-	13,0	27,1 ^{*)}	14,7	14,1 ^{*)}	17,5	20,0	30,9 ^{*)}	23,8	18,3 ^{*)}
LASK. ALLAS	kirkaste	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kiintoaine mg/l		I/s	I/vrk	31.8.-1.9.	1.-2.9.	2.-3.9.	3.-4.9.	4.-7.9.	7.-8.9.	8.-9.9.	9.-10.9.	10.-11.9.
Kirkajoki	tulovesi	143,3	-	0,5	0,5	0,7	0,5	0,8	1,0	1,3	1,2	1,3
HAUTOMO	poistovesi	4,5	-	0,9	0,8	0,4	0,9	0,9	1,1	1,0	0,7	1,2
POIKASHALLI	poistovesi	24,5	-	1,0	0,9	0,9	0,8	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
	lietevesi	-	1.065-1.530	497	643	562	615	453	877	698	440	526
ALLASHALLI	poistovesi	101,7	-	0,8	1,1	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	0,6	1,6
	lietevesi	-	12.600	97	-	-	146	-	179	-	-	179
KATOSALTAAT	poistovesi	12,6	-	0,9	1,2 ^{*)}	1,2	0,7 ^{*)}	3,0	1,5	0,9 ^{*)}	1,0	1,1 ^{*)}
LASK. ALLAS	kirkaste	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^{*)} näytteet sisältävät katosaltaiden poistovesiä ja laskeutusaltaan kirkastevesiä, muina päivinä pelkästään katosaltaiden poistovesiä