

**45**

Hennamaarit Korhonen

Kaj Granberg

**Toivakan Humalajärven  
hajakuormitus selvitys**

ISSN 1455-1446

Hetimonex Oy  
Jyväskylä 2002

# Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	5
2	Yleistä vesistöön kohdistuvasta kuormituksesta .....	5
	2.1 Pistekuormitus .....	6
	2.2 Hajakuormitus .....	6
	2.2.1 Maatalous .....	6
	2.2.2 Karjatalous .....	7
	2.2.3 Metsätalous .....	7
	2.3 Haja- ja loma-asutus .....	8
	2.4 Laskeuma .....	9
	2.5 Luonnon huuhtouma .....	9
3	Tutkimusalue ja sen kuvaus .....	10
4	Aineisto ja menetelmät .....	11
5	Humalajärven valuma-alueen ravinnekuormitus .....	11
	5.1 Haja- ja loma-asutus .....	11
	5.2 Maatalous .....	12
	5.2.1 Peltoviljely .....	12
	5.2.2 Karjatalous .....	12
	5.3 Metsätalous .....	12
	5.4 Laskeuma .....	12
	5.5 Luonnonhuuhtouma .....	13
6	Yhteenveto valuma-alue tietojen perusteella lasketusta kuormituksesta .....	13
7	Humalajärven vedenlaatu, ravinnetaseet ja kuormituksen kehitys .....	14
8	Humalajärven kasviplankton .....	19
9	Tulosten tarkastelu .....	21
10	Hajakuormituksen vähentämisen toimenpide-ehdotuksia .....	23
	10.1 Haja- ja loma-asutus .....	23
	10.2 Maatalous .....	24
	10.3 Metsätalous .....	26
	Kirjallisuus .....	27

Liite 1/1	29
Liite 1/2	30
Liite 2	31
Liite 3	33
Liite 4	35
Liite 5/1	37
Liite 5/2	38
Liite 5/3	39
Liite 5/4	40
Liite 5/5	41
Liite 5/6	42
Liite 5/7	43
Liite 5/8	44
Liite 5/9	45
Liite 5/10	46

# 1 Johdanto

Suomen vesistöjen tila on parantunut viime vuosikymmeninä teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesien käsittelyn tehostumisen myötä. Samanaikaisesti kuitenkin monien hajakuormituksen piirissä olevien vesien tila on huonontunut. Hajakuormituksen fosfori- ja typpikuormitus on nykyisin suurempi kuin teollisuuden ja asutuksen yhteensä aiheuttama kuormitus. Hajakuormittajista etenkin maatalous on noussut suhteellisesti merkittävimmäksi vesistöjemme ravinnekuormittajaksi. Maatalouden rehevöittävä vaikutus vesistöissä näkyy etenkin alueilla, joilla maatalouden osuus maankäytöstä on merkittävä (Rekolainen ym. 1992). Hajakuormitusta tulee myös ilman kautta laskeutuneena vesipinnoille. Paikallisia haittoja vedenlaadulle aiheutuu myös haja- ja loma-asutuksen jätevesien puutteellisesta käsittelystä sekä metsätalouden toimenpiteistä.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty Toivakan Humalajärven valuma-alueella olevat mahdolliset kuormittajat, alueelta järveen tulevan kuormituksen määrä ja nykyinen järven vedenlaatu. Lisäksi pohditaan järveen tulevan kuormituksen vähentämisen vaihtoehtoja ja kuinka järven tila voitaisiin säilyttää vähintäänkin ennallaan. Järveen tuleva kuormitus selvitetään laskennallisesti. Selvitys on vastaus Humalajärviyhdistyksen tutkimuspyyntöön järven tilasta. Työssä on lisäksi kuvattu kuormituksen vähentämistä erilaisin vesiensuojelutoimenpitein. Humalajärven rannalla on paljon loma-asutusta ja myös vakituista asutusta, joten järvelle on asukkaille suuri merkitys etenkin virkistyskäytön kannalta.

## 2 Yleistä vesistöön kohdistuvasta kuormituksesta

Vesistöihin tuleva kokonaiskuormitus muodostuu piste- ja hajakuormituksesta, sekä näiden lisäksi maaperästä tulevasta luonnonhuuhtoumasta ja sadevesien mukana suoraan vesistöön tulevasta kuormituksesta. Pahiten vesistöjä kuormittavia aineita ovat fosfori ja typpi, biologisesti happea kuluttavat aineet, erilaiset myrkylliset aineet sekä taudinaiheuttajat. Typpi- ja fosforiravinteet rehevöittävät vesistöjä. Ravinnekuormituksen rehevöittävä vaikutus riippuu ravinteiden määrästä ja niiden esiintymismuodosta sekä kuormituksen jaksottumisesta (Berninger 1996).

## 2.1 Pistekuormitus

Pistekuormituksessa kuormittavaa ainesta tulee vesistöön yhdestä purkukohdasta. Merkittävimpiä pistekuormittajia ovat teollisuus, yhdyskunnat, kalankasvatus, turkistarhaus ja turvetuotanto. Teollisuuden ja erityisesti asutuksen aiheuttama kuormitus jakautuu melko tasaisesti ympäri vuoden. Sen sijaan esimerkiksi kalankasvatuksesta tuleva kuormitus keskittyy lyhyelle jaksolle loppukesään ja alkusyksyyn. Teollisuudesta, asutuksesta ja kalankasvatuksesta tulevien jätevesien sisältämät ravinteet ovat lähes kokonaisuudessaan vesistöjen perustuottajiin kuuluville leville käyttökelpoisessa muodossa (Salonen ym. 1992). Pistekuormituksen osuus kokonaiskuormituksesta on yleensä pieni, mutta sen paikalliset vaikutukset voivat olla hyvinkin merkittäviä. Tehostuneen vesiensuojelun myötä pistekuormituksesta johtuva fosforikuormitus on alentunut merkittävästi ja saman aikaisesti hajakuormituksen suhteellinen osuus erityisesti fosforikuormituksen osalta on kasvanut (Rekolainen ym. 1992).

## 2.2 Hajakuormitus

Hajakuormitus purkautuu vesistöön useista eri lähteistä ilman selvää purkukohtaa. Suurimpia hajakuormittajia ovat maatalous, metsätalous sekä haja- ja loma-asutus. Hajakuormituksen määrä vaihtelee suuresti hydrologisten olosuhteiden mukaan ollen suurimmillaan keväällä ja syksyllä. Hajakuormituksen vaikutukset vesistöön näkyvät usein vasta pitkällä viiveellä kuormituksen alkamisajankohdasta. Hajakuormituksen määrää ja vaihtelua ei pystytä tarkasti määrittämään, joten kuormitusarvioiden tekeminen on vaikeaa (Rekolainen 1992).

### 2.2.1 Maatalous

Maataloudesta aiheutuva vesistökuormitus on peräisin peltoviljelystä ja karjataloudesta. Maatalouden merkitys vesistöjen rehevöittäjänä johtuu lähinnä fosforikuormituksesta ja lisäksi typpiyhdisteet voivat pilata pohjavesiä. Ravinteista erityisesti fosfori on sisävesien kannalta ongelmallinen, sillä minimiravinteena se vaikuttaa ensisijaisesti vesien rehevöitymiskehitykseen. Pelloilta valuva maa-aines aiheuttaa myös veden samentumista ja liettymistä. Viime vuosikymmeninä maatalous on noussut suhteellisesti merkittävämmäksi vesistöjemme kuormittajaksi. (Rekolainen 1992) Maataloudessa käytetyt torjunta-aineet voivat myös vesistöön joutuessaan aiheuttaa haittaa vesieliöstölle. Suomen ympäristökeskus on arvioinut, että vuonna 1997 noin 60% ihmistoiminnan aiheuttamasta vesistöjen kokonaisfosforikuormituksesta ja lähes 50% typpikuormituksesta oli peräisin maatalouden toimista, vaikka maatalouden ympäristötukijärjestelmän käyttöönotto vuonna 1995 on muuttanut viljelymenetelmiä ympäristöystävällisempään suuntaan. Viime vuosina lannoitusmäärät erityisesti fosforin osalta ovat laskeneet, mutta vaikutukset vesistöjen tilaan näkyvät vasta pidemmän ajan kuluessa.

Pelloilta tuleva vesistöjä kuormittava vaikutus johtuu lähinnä lumen sulamisvesien ja sadevesien aiheuttamasta ravinnehuuhtoumasta ja kuormituksen vaihtelu eri vuosien välillä voi olla erittäin suurta. Peltoviljelystä aiheutuvaan ravinne- ja kiintoainekuormituksen suuruuteen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten sääolosuhteet (esim. sadanta ja routaisen ajan pituus), maaperä, peltojen kaltevuus, muokkausmenetelmä, lannoitus, viljelykasvit ja pellon kasvipeitteisyys.

Peltoviljelystä aiheutuva vesistökuormitus perustuu suurelta osin maa-aineksen ja lannoitteina käytettävien fosforin, typen ja kaliumin huuhtoutumiseen vesistöihin. Fosfori voi olla joko liukoisessa muodossa tai maahiukkasiin sitoutuneena, jonka takia siitä on vain noin 30 % leville käyttökelpoisessa muodossa. Valtaosa maatalouden typpikuormituksesta on liukoista nitraattityyppä, joka on suoraan leville käyttökelpoista. Nitraattitypen huuhtoutuminen on voimakkainta syksyllä ja keväällä. Maatalouden kuormitukselle on tyypillistä, että kuormituksen maksimit ajoittuvat kevääseen ja syksyyn, jolloin levien kasvu on valon niukkuuden ja vesien kylmyyden takia vähäistä. Kokonaisfosforikuormituksesta sedimentoituuikin huomattava osa ennen kasvukautta. Liukoinen fosfori pysyy kuitenkin vesifaasissa, kunnes levät sitovat sen. Riippuen vesistön viipymästä ravinteiden sitoutuminen voi tapahtua jo ensimmäisessä järvioltaassa tai vasta huomattavasti alempana vesistössä (Rekolainen ym. 1992).

### 2.2.2 Karjatalous

Karjatalouden aiheuttama ravinnekuormitus vesistöihin on peräisin lantaloiden suorista vuodoista, puutteellisista lannanvarastointitiloista, lannan levitykseen käytettävän peltoalan riittämättömyydestä, karjan laidunnuksesta aiheutuvista ulostepäästöistä (laidunnus liian lähellä vesistöä tai eläimet pääsevät vesistöön asti), säilörehun puristenesteestä sekä maito- ja kotieläinhuoneiden pesuvesistä. Lannan varastoinnissa ongelmia aiheuttavat huonokuntoiset ja liian pienet lantalat. Ravinnekuormituksen lisäksi lannan sisältämät bakteerit heikentävät veden hygieenistä laatua.

Karjanlannan käytön ympäristöhaittojen suuruuteen vaikuttavat käyttömäärä, levitysjankko ja levitystekniikka. Vesistökuormituksen kannalta on oleellista, kuinka paljon lantaa levitetään pellolle ja otetaanko se huomioon muuta lannoitusta suunniteltaessa (Rekolainen ym. 1992).

### 2.2.3 Metsätalous

Metsätaloustoimenpiteistä ojitus, hakkuut, metsänuudistukseen liittyvä maanmuokkaus, metsälannoitus sekä torjunta- ja suoja-aineiden käyttö aiheuttavat eniten haitallisia vesistövaikutuksia. Merkittävimpiä muutoksia metsätaloustoimenpiteet aiheuttavat vesissä typen, fosforin, kiintoaineen sekä liuenneen orgaanisen aineen eli humuksen pitoisuuksissa (Korhonen & Savomäki 1997). Metsätaloustoimenpiteistä aiheutuvan kuormituksen määrään vaikuttaa ensisijaisesti maaperän kyky sitoa ravinteita. Kivennäismaat kykenevät sitomaan hyvin ravinteita, mutta turvemaiden ravinteiden sitomiskyky on selvästi huonompi. Kuormittavat toimenpiteet suurentavat yleensä valumaveden ravinnepitoisuuksien lisäksi myös valunnan määrää.

Metsäojitusten tarkoituksena on lisätä puuston tuottavuutta parantamalla maan kuivatusta. Lisääntyneen valunnan ansiosta myös ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoumat kasvavat. Ojituksista aiheutuva suurin vesistöhaitta on kiintoaineen huuhtoutuminen, joka on suurimmillaan ojitusten aikana ja muutamia vuosia ojituksen jälkeen. Suuret fosforipitoisuudet ojituksen yhteydessä liittyvät useimmiten kiintoaineen kulkeumaan (Kenttämies & Saukkonen 1995).

Hakkuiden seurauksena ravinteita ja vettä pidättävä puusto poistuu, jolloin maaperän vesipitoisuus nousee ja lämpöolot muuttuvat, jonka seurauksena ravinnehuuhtoumat lisääntyvät. Tämä nopeutuu, mikäli maanpinta rikkoutuu. Juuristojen ja hakkuutähteiden lahotessa niihin sitoutuneet ravinteet vapautuvat ja joutuvat alttiiksi huuhtoutumiselle (Ahtiainen & Huttunen 1995). Varsinkin turve- maan avohakkuut saattavat aiheuttaa huomattavan ravinnekuormitusriskin. Met-

sälannoituksessa metsään levitetään kerralla ravinteita niin paljon, että se vastaa puuston usean vuoden tarvetta. Metsälannoituksissa lannoitefosforin huuhtoutuminen kivennäismailla on yleensä hyvin vähäistä, koska fosfori sitoutuu voimakkaasti mineraalimaissa runsaina esiintyvien alumiini- ja rautayhdisteiden kanssa. Sen sijaan karuilla turvemaidella, varsinkin rahkavaltaisilla soilla, fosforia huuhtoutuu lannoituksesta runsaasti (Pätilä 1989).

Metsätalouden vesistövaikutukset ovat maatalouteen verrattuna vähäisiä. Merkittävää metsätalouden aiheuttama kuormitus on vesistöjen latvaosien puroissa, pikkujärvissä ja lammissa sekä vähäjärvisissä jokivesistöissä, joiden valuma-alueesta metsätaloustoimenpiteet voivat kerralla käsittää valtaosan. (Kenttämies & Saukkonen 1995). Metsätaloustoimenpiteen laajuus ja voimakkuus suhteessa valuma-alueen kokoon vaikuttavat vesistöihin kohdistuvaan kuormitus-paineeseen, joten metsätalouden toimilla voi paikallisesti olla merkityksellisiä vaikutuksia vesistöjen laatuun.

### **2.3 Haja- ja loma-asutus**

Haja-asutuksen vesistökuormituksella tarkoitetaan yleisen viemäriverkoston ulkopuolella olevan asutuksen aiheuttamaa kuormitusta. Kuormitus syntyy pääasiassa asumajätevesistä. Jätevedet jaetaan pesuvesiin eli harmaisiin vesiin ja käymälävesiin eli mustaan veteen. Pientalossa vedenkulutus on yleensä 100-150 l/as/d. Vesikäymälän vaikutus jäteveden lika-ainemääriin on huomattava. Käymäläveden osuus suomalaisen kotitalouden jätevesimäärästä on 20-30 %, fosforikuormasta 20-40 % ja typpikuormasta 70-90 %.

Haja-asutusalueen asukkaat, jotka eivät kuulu kunnallisen viemäriverkoston piiriin, kuormittavat vesillään vesistöjä selvästi enemmän kuin ne asukkaat, joiden jätevedet käsitellään nykyaikaisissa jätevedenpuhdistamoissa. Haja-asutuksen aiheuttama vesistökuormitus fosforin osalta on yli nelinkertainen puhdistamoiden kautta tulevaan kuormitukseen verrattuna. Typen osalta haja-asutuksen aiheuttama vesistökuormitus on 63 % puhdistamoiden kautta tulevasta kuormituksesta. Typen ja fosforin lisäksi haja-asutuksen jätevedet sisältävät happea kuluttavaa orgaanista ainesta, kiintoainesta ja bakteereja. Haja- ja loma-asutuksen kuormitusosuus ja merkitys on suurimmillaan kesäaikana, jolloin virtaamat ovat pieniä. Kesäaikana jätevedet voivat rehevöitymishaittojen lisäksi aiheuttaa myös hygieenisii ongelmia kuten taudinaiheuttajien leviämistä ja epämiellyttävää hajua. (Santala 1990)



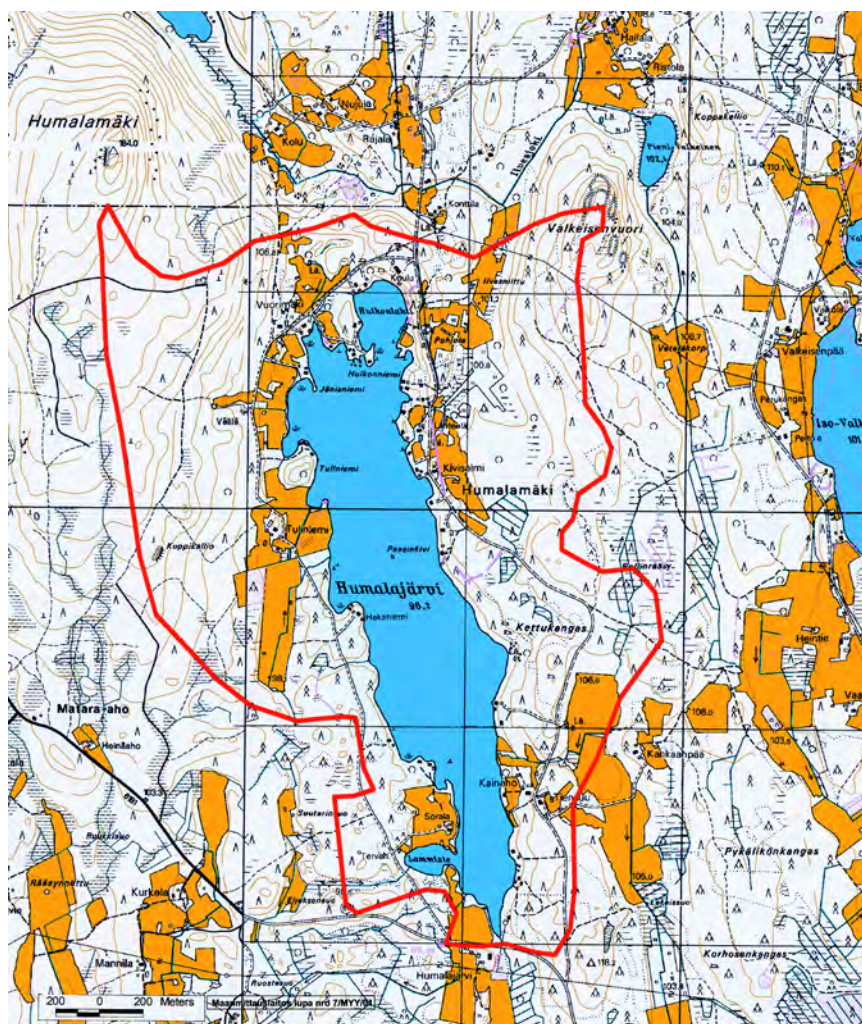
## **2.4 Laskeuma**

Vesistöjä kuormittavia ravinteita typpeä ja fosforia tulee vesistöihin myös suoraan ilmasta. Laskeumat tulevat joko märkälasseumana sateen mukana tai kuivalasseumana kiintoaineisiin sitoutuneena. Suurin osa laskeumasta kulkeutuu Suomeen kaukolaskeumana ulkomailta. Osa laskeumasta on täysin luonnontilaista ja osa ihmisen toiminnasta aiheutuvaa. Laskeumasta aiheutuva kuormitus vaihtelee suuresti mm. sademäärän ja ilmavirtausten mukaan.

## **2.5 Luonnon huuhtouma**

Luonnon huuhtouma kuvaa sitä ravinnekuormaa, joka valuma-alueelta tulisi, jos se olisi luonnontilaista tai pitkään käsittelemättömänä ollutta metsää. Siihen kuuluu maalle sataneen veden ja lumen aiheuttama ravinnehuuhtouma sekä metsänkäsittelyn pitkäaikaisvaikutukset huuhtoumiin. Luonnonhuuhtoumaa ei varsinaisesti luokitella ympäristöä kuormittavaksi tekijäksi, sillä ravinteiden vapautuminen on luontainen, ihmisen toiminnoista riippumaton tapahtuma. Luonnonhuuhtouman mittaaminen on erittäin hankalaa (Litmanen 1999).

### 3 Tutkimusalue ja sen kuvaus



Kuva 1. Humalajärven valuma-alue.

Tutkimusalue sijaitsee Keski-Suomessa Toivakan kunnan alueella. Humalajärvi kuuluu Kymijoen vesistöalueen Pitkäjoen (14.318) valuma-alueeseen; järven vedet virtaavat Kalajokea pitkin Pitkäjokeen ja sitä kautta edelleen Leppäveteen.

Valuma-alueen pinta-ala on noin 5,85 km<sup>2</sup> (kuva 1). Valuma-alueen järvisyys on 21 % käsittäen pääasiassa järven oman pinta-alan. Humalajärven pinta-ala on noin 1,227 km<sup>2</sup> ja tilavuus 3 970 200 m<sup>3</sup>. Järvi on erittäin matala, keskisyvyys on 3,23 m ja järven syvin kohta on 5 m. Humalajärven suurin pituus etelästä pohjoiseen on noin 3 km. Humalajärven keskivirtaama on 0,0527 m<sup>3</sup>/s ja teoreettinen viipymä 2,5 vuotta eli 913 vuorokautta. Humalajärven erikoispiirre on se, että järvi ei noudata kartion tilavuutta, kuten järvet yleensä, vaan sen pohja on laakea, mistä syystä tilavuutta on lähes 1 milj. m<sup>3</sup> normaalia enemmän.

Valuma-alueen pinta-alasta 23 % on kuusivaltaista kangasmaata, 17,6 % kangasmaalla kasvavaa sekametsää ja 11,8 % mäntyvaltaista kangasmaata. Järven ympärillä on

paljon pienikokoisia peltoalueita, joista suurin osa on pois viljelystä ja osa jo metsitetty. Humalajärven rannat ovat pääasiassa matalia ja reheväkasvuisia. Itäranta on länsirantaa kivekköisempi, syvämpi ja karumpi. Länsiranta on erittäin rehevän oloinen ja erityisesti aallokelta suojassa olevissa lahdissa kasvillisuus on hyvin rehevää ja selvästi vyöhykkeistä. Yleisesti rannoilla vallitsevat ilmaversoisten kasvien, järvikortteen, järviruohon ja paikoin myös järvikaislan tiheet kasvustot. Monin paikoin edellä mainittujen ilmaversoisten joukossa esiintyy ratamosarpiota. Yleensä ilmaversoisten kasvivyöhykkeen ulkopuolella on selvä kelluslehtisten kasvien vyöhyke, jonka peruslajiin kuuluvat mm. ulpukka, lumme, vesitatar, erilaiset vidat sekä palpakot.

Kesällä 2000 Humalajärvessä esiintyi voimakas, koko vesimassan värjännyt sinileväesiintymä. Veden näkösyvyys oli heikoimmillaan vain muutama kymmenen senttiä. Edellisen kerran Humalajärvessä on havaittu yhtä voimakas leväkukinta kesällä 1992 ja 1993. Voimakkaat kukinnat vaikeuttivat järven virkistyskäyttöä ja heikensivät jopa mökkikauppaa.

Toimivia maatiloja Humalajärven valuma-alueella on vain yksi. Maatila sijaitsee aivan järven eteläpäässä, valuma-alueen rajalla. Osa maatilan rakennuksista ja pelloista jää valuma-alueen rajojen ulkopuolelle. Tila kuuluu EU-ympäristötuen perustuen piiriin. Valuma-alueella ei ole lainkaan pistekuormittajia, joten alueen kuormitus on peräisin haja-kuormituksesta.

## 4 Aineisto ja menetelmät

Selvityksen perustana on käytetty aikaisemmin tehtyjä veden laadun tutkimuksia. Ensimmäiset tutkimukset on tehty jo 1970-luvun alussa. Viimeisimmät mittaukset ovat kesältä 2001. Lisäksi alueella on suoritettu kesän 2001 aikana maastokäyntejä. Myös alueen asukkaita haastatteleamalla on pyritty saamaan alueesta yksityiskohtaisempaa tietoa. Haja- ja loma-asutuksen jätevesiratkaisuja selvitetiin asukkaille lähetetyn kyselyn avulla. Vastausprosentti kyselyyn oli lähes 100.

Tutkimus perustuu valuma-alueen maankäyttötietojen perusteella tehtyyn laskennalliseen arvioon, vedenlaatutietoihin sekä mallilaskelmiin. Tiedot alueen maankäyttömuodoista tilattiin Suomen ympäristökeskukselta. Lisäksi järven niin kutsuttua sisäisen kuormituksen osuutta pyrittiin arvioimaan laskennallisilla menetelmillä. Vesinäytteenottotulosten avulla laskettiin myös ainetaseita. Ainetasemallien lähtökohtana on massatasapainoyhtälö, jossa tarkastellaan järveen tai tiettyyn vesistöosaan tulevia ja siitä lähteviä ainevirtaamia sekä aineen sedimentoitumista ja muita vesistön sisäisiä prosesseja. Humalajärven osalta ainetaseet laskettiin typelle ja fosforille.

## 5 Humalajärven valuma-alueen ravinnekuormitus

Laskennallisten menetelmien avulla kokonaiskuormitus pystyttiin jakamaan osatekijöihin: luonnonhuhautuma, laskeuma, metsätalouden kuormitus, haja- ja loma-asutuksen kuormitus sekä maatalouden kuormitus että sisäinen kuormitus. Kullekin kuormittajalle on olemassa ns. ominaiskuormituskertoimet, joiden avulla kuormitus voidaan arvioida.

### 5.1 Haja- ja loma-asutus

Haja- ja loma-asutuksen määrä, sijoittuminen vesistöön nähden sekä vesistön hydrologiset, biologiset ja kemialliset ominaisuudet ratkaisevat asutuksesta muodostuvan haitan määrän. Aiheutuvat haitat vesistöissä ovat rehevöityminen, hapen kulutuksen kasvaminen ja hygieeniset haitat. Pienissä vesistöissä haitat korostuvat (Rontu ja Santala 1995).

Haja- ja loma-asutuksen aiheuttama kuormitus on arvioitu Ronnun ja Santalan (1995) mukaan olettaen, että vakituissa asunnoissa ei ole käymäläjätteen erilliskäsittelyä. Tuolloin kuormitus lasketaan seuraavasti:

- 0,43 kg P/as/a  
- 3,1 kg N/as/a

Loma-asutuksen aiheuttama kuormitus on laskettu vaatimattomien asuntojen ominaiskuormituksen (0,25 kg P/as/a ja 0,3 kg N/as/a) ja loma-asuntojen määrän mukaan. Lisäksi oletetaan, että yhtä loma-asuntoa käyttää 3 asukasta keskimäärin 60 vuorokautta vuodessa.

Humalajärven valuma-alueella on 17 vakituista asuntoa ja asukkaita on yhteensä 26. Loma-asuntoja järven rannalla on 36. **Vakituisten ja loma-asutuksen vesistöön aiheuttama kuormitus Humalajärven alueella on yhteensä 15,6 kg P/a ja 85,9 kg N/a.**

## 5.2 Maatalous

### 5.2.1 Peltoviljely

Peltoviljelyn aiheuttama fosforikuormitus on arvioitu Liminganlahden vesistöalueen vesiensuojelusuunnitelmassa (Viikinkoski ja Hynninen 1995) käytettyjen ominaiskuormituslukujen avulla:

- viljanviljely 1,0 kg P/ha/a
- nurmi, viherkesanto 0,6 kg P/ha/a
- avomaaviljely 2,0 kg P/ha/a

Rekolaisen (1989) mukaan peltoviljelystä aiheutuu typpikuormitusta 7,6-20 kg N/ha/a. Tässä työssä on käytetty ominaiskuormituksena 14 kg N/ha/a.

Humalajärven valuma-alueen **peltoviljelyn aiheuttamaksi fosforikuormitukseksi saadaan edellä esitetyn mukaan arvioiden noin 26 kg P/a ja typpikuormaksi 433 kg N/a**. Peltoviljelyä koskevat tiedot on saatu Toivakan kunnan maataloussihteeriltä.

### 5.2.2 Karjatalous

Valuma-alueella ei ole kuin yksi maitokarjatila, joka sijaitsee aivan Humalajärven eteläpäässä, valuma-alueen rajalla. Kirjallisuuden perusteella nautayksiköiksi muutettuna eläinmäärä on yhteensä 39,5 nautayksikköä. Karjatalouden kuormitus on arvioitu Lakson ja Viitasaaren (1990) ominaiskuormituslukujen perusteella, jonka mukaan yhden nautayksikön kuormitus on 0,44 kg P/a ja 2,50 kg N/a. **Valuma-alueen karjatalouden fosforikuormitus on 17,4 kg/a ja typpikuormitus 98,8 kg/a.**

## 5.3 Metsätalous

Humalajärven avohakkuu-, metsäojitus ja lannoitustiedot on saatu Toivakan kunnan metsänhoitoyhdistykseltä. Ojituksia ja lannoituksia alueella ei ole tehty viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämän vuoksi metsätalouden kuormitus vuonna 1999 muodostuu vain hakkuiden aiheuttamasta kuormituksesta. Avohakkuuta viimeisen kymmenen vuoden aikana valuma-alueella on tehty 50 ha. Selänteen ja Bilaletdinin (1996) mukaan vuosittaisena fosforikuormana käytetään 0,4 kg P/ha/a ja typpihuuhtoumana 2,2 kg P/ha/a. Vaikutusten oletetaan kestävä viisi vuotta. Tällä tavalla laskien **hakkuiden aiheuttama kuormitus valuma-alueella on 10 kg P/a ja 55 kg N/a**, olettaen, että vuosittainen hakkuuala on 5 ha.

## 5.4 Laskeuma

Ilman kautta laskeuman mukana tulevat fosfori- ja typpimäärät on arvioitu Vesistökuormituksen arviointi ja hallintajärjestelmästä saatujen laskeuma-arvojen pohjalta. Laskeuma-arvoiksi on annettu fosforille 11 kg/km<sup>2</sup> ja typelle 684 kg/km<sup>2</sup>. Humalajärven valuma-alueella **laskeuman mukana tulee vesistöön kuormitusta 13,5 kg P/a ja 839,3 kg N/a.**

## 5.5 Luonnonhuuhtouma

Luonnontilaisilta alueilta kulkeutuu vesistöihin ravinteita ilman ihmistoiminnan vaikutusta ns. luonnonhuuhtoumana. Rekolaisen (1989) mukaan luonnonhuuhtouma vaihtelee fosforin osalta 5,9 – 8,9 kg/km<sup>2</sup>/a ja typen osalta 150 – 210 kg/km<sup>2</sup>/a. Käyttämällä keskimääräisiä huuhtouma-arvoja saadaan **fosforihuuhtoumaksi 35,3 kg/a ja typpihuuhtoumaksi 859,1 kg/a**.

## 6 Yhteenveto valuma-alue tietojen perusteella lasketusta kuormituksesta

Humalajärven valuma-alueella syntyvästä fosforikuormituksesta 68,9 % ja typpikuormasta 62,9 % on ihmistoiminnasta peräisin (Taulukko 1.) Ihmistoiminnan aiheuttamasta fosforikuormasta suurin osa (50,1 %) on peräisin maataloudesta. Toiseksi suurin fosforin lähde on haja- ja loma-asutus (20 %). Maatalouden kuormituslaskelmissa on otettu huomioon EU:n ympäristötuen kuormitusta vähentävä vaikutus. Peltoviljelyn ja karjatalouden kuormituksista on vähennetty 10 %. Karjatalouden aiheuttama fosfori- ja typpikuorma saattavat olla 10 %:n vähennyksestä huolimatta yliarvioituja, koska valuma-alueen ainut karjatila sijaitsee aivan valuma-alueen rajalla ja laskuajan varressa.

Ihmisen aiheuttamasta typpikuormasta yli puolet (57,5 %) tulee laskeuman mukana ja toiseksi eniten typpikuormitusta tulee maataloudesta (32,8 %). Myös typpilaskelmissa on huomioitu 10 %:n vähennys maatalouden osalta.

Taulukko 1. Vesistökuormituksen jakautuminen Humalajärven valuma-alueella

Kuormitus- lähde	kg P/a	A		B	
		%	%	kg N/a	%
Peltoviljely	23,4	20,6	30,0	389,7	16,8
Karjatalous	15,7	13,8	20,1	88,9	3,8
Metsätalous	10,0	8,8	12,8	55,0	2,4
Haja- ja loma-asutus	15,6	13,7	20,0	85,9	3,7
Laskeuma	13,5	11,9	17,3	839,3	36,2
Ihmistoiminnan aiheuttama kuormitus	78,2	68,9		1458,8	62,9
Luonnonhuuhtouma	35,3	31,1		859,1	37,1
<b>Yhteensä</b>	<b>113,5</b>			<b>2317,9</b>	

A = osuus kokonaiskuormituksesta

B = osuus ihmistoiminnan aiheuttamasta kuormituksesta

## 7 Humalajärven vedenlaatu, ravinnetaseet ja kuormituksen kehitys

Humalajärvestä on ympäristökeskuksen käytössä vedenlaatutietoja vuodesta 1973 vuoteen 2001 yhteensä 31 kappaletta (liite 1). Vesinäytteet on otettu aina samasta näytteenottopisteestä, jossa vettä on 4 metriä (koordinaatit: YK 6895240 - 3450440). Tiedot on koottu ympäristöhallinnon vedenlaaturekisteriin.

Pintaveden kokonaisfosforipitoisuus on vaihdellut 9-38  $\mu\text{g/l}$  (keskiarvo 21  $\mu\text{g/l}$ ) ja typpipitoisuus 380-1500  $\mu\text{g/l}$  (keskiarvo 631  $\mu\text{g/l}$ ) eli järvi voidaan luokitella reheväksi. Myös järven klorofylli -a -pitoisuuden (keskiarvo 20  $\mu\text{g/l}$ ) mukaan järvi on rehevöitynyt. Arvo on vaihdellut 4,5-82  $\mu\text{g/l}$  välillä. Näytetulosten väriluku kertoo, että Humalajärvi on lievästi humuspitoinen. Järven puskurikyky happamoitumista vastaan on hyvä. Järven veden pH-arvo on vaihdellut arvojen 6,6-9,5 välillä (keskiarvo 7.2). pH-arvo on ollut emäksisen puolella 20 näytteenotokerralla 30:sta. Selvästi emäksiset pH-arvot viittaavat runsaaseen levätuotantoon. Liitteissä 2-4 on esitetty keskeisimpien vedenlaatumuuttujien aikasarjat.

Vesistön fosforipitoisuuden arviointiin fosforikuormitustiedoista tarvitaan arvio fosforin sedimentaatiosta, mikä saadaan mallien avulla.

Fosforin pidättymiskerroin R voidaan ratkaista esim. seuraavasta Friskin - Lappalaisen yhtälöstä (Frisk 1983):

$$(1) \quad R = 0.9 \frac{Co \cdot T}{280 + Co \cdot T}$$

missä  $Co$  = fosforin alkupitoisuus =  $I_p/Q$   $\text{mg/m}^3$   
 $T$  = viipymä kuukausina ( $V/Q$ )

Pidättymiskertoimen avulla lasketaan poistuvan veden (= järven luusuan t. järven fosforipitoisuus):

$$CO = (1 - R)Co, \text{ missä}$$

$Co$  = fosforin alkupitoisuus  $\text{mg/m}^3$   
 $CO$  = poistuvan veden fosforipitoisuus,

tai poistuva fosforikuorma:

$$Op = (1 - R)Ip, \text{ missä } Op = \text{poistuva fosforikuorma.}$$

Friskin (1983) esittämä yleinen fosforin sedimentaatiomalli edustaa toisen kertaluvun reaktiokinetiikkaa:

$$(2) \quad Sp = a \cdot Cp^b \Delta V$$

missä  $Sp$  = fosforin nettosedimentaatio  
 $a$  = sedimentaatiokerroin (0,00015 - 0,0008, fosforille usein 0,0003)  
 $b$  = sedimentaatioeksponentti, vaihtelee välillä 1,9 - 2,2  
 $\Delta V$  = tutkittavan vesistöosan tilavuus

Useissa tapauksissa voidaan olettaa, että sedimentaatioeksponentti  $b = 2$ . Friskin (1983) mukaan voidaan tällöin esittää seuraava kaava, jolla fosforipitoisuus on laskettavissa:

$$(3) \quad C_p = \frac{1}{2aV} (-Q + \sqrt{Q^2 + 4aV * I_p})$$

Kun sedimentistä vapautuva fosfori,  $r_p = mg P/m^2 * d$  ja sedimentin (t. alusveden alaisen sedimentin ala)  $A (m^2)$  otetaan huomioon, kaava saa muodon:

$$(4) \quad C_p = \frac{1}{2aV} (-Q + \sqrt{Q^2 + 4aV(I_p + r_p \Delta A)})$$

Laadut, kuten edellä. Virtaamana käytetään vuorokausivirtaamaa ( $Q * 86400$ ), kuormitus ilmoitetaan  $mg P/d$ . Tulos on fosforipitoisuus  $mg P/m^3$  ( $\mu g P/l$ ). Kaavaa (4) voidaan käyttää, kun arvioidaan sedimentistä liukenevan fosforin vaikutusta järven fosforipitoisuuteen (sisäinen kuorma). Kun sedimentaatiokertoimelle  $a$  annetaan arvoksi **0,000005**, voidaan kaavalla arvioida kokonaistypen sedimentaatiojärvaltaassa.

Yksinkertainen fosforikuormitusmalli Friskin (1979) mukaan:

$$(5) \quad I = 0.158 \frac{Q}{T} (C * T - 280 + \sqrt{78400 - 448CT + C^2 T^2})$$

missä  $I$  = järveen tuleva fosforikuorma (tonnia fosforia vuodessa)

$C$  = keskimääräinen järven (luusuan) kokonaisfosforipitoisuus  $mg/m^3$

$Q$  = luusuan keskivirtaama  $m^3/s$

$T$  = teoreettinen viipymä  $kk$ .

Tällä yhtälöllä laskettiin taseiden fosforikuormat. Sisäkuorman vaikutus nostaa fosforikuormituksen arvoja kaavassa, koska kaavaan tulee järven koko fosforisisältö.

Sovitus järven fosforinsiedosta Vollenweiderin (1975) mukaan:

“Sallittava kuorma”  $P_a \text{ g P/m}^2 * a = 0.055 x^{0.635}$

“Vaarallinen kuorma”  $P_d \text{ g P/m}^2 * a = 0.174 x^{0.469}$

missä  $x = q_s \text{ m/a}$

$$q_s = \frac{\text{vuosivirtaama } m^3/s}{\text{pinta-ala } m^2}$$

Humalajärven sallittava fosforikuorma on 0,066 g/m<sup>2</sup>/a ja vaarallinen kuorma 0,2006 g/m<sup>2</sup>/a, joten järvi on huomattavan ylikuormittunut.

Humalajärven vedenlaatuaineistoista laskettiin ns. laajennetut ainetaseet vuosilta 1973 - 78 ("luonnontila"), 1989 - 1996 sekä 1998 - 2000. Tavallisissa ainetaseissa tutkitaan ravinteiden tulokuormaa vesistöön, poistuvaa kuormaa ja sedimentaatiota, tavallisimmin nettosedimentaatiota. Lappalainen ja Varis (1987) ovat esittäneet viiden tekijän yhtälön, jossa *nettosedimentaation* sijaan on käytetty sen tekijöitä, *bruttosedimentaatiota* ja takaisin palautumista eli *sisäistä kuormitusta*, jotka voidaan arvioida muiden tunnettujen tekijöiden jäännöksinä. Laajennetussa ainetaseessa on oleellista sisäisen kuormituksen määrittäminen, joka tapahtuu seuraavan yhtälön avulla (Lappalainen ja Matinvesi 1990):

$$(6) \quad I_s = O + S_b + dm/dt - I$$

missä:  $I_s$  = sisäinen kuormitus

$O$  = luusuasta ja kalansaaliissa poistuva fosfori/typpikuorma

$S_b$  = bruttosedimentaatio

$dm/dt$  = vesimassan (ml. plankton) ravinnevarasto

$I$  = ulkoinen kuormitus (myös luonnon huuhtouma)

Fosforin nettosedimentaatio:

$$(7) \quad S = S_b - I_s$$

Typen nettosedimentaatiota voidaan kuvata seuraavasti:

$$(8) \quad S = S_b - I_s = I - O - dm/dt - (D - F)$$

Käytännössä typen nettosedimentaatio saadaan kertomalla fosforin nettosedimentaatio sedimentin N/P-suhteella. Suomalaisissa järvissä tämä N/P-suhte on keskimäärin 3:1.  $(D - F)$  = denitrifikaatio.

*Denitrifikaatio* tai *typen assimilaatio* lasketaan seuraavasti:

$$(9) \quad (D - F) = I - O - dm/dt - S$$

eli denitrifikaatio = ulkoiset tulot - luusuasta poistuva - ainesisällön muutos - häviöt sedimenttiin. Jos kaavan tulos on positiivinen, kyseessä on denitrifikaatio, ja jos tulos on negatiivinen, tulos ilmentää typen assimilaatiota (sinilevät) **tai** typen liukenemista veteen ammoniumtyypinä.

Suhdetta  $dm/dt$  ei määritetty tässä työssä aineiston vähyyden vuoksi. Taseessa on oletettu, että kasvukauden aikainen ravinnesisällön muutos = 0.

Bruttosedimentaatio voidaan laskea joko mittaamalla keräysastioihin sedimentoituneesta aineksesta tai "in situ"- perustuotannon tuloksista. Biomassaan sitoutuu ravinteita hiilen mukana hiili:typpi:fosforisuhteen mukaisesti. Kirjoittaja on käyttänyt C:P:N-suhdetta 100:13:2,8, mikä on piilevillä painotettu suhde (Granberg 1973). Perustuotanto on laskettu regressiomallilla (Granberg ja Harjula 1982). Taseet laskettiin kesäajalle.



Taulukossa 2. on laskettu Humalajärven laajennetut ainetaseet vuosilta 1973 - 78, 1989 - 1996 ja 1998 - 2000. Taseiden avulla voidaan tarkastella Humalajärven rehevöitymistä viimeaikaisen 30 vuoden aikana.

Taulukko 2. Humalajärven laajennetut ainetaseet, UK = ulkoinen kuorma, SK = sisäkuorma, BS = bruttosedimentaatio, LP = luusuasta poistuva, S = nettosedimentaatio, D = denitrifikaatio

Vuodet 1973 - 1978

Tot-P 13,3  $\mu\text{g P/l}$ ,  $s = 4,509$ ,  $n = 3$ ,  $\text{CV}\% = 33,8$  (CV = variaatiokerroin: keskihajonta jaettuna keskiarvolla)  
 Tot-N 595  $\mu\text{g N/l}$ ,  $s = 264,1$ ,  $n = 4$ ,  $\text{CV}\% = 44,3$

P-kuorma = 0,267 kg P/d, poistuu 0,0606 kg/d  
 N-kuorma = 11,936 kg N/d, poistuu 2,709 kg/d.

Taseet					
Fosfori	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d	Typpi	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d
Tulot					
UK	0,267	0,217	UK	11,936	9,727
SK	6,1037	4,974	SK	20,073	16,359
Yhteensä	6,3707	5,142	Yhteensä	32,009	26,086
Menot					
dP/dt	0	0	dN/dt	0	0
BS	6,31	5,142	BS	29,3	23,879
LP	0,0607	0,0494	LP	2,709	2,207
Yhteensä	6,3707	5,142	Yhteensä	32,009	26,086
S	0,2063	0,168	S	0,6189	0,5036
			D	8,6081	7,073

Perustuotanto = 24,8 g C/m<sup>2</sup>\*kesä

Vuodet 1989 - 1996

Tot-P 19,76  $\mu\text{g/l}$ ,  $s = 5,34$ ,  $n = 13$ ,  $\text{CV}\% = 27,0$   
 Tot-N 561  $\mu\text{g/l}$ ,  $s = 174,89$ ,  $n = 10$ ,  $\text{CV}\% = 31,17$

P-kuorma = 0,536 kg/d, poistuu 0,090 kg/d  
 N-kuorma = 12,0 kg/d, poistuu 2,554 kg/d

Taseet					
Fosfori	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d	Typpi	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d
Tulot					
UK	0,536	0,436	UK	12,0	9,779
SK	18,454	15,039	SK	78,334	63,841
Yhteensä	18,99	15,475	Yhteensä	90,334	73,620
Menot					
dP/dt	0	0	dN/dt	0	0
BS	18,9	15,403	BS	87,78	71,540
LP	0,09	0,073	LP	2,554	2,081
Yhteensä	18,99	15,475	Yhteensä	90,334	73,621
S	0,446	3,635	S	1,338	1,090
			D	8,108	6,607

Perustuotanto 74,3 g C/m<sup>2</sup>\* kesä

Vuodet 1998 - 2000

Tot-P 26,1  $\mu\text{g/l}$ ,  $s = 8,37$ ,  $n = 6$ ,  $\text{CV}\% = 32,01$   
 Tot-N 878  $\mu\text{g/l}$ ,  $s = 456$ ,  $n = 6$ ,  $\text{CV}\% = 51,9$

Fosforikuorma 0,818 kg/d, poistuu 0,119 kg/d  
 Typpikuorma 27,48 kg/d, poistuu 3,979 kg/d

Taseet					
Fosfori	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d	Typpi	kg/d	mg/m <sup>2</sup> *d
Tulot					
UK	0,818	0,666	UK	27,476	22,397
SK	26,401	21,516	SK	102,351	83,415
Yhteensä	27,219	22,182	Yhteensä	129,827	105,812
Menot					
dP/dt	0	0	dN/dt	0	0
BS	27,1	22,086	BS	125,83	102,550
LP	0,119	0,096	LP	3,997	3,257
Yhteensä	27,219	22,182	Yhteensä	129,827	105,812
S	0,699	0,569	S	2,091	1,704
			D	21,388	17,431

Perustuotanto 106,52 g C/m<sup>2</sup>\*kesä

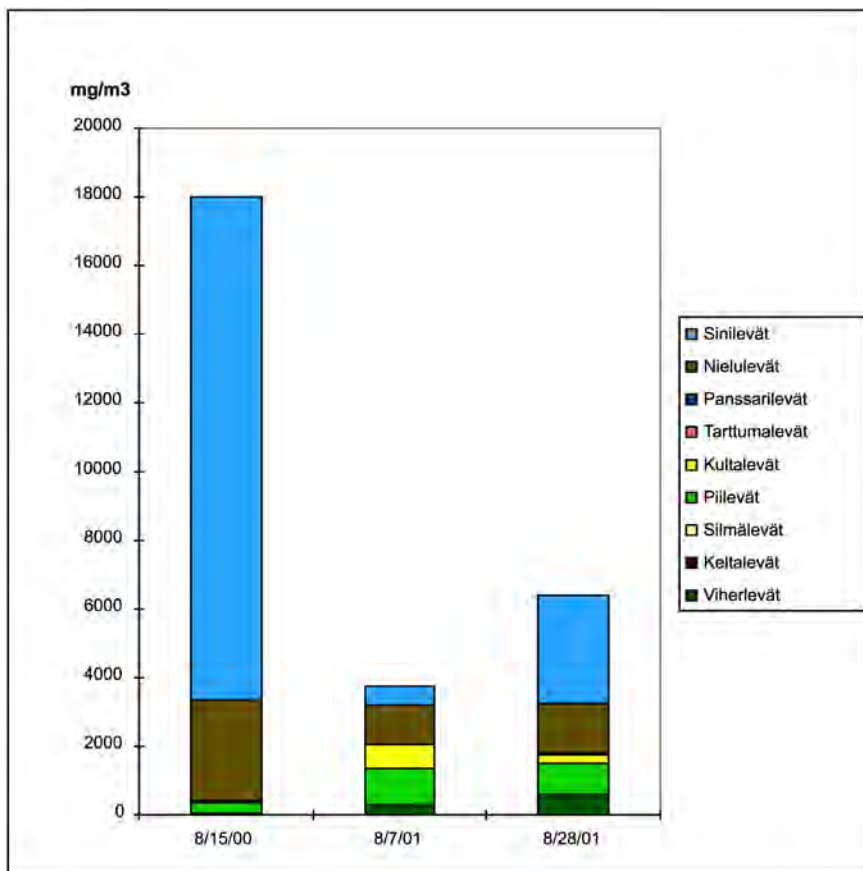
## 8 Humalajärven kasviplankton

Elokuussa vuodelta 2000 oli otettu yksi kvantitatiivinen kasviplanktonnäyte ja elokuulta vuodelta 2001 on kaksi kasviplanktonnäytettä. Tuloksista on seuraavassa esitetty yhteenveto:

Pvm	Bio-massa	EV/OV	Hajukerros	Cr/Rh	Tot-P $\mu\text{g/l}$	a-klor $\text{mg/m}^3$	lask klorof. $\text{mg/m}^3$
15.8.00	18003	92,16	10,344	119,79	38	82	41,69
7.8.01	3744	2,79	2,492	9,21			15,62
28.8.01	6420	57,93	13,266	18,48			21,88

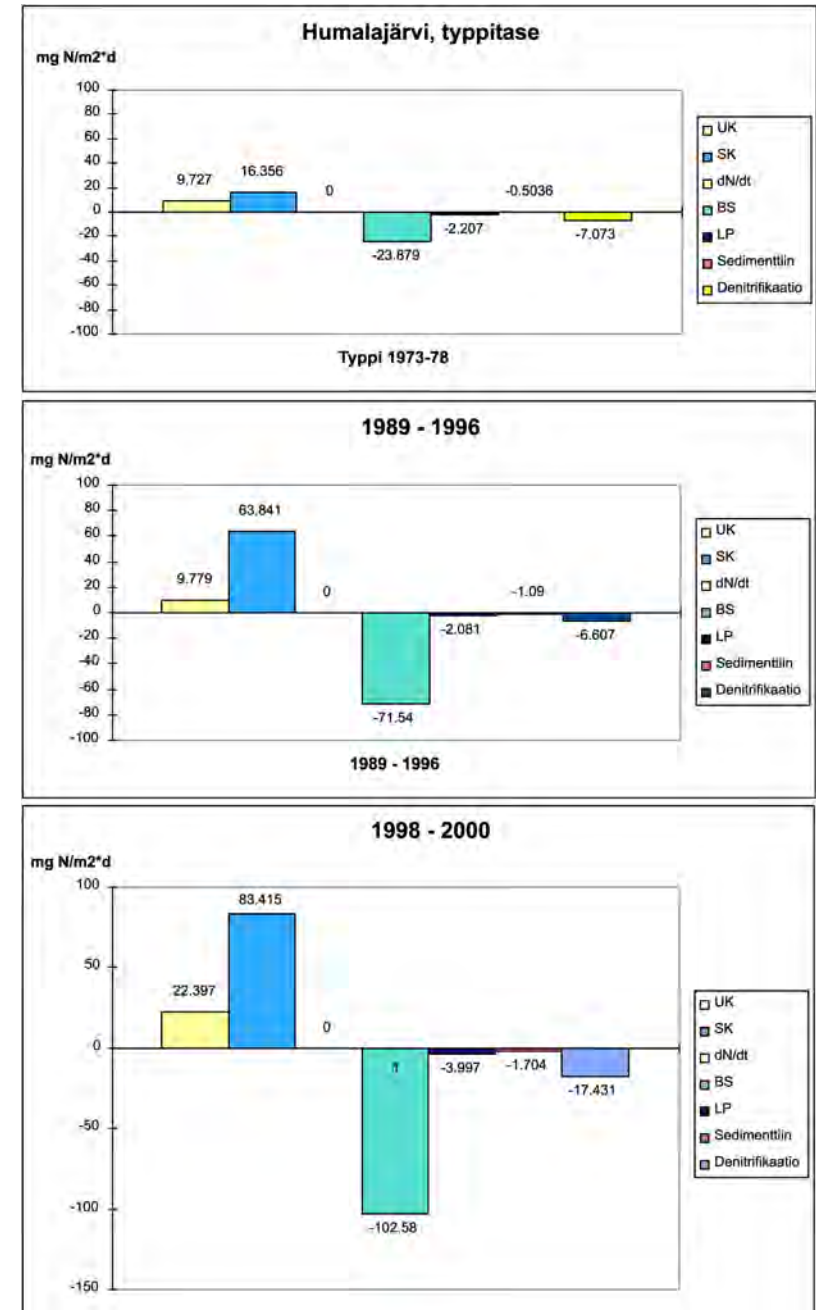
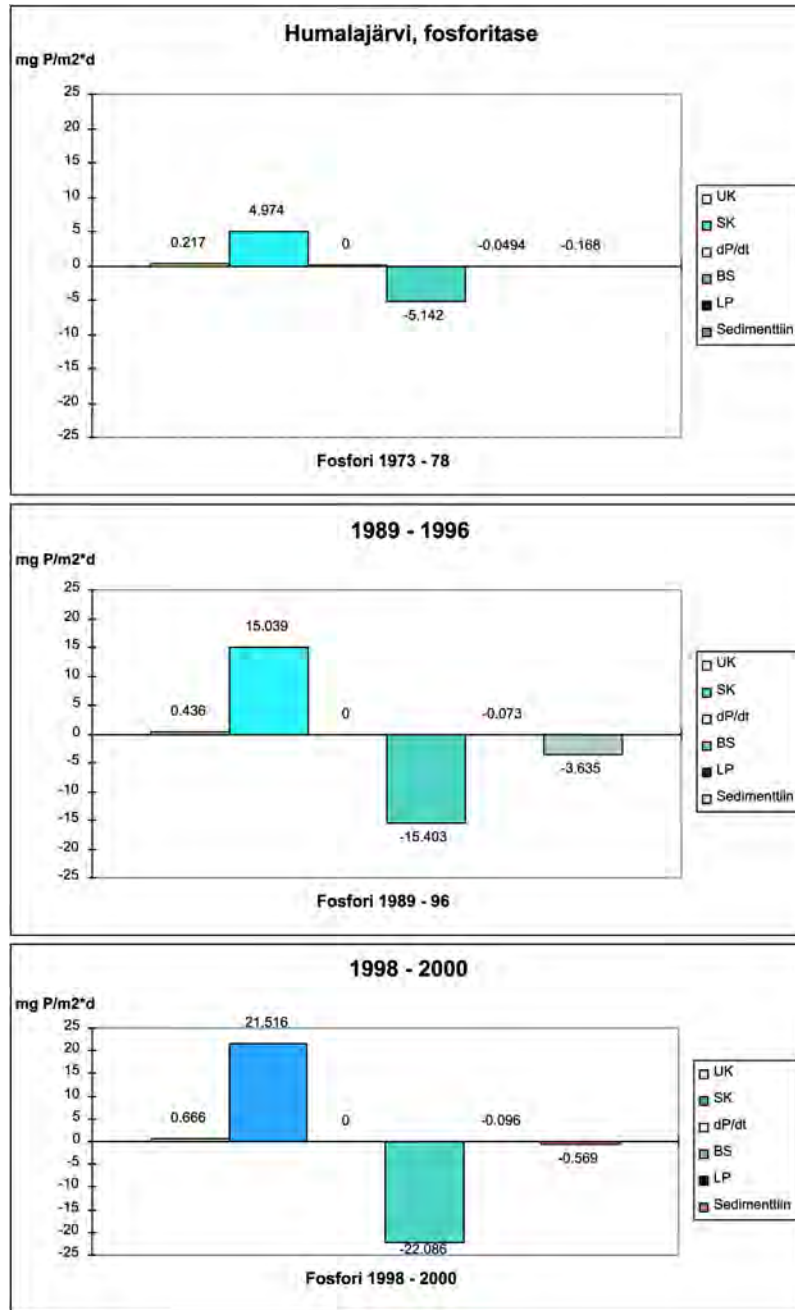
Vuonna 2000 Humalajärnessä oli erittäin huomattava sinilevien dominanssi (kuva 2). Tämän sinileväkukinnan vuoksi järvi nousi suorastaan lehtien palstoille. Myös muut indeksit, kuten biomassa, Cryptomonas:Rhodomonas (Cr/Rh) - suhde ja EV/OV (Järnefeltin eutrofia- ja oligotrofiaindikaattoreiden biomassasuhde) - suhde ja a-klorofyllin määrä osoittivat vahvaa eutrofiaa. Vuonna 2001 biomassat olivat pienempiä eikä selvää sinilevien dominanssia enää ollut. Sinilevien dominanssiin vuonna 2000 oli ilmeisesti syynä lämmin kesäkuu, minkä seurauksena liuenneen typen varastot kävivät vähiin, ja tässä muille leville epäedullisessa tilanteessa tyyppiä ilmakehästä yhteyttävät sinilevät pääsivät vallitseviksi lajeiksi. Vuonna 2001 kesäkuu oli aluksi viileä, mistä syystä muut leväryhmät pääsivät hyvin kukoistamaan, eikä vastaavaa sinilevien dominanssia syntynyt, vaikka sinileviä oli varsin runsaasti vieläkin tutkituissa elokuun näytteissä. Liitteeseen 5 on koottu tiedot Humalajärven kasviplanktonista.

Humalajärnessä on ennenkin ollut voimakkaita leväkukintoja. Tämä näkyy tarkasteltaessa pH-arvoja. Yhteyttämisen seurauksena pH tavallisesti kohoaa. Elokuussa 1975 pH oli 9,5. Edellisenä vuonna oli ollut voimakas ravinteita huuhtova tulvavuosi, ja vuosi 1975 oli vähäsateinen. Vuonna 1993 pH oli heinäkuussa 9,1, syynä lienee kuiva vähäsateinen kesä. Viimeinen voimakas leväkukinnan aika oli vuonna 2000, tämän tutkimuksen piirissä.



Kuva 2. Humalajärven kasviplanktonin biomassat leväluokittain.

Kuva 3. Humalajärven ainetaset eri ajanjaksoina.



UK = ulkoinen kuorma, SK = sisäkuorma, BS = bruttosedimentaatio, LP = luusuasta poistuva, S = nettosedimentaatio, D = denitrifikaatio

## 9 Tulosten tarkastelu

Valuma-alue tietojen perusteella arvioitu Humalajärven fosforikuorma on 0,311 kg P/d ja typpikuorma 6,347 kg P/d. Laajennetuissa ainetaseissa järveen tuleva fosforikuorma on laskettu kaavan (5) avulla. Koska kaavassa käytetään järven havaittua fosforipitoisuutta, tulee kuormitukseen mukaan osa järven sisäkuormaa. Ulkoinen fosforikuorma on näin ollen oikein laskettu, ja se vastaa likimain 1970-luvun alkupuolen tilannetta. Järvessä havaittu kuormituksen kasvu on suureksi osaksi sisäisen kuormituksen kasvun seurausta (kuva 3). Kun kaavan (3) avulla, käyttäen a:n arvona 0,000005, lasketaan typpikuorman 6,347 kg N/d Humalajärven typpipitoisuus, saadaan tulokseksi 462 µg N/l havaitun typpipitoisuuden ollessa 561 µg N/l. Arvio oli lähellä havaittua pitoisuutta.

Pohjalietteestä liukenevan fosforin vaikutusta Humalajärven fosforipitoisuuteen arvioitiin kaavan (4) avulla. Anaerobisen pohjasedimentin alaksi arvioitiin 95400 m<sup>2</sup> ja ulkoisena kuormana eri vaihtoehdoissa käytettiin valuma-alue tietojen perusteella arvioitua fosforikuormaa 0,311 kg P/d. Seuraavat fosforipitoisuuden ja keskimääräisen a-klorofyllin arvot saatiin eri vuosina:

Vuodet	kokonaisfosfori µg/l	a-klorofylli µg/l		alusveden O <sub>2</sub> loppupalvella
1973-78	23,8	8,4	hav 7	7,55 mg/l
1989-96	36,4	15,5	hav 15,17	5,62 mg/l
1998-00	42,7	19,6	hav 19,58	4,49 mg/l

Klorofylli on laskettu Dillonin & Riglerin (1974) mukaan ja alusveden talvinen happipitoisuus Lappalaisen (1974) fosforin tilavuussedimentaatioon perustuvan happipitoisuuden laskutavan mukaiseen arviointiin.

Humalajärven sietoa voidaan tarkastella Vollenweiderin ja Dillonin (1974) periaatteella tehdyn regressiomallin avulla. Sen mukaan sallittava fosforikuorma on keskivirtaamatilanteessa:

	g P/m <sup>2</sup> *a	kg P/m <sup>2</sup> *d
sallittava	0,067	0,224
vaarallinen	0,2006	0,674

Tämän mukaan valuma-alueen ominaisuuksien perusteella laskettu fosforikuorma 0,311 kg P/d ylittää jo sallitun fosforikuormituksen. Vuoden 1998 - 2000 järven fosforituloksista arvioitu fosforikuorma 0,818 kg P/d ylittää myös vaarallisen fosforikuormituksen rajan.

Korkeat pH:n arvot vaikuttavat myös fosforipitoisuutta kohottavasti. Tällöin fosfori liukeneekin aerobisesta sedimentistä. Korkean pH:n vaikutus veden fosforipitoisuuteen voidaan arvioida esimerkiksi seuraavalla yhtälöllä (Sanni 1983):

$$(10) \text{ Log } F_p = \frac{1,41}{1 + \exp (-3,68 \text{ pH} + 34,79)} + 0,27$$

missä  $F_p$  = fosforin vapautuminen sedimentistä  $\text{mg P/m}^2 \cdot \text{d}$ . Jos pH on esimerkiksi 9, sedimentin liukeneminen on  $3,114 \text{ mg P/m}^2 \cdot \text{d}$ . Olettaen litoraali alueen pinta-alaksi 2/3 järven pinta-alasta eli  $818000 \text{ m}^2$ ,  $3,114 \text{ mg/m}^2$  ylimääräinen fosforikuorma merkitsisi lisäkuormana  $2,547 \text{ kg P/d}$ , mikä olisi pitoisuuslisänä peräti  $64,4 \mu\text{g P/l}$  ja a-klorofylliksi muunnettuna  $35,5 \mu\text{g/l}$ .

Sisäkuorman vähentämiseksi suositellaan särkikalojen tehokalastusta.

Merkittävä kasvavan rehevöitymisen indikaattori Humalajärven laajennetuissa ainetaseissa on denitrifikaation kasvu. Jo vuosina 1973 - 78 keskimääräinen denitrifikaatio oli  $7,073 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$ , mikä jo viittaa eutrofiaan. Kainuun järvien kuormitustutkimuksessa todettiin, että oligotrofisissa järvissä denitrifikaatio oli keskimäärin  $3,2 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$ , mesotrofisissa  $4,5 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$ , eutrofisissa  $5 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$  ja erittäin rehevissä  $8 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$ . Viime vuosina, 1998 - 2000, denitrifikaatio oli peräti  $17,43 \text{ mg N/m}^2 \cdot \text{d}$ . Denitrifikaatio näyttää ilmentävän Humalajärvessä erittäin nopeaa ja voimakasta rehevöitymistä.

# 10 Hajakuormituksen vähentämisen toimenpide-ehdotuksia

Tutkimusalueen suurimmiksi kuormittajiksi fosforin osalta osoittautuivat maatalous ja haja- sekä loma-asutus. Vesiensuojelutoimien tiukentaminen näillä osaluilla on erityisen tärkeää. Humalajärvi on matala ja veden viipymä järvestä on hyvin pitkä. Lisäksi järvi on voimakkaasti sisäkuormitteinen. Näiden järven ominaisuuksien takia järveen kohdistuva ulkoinen kuormitus pitäisi saada mahdollisimman pieneksi. Vähäisetkin ulkoisen kuormituksen lisäykset pahentavat järven tilaa ja lisäävät ongelmallista sisäkuormitusta. Jokaisen Humalajärven ranta-asukkaalle tulisi minimoida kuormituksensa. Seuraavassa on tiivistettynä vesiensuojelutoimia jokaisen kuormittajan osalta.

## 10.1 Haja- ja loma-asutus

- Haja-asutusalueilla pyritään suosimaan vähän vettä käyttävää tekniikkaa. Jätevedet tulee johtaa saostuskaivojen kautta imeytysojastoon tai kenttään. Jos maahanimeytys ei ole mahdollista esimerkiksi savimaan tai kallioisten alueiden vuoksi, olisi käytettävä maasuodatinta.

- Vedenhankinnalle tärkeillä ja soveltuvilla pohjavesialueilla jätevedet tulisi käsitellä pohjavesialueen ulkopuolella. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee jätevedet käsitellä siten, etteivät ne pääse pohjaveteen. Jos jätevedet johdetaan umpisäiliöön, tulee suosia vedettömiä tai vain vähän vettä käyttäviä käymäläratkaisuja.

- Umpisäiliöiden ja saostuskaivojen tulee olla tiiviitä ja niiden kunto on tarkastettava säännöllisesti. Saostuskaivot tyhjennetään tarpeen vaatiessa 1-2 kertaa vuodessa ja jätevedet kuljetetaan jätevedenpuhdistamolle tai muokataan peltoon. Pyykinpesussa tulisi käyttää fosfaatittomia pesuaineita.

- Loma-asutuksen jätevesien ja jätteiden määrä pyritään pitämään mahdollisimman vähäisenä. Kuiva- ja kompostikäymälät ovat vesistökuormituksen kannalta parhaita ratkaisuja. Vesikäymälöistä vedet tulisi koota tiiviiseen umpisäiliöön, joka tyhjennetään säännöllisesti. Loma-asunnolla syntyvät pesuvedet johdetaan yhden vesitiiviin saostuskaivon kautta ja imeytetään maahan pesuvesien määrästä riippuen joko imeytyskuopan, -kaivon tai -putken avulla vähintään 15 metrin etäisyydelle vesistöä. Pyykki ja matot tulisi pestä rannalla ja vedet imeytetään maaperään.

- Vesiensuojelun tavoitteiden vuoteen 2005 mukaan vuoden 1997 jälkeen rakennettavien ja peruskorjattavien vakituisten asuntojen ja uusien loma-asuntojen jätevedet tulisi käsitellä parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla (Ympäristöministeriö 1998).

## 10.2 Maatalous

Seuraavassa esitetyt vesiensuojeluohjeet perustuvat osaltaan maatalouden EU-ympäristötuen perus- ja erityistuen ehtoihin (Maa- ja metsätalousministeriö 2000). Tämä ohjelma on voimassa vuoden 2006 loppuun saakka. Siten useisiin ympäristöhoidollisiin parannuksiin on periaatteessa mahdollista saada rahallista tukea.

### Lannoitus

- Lannoituksen perustana tulee olla säännöllisin väliajoin tehty viljavuustutkimus, jossa selvitetään kasvi- ja peltolohkokohtainen lannoitustarve. Lannan, virtsan, puristusnesteen ja jätevesilietteen sisältämät käyttökelpoiset ravinteet laskeetaan mukaan lannoitusta suunniteltaessa.

- Kaikilla karjatilloilla on oltava riittävästi peltoa lannan levittämiseen. Lannan levittämisessä tulee pyrkiä kevätpainotteisuuteen. Lantaa ei saa levittää rouhtaantuneeseen tai lumipeitteeseen maahan, siten talvilevitys on kielletty. Syksyllä muuhun kuin perustettavaan kasvustoon levitetty lanta on aina välittömästi mullattava tai kynnettävä. Multaamattomasta lannasta haihtuu hyvin nopeasti huomattavat määrät typpeä ilmaan. Riittävä suojaetäisyys tulee jättää niin avovesiin kuin kaivoihin.

- Pohjavesialueille ei levitetä lietelantaa, virtsaa, puristusnestettä eikä pesuvesiä. Pohjaveden muodostumisalueelle ei levitetä edes kuivalantaa.

### Torjunta-aineet

- Oikea-aikaisella ja todellisen tarpeen mukaisella torjunta-aineiden käytöllä voidaan vähentää torjunta-aineiden käyttöä. Myös huolellinen ja ohjeidenmukainen käyttö on tärkeää.

- Tuholaisten ja rikkakasvien torjunnassa on pyrittävä käyttämään mahdollisimman paljon biologisia ja mekaanisia menetelmiä. Tiloilla torjuntatarvetta vähennetään lohko-kohtaisella suunnittelulla tilan olosuhteet, tuotantotavoitteet ja kasvuolot huomioon ottaen.

- Torjunta-aineiden levitykseen käytetään vain testattua kalustoa ja sitä käytetään vain käyttökoulutuksen saanut henkilö.

- Kaltevilla, vesistöön tai vesiuomaan rajoittuvilla pellon osilla ei tulisi käyttää torjunta-aineita lainkaan tai pellon ja vesistön väliin jätetään vähintään kymmenen metrin levyinen ruiskuttamaton alue.

### Peltojen hyvä kunto

- Tärkeää on maan tiivistymisen estäminen mm. työkoneiden pintapainetta ja ajokeroja vähentämällä, kasvivuorottelulla ja toimivalla salaojituksella. Maan kasvukuntoa voidaan parantaa myös kalkituksella.

- Peltojen syyskynnästä tulee välttää. Erityisesti vesistöön rajoittuvilla kaltevilla pelloilla syyskynnöstä tulisi luopua.

- Pintavaluntojen ja eroosion estämiseksi kyntö pitäisi tehdä korkeuskäyrien mukaisesti. Vesistöjen varrella kyntö tulisi tapahtua rannan suuntaisesti.

- Eroosion ja ravinteiden pääsyn estämiseksi vesistöön suositellaan käytettäväksi auratonta viljelyä ja kevätkyntöä.

- Kesannoinnin päämenetelmänä tulee käyttää viherkesannointia.



## Suojakaistat ja –vyöhykkeet

- Maatalouden EU:n perustuen mukaan kaikkien peltojen valta- ja piiriojien varsille pitää jättää metrin levyiset pientareet. Purojen, vesistöjen ja talouskaivojen ympärille tulee jättää vähintään kolmen metrin levyiset suojakaistat.

- Rantapelloille, jotka viettävät yli 10% suositellaan suojavyöhykkeen perustamista. Maatalouden ympäristötuen erityisehtojen mukaisesti suojavyöhykkeen tulee olla keskimäärin 15 metriä leveä.

- Tulvalle alttiit pellot on syytä jättää muokkausta vaativasta viljelystä kokonaan pois.

## Valumavesien käsittely

- Valumavesien mukana kulkeutuvan kiintoaineen ja ravinteiden vesistöihin pääsyn estämiseksi voidaan sopiville alueilla rakentaa laskeutusaltaita ja kosteikkoja.

## Lannan varastointi

- Tiloilla tulisi olla koko vuoden varastointitarvetta vastaavat lantalatilavuudet. Tilanvaraus lannalle, virtsalle, säilörehun puristusnesteelle, likaisimmille pesuvesille ja avolantaloissa myös sadevesille on erittäin tärkeää.

## Pesuvesien käsittely

- Maatalouden pesuvesille suositellaan käytettäväksi esimerkiksi maahani-  
meytystä tai maasuodatusta.

- Maitotaloudessa suositellaan käytettäväksi fosfaatittomia pesuaineita

- Lietelantalan täytyessä routakautena lannan sitominen turpeeseen tilapäisratkaisuna.

### 10.3 Metsätalous

Metsätaloudessakin on mahdollista käyttää monenlaisia vesiensuojelumenetelmiä:

#### Kunnostusojitukset.

- Uudisojituksia, kivennäismaiden aurauksia ja vesakkojen kemiallista levästökäsittelyä ei nykyään enää tehdä.
- Kunnostusojitustyöt ajoitetaan kesän vähävetiseen aikaan. Kevättulvan ja roudan sulamisen aikana kaikki kaivutyöt tulee keskeyttää.
- Ojien kaivu aloitetaan yläpuolisista ojista ja kiintoaineen pysäyttämistä varten kaivetaan lietekuoppia. Myös kaivukatkot ovat suositeltavia.
- Saman valuma-alueen ojitukset suositellaan jaksotettavaksi usealle vuodelle.
- Vanhat vesistöön johtavat ojat jätetään perkaamatta vähintään 20 metrin matkalta ennen vesistöä. Ojitusvesiä ei johdeta suoraan vesistöön vaan pintavalutuskenttien kautta. Mikäli pintavalutuskenttiä ei voida käyttää, käytetään valuma-alueelta tulevan vesimäärän mukaan mitoitettuja laskeutusaltaita. Altaiden kunnossapidosta on huolehdittava, samoin suunnittelu on tärkeää. Ohjeita saa Metsäkeskus Tapion vesiensuojeluoppaasta (1992).

#### Metsänuudistaminen

- Suuret hakkuualueet jaetaan pienialaisiksi ja mikäli mahdollista, hakkuut porrastetaan useille vuosille.
- Käytetään mahdollisimman vähän maanpintaa rikkovia muokkausmenetelmiä. Hienojakoisilla rinnemailla kiinnitetään erityistä huomiota eroosion estämiseen. Muokkaus tehdään korkeuskäyrien suuntaisesti tai vinosti laskusuuntaa vastaan.
- Hakkuut tulisi ajoittaa talvikauteen, sillä sulan maan aikana tehtävä hakkuu lisää kiintoaineen huuhtoutumista.
- Metsäautoteitä rakennettaessa vältetään purojen ja korpinotkojen ylityksiä eikä sijoiteta teitä vesistöjen läheisyyteen.
- Kaikissa metsänparannus- ja metsänhoitotöissä jätetään vesistön varteen suojavyöhyke. Purojen molemmille reunoille jätetään 5 metrin suojavyöhyke, järvien, jokien ja lampien ympärille vähintään 10 metrin ja jyrkille rinteille vähintään 20 metrin suojavyöhyke. Käsittelemätön suojavyöhyke pienentää kaikkea ravinnekuormitusta.
- Rantametsissä suositaan luonnontilan säilyttämistä, pidennettyä kiertoaikaa tai poimintaluonteisia hakkuuta.

#### Metsälannoitukset

- Lannoitus tulee suunnitella huolellisesti. Vain hyväpuustoisia, kasvavia ja ajoissa harvennettuja metsiä lannoitetaan.
- Lannoitteita levitetään vain sulaan maahan.
- Karut, lajittuneet ja helposti vettä läpäisevät maat tulee jättää lannoittamatta tai niissä on käytettävä hidasliukoisessa muodossa olevia ravinteita sisältäviä lannoitteita.
- Lannoitettavan alueen ja vesistön välille tulee jättää vähintään 50 metrin levyinen ajouraton, lannoittamaton suojavyöhyke. Purojen reunoille jätetään 10-15 metrin ja ojien varsille 5 metrin lannoittamaton kaista.

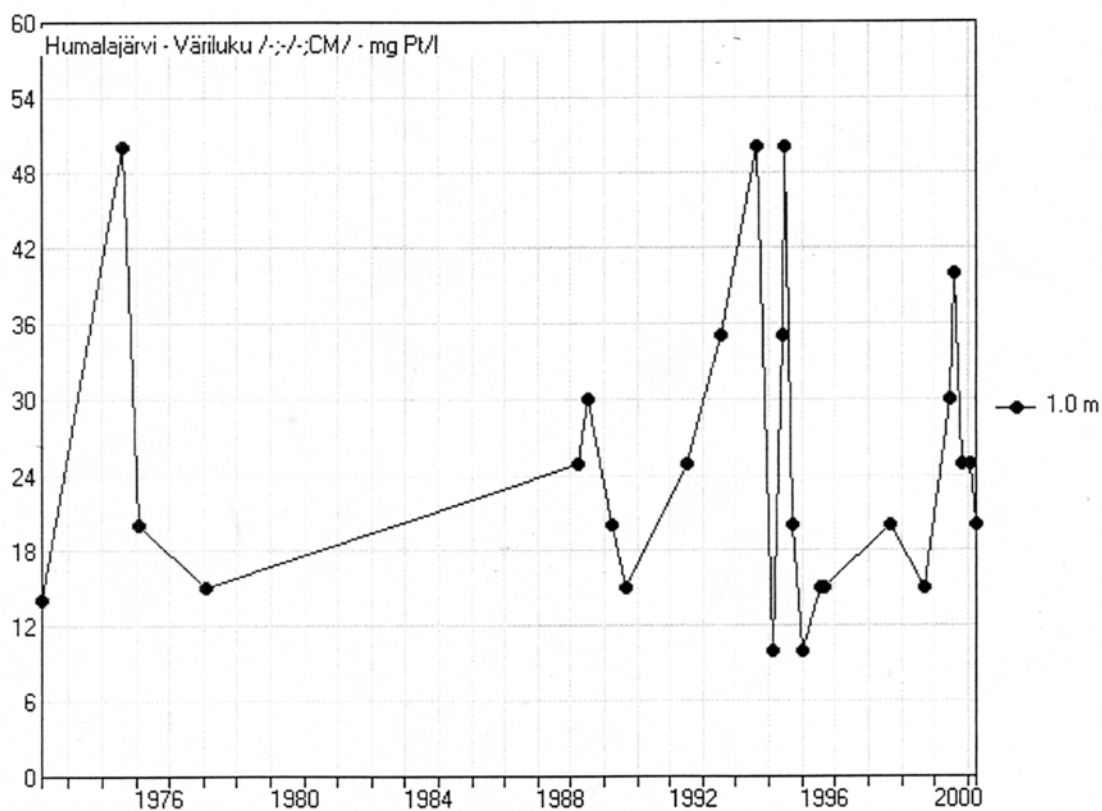
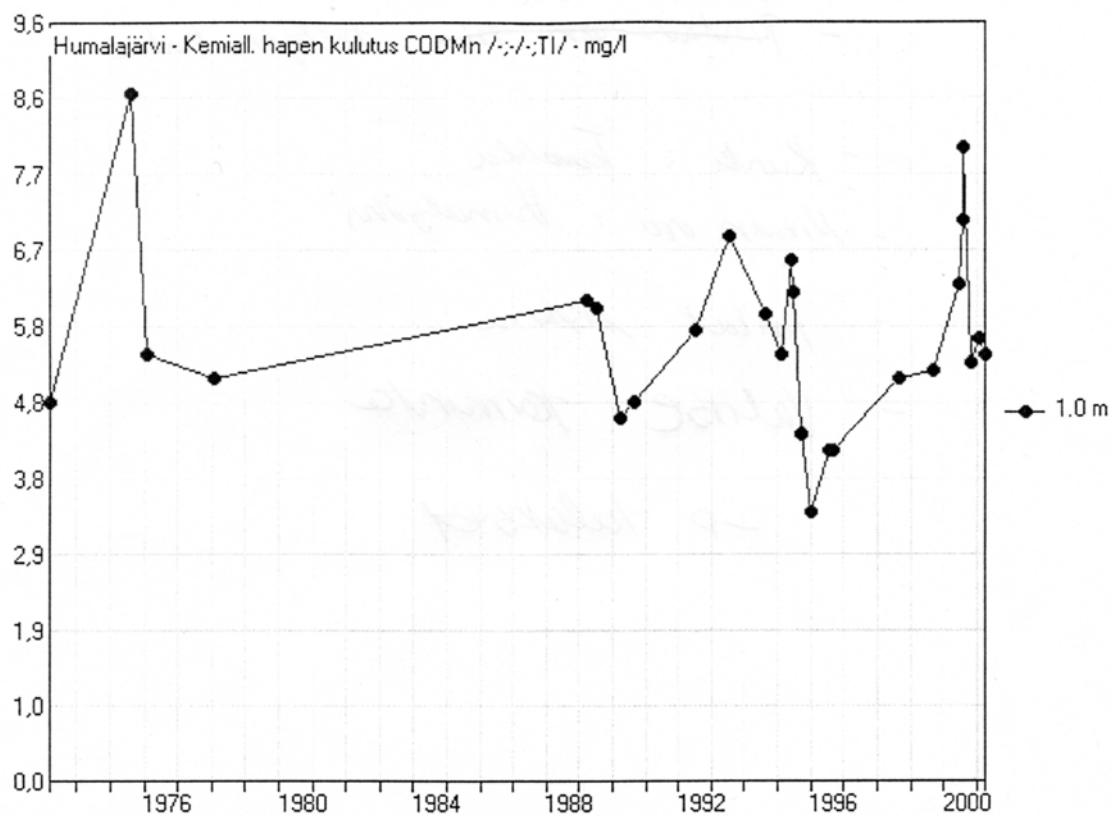
# Kirjallisuus

- Ahtiainen, M. 1988: Effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes-study. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions. Vol. 1. Joensuu, Finland 6-8 June 1988. Suomen akatemian julkaisuja 4: 206-219.
- Berninger, K., Tapio, P. ja Willamo, R. 1996: Ympäristönsuojelun perusteet.
- Bilaledtin, Ä., Frisk, T., Koskinen, K. ja Wirola, H. 1992: Längelmäveden reitin vesiensuojelututkimus.
- Dillon, P.D. & Rigler, F.H. 1974. The phosphorus - chlorophyll relationship in lakes. - *Limnol.Oceanogr.* 19(5):767 - 773.
- Ekholm, M. 1993: Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja, sarja A. Nro 126
- Frisk, T. 1979: Järven fosforinsiedon arvioimisesta tilastollisten fosfori- ja happimallien avulla. *Vesitalous* 3: 22-25.
- Frisk, T. 1983. Fosforin sedimentaation arvioimisesta matemaattisten mallien avulla. In: Simola, H. (ed). Suomalaista sedimenttitutkimusta. Symposio Kolilla 1983. Joensuu. Univ. of Joensuu. Publications of Karelian Institute 55:9 - 18.
- Granberg, K. 1973: The eutrophication and pollution of Lake Päijänne. *Ann. Bot. Fennici* 10:267-308.
- Granberg, K. ja Harjula, H. 1982: Nutrient dependence of phytoplankton production in brownwater lakes with special reference to Lake Päijänne. *Hydrobiologia* 86:129-132.
- Korhonen, K-M. ja Savomäki, S. (toim.). 1997: Metsätalouden ympäristöopas. Metsähallitus.
- Kenttämies, K. ja Salonen, S. (toim.) 1995: Maatalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö-sarjan julkaisu nro 2.
- Litmanen, J. Ja Kolehmainen, A. 1999: Onkiveden ravinnekuormitus selvitys.
- Lappalainen, K-M., & Varis, O. 1987. Haja- ja sisäkuormitus - häiriköt järvelle, tutkimukselle ja hallinnolle. In: Turvetuotannon ja maatalouden vesistöhaitat ja niiden vähentäminen. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon monistesarja 22:75 - 83.
- Lappalainen, K-M. 1974. Kehitysarviot eri kuormitusvaihtoehdoilla: Kallaveden reitti ja Haukivesi. Helsinki. National Board of Finland, rep. 59:1 - 84.
- Lappalainen, K-M., & Matinvesi, J. 1990. Järvien fysikaalis-kemialliset prosessit ja ainetaset: In: V. Ilmavirta (toim.): Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki 54 - 84.

- Maanmittaushallitus. 1998: Maaperäkartta (1:20 000) nro 7/MYY/01
- Rekolainen, S., Kauppi, L., Turtola, E. 1992: Maatalous ja vesien tila –Maveron loppuraportti. Luonnonvarajulkaisuja 15. Maa- ja metsätalousministeriö, luonnonvaraneuvosto.
- Rontu, M ja Santala, E. 1995: Haja-asutuksen jätevesien käsittely. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 241.
- Sanni, S. 1983. The role of P-release from epilimnetic sediments in the eutrophic Lake Årungen. - Manuscript, University of Oslo.
- Santala, E. (toim) 1990: Pienet jäteveden maapuhdistamot. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja –sarja B, nro 1.
- Selänne, A. 1997: Keski-Suomen hajakuormitus selvitys. Keski-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja nro 12.
- Vesistökuormituksen arviointi ja hallintajärjestelmä- VEPS.
- Viikinkoski, K ja Hynninen, P. 1995: Liminganlahden vesistöalueen vesiensuojelusuunnittelun työryhmä. Liminganlahden vesistöalueen vesiensuojelusuunnitelma. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja. Sarja A 211.
- Vollenweider, R.A. 1975. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. Schweiz. Z. Hydrol. 37(1):53 - 84.
- Vollenweider, R.A. & Dillon, P.J. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. - NRC Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality. - 42 pp.
- Ympäristöministeriö 1998: Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristö 226. Ympäristönsuojelu. 82 s.

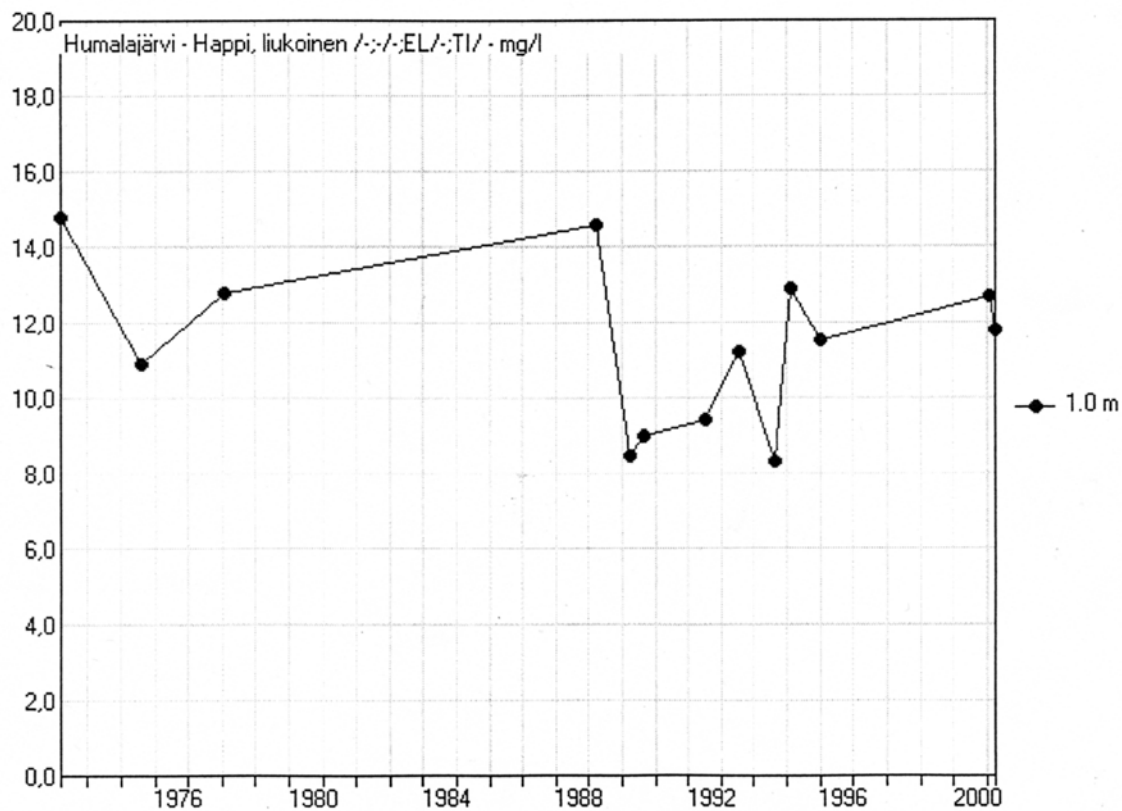
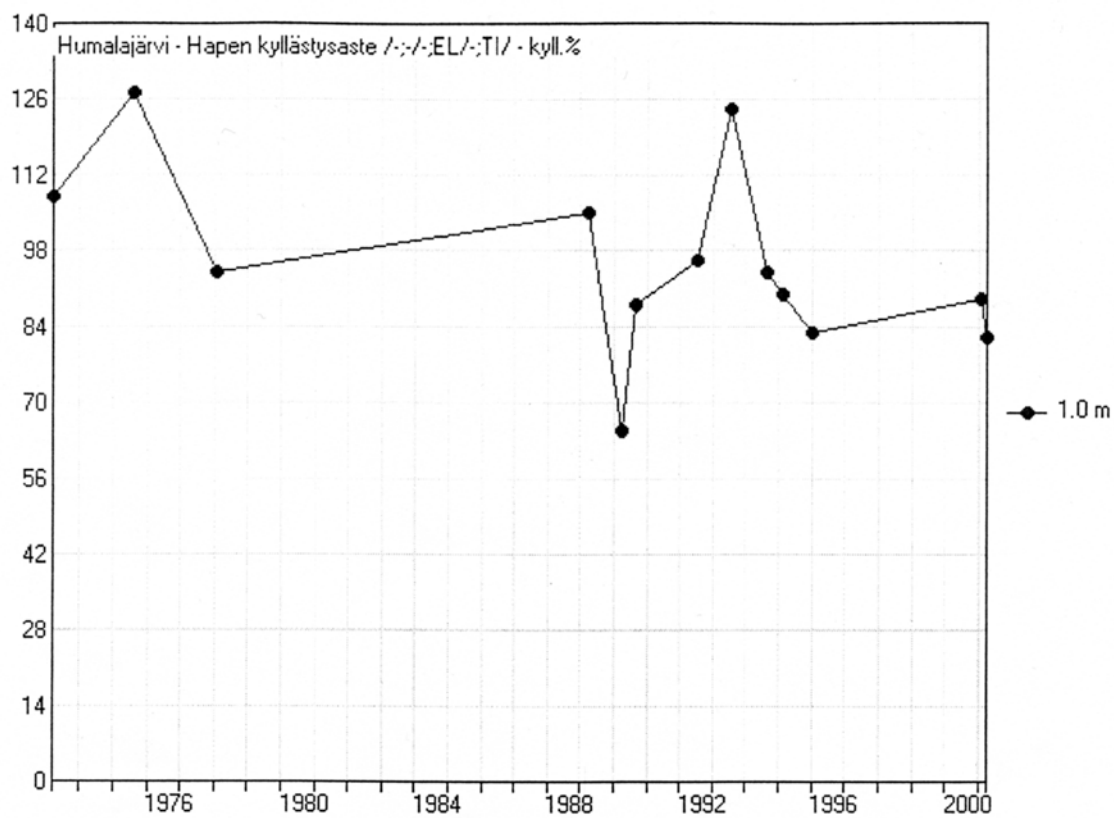
Humalajärvi																
Aika	Yläsyvyys (m)	Alkaliniteetti (mmol/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (µg/l)	Happi (kylil.%)	Happi (mg/l)	CODMn (mg/l)	Klorofyl.-a (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	Lämpötila (°C)	NO <sub>23</sub> -N	pH	Sameus FNU	Sähkönjohtokyky (mS/m)	Väri-luku (mg Pt/l)
3/14/73	1				108	14.8	4.8			440	1.1		6.9		6.1	14
3/14/73	2.8				94	12.6	4.8			530	1.8		6.8		5.9	14
8/6/75	1		13		127	10.9	8.7			990	21.9	40	9.5	10	5.7	50
8/6/75	1	0.25			112	9.8	9.4			1000	21	16	9.5	9.6	5.5	60
8/6/75	3		52				5.4		20	490	0.3		6.7	1	6.5	20
2/5/76	1				71	9	5.2		18	530	3.9		6.3	1.2	6	20
2/5/76	3				94	12.8	5.1		13	460	1		6.7	0.35	5.8	15
2/1/78	1	0.17			64	8.2	4.3		11		3.7		6.4	0.35	5.6	15
2/1/78	3		10		105	14.6	6.1		18	580	1.7	130	7.2	0.95	5.9	25
3/30/89	1	0.27			37	4.9	5.1		14		4		6.6	0.9	6.6	20
3/30/89	2.9							7								
7/11/89	0								20	520	21.5		7.2	1.4	5.6	30
7/11/89	1	0.27					6				21.3					
7/11/89	2				65	8.5	4.6		15	510	4.1	150	6.5	1.12	5.4	20
4/2/90	1	0.23	4	2	53	6.8	5		19		4.5		6.4	1.7	6	20
4/2/90	2.9	0.25						4.5								
9/6/90	0				88	9	4.8		13		14.2		7.2	1	5.3	15
9/6/90	1	0.24						4.8								
7/9/92	0				96	9.4	5.7		15	380	16.7		7.4	1.1	5.5	25
7/9/92	1	0.26									16.5					
7/9/92	2				95	9.3	5.6		17		16.3		7.4	1.2	5.5	25
7/9/92	3.2	0.26														
7/20/93	0							41								
7/20/93	1	0.27	7	3	124	11.2	6.9		24	980	20.4	1	9.1	16	5.6	35
7/20/93	2										20.4					
7/20/93	3				106	9.8	6.2		21		19.6		8.5	4.5	5.5	30
7/20/93	0							25								
8/11/94	1				94	8.3	5.9		22	650	21.2		7.3	6.3	5.3	50
8/11/94	1										21.2					
8/11/94	2	0.33			90	12.9	5.4		11	460	0.9		7	0.59	6	10
2/1/95	1				70	9.2	5.3		11		3.7		6.7	0.29	5.8	10
2/1/95	3								22		16.4		7.2	2	5.2	35
5/29/95	1						6.6									

Humalajärvi																
Aika	Yläsyvyys (m)	Alkaliniteetti (mmol/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (µg/l)	Happi (kyll.%)	Happi (mg/l)	CODMn (mg/l)	Klorofyl.-a (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	Lämpötila (°C)	NO <sub>23</sub> -N	pH	Sameus FNU	Sähkönjohtokyky (mS/m)	Väri-luku (mg Pt/l)
5/29/95	3.2										15.2					
6/27/95	0						6.2	14	21	570	19.6	1	7.1	3.8	5.4	50
6/27/95	1										19.5					
6/27/95	2										10.8	18	6.7	2.2	4.9	20
9/25/95	1			4	83	11.5	4.4		30	540	1.8		6.7	0.6	5.5	10
1/8/96	1	0.17			54	7	3.4		26	630	4		6.4	0.61	5.9	15
1/8/96	3.2						3.4		24							
7/30/96	0						4.2	7.1	19	440	18.9	1	6.8	1.7	5	15
7/30/96	1			1							18.9					
7/30/96	2										18.1	1	6.6	1.5	5.1	15
9/4/96	0						4.2	9.8	19	400	18.1					
9/4/96	1			1							14.7					
9/4/96	2										14.7					
9/9/98	0			2			5.1	12	17	430	14.9	1	7.3	2.2	5.5	20
9/9/98	1										14.9					
9/9/98	2										14.9					
9/13/99	0						5.2	11	17	470	14.9	1	7.4	2.2	5.6	15
9/13/99	1			1							15.4					
9/13/99	2										15.4					
6/15/00	0						6.3	14	24	570	15.4	1	7.5	4.1	5.6	30
6/15/00	1			2							18.7					
6/15/00	2										18.7					
7/26/00	0						7.1	60	30	1300	18.7	9	7.2	22	5.6	40
7/26/00	1			5							19					
7/26/00	2										19					
8/15/00	0						8	82	38	1500	18.6	1	8.5	33	5.7	40
8/15/00	1			5							8.1					
8/15/00	2						5.3		31	1000	0.7		7.1	2	5.9	25
10/25/00	1						5.6		19	980	2.6		6.9	0.94	6.1	25
1/29/01	1				89	12.7	5.2		20				6.7	1.1	5.7	25
1/29/01	3				76	10.3										

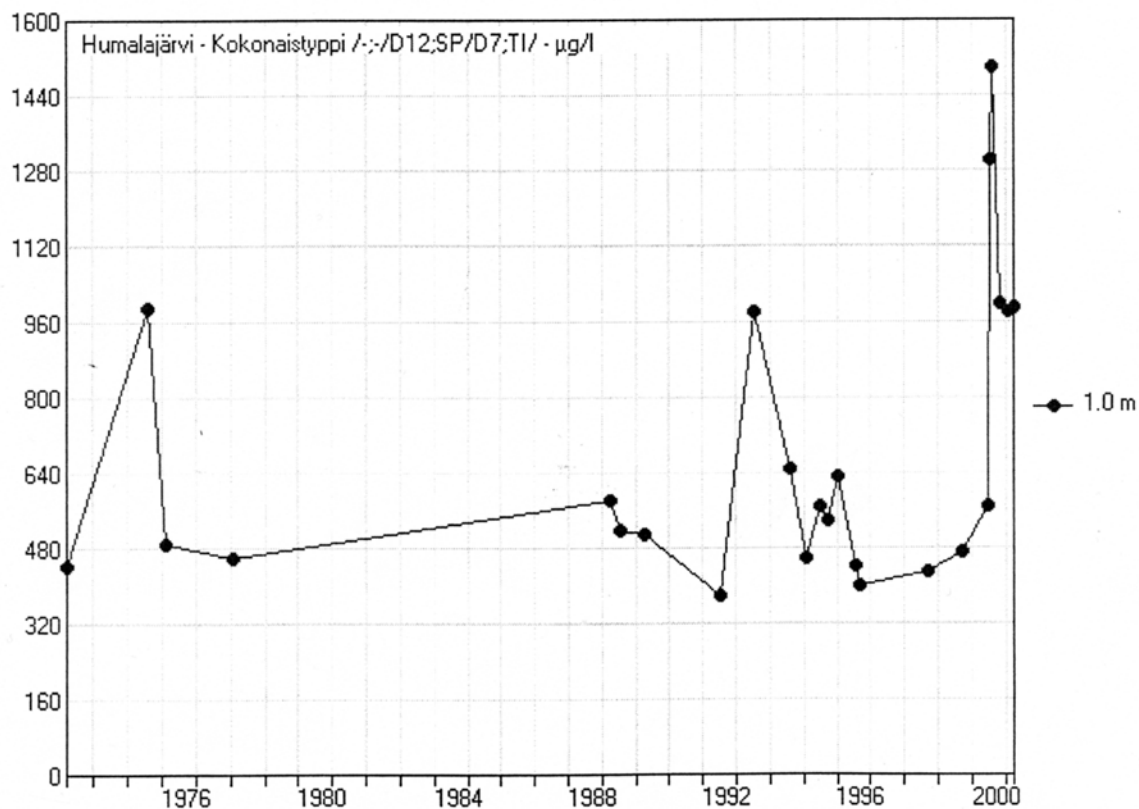
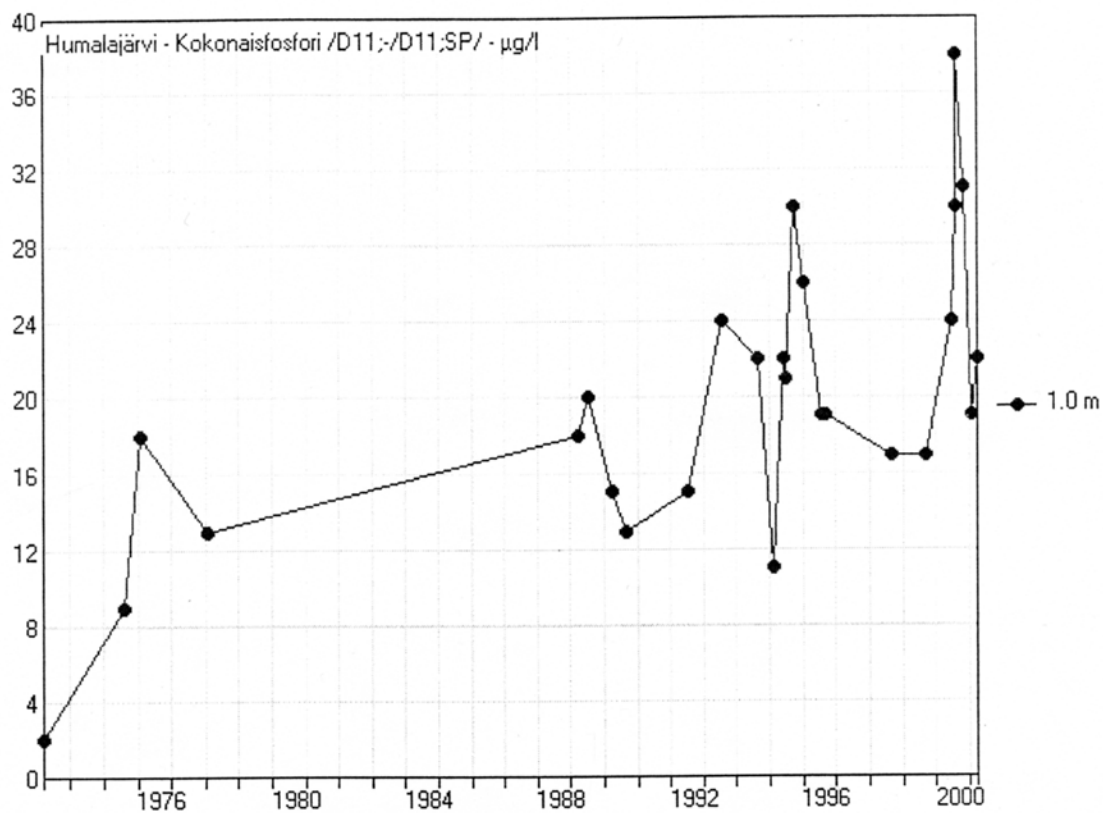














Humalajärvi  
15.8.2000

	VH-nro	15.08.
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena sp. 100um	----	485531
Anabaena spiroides r	0160	720
Chroococcus limneticus 4-s	0340	720
-----		
		486971
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	126065
Katablepharis ovalis s	9225	5043
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	15128
-----		
		146236
DINOPHYCEAE		
Ceratium hirundinella s	9030	155
-----		
		155
CHRYSOPHYCEAE		
Flagellata spp. pieni s	7201	2161
-----		
		2161
DIATOMOPHYCEAE		
Melosira ambigua s	7500	19450
Melosira italica var. tenuissima s	7580	7924
-----		
		27374
CHLOROPHYCEAE		
Botryococcus braunii y	6360	155
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	720
Kirchneriella lunaris s	2870	3602
-----		
		4477
YHTEENSA		
		667374
JÄRNEFELT E/O INDEKSI	E	92.16
	O	0.00
	E/O	
MANTERE E/O-INDEKSI	E	1.00
	O	0.00
	E/O	
HEINONEN E/O-INDEKSI	E	92.16
	O	0.00
	E/O	
HAJUKERROIN		10.344
Rhodomonas		24.20
Cryptomonas		2899.50
Cryptomonas/Rhodomonas		119.79

**Lite 5/2**

Humalajärvi  
15.8.200

		15.08.
-----		
15.08.		
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena sp. 100um	----	14565.93
Anabaena spiroides r	0160	86.40
Chroococcus limneticus 4-s	0340	15.84
-----		
		14668.17
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	2899.50
Katablepharis ovalis s	9225	9.08
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	24.20
-----		
		2932.78
DINOPHYCEAE		
Ceratium hirundinella s	9030	35.65
-----		
		35.65
CHRYSOPHYCEAE		
Flagellata spp. pieni s	7201	1.94
-----		
		1.94
DIATOMOPHYCEAE		
Melosira ambigua s	7500	291.75
Melosira italica var. tenuissima s	7580	47.54
-----		
		339.29
CHLOROPHYCEAE		
Botryococcus braunii y	6360	12.40
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	7.20
Kirchneriella lunaris s	2870	5.76
-----		
		25.36
YHTEENSA		18003.20

Humalajärvi  
7.8.2001

kpl/100 ml

	VH-nro	07.08.
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena sp. 100um	----	2322
Aphanothece clathrata y	0280	4094
Chroococcus limneticus 4-s	0340	1170
Coelosphaerium kuetzingianum y	0370	3510
Gomphosphaeria aponina y	0470	585
Gomphosphaeria lacustris y	0490	13453
Gomphosphaeria naegeliana y	----	310
Microcystis reinboldii pieni y	----	585
Oscillatoria tenuis 100um	0880	155
-----		
		26184
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	43869
Katablepharis ovalis s	9225	8189
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	68435
-----		
		120493
PRYMNESIOPHYCEAE		
Chrysochromulina parva s	----	10529
-----		
		10529
CHRYSOPHYCEAE		
Dinobryon sertularia s	7080	1548
Flagellata spp. pieni s	7201	49718
Mallomonas akrokomos s	7420	2925
Mallomonas caudata	7440	2340
Mallomonas tonsurata s	7490	1170
Pseudopedinella sp. s	6682	1170
Uroglena sp. pieni s	----	15208
Uroglena sp. y	8630	155
-----		
		74234
DIATOMOPHYCEAE		
Acanthoceros zachariasii s	6255	8189
Asterionella formosa s	6230	9944
Cyclotella comta s	6810	4094
Cyclotella kuetzingiana s	6820	585
Cyclotella sp. iso s	----	1170
Cyclotella sp. keskik. s	----	1755
Cyclotella stelligera s	6870	1755
Fragilaria crotonensis s	7240	4645
Melosira italica s	7570	6193
Melosira italica var. tenuissima s	7580	4679
Melosira tenella s	----	585
Rhizosolenia longiseta s	8060	1755
Synedra acus s	8400	6434
Synedra acus var. angustissima s	8410	585
-----		
		52368

CHLOROPHYCEAE		
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	2925
Closterium acutum var. variabile s	1790	12868
Crucigenia tetrapedia 4-s	2320	8774
Dictyosphaerium pulchellum 4-s	2390	11698
Elakatothrix gelatinosa 2-s	2470	1755
Gloeotila fennica s	2710	5849
Golenkinia radiata s	2730	1170
Monoraphidium dybowskii s	----	9359
Monoraphidium griffithii s	1282	5849
Monoraphidium minutum s	----	585
Oocystis lacustris s	3220	2925
Pseudosphaerocystis lacustris 4-s	----	585
Scenedesmus bicellularis 2-s	3710	2925
Sphaerocystis schroeteri y	4020	1755
Tetraedron minimum s	4580	585

-----  
69607

YHTEENSA 353415

JÄRNEFELT E/O INDEKSI	E	65.34
	O	23.40
	E/O	2.79
MANTERE E/O-INDEKSI	E	0.00
	O	2.00
	E/O	0.00
HEINONEN E/O-INDEKSI	E	132.02
	O	79.73
	E/O	1.66
HAJUKERROIN		2.492
Rhodomonas		109.50
Cryptomonas		1008.99
Cryptomonas/Rhodomonas		9.21



Humalajärvi  
7.8.2001

Biomassa mg/m3

-----		
07.08.		
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena sp. 100um	----	69.66
Aphanothece clathrata y	0280	35.21
Chroococcus limneticus 4-s	0340	25.74
Coelosphaerium kuetzingianum y	0370	154.44
Gomphosphaeria aponina y	0470	20.48
Gomphosphaeria lacustris y	0490	201.79
Gomphosphaeria naegeliana y	----	25.42
Microcystis reinboldii pieni y	----	2.63
Oscillatoria tenuis 100um	0880	5.89
-----		
		541.26
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	1008.99
Katablepharis ovalis s	9225	14.74
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	109.50
-----		
		1133.22
PRYMNESIOPHYCEAE		
Chrysochromulina parva s	----	5.26
-----		
		5.26
CHRYSOPHYCEAE		
Dinobryon sertularia s	7080	3.10
Flagellata spp. pieni s	7201	44.75
Mallomonas akrokomos s	7420	26.33
Mallomonas caudata	7440	374.40
Mallomonas tonsurata s	7490	11.70
Pseudopedinella sp. s	6682	5.85
Uroglena sp. pieni s	----	30.42
Uroglena sp. y	8630	201.50
-----		
		698.03
DIATOMOPHYCEAE		
Acanthoceros zachariasii s	6255	491.34
Asterionella formosa s	6230	64.64
Cyclotella comta s	6810	85.97
Cyclotella kuetzingiana s	6820	23.40
Cyclotella sp. iso s	----	46.80
Cyclotella sp. keskik. s	----	26.33
Cyclotella stelligera s	6870	14.04
Fragilaria crotonensis s	7240	23.23
Melosira italica s	7570	185.79
Melosira italica var. tenuissima s	7580	28.07
Melosira tenella s	----	0.58
Rhizosolenia longiseta s	8060	31.59
Synedra acus s	8400	32.17
Synedra acus var. angustissima s	8410	5.85
-----		
		1059.80

## Liite 5/6

CHLOROPHYCEAE		
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	29.25
Closterium acutum var. variabile s	1790	64.34
Crucigenia tetrapedia 4-s	2320	21.93
Dictyosphaerium pulchellum 4-s	2390	46.79
Elakatothrix gelatinosa 2-s	2470	5.26
Gloeotila fennica s	2710	11.70
Golenkinia radiata s	2730	9.36
Monoraphidium dybowskii s	----	2.81
Monoraphidium griffithii s	1282	14.04
Monoraphidium minutum s	----	0.18
Oocystis lacustris s	3220	70.20
Pseudosphaerocystis lacustris 4-s	----	9.36
Scenedesmus bicellularis 2-s	3710	2.34
Sphaerocystis Schroeteri y	4020	17.55
Tetraedron minimum s	4580	1.46
-----		306.57
YHTEENSA		3744.15

Humalajärvi  
28.8.2001

kpl/100 ml

	VH-nro	28.08.
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena solitaria f. smithii r	----	619
Anabaena sp. 100um	----	9536
Aphanizomenon flos-aquae 100um	0230	1683
Chroococcus limneticus 4-s	0340	1683
Gomphosphaeria lacustris y	0490	173332
Microcystis aeruginosa y	0600	464
Microcystis elachista y	0260	1122
Microcystis reinboldii pieni y	----	1122
Microcystis sp. pieni y	----	1122
Oscillatoria planctonica 100um	0800	1683
		-----
		192366
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	60582
Katablepharis ovalis s	9225	6170
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	47119
		-----
		113871
DINOPHYCEAE		
Ceratium hirundinella s	9030	155
Glenodinium sp. pieni s	9740	561
		-----
		716
CHRYSOPHYCEAE		
Dinobryon bavaricum s	7000	9536
Dinobryon sertularia s	7080	23560
Flagellata spp. pieni s	7201	7292
Mallomonas akrokomos s	7420	561
Mallomonas tonsurata s	7490	2244
Synura petersenii s	----	9536
Uroglena sp. pieni s	----	14585
		-----
		67314
DIATOMOPHYCEAE		
Acanthoceros zachariasii s	6255	1122
Asterionella formosa s	6230	4488
Cyclotella stelligera s	6870	4488
Melosira islandica s	7560	25243
Synedra acus var. angustissima s	8410	561
		-----
		35902
TRIBOPHYCEAE		
Goniochloris mutica s	----	1122
Pseudostaurastrum limneticum s	----	561
		-----
		1683
EUGLENOPHYCEAE		
Trachelomonas volvocina s	5930	1683
		-----
		1683

CHLOROPHYCEAE		
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	1122
Closterium acutum var. variabile s	1790	21316
Crucigenia tetrapedia 4-s	2320	14585
Dictyosphaerium pulchellum 4-s	2390	26925
Elakatothrix gelatinosa 2-s	2470	561
Eudorina elegans 8-s	2610	561
Gloeotila fennica s	2710	15706
Kirchneriella contorta s	2850	561
Monoraphidium dybowskii s	----	2244
Monoraphidium griffithii s	1282	2805
Monoraphidium mirabile s	----	561
Oocystis lacustris s	3220	1122
Pediastrum duplex y	3360	561
Quadricula pfitzeri 4-s	3539	1683
Scenedesmus aculeolatus 4-s	----	561
Sphaerocystis schroeteri y	4020	1122
Staurastrum pingue s	4360	1122
Staurodesmus mamillatus s	----	2805

-----  
95923

YHTEENSA 509458

JÄRNEFELT E/O INDEKSI	E	1104.79
	O	19.07
	E/O	57.93
MANTERE E/O-INDEKSI	E	3.00
	O	2.00
	E/O	1.50
HEINONEN E/O-INDEKSI	E	1211.37
	O	102.66
	E/O	11.80
HAJUKERROIN		13.266
Rhodomonas		75.39
Cryptomonas		1393.39
Cryptomonas/Rhodomonas		18.48

Humalajärvi  
28.8.2001

Biomassa mg/m<sup>3</sup>

-----		
28.08.		
-----		
CYANOPHYCEAE		
Anabaena solitaria f. smithii r	----	27.85
Anabaena sp. 100um	----	286.08
Aphanizomenon flos-aquae 100um	0230	40.39
Chroococcus limneticus 4-s	0340	37.03
Gomphosphaeria lacustris y	0490	2599.98
Microcystis aeruginosa y	0600	111.36
Microcystis elachista y	0260	28.05
Microcystis reinboldii pieni y	----	5.05
Microcystis sp. pieni y	----	11.22
Oscillatoria planctonica 100um	0800	8.25
-----		
		3155.26
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptomonas sp. keskik. s	----	1393.39
Katablepharis ovalis s	9225	11.11
Rhodomonas lacustris pieni s	9470	75.39
-----		
		1479.88
DINOPHYCEAE		
Ceratium hirundinella s	9030	35.65
Glenodinium sp. pieni s	9740	5.61
-----		
		41.26
CHRYSOPHYCEAE		
Dinobryon bavaricum s	7000	19.07
Dinobryon sertularia s	7080	47.12
Flagellata spp. pieni s	7201	6.56
Mallomonas akrokomos s	7420	5.05
Mallomonas tonsurata s	7490	22.44
Synura petersenii s	----	95.36
Uroglena sp. pieni s	----	29.17
-----		
		224.77
DIATOMOPHYCEAE		
Acanthoceros zachariasii s	6255	67.32
Asterionella formosa s	6230	29.17
Cyclotella stelligera s	6870	35.90
Melosira islandica s	7560	757.29
Synedra acus var. angustissima s	8410	5.61
-----		
		895.30
TRIBOPHYCEAE		
Goniochloris mutica s	----	3.37
Pseudostaurastrum limneticum s	----	6.73
-----		
		10.10
EUGLENOPHYCEAE		
Trachelomonas volvocina s	5930	30.29
-----		
		30.29

CHLOROPHYCEAE		
Chlamydomonas sp. keskik. s	----	11.22
Closterium acutum var. variabile s	1790	106.58
Crucigenia tetrapedia 4-s	2320	36.46
Dictyosphaerium pulchellum 4-s	2390	107.70
Elakatothrix gelatinosa 2-s	2470	1.68
Eudorina elegans 8-s	2610	72.93
Gloeotila fennica s	2710	31.41
Kirchneriella contorta s	2850	0.17
Monoraphidium dybowskii s	----	0.67
Monoraphidium griffithii s	1282	6.73
Monoraphidium mirabile s	----	0.34
Oocystis lacustris s	3220	26.93
Pediastrum duplex y	3360	61.71
Quadricula pfitzeri 4-s	3539	20.20
Scenedesmus aculeolatus 4-s	----	8.98
Sphaerocystis Schroeteri y	4020	11.22
Staurastrum pingue s	4360	37.03
Staurodesmus mamillatus s	----	42.08
-----		
		584.03
YHTEENSA		6420.89

# Kuvailulehti

Julkaisija	Keski-Suomen ympäristökeskus	Julkaisuaika	Tammikuu 2002
Tekijä(t)	Hennamaarit Korhonen Kaj Granberg		
Julkaisun nimi	Toivakan Humalajärven hajakuormitus selvitys		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Suomen vesistöjen tila on parantunut viime vuosikymmeninä teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesien käsittelyn tehostumisen myötä. Samanaikaisesti kuitenkin monien hajakuormituksen piirissä olevien vesien tila on huonontunut. Hajakuormituksen fosfori- ja typpikuormitus on nykyisin suurempi kuin teollisuuden ja asutuksen yhteensä aiheuttama kuormitus. Hajakuormittajista etenkin maatalous on noussut suhteellisesti merkittävimmäksi vesistöjemme ravinnekuormittajaksi. Maatalouden rehevöittävä vaikutus vesistöissä näkyy etenkin alueilla, joilla maatalouden osuus maankäytöstä on merkittävä. Hajakuormitusta tulee myös ilman kautta laskeumana vesipinnoille. Paikallisia haittoja vedenlaadulle aiheutuu myös haja- ja loma-asutuksen jätevesien puutteellisesta käsittelystä sekä metsätalouden toimenpiteistä.</p> <p>Tässä tutkimuksessa on selvitetty Toivakan Humalajärven valuma-alueella olevat mahdolliset kuormittajat, alueelta järveen tulevan kuormituksen määrä ja nykyinen järven vedenlaatu. Lisäksi pohditaan järveen tulevan kuormituksen vähentämisen vaihtoehtoja ja kuinka järven tila voitaisiin säilyttää vähintäänkin ennallaan. Järveen tuleva kuormitus selvitetään laskennallisesti. Selvitys on vastaus Humalajärviyhdistyksen tutkimuspyyntöön järven tilasta. Työssä on lisäksi kuvattu kuormituksen vähentämistä erilaisin vesien suojeletoimenpitein. Humalajärven rannalla on paljon loma-asutusta ja myös vakituista asutusta, joten järvellä on asukkaille suuri merkitys etenkin virkistyskäytön kannalta.</p>		
Asiasanat			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Keski-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja nro 45		
Julkaisun teema			
Projektihankkeen nimi ja projektinumero			
Rahoittaja/ toimeksiantaja			
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot			
	ISSN	1455-1446	ISBN
	Sivuja	48	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus	julkinen	Hinta
Julkaisun myynti/ jakaja	Keski-Suomen ympäristökeskus, PL 110, 40101 Jyväskylä		
Julkaisun kustantaja	Keski-Suomen ympäristökeskus		
Painopaikka ja -aika	Jyväskylä, Painotalo Hetimonex Oy, 2002		

