

VESIHALLITUS—NATIONAL BOARD OF WATERS, FINLAND

Tiedotus
Report

150

ESA SOLISMAA

**JÄTEVEDEN PUHDISTUSTA
TÄYDENTÄVÄT TOIMENPITEET
POHJOIS-PÄIJÄNTEEN
VESIENSUOJELUSSA**

HELSINKI 1978

ISBN 951-46-3440-3
ISSN 0355-0745

SISÄLLYSLUETTELO	SIVU
1. Johdanto	5
2. Vesistökuvaus	6
3. Tutkimusalueen vesistöjen tila	11
3.1 Alueen jätevesikuormitus ja sen tuleva kehitys	11
3.11 Metsäliiton Teollisuus Oy, Äänekoski /11/	12
3.12 Keski-Suomen Selluloosa Oy, Lievestuore /11/	14
3.13 G. A. Serlachius, Kangas /11/	16
3.14 Kemira Oy, Vihtavuori /11/	16
3.15 Muut laitokset ja asutuskeskukset	17
3.16 Satunnaispäästöt	19
3.2 Pohjois-Päijänteen nykytila ja sen arvioitu kehitys	20
3.3 Muut tutkimusalueen vesistöt	24
3.31 Jyväsjärvi	24
3.32 Lievestuoreenjärvi	25
3.33 Äänekoski-Vaajakoski -reitti	26
4. Jäteveden puhdistusta täydentävät toimenpiteet	27
4.1 Saneeraus	27
4.11 Jäteveden purkupaikan valinta	28
4.12 Jäteveden varastointi /26/	29
4.13 Muut saneeraustoimenpiteet	30
4.2 Kunnostus	31
4.21 Purkuvesistön säännöstely	31
4.22 Pohjapadot ja virtaussuuntien muuttaminen	32
4.23 Veden hapettaminen	34
4.24 Alusveden poisjohtaminen /27/	35
4.25 Biomassan poistaminen /17/	37
4.26 Pohjalietteen poistaminen /27/	38
5. Tutkimusalueella suoritettut ja suunnitellut kuormitusta vähentävät toimenpiteet	39
5.1 Jäteveden puhdistus	39
5.2 Laitosten sisäiset kuormitusta vähentävät toimenpiteet	42
5.3 Muut saneeraus- ja kunnostustoimenpiteet	44
5.31 Jyväskylän seudun purkupaikka	44
5.32 G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehdas	48

5.33	Lievestuore ja Äänekoski - Vaajakoski -reitti	49
6.	Tutkimusalueelle soveltuvat jäteveden puhdistus- ta täydentävät toimenpiteet	50
6.1	Saneeraus	
6.11	Pohjois-Päijänne ja Jyväskylä	50
6.12	Lievestuoreenjärvi	52
6.13	Äänekoski - Vaajakoski -reitti	54
6.2	Kunnostus	57
6.21	Jyväskylä	57
6.22	Lievestuoreenjärvi	67
6.23	Äänekoski - Vaajakoski -reitti	71
6.24	Pohjois-Päijänne	76
7.	Yhteenveto	77
	Lähteet	79
	Liite 1	82
	Liite 2	83
	Liite 3	84
	Liite 4	85
	Liite 5	86
	Liite 6	87
	Liite 7	88

1. JOHDANTO

Päijänteen vesistöalue on toisaalta erittäin merkityksellinen kalatalouden, vesistön virkistyskäytön ja Etelä-Suomen vedenhankinnan kannalta, toisaalta se on myös voimakkaasti teollisuuden ja asutuksen jätevesien kuormittama. Näiden seikkojen ristiriitaisuus on tehnyt tarpeelliseksi etsiä keinoja Päijänteeseen tulevan kuormituksen ja sen aiheuttamien haittojen pienentämiseksi, jotta vesistön mahdollisimman monipuolinen käyttö voitaisiin turvata.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella varsinaista jäteveden puhdistusta täydentävien toimenpiteiden käyttömahdollisuuksia ja soveltuvuutta Pohjois-Päijänteen vesistöalueella. Täydentäviä toimenpiteitä on tarkasteltu pääasiassa Seppäsen /21/ esittämän saneeraus- ja kunnostustoimenpiteiden jaon pohjalta.

Tutkimusalue on rajattu etelässä Kärkistensalmeen, pohjoisessa on mukaan otettu kuormituksen kannalta Pohjois-Päijänteeseen läheisesti liittyvät vesistöt Tourujoki, Jyväsjärvi ja Äijälänsalmi, Äänekoski - Vaajakoski -reitti sekä Lievestuoreenjärvi. Näiden vesistöjen mukaanottaminen on tärkeää, koska niissä tapahtuvat muutokset vaikuttavat Pohjois-Päijänteeseen ja koska valtaosa Pohjois-Päijänteen fosfori-, BHK- ja typpikuormituksesta tulee näiden vesistöjen kautta.

Pohjois-Päijänteelle on ominaista muutamien pistekuormittajien suuri osuus kokonaiskuormituksesta, minkä vuoksi tämä tutkimus kohdistuu pääasiassa suurkuormittajiin. Kuormitusta vähentävät toimenpiteet ovat helpommin toteutettavissa ja hallittavissa suurilla kuormitusyksiköillä kuin vastaavan hyödyn tuottavat toimenpiteet kohdistettuina pieniin kuormittajiin. Tutkimuksen suppeuden vuoksi tarkastellaan lähemmin vain muutamia mahdollisia toimenpiteitä vertailemalla kustannuksia ja mahdollisuuksien mukaan saavutettavaa hyötyä. Kohdevesistön ominaisuudet ja kuormitustilanne ovat oleellisia tekijöitä arvioitaessa toimenpiteiden vaikutuksia ja kannattavuutta. Tämän vuoksi myös puhdistamotilanteen selvittäminen on tässä työssä paikallaan.

Tämä tutkimus liittyy KVT-projektin teollisuuden jätevesiä käsittelevään osaprojektiin, mutta mukaan on otettu myös asumajätevedet, koska ne muodostavat oleellisen osan Pohjois-Päijänteeseen tulevasta kuorimituksesta. KVT-projekti perustettiin 1.8.1975 suorittamaan Maailmanpankilta saadun teollisuuden vesiensuojelulainan ehtona ollutta laajaa, vesiensuojelun vaikutuksia käsittelevää tutkimusta. Tämä työ on tehty v. 1976-77 Keski-Suomen vesipiirin vesitoimistossa alunperin diplomityöksi TTKK:lle, ja sitä on jälkeenpäin jonkun verran muokattu maant. ja metsät.lis. Paavo Seppäsen esittämien huomautusten pohjalta.

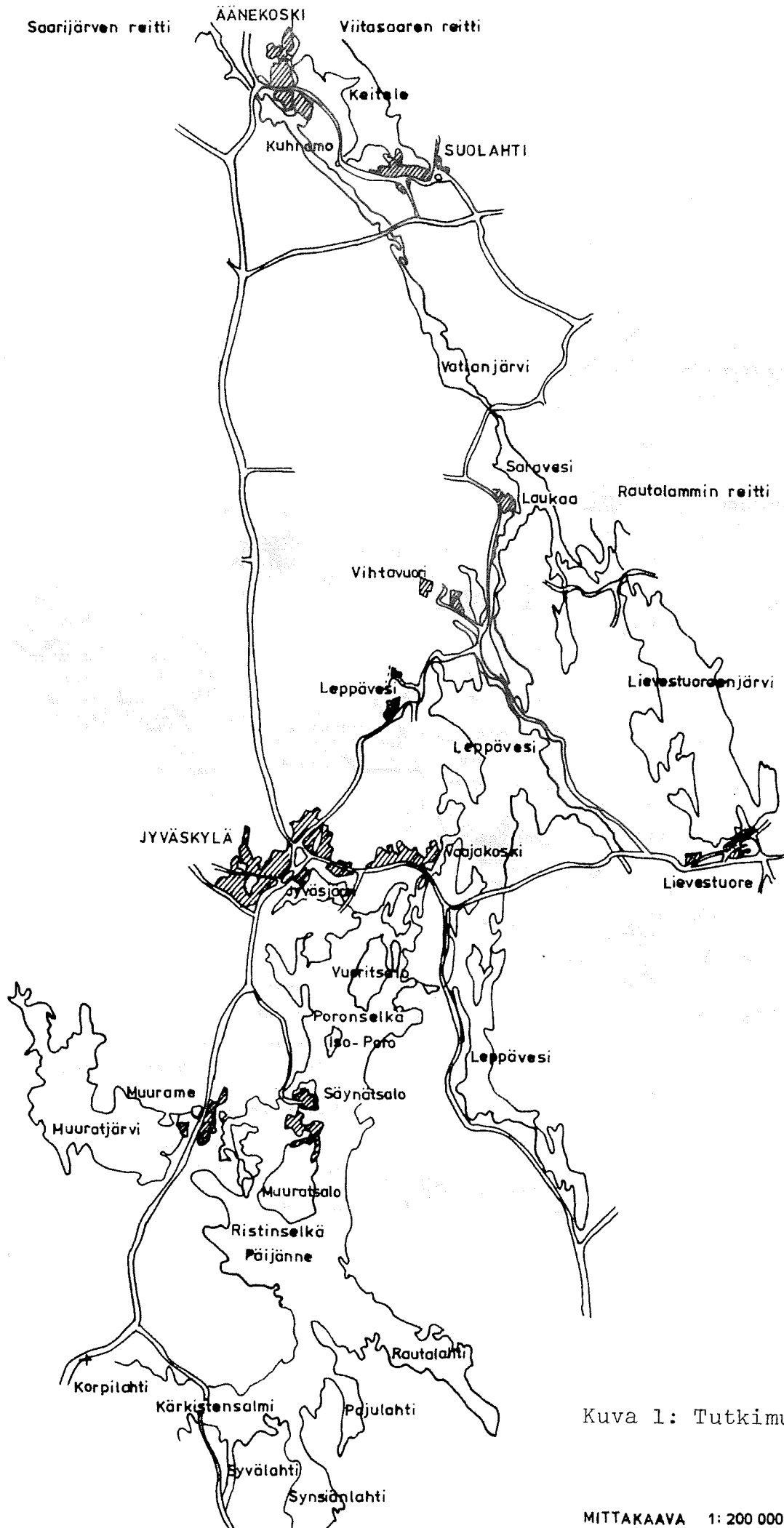
2. V E S I S T Ö K U V A U S

Tutkimusalue kuuluu Kymijoen vesistöön, jonka keskusjärvi on Päijänne. Tässä työssä käsitellään vesialuetta, johon kuuluvat Pohjois-Päijänne Kärkistensalmeen saakka sekä osittain Tourujoen vesistö ja Saarijärven, Viitasaaren ja Rautalammin reitit. Tourujoen vesistö laskee suoraan Äijälänsalmen kautta Päijänteeseen, Saarijärven ja Viitasaaren reitit yhtyvät Äänekoski - Vaajakoski -reitit pohjoispäässä olevassa Kuhnamojärvessä ja Rautalammin reitti yhtyy edellisiin Saravedessä. Vaajakosken kautta edellä olevat kolme pääreittiä virtaavat Päijänteeseen. Lähemmin tullaan käsittelemään Pohjois-Päijänteen valuma-alueelta Äänekoski - Vaajakoski -väliä, johon kuuluvat Äänekoski, Kuhnamojärvi, Kapeekoski, Vatianjärvi, Kuusankoski, Saravesi, Kuhankoski, Leppävesi ja Vaajakoski. Tourujoen vesistöä käsitellään Tourujokea, Jyväsjärveä ja Äijälänsalmea sekä Rautalammin reitistä Lievestuoreenjärkeä, Sahijokea, Kuusvettä ja Tarvaalanvirtaa. Vesistöt on esitetty kuvan 1 kartassa ja kaaviokuvassa 2.

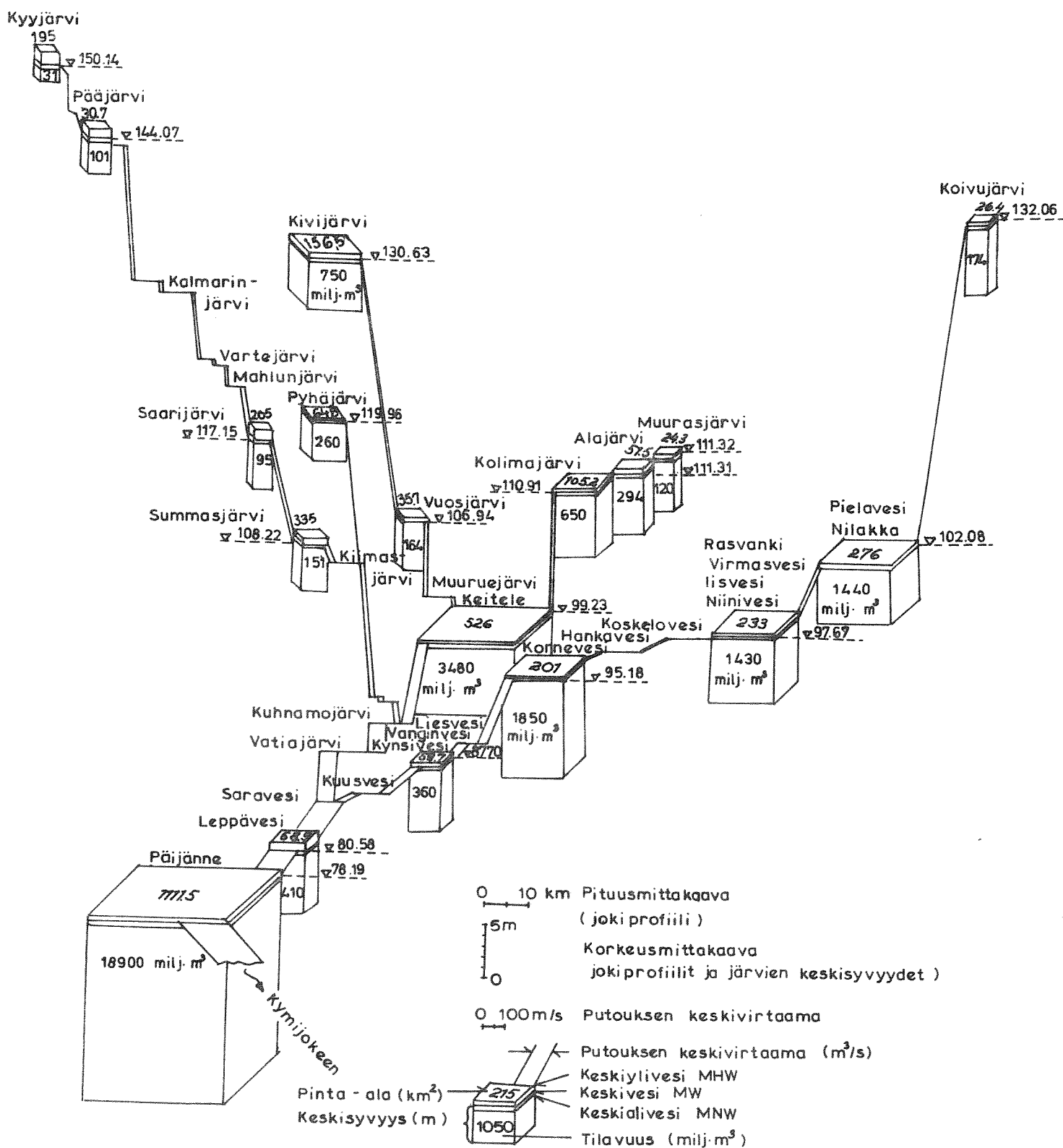
Pohjois-Päijänne jakautuu kahteen selkään, Vaajakosken - Muuratsalon väliseen Poronselkään ja Muuratsalon - Kärkistensalmen väliseen Ristiselkään. Helsingin kaupungin vesilaitoksen /7/ mukaan selkien pinta-
alat, tilavuudet ja keskisyvydet ovat:

Taulukko 1. Pohjois-Päijänteen hydrologisia tietoja.

	Pinta-ala km ²	Tilavuus m ³	Keskisyvyys m
Poronselkä	56,1	707, 85 x 10 ⁶	12,6
Ristiselkä	85,6	1822, 45 x 10 ⁶	21,3
Yhteensä	141,7	2530,30 x 10 ⁶	



Kuva 1: Tutkimusalue



Kuva 2: Pääjärven latvavesistön kaaviollinen kuvaus (Rakennustekniikka 12/1964).

Koko altaasta on Lappalaisen ja Mäkisen suorittamien ainetasetutkimusten yhteydessä esitetty seuraavat tiedot /14/:

Taulukko 2. Pohjois-Päijänteen hydrologisia tietoja /14/.

Lähivaluma-alue	Ar km ²	520
Vesipinta-ala	Av km ²	142
Tilavuus	V 10 ⁶ m ³	2530
Efektiivinen tilavuus	Vef 10 ⁶ m ³	2150
Keskisyvyys	m	18

Efektiivisellä tilavuudella tarkoitetaan pääuoman tilavuutta eli tilavuutta ilman sivu-uomia ja lahtia.

Poronselän maksimisyvyys on 49 m, Ristiselän 104 m. Poronselkä-Ristiselkä-alueen teoreettinen viipymä keskivirtaaman perusteella on 0,53 vuotta /3/.

Seuraavassa taulukossa on Äänekoski-Vaajakoski reitin järvien hydrologisia ominaisuuksia (Keski-Suomen vesipiirin vesitoimiston mittaus-ten mukaan) /4/.

Taulukko 3. Äänekoski-Vaajakoski reitin järvien hydrologisia ominaisuuksia /4/.

Järvi	Av km ²	Keski- syvyys m	Tilavuus 10 ⁶ m ³	Teor. viipymä d
Kuhnamo	3,46	6	20,5	3
Vatia	5,50	4	22,6	3
Saravesi pohj.	4,71	3	12,2	2
Saravesi et.	3,07	8	25,6	2
Leppävesi pohj.	36	11	386	32

Edellä olevat viipymät on laskettu keskivirtaaman perusteella. Lappalaisen /13/ mukaan Äänekoski-Vaajakoski -reitin viipymä on Kuhan-

koskeen saakka likimain sama kuin pitoisuushavaintojen vaihesiirtymien perusteella saatu. Sen sijaan Pohjois-Leppäveden viipymä on vaihesiirtojen perusteella ainoastaan pari viikkoa, joten koko Äänekoski-Vaajakoski -välin todellinen keskiviipymä on vain vajaa kuukausi (noin 24 d).

Seuraavissa taulukoissa on esitetty reitin virtaamatietoja 1960-1975 väliseltä ajalta (Hydrologinen vuosikirja 1971).

Taulukko 4. Äänekoski-Vaajakoski reitin virtaamia 1961-1970.

	m ³ /s				
	MQ	HQ	MHQ	MNQ	NQ
Äänekoski + Mämmenkoski (Keitele-)	48	101	83	12,3	0,5
Hietamankoski (Kiimasjärvi-)	27	147	(106)	(18,1)	4,0
Kapeekoski (Kuhnamojärvi-)	84	228	179	42	23
Simunankoski (Kynsivesi-)	61	132	96	42	30
Vaajakoski	148	398	272	46	12,0

Suluissa merkityt arvot ovat vajailta kuukausilta.

Taulukko 5. Äänekoski-Vaajakoski reitin vuoden 1975 virtaamia.

	Virtaama m ³ /s							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Talvi	46	92	148	149	4,5	263	276	120
Kevät	57	87	147	148	5,4	236	250	99
Kesä	18	71	96	97	2,5	169	186	77
Syksy	9	31	42	52	2,5	92	95	46
X	29	66	100	104	3,5	178	189	

1. Hietamankoski

2. Häränvirta

3. Kapeekoski

4. Kuusankoski

5. Sahijoki

6. Kuhankoski

7. Vaajakoski

8. Saraveden eteläosa

Lievestuoreenjärven suurin pituus on 13,5 km, leveys keskimäärin 2,5 km, pinta-ala 41,7 km², tilavuus 422 milj. m³, keskisyvyys 10,1 m ja suurin syvyys 65 m. Järven valuma-alue on 235 km² ja järvisyys 20,3 %. Lievestuoreenjärven eteläpäähän tulee Kynsivedestä 1,5 - 2,0 m³/s suuruinen lisävesimäärä kalliotunnelin kautta. Luusuan keskivirtaama on 3,5 m³/s, joten teoreettinen viipymä on lähes 4 vuotta /12/. Lievestuoreenjärvestä lähtevä Sahijoki on aiemmin virrannut Kuusveteen, mutta nykyisin vedet virtaavat Kuusveden ja Tarvaalanvirran välisen Kirkkoniemen poikki kaivettua kanavaa myöten Tarvaalanvirtaan, joka edelleen laskee Saraveteen. Kanavan ja Sahijoen suun välinen Kuusveden osa on erotettu padolla muusta järvestä.

Tourujoen keskivirtaama on noin 4 m³/s. Jyväsjärven pinta-ala on 3,26 km², tilavuus 35,8 milj. m³ ja keskisyvyys noin 11 m. Valuma-alueen suuruus on 488 km². Jyväsjärven vedet virtaavat Äijälänsalmen kautta Päijänteeseen. Äijälänsalmen keskivirtaama on noin 4,5 m³/s. Jyväsjärven viipymä on keskimäärin 104 vuorokautta. Lisäksi tulee Pohjois-Päijänteeseen lisäjuoksu Muuratjärvestä Muuratkosken kautta, jonka keskivirtaama on 3,5 m³/s (Hydrologinen vuosikirja 1971).

3. T U T K I M U S A L U E E N V E S I S T Ö J E N T I L A

3.1 ALUEEN JÄTEVESIKUORMITUS JA SEN TULEVA KEHITYS

Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen Pohjois-Päijänteen vahingonarviotoimitusta varten tekemässä selvityksessä /2/ on tutkimusalueen kuormittajat jaoteltu seuraavasti:

- Äänekoski - Vaajakoski -reitin jätevedet
- Jyväskylä, Äijälänsalmi
- Jyväskylä, Keljo
- Jyväskylä, Nenäniemen puhdistamo
- G.A. Serlachius, Kangas
- Vaajakosken tehtaat (SOK)
- Vaajakoski, asutus
- Kinkomaan taajama ja sairaala

- Säynätsalo
- Enso-Gutzeit, Säynätsalo
- Muurame

Äänekoski-Vaajakoski -reitän kuormittajiin kuuluvat Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtaot, Äänekosken kaupunki, Valion Äänekosken meijeri, Suolahden kauppala, Suolahden Sirkkaharju, Keski-Suomen Selluloosa Oy:n Lievestuoreen tehtaot, Laukaan kirkonkylän, Lievestuoreen, Leppäveden ja Vihtavuoren taajamat sekä Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaot. Kuormittajien sijainti näkyy kuvassa 3.

Seuraavassa esitetään eräiden teollisuuslaitosten historiikkia ja kuormitustietoja lyhyesti:

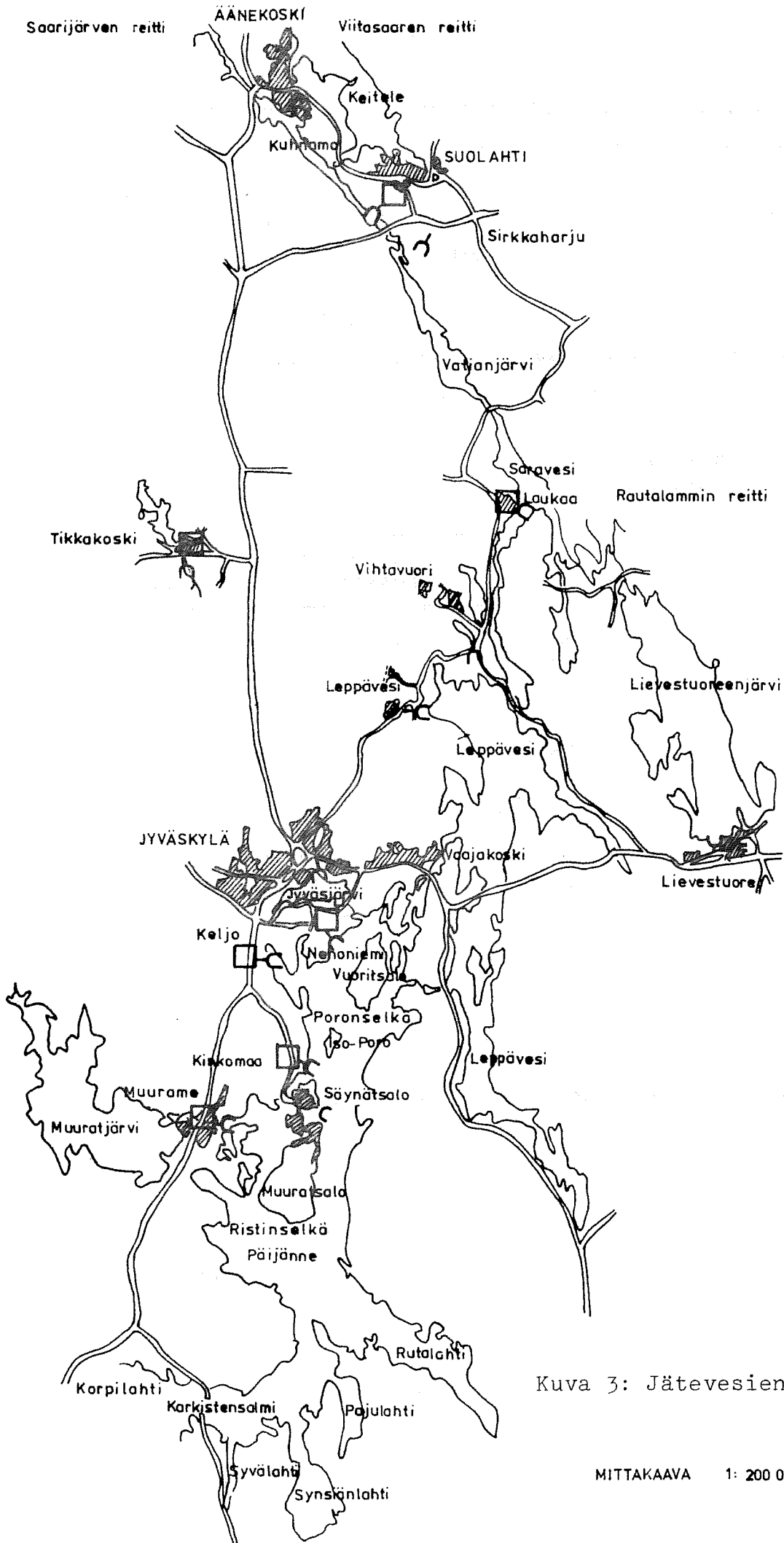
3.11 Metsäliiton Teollisuus Oy, Äänekoski /11/

Metsäliitolla on Äänekoskella seuraavat teollisuuslaitokset:

Taulukko 6. Äänekosken teollisuuslaitokset.

Laitos	toiminta alkanut v
Puuhiomo ja kartonkitehdas	1899
Paperitehdas	1906
Valkaisematon si-sellutehdas	1938
Si-spriitehdas	1942 lopetettu
Kemiallinen tehdas	1946
Si-jäteliemen haihduttamo ja polttolaitos	1956
Valkaisulaitos	1956
Sa-sellutehdas (valkaistu ja puolivalkaistu)	1961
Taivekartonkitehdas	1966
Hiivatehdas	1974

Sellu-, paperi- ja hioketuotannon kasvu oli 1960-luvulle saakka hidasta ollen v. 1960 yhteensä noin 90 000 t/a, josta sellua noin 50 000 t.



Kuva 3: Jätevesien purkupaikat

Tämän jälkeen etenkin sellutuotannon kasvu on ollut voimakasta. Vuonna 1970 tuotanto oli yhteensä noin 270 000 tonnia, sellun osuuden ollessa noin 170 000 tonnia. Tuotannon kasvun on ennakoitu tasaantuvan vuoteen 1990 mennessä, jolloin se on arvioitu olevan noin 300 000 tonnia sellua, 70 000 tonnia hioketta ja 170 000 tonnia paperia vuodessa.

Seuraavassa on velvoitetarkkailuraporttien mukaisia jätevesitietoja vuosilta 1975-1976 Äänekosken tehtailta:

Taulukko 7. Äänekosken tehtaiden jätevesikuormitus vuosina 1975-1976

	yks.	Vuoden 1975 keskiarvo	1976 (tammi-huhtikuu)
jätevesivirtaama	m ³ /d	147 525	127 710
ominaisvirtaama	m ³ /t	227	174
kiintoaine	kg/d	15 780	14 116
ominaiskiintoaine	kg/t	24,3	19,3
BHK ₇	kgO ₂ /d	44 950	39 650
ominais-BHK ₇	kgO ₂ /t	69,2	54,2
kokonaisfosfori	kg/d	89,9	84,5
kokonaistyyppi	kg/d	490	321
KHK	kgO ₂ /d	54 470	47 225
liuennut org.aine	kg/d	84 030	67 116
Ligniini NaLs	kg/d	28 838	24 838

Uusi jäteliemen haihduttamo vähensi kuormitusta 1975 kesäkuun jälkeen.

3.12 Keski-Suomen Selluloosa Oy, Lievestuore /11/

Lievestuoreen sellutehtaan tuotantolaitoksista on seuraavat tiedot:

Taulukko 8. Keski-Suomen Selluloosa Oy:n

tuotantolaitos	toiminta alkanut - päättynyt v.
Si-sellutehdas	1927 -
Si-spriitehdas	1934 - 1954
Si-sellutehdas keskeytys	1967 - huhtikuu 1971

Nykyisin Lievestuoreen tehdas valmistaa liukosellua, mikä nostaa BHK₇- kuormitusta.

Seuraavassa on velvoitetarkkailuraporttien mukaisia kuormitustietoja Lievestuoreen tehtaasta, keskiarvot 1.5.1975 - 31.5.1976 väliseltä ajalta. (Vuoden 1975 kesäkuussa ja 1976 tammi-, maaliskuussa ja huhtikuussa laitos ei ollut toiminnassa).

Taulukko 9. Keski-Suomen Selluloosa Oy:n aiheuttama kuormitus
1.5.1975 - 31.5.1976

jätevesivirtaama	m ³ /d	84 241
ominaisvirtaama	m ³ /t	708
kiintoaine	kg/d	1 187
ominaiskiintoaine	kg/t	9,8
BHK ₇	kgO ₂ /d	15 138
ominais-BHK ₇	kgO ₂ /t	128
kokonaisfosfori	kg/d	44,4
kokonaistyyppi	kg/d	72
kiintoaine-%	%	0,98

Keskeytyksen jälkeen laitoksen toiminta ei ole ollut jatkuvaa, vaan tehdas on ollut kesäisin pysähdyksissä kuukauden ajan.

Tehtaan sellutuotanto on taulukosta laskettuna ollut noin 120 t/d. Tehdas käyttää sahausjätteitä, ja tämän perusteella on vuosituotannon oletettu kasvu 2 % vuodessa /11/.

3.13 G. A. Serlachius, Kangas /11/

Kankaan paperitehdas perustettiin vuonna 1872. Nykyisin tehtaalla on neljä paperikonetta ja kaksi pergamentoimiskonetta. Velvoitetarkkailuraporteista saadaan seuraavat tiedot tehtaan jätevesistä:

Taulukko 10. G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehtaan aiheuttama kuormitus.

		Vuoden 1975 keskiarvo	joulukuu -75 kesäkuu -76
jätevesimäärä	m ³ /d	14 840	14 034
ominaisjätevesimäärä	m ³ /t	-	54,2
kiintoaines	kg/d	884	753
ominaiskiintoaines	kg/t	-	2,9
suodattimen haihdutus- jäännös	kg/d	14 441	-
KMn O ₄	kg/d	2 193	2 175
BHK ₇	kg/O ₂ /d	1 259	825
ominais-BHK ₇	kgO ₂ /t	-	3,12
kokonaisfosfori	kg/d	0,4	1,65
kokonaistyyppi	kg/d	112	126,5
kiintoainehäviö	%	0,36	
rikkihappo	kg/kg perg.	0,40	
kokonaisrikki	kg/d	-	1 414,5

Paperituotanto on vuoden 1976 alkupuoliskolla ollut noin 260 t/d, mikä on yli kaksinkertainen vuoden 1970 tuotantoon verrattuna.

3.14 Kemira Oy, Vihtavuori /11/

Vihtavuoren tehtaan toiminta alkoi vuonna 1926, ja tuotantoa laajennettiin v. 1970. Laitos tuottaa räjähdysaineita, patruunoita, selluloosanitraatteja, eetteriä, lakkahartsia ja räjäytysnalleja. Vuosilta 1970 ja 1976 on tehtaan jätevesistä seuraavia tietoja:

Taulukko 11. Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaan aiheuttama kuormitus.

	Vuosi 1970	Vuosi 1976 (elo-syyskuu vajaa teho)
jätevesivirtaama	3 400 m ³ /d	3 345 m ³ /d
100 % typpihappo	3 500 kg/d	22 t/kk
100 % rikkihappo	1 300 kg/d	25,3 t/kk
selluloosa	200 kg/d	
nitroglykoli	45 kg/d	
lyijy	4 kg/d	12,2 g/d (3-21,5 g/d)
trinitroresorsinoli	1 kg/d	0,12 mg/l (Vihtaoja)
edellisestä pelkistymistuotteita	1,2 kg/d	

Kemian teollisuuden yleisen suuntauksen mukaan Vihtavuoren tehtaiden tuotanto kasvaa. Koska myös tuotantomenetelmät samalla muuttuvat, on jätevesien tulevan laadun ja määrän ennakointi tässä vaiheessa mahdotonta. Typpikuormituksen on odotettu alenevan 50 % vuoteen 1980 mennessä, koska typen talteenotto olisi tehtaalle kannattavaa.

3.15 Muut laitokset ja asutuskeskukset

Muiden laitosten ja asutuskeskusten osuudet kuormituksesta ilmenevät parhaiten yhteenvetotaulukosta 12, jonka tiedot perustuvat tarkkailuraportteihin tai arviioon vuosilta 1975-1976 (tähdellä merkityt ovat vuoden 1974 tietoja).

Taulukko 12. Äänekoski-Vaajakoski reitille ja Pohjois-Päijänteelle kohdistuva jätevesikuormitus vuosina 1975-1976.

kuormittaja	kiinto- aine t/d	BHK ₇ t/d	typpi kg/d	fosfori kg/d
1. Metsäliiton Teollisuus Oy, Äänekoski	16	45	490	90
2. Äänekosken kaupunki	-	0,5	80	18

3. Suolahden kauppala	-	0,03	30	2
4. Suolahti, Sirkkaharju	-	-	3	0,8
5. Keski-Suomen Selluloosa Oy, Lievestuore	1,2	15,1	72	44
6. Laukaa, Lievestuore *	-	0,1	17	3,6
7. Laukaa kk	-	0,1	20	4
8. Laukaa, Leppävesi *	-	-	1,5	0,7
9. Kemira Oy, Vihtavuori	-	-	800	-
10. Jyväskylän mlk. Vaajakoski + SOK	-	1,3	70	16
11. G.A. Serlachius, Kangas	0,9	1,3	129	1,5
12. Jyväskylän kaup., Nenäniemi	-	2	500	36
13. - suoraan Jyväsjärveen	-	1,1	160	40
14. - Keljo	-	0,3	102	9,6
15. Kinkomaa	-	0,02	10	2,4
16. Säynätsalo	-	0,2	34	8,5
17. Enso-Gutzeit Oy, Säynätsalo	1,5	2,4	15	2,6
18. Muurame kk	-	-	6	0,8
19. Korpilahti kk	-	-	12,7	0,7

Enso-Gutzeit Oy:n Säynätsalon tehtailla lopetettiin v:n 1975 lopussa kuitulevyn valmistus, minkä jälkeen tehtaan kuormitus on pääasiassa saniteettijätevesistä aiheutuvaa.

Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen selvityksessä /2/ on laskettu BHK₇- ja fosforikuormituksen perusteella Pohjois-Päijänteen alusveden hapenkulutus ja kuormittajien prosentuaaliset osuudet hapenkulutuksesta. Äänekosken tehtaiden BHK₇-reduktio on oletettu Äänekoski - Vaajakoski välillä olevan 70 % ja fosforireduktion samalla välillä 0 %. Tämän työn yhteydessä ei ole mahdollista arvioida näiden lukujen paikkansapitävyyttä. Hapenkulutus on laskettu kaavalla (1):

$$O_2 \text{ t} = 135 (\text{BHK}_7 \text{ t/d} + 166 \cdot 0,212 \cdot P \text{ t/d}) \quad (1)$$

Saadut tulokset vuosilta 1970-1975 ovat liitteinä (liitteet 1, 2, 3).

Kaava (1) perustuu seuraaviin tietoihin /2/:

- kasvukauden pituus on 135 d
- 1 t BHK₅ kuluttaa 3,3 t O₂ (Allen ja Bodenheimer /1/)
- alusveden tilavuus on noin 1/3 koko vesitilavuudesta
- 1 gramma fosforia kuluttaa 166 grammaa happea
- alusvedessä tapahtuva hajoitustoiminta on Pohjois-Päijänteellä 21,2 % koko vesimassassa tapahtuvasta hajoitustoiminnasta.

Kuormituksen perusteella lasketun hapenkulumisen yhtälö (2) regressiomenetelmällä on /2/:

$$y = -0,0843 x + 7,18, \quad (2)$$

missä y = happipitoisuus mg O₂/l ja x = vuosi. Regressiokerroin eroaa merkittävästi nollassa (t = 3,989^{XX}), joten kuormitus on vuosina 1960-1975 merkittävästi lisääntynyt. Havaittujen arvojen perusteella vastaavaa trendiä ei ole saatu, minkä on arveltu johtuvan hydrologisten seikkojen aiheuttamasta hajonnasta.

3.16 S a t u n n a i s p ä ä s t ö t

Satunnaispäästöt johtuvat tavallisesti teollisuuslaitoksen prosessi-häiriöistä tai puhdistamon toimintahäiriöstä. Päästön määrä ja laatu sekä vaikutus vaihtelee paljon. Pahimmillaan päästö saattaa aiheuttaa laajalla alueella kalojen ja muun vesieliöstön joukko-kuoleman. Päästön vaikutus ei yleensä ole pitkäaikainen. Viimeaikaisista Metsäliiton Teollisuuden Äänekosken tehtaiden ja G.A. Serlachius Oy:n Kankaan tehtaan päästöistä, joista Keski-Suomen vesipiirin vesitoimistoon on tullut ilmoitus, saadaan seuraavat taulukot (13 ja 14):

Taulukko 13. Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailta tapahtuneet päästöt 1974-1976.

pvm.	päästön laatu	määrä	kalakuolemia
25. 8.1974	keittohappo	50 m ³	
13. 8.1974	"	50 m ³	
5.1975	rikki ym.	1 t	X
13. 7.1975	keittohappo	75 m ³	X
20.-22.2.1976	kartonkimassa	20 t	
5.- 7.9.1976	hylkymassa	37 t	
27.-29.9.1976	kuori- ja kuituliete	30 t	
8.- 9.10.1976	limantorjunta-aine	150 kg	

Taulukko 14. G.A. Serlachius Oy:n Kaukaan paperitehtaalta tapahtuneet päästöt 1974-1976.

pvm	määrä	kesto
24.6.1974	1 200 m ³	2 h
27.12.1974-1.1.1975	3 200 m ³	-
1. 4.1975	14 500 m ³ /d	2-3 d
28. 4.1975	14 500 m ³ /d	tuntematon
12. 8.1976	16 100 m ³	1 d

Päijänteen yhteenvetotutkimuksessa /19/ on esitetty kolme eriasteista kuormituksen vähentämisvaihtoehtoa. Verrattaessa vuoden 1975 ennustetta havaittuihin kuormitusarvoihin nähdään, että tällöin ollaan jäljessä heikoimmastakin kuormituksen vähentämistavoitteesta.

Taloudellisen lamakauden vallitessa on investointien suuntaaminen vesiensuojelua edistäviin toimiin etenkin teollisuuden piirissä epätodennäköistä, jolloin kuormituksen pieneneminen tulee olemaan ennakoitua hitaampaa.

3.2 POHJOIS-PÄIJÄNTEEN NYKYTILA JA SEN ARVIOITU KEHITYS

Statens Naturvårdsverkin happikriteerien mukaan Pohjois-Päijänne oli vielä 1950-luvulla likimain luonnontilainen, lukuunottamatta puunjalostusteollisuuden jätevesien aiheuttamaa happipitoisuuden heilailua Kärkistensalmessa. Kuormituksen voimakas lisääntyminen 1950-luvun lopulla ja 1960-luvun alussa aiheutti merkittävän muutoksen Pohjois-Päijänteen happitilanteeseen, ja vuosien 1962-63 tienoilla alue ei edellämainittujen kriteerien mukaan enää ollut sovelias lohikaloille. Lisääntyneen kuormituksen aiheuttamat haitat näkyivät ensimmäisenä Poronselällä. Noihin aikoihin lisääntyi Äänekosken tehtaiden sellutuotanto sulfaattisellutehtaan ansiosta yli kaksinkertaiseksi ja myös Kankaan paperitehtaan ja Lievestuoreen selluloosahtaan tuotanto kasvoi voimakkaasti.

Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen selvityksessä /2/ Pohjois-Päijänne on jaettu osa-alueisiin sähkönjohtavuuden, kokonaisfosforin, näkösyvyyden, perustuotantokyvyn, klorofylli-a:n, pH:n ja

ja vapaan hiilidioksidin perusteella. Näiden tekijöiden vaihtelu Pohjois-Päijänteellä on tilastollisen testauksen perusteella merkitsevää. Ligniinipitoisuuksissa ja BHK:ssa sen sijaan ei alueiden välillä ole merkittävää eroa, mikä osoittaa selluteollisuuden jätevesien leviävän tasaisesti koko Pohjois-Päijänteelle. Näiden muuttujien perusteella alue on edelleen jaettu likaantumisyöhykkeisiin, jotka näkyvät kuvassa 4.

Eri vyöhykkeiden tilaa kuvataan seuraavasti:

I vyöhyke: Alue on voimakkaasti rehevöitynyt tai alueen hajoitustoiminta on voimakasta. Veden pH saattaa olla poikkeava ja vesi on elektrolyyttipitoista. Alue soveltuu huonosti uintiin ja muuhun virkistyskäyttöön. Vyöhykkeeseen kuuluvat Äijälänsalmen suu, Keljonlahti ja Säynätsalon ympäristö.

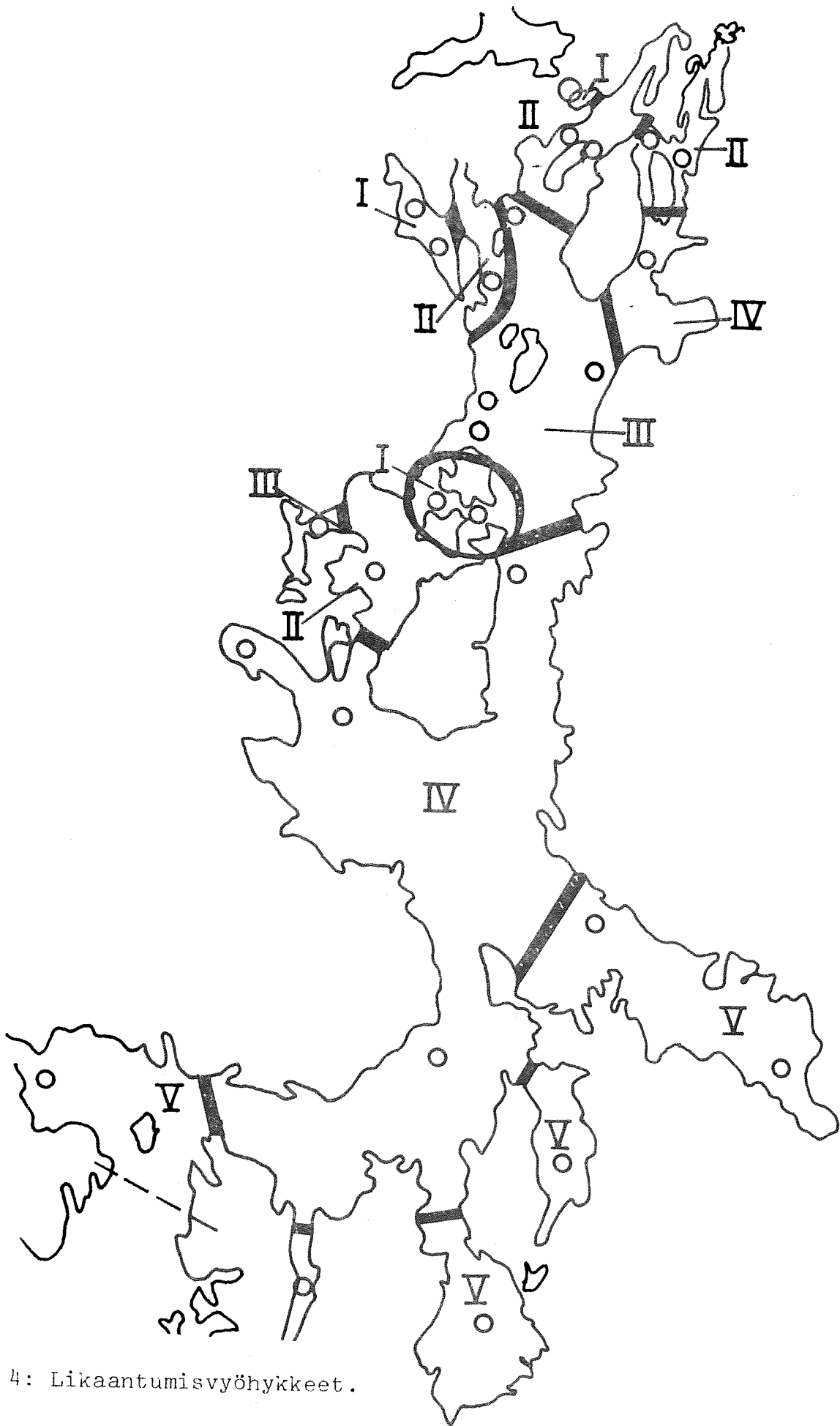
II vyöhyke: Sekoittumisalueita, joissa veden laatu on edellistä parempi. Vyöhykkeeseen kuuluvat Keljonlahden suu, Säynätsalon lounaisalue ja Vaajakoski-Haapaniemi-Vuoritsalo-linja itäpuoli.

III vyöhyke: Alue on rehevöitynyt ja happihaitat ovat mahdollisia. Vyöhykkeeseen kuuluvat Poronselkä ja Muuratjoen suualue.

IV vyöhyke: Pääasiallisin haitta alueella on rehevöityminen ja kohonnut ligniinipitoisuus. Vyöhykkeeseen kuuluvat Ristiselkä ja Vuoritsalon kaakkoispuolella oleva alue.

V vyöhyke: Alueet ovat suhteellisen nuhtaita ja niitä voidaan laadullisesti verrata Vanhaanselkään. Vyöhykkeeseen kuuluvat Rutalahti, Pajulahti, Synsienlahti ja Syvälahti. Alueet ovat syrjässä vesien ja jätevesien päävirtausreitiltä.

Vollenweiderin ja Dillonin /28/ kriteerien mukaan lasketut fosforikuormituksen sietorajat sekä fosforikuormitukset eräillä Pohjois-Päijänteen altailla ovat seuraavat /3/:



Kuva 4: Likaantumisyöhykkeet.

Taulukko 15. Fosforikuormituksen sietorajat Vollenweiderin ja Dillonin /28/ mukaan laskettuna ja vuoden 1974 tilanne.

alue	kuorma $\text{g P/m}^2 \cdot \text{a}$		
	sallittava	vaarallinen	1974
Poronselkä - Ristiselkä	0,5	0,9	0,996
Poronselkä - Ristiselkä - Vanhaselkä	0,5	0,65	0,458

Kuten nähdään, sallitut kuormitusrajat ylitetään molemmissa tapauksissa ja ilman Vanhasselkää myös vaarallinen $0,9 \text{ g P/m}^2 \cdot \text{a}$ ylittyy.

Lisäksi Granberg /3/ on laskenut vuosikuormat vuonna 1990 olettaen, että Jyväskylän kaupungin kaikki jätevedet johdetaan keskuspuhdistamolle ja Haapakosken kautta tuleva fosforikuormitus on sama kuin vuonna 1974:

Taulukko 16. Pohjois-Päijänteeseen fosforin vuosikuorma keskuspuhdistamolta lähtevän veden fosforipitoisuuden funktiona.

keskuspuhdistamon fosforin lähtöpitoisuus mg P/l	vuosikuorma $\text{g P/m}^2 \cdot \text{a}$	
	Poronselkä- Ristiselkä	Poronselkä-Ristiselkä- Vanhaselkä
2	0,996	0,452
1	0,842	0,382
0,5	0,765	0,350

Taulukosta havaitaan, että sallitut kuormitusrajat ylittyvät ankarimallakin Jyväskylän kaupungin jätevesien puhdistusasteella. Vaikka Vollenweiderin ja Dillonin fosforikuormitusrajojen paikkansapitävyydestä Pohjois-Päijänteellä ei voida olla täysin varmoja, on ilmeistä, että järven tilan paranemisen edellytyksenä on Äänekoski - Vaajakoski -reitiltä tulevan BHK-kuormituksen vähentämisen lisäksi myös Vaajakosken kautta tulevan fosforimäärän pienentäminen.

3.3 MUUT TUTKIMUSALUEEN VESISTÖT

3.31 J y v ä s j ä r v i

Vuoden 1974 alkuun saakka Jyväsjärveä ovat kuormittaneet Jyväskylän kaupungin asutus ja G.A. Serlachiuksen Kankaan paperitehdas. Lisäksi järveen on laskettu Schaumanin tehtaiden lauhdevesiä. Järven pilaantuminen tapahtui 1960-luvun alkupuolella. Tällöin Jyväsjärvi rehevöityi nopeasti ja tuli talvisin likimain hapettomaksi. Pilaantuminen on todettu sekä vesianalyyseistä että pohjalle sedimentoituneen piilevästön koostumuksesta /2/. Rasantin eutrofioitumisen jälkeen myös sedimentaatio on nopeutunut siten, että ennen rehevöitymistä se oli 1,7 mm/a ja sen jälkeen 6 mm/a. Vielä 1950-luvun lopulla Jyväsjärvi oli hyvä joskin rehevä kalavesi. Nykyisin sen ainoa virkistyskäyttömuoto on vesiliikenne.

Vuonna 1974 noin 70 % kaupungin jätevesistä johdettiin keskuspuhdistamolle Nenäniemeen, josta jätevedet lasketaan suoraan Pohjois-Päijänteeseen. Tämän vuoksi järven pH laski kesällä 1975 keskimääräisestä arvosta 5,5 - 7,5 arvoon 4,07 - 4,26, mikä johtui siitä, että asumajätevedet eivät entisessä määrin neutraloineet Kankaan tehtaan happamia jätevesiä, sekä osittain tehtaan prosessiteknisistä häiriöistä. Hapen kulumisnopeus ei järvessä ole asumajätevesikuormituksen pienentyttyä vielä sanottavasti hidastunut, koska pohjaliete, jonka paksuus on noin 30-40 cm, kuormittaa järveä.

Jyväsjärveen tuleva fosforin hajakuormitus on 13 kg P/d /5/, mikä todennäköisesti riittää pitämään Jyväsjärven rehevänä, vaikka asuma- ja teollisuusjätevesien kuormitus loppuisikin.

Seuraavassa Jyväsjärven analyysituloksia syvänteistä kesällä 1975.

Taulukko 17. Eräitä veden laatua kuvaavia tutkimustuloksia Jyväsjärvestä v. 1975.

syvyys m	t °C	O ₂ mg/l	pH	kok-P mg/l	Fe mg/l
<u>21.5.1975</u>					
1	16,4	8,7	5,8	73	660
5	8,7	0,8	5,6	128	1 140
10	5,5	0,2	5,7	306	2 040
15	5,2	0,2	5,7	343	1 980
21	5,0	0,2	5,7	430	2 380
<u>1.8.1975</u>					
1	22,2	9,3	-		
3	21,0	6,9	3,2		
5	19,0	1,4	3,3		
10	9,3	0	6,6		

Happipitoisuus 0,2 mg/l vastaa hapetonta tilaa, koska analyysissä on käytetty bromisalisylaattimenetelmää. Huomattavaa on lisäksi järven suuri rautapitoisuus, mikä mm. vähentää kalojen alhaisen pH:n ja happipitoisuuden sietokykyä.

Kesän 1976 aikana Jyväsjärven pH on ollut korkeampi (noin 6) Kankaan paperitehtaan jätevesien neutraloinnin ansiosta.

3.32 Lievestuoreenjärvi

Lievestuoreenjärven suurin kuormittaja on Keski-Suomen Selluloosa Oy:n sellutehdas. Vuosien 1967-1971 välisen seisokin aikana Lievestuoreenjärven tila parani, mutta nykyisin järveä voidaan pitää jälleen pilaantuneena.

Lievestuoreenjärven velvoitetarkkailussa on otettu näytteitä kahdesta syvännekohdasta ja Sahijoesta. Vuoden 1975 tarkkailutuloksista (liitteet 4 ja 5) nähdään, että etenkin Hyyppään syvänteessä happi-tilanne on koko vesimassassa erittäin huono ennen kevättäyskiertoa. Pukkisaaren syvänteessä happi-tilanne on ollut huonoin syksyllä ja

Sahinjoessa ovat happiminimit keväällä ja loppukesällä. Veden ominaisjohtokyky on lähes nelinkertainen Kymijoen vesistön keskiarvoon verrattuna /24/. Alhainen pH, korkea rauta-, ligniini-, mangaanipitoisuus sekä KHT ilmentävät myös jätevesien aiheuttamaa pilaantumista. pH:n ja happipitoisuuden perusteella Lievestuoreenjärvi on Vantaanjoen ja Helsinginseudun vesiensuojeluyhdistyksen vesistön käyttökelppoisuusluokituksen mukaan /27/ vain ajoittain kelvollinen kalavedeksi ja muuhun virkistyskäyttöön sekä jatkuvasti esteettisesti kelvoton.

Lievestuoreenjärven C:N:P-suhde vuonna 1968 oli 1300:30:1, mikä osoittaa Lappalaisen mukaan erittäin suurta hiili- ja energianotentiaalia. Tämän vuoksi ravinnekuormitus on erittäin haitallista Lievestuoreenjärvelle, koska se saattaa aiheuttaa pohjaan sitoutuneen tuotantopotentiaalin vapautumisen /12/.

3.33 Äänekoski - Vaajakoski - reitti

Äänekoski-Vaajakoski -reitän velvoitetarkkailuraportissa /4/ on selvitetty reitin veden laatua vuoden 1975 aikana otettujen vesinäytteiden perusteella. Liitteissä 6 ja 7 on esitetty järvi- ja virtaamahavaintopaikkojen analyysituloksia vuodelta 1975. Karttaliitteessä 8 on esitetty näytteenottopaikat.

Tuloksista nähdään selvästi jätevesien vaikuttavan koko reitillä. Happitilanne on elokuussa ollut huono kaikissa reitin järviältaissa. Heikoin on tilanne ollut Vatianjärvessä, jossa alusveden happipitoisuuden keskiarvo on 12.8. ollut 0,2 mg/l.

Virtahavaintopaikoista on happitilanne huonoin Kuusankoskessa, jossa kyllästysaste on ollut jatkuvasti alle 80 % ja heikoimmillaan 44 %. Hyvän kuvan Äänekosken tehtaitten ja asutuksen jätevesien vaikutuksesta saa vertaamalla Äänekosken yläpuolella olevan Häränvirran arvoja muihin havaintotuloksiin. Kaikkien vedenlaatua kuvaavien suureiden arvot muuttuvat selvästi epäedullisempaan suuntaan siten, että heikoimmillaan tilanne on Hietamankoski-Kapeenkoski-Kuusankoski -alueella. Tästä Haapakoskeen mentäessä on havaittavissa pientä parantumista, mutta arvot ovat edelleen selvästi heikompia kuin Häränvirrassa. Kuusankoski-Haapakoski -alueen arvoja parantaa jonkin verran Rautalammin reitin vesien laimentava vaikutus.

Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaiden aiheuttama typpikuorman lisäys on selvästi havaittavissa Leppävedessä, jonka typpipitoisuus on merkittävästi suurempi kuin Kuhankosken. Leppäveden rehevöitynein alue on Vihtalahti ja karuin Etelä-Leppäveden pohjoisosa, joka on kuitenkin jonkin verran rehevöitynyt vuoden 1970 jälkeen. Kemira Oy:n purkupaikkana toimiva Vihtajärvi on täysin pilaantunut. Etenkin järven pH-arvot ovat erittäin alhaisia ($\text{pH} < 2,5$).

Sekä Vatianjärven että Leppäveden perustuotanto on vuoden 1972 jälkeen kohonnut toisaalta kasvaneen ravinnekuormituksen, toisaalta teollisuusjätevesien pienentyneen inhibitiovaikutuksen vuoksi. Myös kesän 1975 edulliset olosuhteet lisäsivät perustuotantoa.

Suoritetun minimitekijätutkimuksen mukaan sekä fosfori että typpi voivat olla perustuotannon minimitekijöitä Leppävedessä.

4. J Ä T E V E D E N P U H D I S T U S T A T Ä Y D E N T Ä - V Ä T T O I M E N P I T E E T

Varsinaista jäteveden puhdistusta täydentävät toimenpiteet voidaan sisällyttää vesistön saneeraukseen ja kunnostukseen. Saneeraustoimenpiteet kohdistuvat järven valuma-alueeseen, ja niillä pyritään järveen tuleva kuormitus saamaan mahdollisimman pieneksi. Kunnostustoimenpiteet sen sijaan kohdistuvat itse järveen. Seuraavassa toimenpiteitä käsitellään pääasiassa Seppäsen /21/ esittämän jaottelun pohjalta.

4.1 SANEERAUS

Seppäsen /22/ esittämistä valuma-alueen saneeraustoimenpiteistä ovat tärkeimpiä varsinaisen jätevedenpuhdistuksen lisäksi valuma-alueelle kulkeutuvien ja siellä syntyvien jätemäärien pienentäminen, jäteveden purkupaikan optimoitu sijoittaminen tai jäteveden johtaminen järven ohi ja näiden jälkeen erilaiset haja- ja pienkuormitukseen, lannoitteiden ja myrkkujen käyttöön sekä liikenteeseen kohdistuvat toimenpiteet. Lisäksi puhdistusta täydentävänä toimenpiteenä voidaan käyttää jätevesien varastointia, jota voidaan joskus pitää myös varsinaisena jäteveden puhdistuksena.

4.11 J ä t e v e d e n p u r k u p a i k a n v a l i n t a

Jäteveden purkupaikan sijoittamisessa huomioon otettavia seikkoja ovat tarkastelleet mm. Palo /16/ ja Poikolainen /18/.

Purkupaikan mielekkäällä valinnalla pyritään jätevesien vesistöön johtamisesta aiheutuvat haitat minimoimaan. Purkupaikkaa valittaessa huomioon otettavia seikkoja ovat mm. purkuputken pituus, jätevesien sekoittuminen ja laimeneminen sekä purkuvesistön edellyttämä puhdistusaste. Jätevesien vesistöön johtamisen vaikutukset täytyy tuntea ja hallita myös pitemmän ajan kuluessa. Yleensä purkupaikan sijoittamista pieniin ja suljettuihin vesistöihin tulisi välttää, koska tällaisten alueiden tasapaino järkkyy hyvin herkästi. Lisäksi täytyy ottaa huomioon sellaisten korkeaa veden laatua edellyttävien vedenkäyttömuotojen kuin vedenhankinnan, vesien virkistyskäytön, kalastuksen ja karjan juottoveden tarpeet.

Virtaavaan veteen purkamista pidetään yleensä parempana vaihtoehtona kuin jätevesien johtamista suoraan järvioltaaseen. Virtaavassa vedessä jätevedet sekoittuvat ja laimenevat nopeammin kuin järvessä ja paremman hapensaannin vuoksi myös jätevesien sisältämien aineiden hajoaminen nopeutuu.

Jätevesien johtaminen järven ohi on toteuttamiskelpoinen keino pienillä järvilla, tai jos ohitukseen tarvittava viemäri ei muuten ole liian pitkä. Ohitettavan järven suojelu tapahtuu tällöin alapuolisen vesistönosan kustannuksella. Toimenpiteen kannattavuutta arvioitaessa hyöty on ohitettavan järven käyttö- tai kalatalousarvon parantaminen esimerkkinä raakaveden puhdistuksessa saavutettavat säästöt. Kustannuksiin kuuluu ohitusviemäri tai -kanavan rakennus- ja kunnossapitokustannusten lisäksi alapuoliselle vesistölle aiheutuva haitta.

Voimakkaan kuormituksen ollessa kyseessä ei purkupaikan valinnalla voida laaja-alaisesti vaikuttaa purkuvesistön tilaan. Vanhoilla teollisuuslaitoksilla ja asutuskeskuksilla on vähän purkupaikkavaihtoehtoja, eivätkä ne tavallisesti eroa merkittävästi toisistaan. Uutta kuormittavaa toimintaa sijoitettaessa sen sijaan voidaan oikealla sijoituksella saavuttaa vesiensuojelullisesti merkittävää etua.

4.12 J ä t e v e d e n v a r a s t o i n t i /26/

Jäteveden varastointia voidaan pitää lammikkopuhdistuksena, joka on yksinkertaisin biologinen jäteveden käsittelytapa. Varastointialtaassa vaikuttavat samat tekijät, jotka luonnonvesistöissäkin huolehtivat epäpuhtauksien poistosta, erityisesti orgaanisen aineen hajottamisesta. Jätevesien varastointi lammikossa soveltuu täydentäväksi toimenpiteeksi minkä tahansa puhdistusprosessin jälkeen.

Altaassa tapahtuvien biologisten toimintojen vuoksi osa suspensiona ja kolloidimuodossa olevasta aineksesta flokkaantuu ja laskeutuu altaan pohjalle. Liuennutta ainetta sitoutuu biomassaan, joka laskeutuu myös pohjalle. Pääasia sekä kiintoaineen laskeutumisen että biologisen puhdistumisen kannalta on kyllin pitkä viipymä altaassa.

Kesäaikana lammikkopuhdistuksella saadut tulokset ovat BHK:n, fosforin ja bakteerien osalta hyviä, mutta talviaikana lammikon vaikutus voi olla negatiivinenkin, mikä laskee puhdistustuloksen vuotuisen keskiarvon enintään tyydyttäväksi. Myös teollisuusjätevesien sisältämät myrkylliset aineet saattavat huonontaa puhdistustulosta.

Eräs tarkastelun arvoinen varastointialtaan käyttömuoto on teollisuuden satunnaispäästöjen varastointi. Päästöt aiheutuvat tavallisesti prosessiteknisistä häiriöistä, ja niiden seurauksena voi vesistöön joutua pienen ajan kuluessa suuri määrä jollekin vesistön käyttömuodolle haitallista ainetta. Esimerkiksi jonkin hapon pitoisuus vedessä saattaa hetkellisesti nousta niin korkeaksi, että se aiheuttaa paikallisen kalojen joukkokuoleman. Johtamalla tällainen vaarallinen päästö varastoaltaaseen se voidaan joko laskea vesistöön pitemmän ajan kuluessa, käsittelmättömänä tai käsiteltyinä, tai ottaa uudelleen käytettäväksi. Molemmissa tapauksissa päästön vesistölle aiheuttamat haitat pienenevät merkittävästi.

Virtaavaan veteen jätevesiä purettaessa voidaan altaita käyttää pienten jätevesimäärien säännöstelyyn. Tällöin jätevettä voidaan juokuttaa vesistön virtaaman mukaan, jolloin laimennussuhde pysyy vakiona.

4.13 Muut saneeraus toimenpiteet

Valuma-alueen jätevesimäärien pienentämiskeinoja ovat mm. teollisuuslaitosten vedenkäytön vähentäminen prosessiteknisin toimenpitein, laitoksen toiminnan muuttaminen vähemmän jätevesiä tuottavaksi tai laitoksen siirto muualle. Jätevettä voidaan joskus käyttää kasteluun tai lannoitteena, jolloin jäteveden sisältämät ravinteet sitoutuvat kasveihin.

Haja- ja loma-asutuksen, maatalouden ja metsälannoitusten aiheuttama kuormitusta on vaikea arvioida tarkasti. Pahiten tällainen haja-kuormitus vaikuttaa pieniin järviin, joissa esimerkiksi sadeveden mukana pelloilta valuvat lannoitteet ja muut ravinteet aiheuttavat järven rehevöitymistä. Suurissa vesistöissä tällainen kuormitus ei tavallisesti yksinään ole vesistön tilan kannalta vaarallista. Imeyttämällä jätevedet maahan ja kompostoimalla kiinteät jätteet vähennetään haja- ja loma-asutuksen aiheuttamaa kuormitusta. Maa- ja metsätalouden kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä ovat ranta-alueiden lannoittamatta jättäminen sekä ojituksen järjestäminen siten, ettei pelloilta pääse huuhtoutumaan ravinteita vesistöön. Torjunta-aineiden käytössä pätee sama kuin lannoitteiden käytössä: ranta-alueilla niiden käyttöä tulee välttää.

Kaatopaikkoja ja lumenkaatopaikkoja ei tule sijoittaa vesistön välittömään läheisyyteen, koska tällöin voi esimerkiksi sateen aiheuttaman huuhtoutumisen seurauksena vesistöön joutua ravinteita, öljyä tai myrkkyjä.

Moottoriveneliikenteen, loma-asutuksen ja tieliikenteen haitat ovat suurimmat pienillä järvillä tai muuten virtaamaltaan pienissä vesistöissä. Loma-asuntojen maksimitiheytensä pidetään 4-5 asuntoa/rantakm. Joissakin tapauksissa voidaan määrä rajoittaa vielä vähäisemmäksi. Suurilla vesistöillä moottorivene- ja tieliikenteen kuormittava vaikutus on yleensä vähäinen.

Suoja-alueen muodostaminen järven ja sen valuma-alueella olevien vesistöjen ympärillä on laaja prosessi, koska yleensä rantamaa jakautuu useille omistajille. Suoja-alueella kielletään kaikki vesistöä

kuormittava toiminta. Tämä toimenpide sopii hyvin sellaisille vesistöille, jotka ovat säilyneet luonnontilassa tai muuttuneet vain vähän. Jokien ja purojen veden käsittely on ainakin nykyisin kannattamaton toimenpide.

4.2 KUNNOSTUS

Kunnostustoimenpiteet voidaan jaotella seuraavasti:

1. Purkuvesistön säännöstely.
2. Pohjapadot ja virtaussuuntien muuttaminen.
3. Vesimassan ilmastaminen ja hapettaminen.
4. Tietyn vesikerroksen poisjohtaminen.
5. Biomassan poistamiseen perustuvat kunnostustoimenpiteet.
6. Fosforin saostaminen järvessä.
7. Pohjasedimenttien käsittely.
8. Erikoistapauksiin, kuten öljyvahinkoihin ja myrkkyihin kohdistuvat toimenpiteet.

4.21 P u r k u v e s i s t ö n s ä ä n n ö s t e l y

Purkuvesistön säännöstelyssä tulee lähinnä kysymykseen kaksi toimenpidettä, joilla on merkitystä vesistön tilan kannalta: matalan järvioltaan veden pinnan korotus alusveden tilavuuden lisäämiseksi tai virtaavan veden alivirtaaman lisääminen, jotta jäteveden laimentuminen olisi kyllin tehokasta.

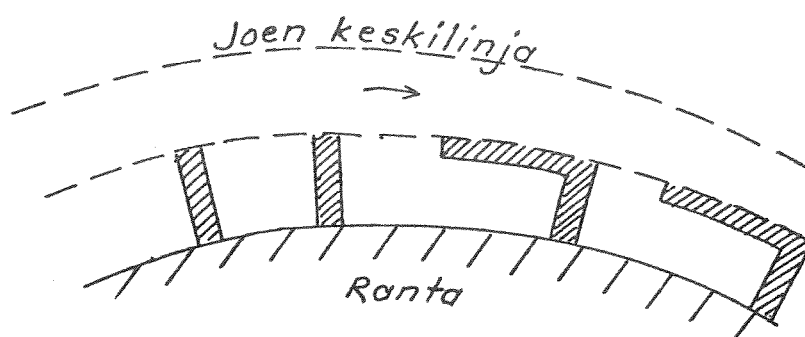
Järven alusveden tilavuuden lisääminen lisää järven sietoa. Kerrostuneisuuden aikana tilavuudeltaan pienessä alusvedessä saattaa happi kulua loppuun hyvinkin nopeasti. Tällöin anaerobiseksi muuttavasta altaan pohjasta liukenee ravinteita veteen. Pienehköissä, voimakkaasti kuormitetuissa järvissä tämä on tavallinen nopean rehevöitymisen syy. Lisäämällä alusveden tilavuutta tarpeeksi lisääntyy myös alusveden sisältämä kokonaishappimäärä. Veden pintaa nostettaessa rannoilta huuhtoutuvien ravinteiden määrä kasvaa aluksi, mikä saattaa aiheuttaa rehevöitymisen voimistumista ja hajoitettavan aineksen määrän kasvua. Tilanteen tasaantumiseen tarvittava aika riippuu rannan laadusta.

Tiettyä laimentumisastetta vastaavaa minimivirtaamaa määrättäessä on otettava huomioon pienimmän sallitun virtaaman alittumisen todennäköisyys ja todennäköinen kestoaika sekä alittumisesta aiheutuvat vahingot. Alivirtaaman lisääminen saattaa edellyttää yläpuolisen altaan varastotilavuuden lisäämistä, mistä aiheutuvat mahdolliset haitat on otettava mukaan säännöstelykustannuksiin tehtäessä edullisuusvertailuja esimerkiksi jätevedenpuhdistuksen tehostamisen ja alivirtaaman lisäämisen välillä.

Vesistön säännöstelyn vaikutukset ovat monipuoliset ja ulottuvat laajalle alueelle. Tämän vuoksi on säännöstelysuunnitelmia tehtäessä tarkoin tutkittava toimenpiteen kaikki vaikutukset, jotta päästäisiin selvyteen hankkeen aiheuttamista kustannuksista ja toimepiteen kannattavuudesta. Myös voimataloutta palvelevia säännöstelysuunnitelmia tehtäessä on syytä ottaa vesiensuojelunäkökohdat mahdollisuuksien mukaan huomioon.

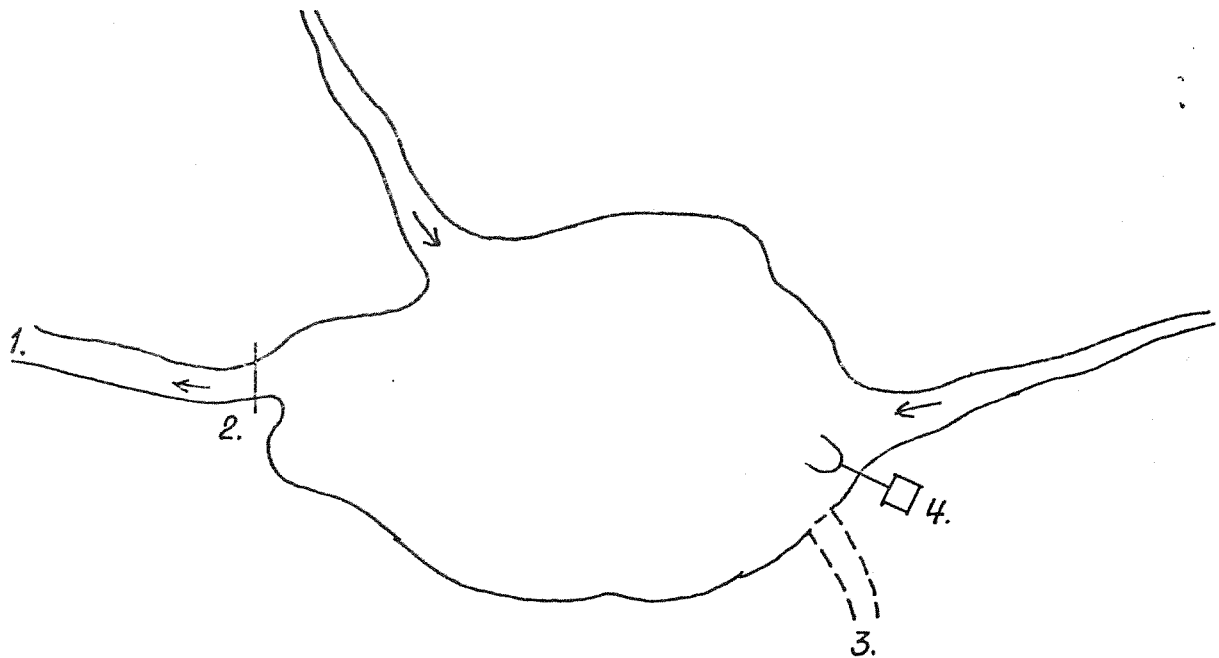
4.22 P o h j a p a d o t j a v i r t a u s s u u n t i e n m u u t t a m i n e n

Järveen rakennettavilla pohjapadoilla voidaan ohjata luonnonvesiä raskaampien jätevesien kulkua ja estää niiden leviäminen jollekin alueelle. Jokivesistöissä pohjapatoja käytetään joko hidastamaan tai nopeuttamaan veden virtausta. Esimerkiksi kuvan 5 /10/ mukaisesti sijoitetuilla johdepadoilla joen virtaus ohjataan ali- ja keskivirtaamakausiin keskiuomaan, jolloin virtausnopeus kasvaa ja veden mukana kulkeva liete ei pääse laskeutumaan joen pohjalle. Samalla virtausnopeus pienenee rantojen lähellä, mikä vähentää rannoilta tapahtuvaa huuhtoutumista. Jos padot tehdään koko uoman leveydelle, virtausnopeus hidastuu patojen välissä, minkä seurauksena liete laskeutuu eikä huuhtoudu veden mukana.



Kuva 5. Joen virtauksen ohjaaminen johdepadoilla.

Virtaussuunnan muuttaminen saadaan aikaan joko padoilla ja kanavilla tai vedenkorkeuksia säättämällä, mikä myös vaatii nostettavan osan patoamista. Virtaussuuntaa muuttamalla muutetaan jätevesien vaikutusaluetta. Puhdistusta täydentäväksi toimenpiteeksi tämä soveltuu parhaiten pienehköissä vesistöissä tai vesistön osissa, kun halutaan säästää tietty alue jätevesien vaikutukselta. Virtaussuunnan muuttaminen järvioltaassa voidaan tehdä siten, että padotaan aikaisempi poistuvan veden uoma ja kaivetaan kanava halutusta kohdasta, joko vanhaan uomaan tai toiseen vesistöön. Kuvassa 6 esitetyssä tapauksessa voidaan tällä tavalla estää jätevesien leviäminen järveen.



1. Vanha uoma
2. Pato
3. Kaivettu uoma
4. Kuormittaja

Kuva 6. Virtaussuunnan muuttaminen järvioltaassa.

Myös pumppuamista voidaan käyttää siten, että likaantuneelle vyöhykkeelle pumpataan lisävettä altaan puhtaammasta osasta. Tätä menetelmää on käytetty jo 1930-luvulla Saimaalla.

4.23 V e d e n h a p e t t a m i n e n

Kolmas pääryhmä, ilmastus ja hapetus, voidaan Seppäsen /22/ mukaan jaotella seuraavasti:

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1. Suora hapetus | A. Koko vesimassan hapetus |
| 2. Epäsuora hapetus | B. Alusveden hapetus |
| | C. Pintakerroksen hapetus |

Näistä voidaan käyttää yhdistelmiä 1A, 1B, 1C, 2A ja 2C. Suorassa hapetuksessa käytetään erilaisia hapetuslaitteita, epäsuorassa vesi saatetaan pumppuamalla kosketuksiin ilman kanssa, jolloin happea liukene veteen ilmakehästä.

Järven koko vesimassan hapettaminen tulee kysymykseen vain pienillä, erittäin pilaantuneilla altailla, joissa hapettomuus ainakin ajoittain ulottuu koko vesimassaan. Hapettaminen voidaan suorittaa joko suorana hapetuslaitetta käyttäen tai epäsuorasti. Epäsuora hapetus tapahtuu siten, että vesimassa saatetaan pystykiertoon joko pumppamalla tai johtamalla alusveteen ilmaa. Epäsuoraa hapetusta käytettäessä saattaa vesimassan sekoittuminen aiheuttaa levätuotannon lisääntymistä.

Alusveden hapetus sopii suuremmille altaille kuin koko vesimassan hapettaminen, koska hapettoman alusveden tilavuus on vain osa järven vesitilavuudesta. Hapettaminen voidaan suorittaa joko alusveteen tai lautalle, jäälle tai rannalle sijoitetulla hapetuslaitteella. Yleensä alusveteen saadaan liukenemaan enemmän happea pumppaamalla se ylös kuin käyttämällä alusvedessä toimivaa ilmastinta.

Pintakerroksen hapettamista voidaan käyttää hätäratkaisuna kalakuolemien välttämiseksi, kun happi on vaarassa loppua koko vesimassasta. Hapetus voidaan suorittaa suoraan tai epäsuorasti esimerkiksi pumppamalla pintakerroksesta vettä jäälle, josta se happitäydennyksen saatuaan valuu takaisin.

Suomessa käytettyjä ilmastinlaitteita on esitetty taulukossa 18.

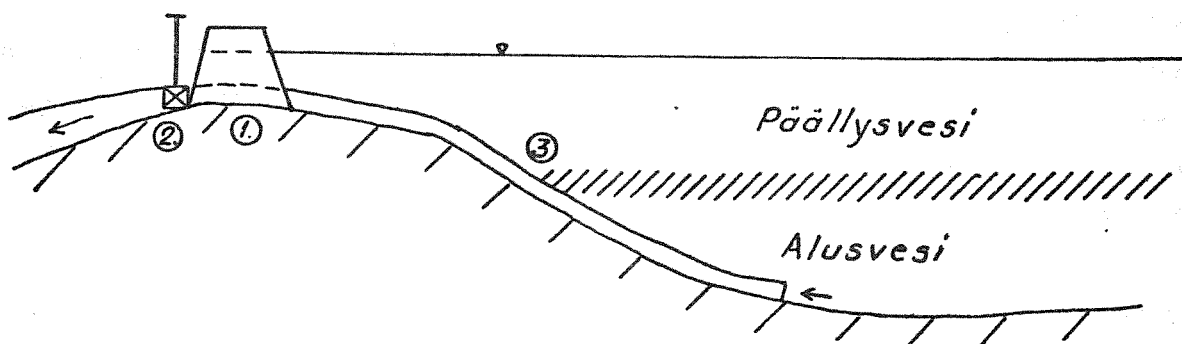
Taulukko 18. Suomessa käytettyjä ilmastinlaitteita.

laite	käyttöpaikka
VYR-hapetin	Kaskisten raakavesiallas
Isterin kaasunliuotin- ja vaihdin	Kiteenjärvi
Oy Nokia Ab:n jätevesi-ilmastin	Tuusulanjärvi
Helixor-ilmastin	Vanajavesi

4.24 Alusveden poisjohtaminen /27/

Alusveden poisjohtaminen tulee kysymykseen jyrkästi kerrostuneessa järvessä, jonka alusvesi on hapeton. Poisjohtaminen voidaan suorittaa joko pumppuamalla, lappoputkella tai antamalla veden valua putkea pitkin halutusta syvyydestä (yhtyvien astioiden laki). Muussa tapauksessa johtaminen on suoritettava pumppuamalla.

Kuvissa 7 ja 8 on esitetty näiden menetelmien periaatteelliset toteuttamistavat.

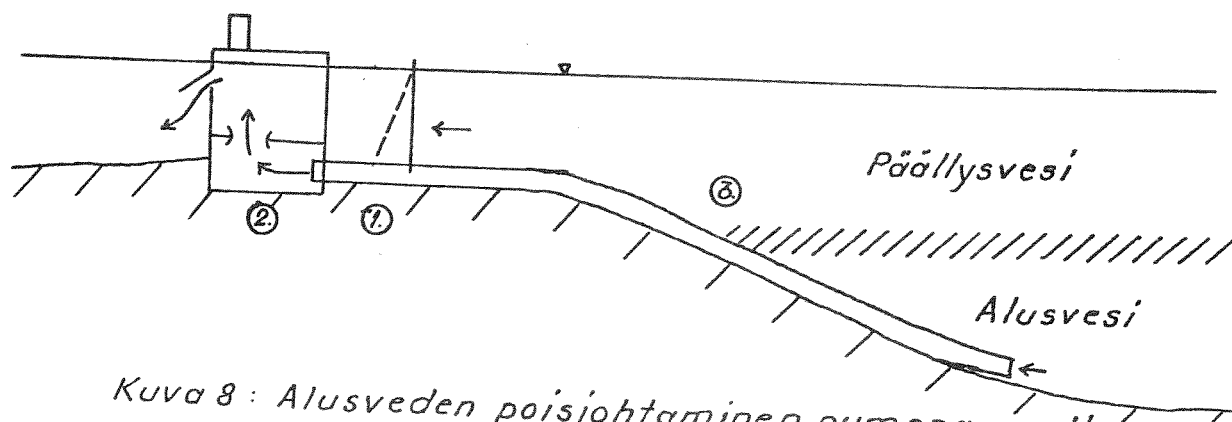


Kuva 7: Alusveden poistaminen juoksuttamalla.

1. Pato

2. Juoksutusputken sulkuventtiili

3. Juoksutusputki



Kuva 8 : Alusveden poisjohtaminen pumppaamalla.
1. Kevytrakenteinen, läppäluukulla varustettu pato
2. Pumppaamo
3. Juoksutusputki

Teknisesti edullisinta poisjohtaminen on toteuttaa silloin, kun järven syvimät kohdat ovat lähellä luusuua. Luusuussa oleva valmis säännöstelypato helpottaa myös menetelmän toteuttamista. Pumppausta käytettäessä vedenpinnat ovat yhtä korkealla padon kummallakin puolen, jolloin padon ei tarvitse kestää toispuoleista painetta, ja se voi olla hyvin kevytrakenteinen.

Alusveden poisjohtamista suunniteltaessa on otettava huomioon alapuoliselle vesistölle aiheutuvat haitat. Etenkin järviältäissa voi päällysveteen joutuva ravinnepitoinen vesi aiheuttaa välittömästi perustuotannon kasvua ja sekundäärivaikutuksena pysyvää rehevöitymistä. Edullisin on tilanne silloin, kun alapuolinen vesistö on suoraan mereen laskeva jokivesistö. Myös kunnostettavan järven ja vastaanottavan järven välisen joen pituudella ja mahdollisesti muualta tulevan laimennusveden määrällä on haittoja vähentävä vaikutus. Epäilyttävissä

tapauksissa on varauduttava poisjohdettavan veden ilmastamiseen ennen kuin se johdetaan alapuoliseen vesistöön. Tällöin saadaan nopeasti hapettuvien yhdisteiden kuten rikkivedyn aiheuttamat haitat eliminoiduiksi.

Alusveden poisjohtaminen voi aiheuttaa kesäaikana päällysveden kerrosvahvuuden kasvua ja siirtää syystäysikierron alkamisajankohtaa aikaisemmaksi tai jopa purkaa kerrosteisuuden kokonaankin. Päällysveden kerrosvahvuuden kasvu nostaa veden lämpötilan syvänteissä. Nämä tekijät vilkastuttavat kunnostettavan järven biologisia toimintoja, mikä osaksi lisää perustuotantoa. Tämä on myös otettava huomioon poisjohtamista suunniteltaessa.

4.25 B i o m a s s a n p o i s t a m i n e n /17/

Huomattava osa järven ravinnevaroista on sitoutunut kasveihin. Uposkasvien ravinnepitoisuus on maksimissaan kasvun loppuvaiheessa. Kellulehtisillä kasveilla on jopa kolme maksimivaihetta kasvukauden aikana.

Vesikasvien korjuulla saavutettava hyöty on suurin, kun se suoritetaan ravinnepitoisuusmaksimin aikana. Korjuu on suoritettava mekaanisesti, siten etteivät hajoavista kasvinjätteistä vapautuvat ravinteet pääse takaisin järveen. Sellaiset vesikasvit kuin järviruoho ja järvikaisla ottavat suurimman osan tarvitsemistaan ravinteista pohjasta. Näin ollen kasvien korjuulla saavutettava hyöty on ravinteiden poiston kannalta vähäinen alueilla, joilla happitilanne on niin hyvä ettei ravinteita liukene pohjalietteestä veteen. Mikäli taas happitilanne on huono, saattavat korjatuilta vesikasveilta käyttämättä jäävät ravinteet kiihdyttää levien kasvua. Vesillä liikumisen ja maiseman parannuskeinona korjuu on suositeltavaa.

Kokkolan vesipiirin vesitoimiston suorittamien vesikasvien niittokokeiden yhteydessä on huomattu yhtenä kesänä kahteen kertaan suoritettun niiton vähentäneen näiden alueiden kasvillisuutta ainakin vielä seuraavana kesänä voimakkaasti. Korjuun kokonaiskustannukset ovat olleet n. 150 mk/ha. Seuraavassa taulukossa on esitetty eräiden vesikasvien ravinnepitoisuuksia ja ravinteiden pidätyskykyä /27/.

Taulukko 19. Eräiden vesikasvien ravinnepitoisuuksia ja ravinteiden pidätyskykyjä /27/.

kasvi	pitoisuus g/kg - kuiva-ainetta		pidätyskyky g/m ² tai g/oja -m	
	typpi	fosfori	typpi	fosfori
Järvikaisla		2,00		6,72
Järviruoko		1,40		6,27
Keltainen kurjenmiekkä		2,50		6,20
Tumma rusokki	2,25	5,15	68,0	14,8
Maitohorsma	1,48	3,82	6,1	1,3
Suohorsma	2,11	4,0	6,3	1,2

Korjuukalustona on käytettävissä erilaisia niittolaitteita, joiden teho vaihtelee 0,2 - 1,0 ha/h kasvillisuuden tiheydestä riippuen. Yhden niittolaitteen hinta on noin 15 000 mk, joskin viime aikoina on tullut myyntiin halvempiakin malleja.

Planktonlevien fosforipitoisuus vaihtelee 0,5 - 20 %. Korjuumenetelmien kehittämistä vaikeuttaa se, että mikroskooppisten levien ravinteet vapautuvat soluista hyvin herkästi. Kokeissa on alumiinisulfaattisaostuksella ja kationinvaihtimilla saavutettu hyviä tuloksia, mutta käytännössä menetelmien käyttöä rajoittaa kemikaalien hinta.

Kalojen pienen fosforipitoisuuden vuoksi tehostetulla kalastuksella ei voida vaikuttaa järven tilaan. Kalan keskimääräinen fosforipitoisuus on vain 0,35 %.

4.26 Pohjalietteiden poistaminen /27/

Pitkälle rehevöityneissä järvissä on usein paksu pohjaliete, josta liukenee anaerobisissa oloissa ravinteita veteen. Pienikokoisissa järvissä on mahdollista poistaa ravinnepitoinen pohjaliete ruoppaamalla. Ruoppauksella saadaan samalla lisättyä järven vesitilavuutta.

Ruoppaus on kallis toimenpide, edullisin ruoppaustapa on imuruoppaus. Imuruoppauksen yhteydessä syntyy suuri määrä ravinnepitoista vettä, jonka sijoittamisessa saattaa olla vaikeuksia, koska sitä ei pidä

johtaa takaisin kunnostettavaan vesistöön. Ruoppauslietteet voidaan käyttää maanparannusaineena.

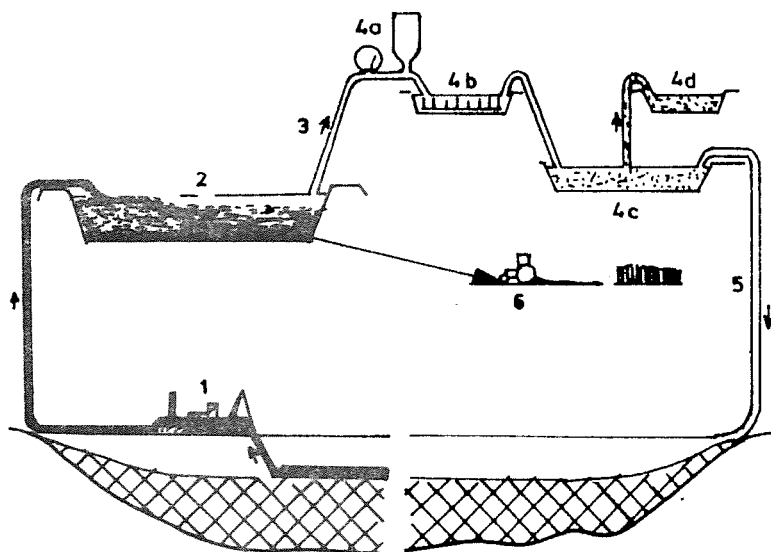
Ruopattavan lietteen rakenne on ennen toimenpiteen suorittamista tutkittava, koska pintakerroksen alla voi olla kerros, joka sisältää runsaasti helppoliukoisia ravinteita. Tämän kerroksen paljastuminen voi aiheuttaa entistä voimakkaamman rehevöitymisen. Tällöin liete on joko poistettava kokonaan tai jätettävä täysin koskemattomaksi.

Esimerkkinä eräästä lietteenpoistosysteemistä on kuvassa 9 esitetty Ruotsissa sijaitsevan Trummen-järven kunnostuksen periaatepiirros /23/. Poistettavan lietteen pinta-ala oli $0,6 \text{ km}^2$ ja paksuus 30-50 cm. Työ suoritettiin vv. 1970-1971 ja kokonaiskustannukset olivat 2,5 milj. kruunua.

5. TUTKIMUSALUEELLA SUORITETUT JA SUUNNITELLUT KUORMITUSTA VÄHENTÄVÄT TOIMENPITEET

5.1 JÄTEVEDEN PUHDISTUS

Varsinaisia jätevedenpuhdistamoita on tutkimusalueella seuraavasti: Jyväskylän kaupungilla on väliaikainen pitkäilmastuslaitos Keljossa, jonne on johdettu Keljonkankaan alueen ja Karjaportin teurastamon jätevedet, vuonna 1975 keskimäärin $586 \text{ m}^3/\text{d}$. Jyväskylän seudun keskuspuhdistamo on Nenäniemessä sijaitseva kemiallinen suorasaostuslaitos, jonka jätevesivirtaama 1975 oli keskimäärin $19\,260 \text{ m}^3/\text{d}$. Laitos on ollut toiminnassa vuodesta 1974 lähtien. Laukaan kunnalla on jälkisaostuslaitos, johon johdetaan myös Vihtavuoren taajaman jätevedet. Suolahden ja Muuramen taajamien jätevedet puhdistetaan rinnakkaissaostuslaitoksissa. Tikkakosken taajaman ja varuskunnan jätevedet käsitellään lammikkopuhdistamossa. Lievestuoreen taajaman jätevedet johdetaan Keski-Suomen Selluloossa Oy:n tehtaan jätevesialtaaseen. Kinkomaan sairaalan jätevedet puhdistetaan biologisella suodattimella ja Leppävedellä on lammikkopuhdistamo. Jyväskylän maalaiskunnan Tikkakosken taajamalla on lammikkopuhdistamo.



1. Imuruoppauskalusto
2. Sedimentaatioallas
3. Palautusvesi
4. Laskeutus alumiinisulfaatilla
- 4a. Automaattinen annostelu
- 4b. Ilmastus
- 4c. Laskeutus
- 4d. Lietteallas
5. Käsitelty palautusvesi
6. Lietteen saostamiseen käytetty alue tultaneen kunnostamaan puistoalueeksi

Kuva 9: Trummenjärven kunnostuksen periaatteet/23/.

Teollisuuslaitoksista mekaanisia jäteveden käsittelylaitoksia on Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailla, Lievestuoreen selluloosatehtaalla, G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehtaalla ja Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaalla.

Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailla on kaksi mekaanista puhdistuslaitosta, joista ensimmäisessä käsitellään paperitehtaan kuitupitoiset jätevedet sekä kartonkitehtaan, hiomon ja vanhan kuorimon jätevedet. Laitokset ovat mekaanisia selkeytyspuhdistamoita, joissa on konevälppä, pystyselkeytin, lietteen tiivistysallas ja Eimco-Belt-suodatin. Toisessa laitoksessa käsitellään sulfaattitehtaan kuitupitoisia jätevesiä ja keskuskuorimon jätevedet. Edellisten lisäksi on kemiallisella tehtaalla flotaatiolaitos, jolta tuleva liete käsitellään yhdessä paperitehtaan puhdistamon lietteen kanssa, sekä paperitehtaalla kuitujen talteenottosuodatin. Mekaaniset puhdistustoimet vähentävät BHK₇:ää noin 2 t/d.

Lievestuoreella olevalla Keski-Suomen Selluloosa Oy:n sellutehtaalla on Laajalahdesta padottu allas, jonka tilavuus on 188 000 m³, pinta-ala 89 500 m² ja keskisyvyys 2,1 m. Kun tehtaan ja taajaman yhteinen jätevesimäärä on n. 84 600 m³/d (= 84 200 + 400), saadaan altaiden viipymäksi 2,2 d. Jätevesien kiintoainereduktion on altaissa arvioitu olevan n. 80 %, /15/, mutta BHK₇:ään altailla ei ole merkittävää vaikutusta. Altaiden pohjalle kerääntyvä liete heikentää niiden toimintaa, joskin lietettä on poistettu ruoppaamalla, viimeksi vuonna 1974.

Kankaan paperitehtaalla on mekaaninen pystyselkeytin, jonne johdetaan tehtaan kuitupitoiset jätevedet. Selkeyttimen toiminnassa on esiintynyt häiriöitä, jolloin selkeytin on tyhjennetty vesistöön (vrt. luku 3.16). Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaalla on aloitemassatehtaan lyijyn talteenottamiseksi dekantointisäiliöt, joihin kerääntynyt sakka varastoidaan. Toimenpiteellä saavutetaan yli 99 % lyijyreduktio.

Puhdistamatta johtavat tällä hetkellä (1976) jätevetensä tutkimusalueen vesistöihin Vaajakosken asutus ja SOK:n Vaajakosken tehtaot sekä Äänekosken kaupunki. Osittain puhdistamattomina purkavat

jätevesiä Kemira Oy:n Vihtavuoren tehdas, Jyväskylän kaupunki, G.A. Serlachius Oy:n Kankaan tehdas ja Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtaas. Rakenteilla on Äänekosken kaupungin jätevedenpuhdistamo ja Tikkakosken ja Nenäniemen välinen viemäri. Lähivuosina tullaan lisäksi rakentamaan viemärit, jotka yhdistävät Laukaan puhdistamolle Leppäveden taajaman sekä Nenäniemen puhdistamolle Säynätsalon-Kinkomaan alueen sekä Vaajakosken taajaman ja SOK:n tehtaas jätevedet.

5.2 LAITOSTEN SISÄISET KUORMITUSTA VÄHENTÄVÄT TOIMENPITEET

Prosessiteknisiä tai muita laitoksen sisäisiä kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä on suoritettu pääasiassa alueella olevissa puunjalostusteollisuuslaitoksissa. Teoriassa prosessiteknisillä toimenpiteillä on mahdollista sulkea paperikoneen tai sellutehtaan vesikierto täysin, jolloin kaikki jätevedet palautetaan prosessin vesikiertoon joko sellaisenaan tai puhdistettuna. Vesikierron sulkeminen saattaa heikentää tuotteen laatua, ja tämän sekä osittain toimenpiteen kustannusten vuoksi tällaista järjestelyä ei Suomessa ole toteutettu.

Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailla on ensimmäinen si-jäteliemen haihduttamo ja polttolaitos otettu käyttöön v. 1965. Vuonna 1975 si-tehtaalla otettiin käyttöön uusi haihduttamo, jonka teho on 90 t/h. Samalla jäteliemen talteenottoaste korotettiin yli 90 %:n. Vuonna 1975 suoritettiin lisäksi toimenpiteitä, joilla sihtiosastolta tulevia vesiä palautetaan kiertoon. Sulfaattitehtaalla on jäteliemen talteenottoaste myös yli 90 %, ja siellä palautetaan kemikaalit takaisin kiertoon kaustisointiprosessin kautta. Sulfaattipuolella on lisäksi v. 1975 suoritettu seuraavia kuormitukseen vaikuttavia toimenpiteitä:

- pesuosaston vesien johtaminen puhdistamon ohi
- O-vesien käyttö valkaisuissa
- soodakattilan suolan pesuveden talteenotto vahvalipeäsäiliöön ja palautus laihaliemen joukkoon
- meesasakan pumppaus puhdistamolle.

Vuonna 1974 otettiin tehtailla käyttöön si-tehtaan jäteliemä käytävä rehuhivitehdas. Tämä toimenpide ja uusi haihduttamo vähensivät tehtaiden BHK₇-kuormituksen likimain puoleen aikaisemmasta. Metsäliiton Teollisuus Oy:n paperitehtaalla on kiertovesisuodattimet,

joilla käsitellään paperikoneelle takaisin johdettavia vesiä. Ennen mekaanista puhdistusta paperitehtaan jätevedet erotellaan siten, että vain kuitupitoiset vedet johdetaan puhdistamoille.

Keski-Suomen Selluloosa Oy:n Lievestuoreen sellutehtaalla on vuodesta 1973 lähtien ollut toiminnassa jäteliemen talteenotto-, haihdutus- ja polttolaitos. Tällä toimenpiteellä tehtaan BHK₇-kuormitus aleni 58:sta 14:ään t/d. Kun tehtaalla siirryttiin valmistamaan liukosellua, BHK₇ nousi arvoon 17,5 t/d. Jäteliemi erotetaan massasta kolmivaiheisella syrjäytyspesulla. Tehtaalla on myös toteutettu keittokemikaalien talteenotto. Tehtaan edustajien mukaan nykyisillä laitteilla ei voida haihduttamon liian pienen tehon vuoksi siirtyä liukosellun valmistuksessa vähemmän kuormitusta aiheuttavaan paperisellun valmistukseen.

G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehtaalla on toteutettu kullakin paperikoneella erillinen kuitujen talteenotto. Mekaanista puhdistusta edeltää jätevesien jaottelu seuraavalla tavalla:

Taulukko 20. G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehtaan jätevesien jaottelu.

Jae	Q kesk. m ³ /vrk
1 Kuitupitoiset jätevedet paperikoneilta Pk I...PK IV	7 000
2 Happamat jätevedet pergamenttikoneilta	1 500
3 Lauhdevedet haihduttimilta	4 500
4 Kuituvapaat vedet paperikoneilta PK I...PK III	3 000

Näistä johdetaan selkeyttimeen jakeen 1 vedet ja osa jakeen 4 vesisistä.

Vuoden 1976 keväästä lähtien tehtaalla on tehty kokeita happamien jätevesien neutraloimiseksi. Kokeiden perusteella laitokselle valmistuu syksyn 1976 aikana neutralointilaitos, jossa tehtaan jätevedet neutraloidaan teollisuushienokalkilla. Laitoksen

käyttöönottoon asti jätevedet neutraloidaan nitriumphydroksidilla siten, että vuorokaudessa käytetään 7 tonnia 50 % NaOH. Toimenpiteen ansiosta Jyväsjärven pH on pysynyt kesällä 1976 yli arvon pH 6.

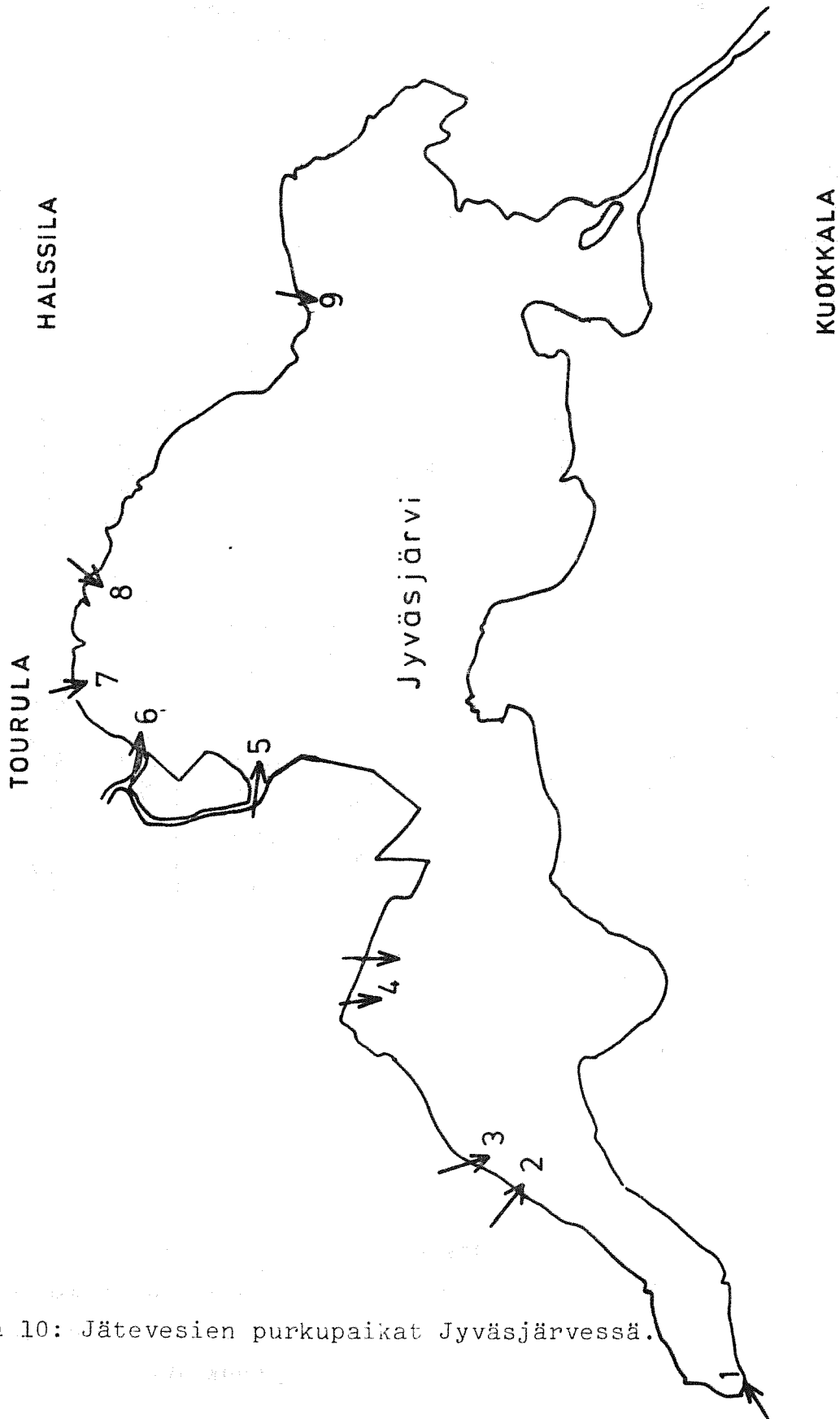
Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtailla on selluloosanitraattitehtaalla nitroselluloosan pesuvesien sedimentointiallas, jossa pesuvesistä saadaan lähes kaikki kiinteässä muodossa oleva selluloosanitraatti talteen. Dynamiitti- ja aniittitehtaan jätevedet neutraloidaan niin, että tehtaan jätevesien pH on noin 5.

5.3 MUUT SANEERAUS- JA KUNNOSTUSTOIMENPITEET

5.31 J y v ä s k y l ä n s e u d u n p u r k u p a i k a t

Jyväskylän kaupungin jätevedet johdettiin aiemmin Jyväsjärveen yhdeksästä kohdasta, jotka näkyvät kuvassa 10. Taulukosta 21 näkyvät eri purkupaikkojen vuotuiset jätevesivirtaamat vuosina 1952-1975. Nenäniemen keskuspuhdistamon valmistuttua 1974 on purkupaikkoja siirretty Jyväsjärvestä pois ja jätevedet johdettu keskuspuhdistamolle niin, että tällä hetkellä (1.11.1976) vain purkupaikoista 2 ja 3 tulee kaupungin jätevesiä Jyväsjärveen. Näistä purkupaikoista tulevien jätevesien johtamiseksi keskuspuhdistamolle aloitettaneen viemäriin rakennustyöt vuoden 1976 loppuun mennessä. Purkupaikkojen siirron ansiosta Jyväsjärven kuormitus pienenee ratkaisevasti, ja ainoa merkittävä Jyväsjärven kuormittaja hajakuormituksen lisäksi on tällöin G.A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehdas. Myös Keljon jätevedenpuhdistamolle nykyisin menevät jätevedet on tarkoitus johtaa Nenäniemeen. Tällä hetkellä Keljonkankaan asumajätevedet jo puhdistetaan keskuspuhdistamolla. Tämä toimenpide siirtää Keljonlahdelle tulleen kuormituksen Nenäniemen alueelle. Nenäniemen puhdistamon paremman tehon vuoksi kuormitus myös pienenee huomattavasti. Edellä mainittuihin siirtoihin tarvittavien viemärien rakennuskustannukset ovat yhteensä noin 9,8 milj. mk.

Jyväskylän maalaiskunnasta Tikkakoskelta on rakenteilla siirtoviemäri Nenäniemen keskuspuhdistamolle. Tikkakosken jätevedet on aiemmin purettu lammikkopuhdistamon kautta Korttajärveen virtaavaan Autiojokeen.



Kuva 10: Jätevesien purkupaikat Jyväsjärvessä.

Taulukko 21. Jätevesimäärät (m³) eri purkupaikoilla Jyväskylän v. 1952 - 75.

Purkupaikka: 1 Korkeakoskenlahti
 2 Mattilanniemi
 3 Minna Canthinkatu
 4 Lutakko (2 kpl)
 5 Tourujoen suu
 6 Tourujoen kaivanto
 7 Eerolanpuro
 8 Aholaidan puro
 9 Hassila

Purkupaikka

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yht. 1...9
<u>Vuosi</u>										
1952	8800	360000	1000	623000	174000	-	4500	1120	-	1172420
1953	7400	331000	1000	677000	185000	-	4200	1720	-	1207320
1954	7500	425000	1000	724000	373000	-	4200	4430	-	1539130
1955	8400	532000	1000	790000	343000	-	4500	5860	-	1684760
1956	9500	569000	1100	863000	338000	-	4300	78400	-	1863300
1957	8800	590000	1250	918000	371000	-	4400	80100	-	1973550
1958	8900	643000	1350	935000	426000	-	4400	11000	-	2029650
1959	9900	717000	1500	1020000	489000	-	4500	28000	-	2269900
1960	10100	778000	1650	1170000	603000	-	4700	45500	-	2612950
1961	11800	820000	1750	1300000	653000	-	5100	151000	-	2942650
1962	12400	691000	1900	1340000	723000	-	4700	72100	-	2845100
1963	13000	773000	2000	1570000	1010000	-	5600	113000	-	3486600
1964	13600	778000	2000	1610000	1070000	-	5000	112000	4900	3595500
1965	14300	793000	2000	1600000	1120000	-	5200	136000	6100	3676600
1966	15000	855000	2000	2860000	87000	-	10300	193000	6400	4028700
1967	15800	820000	2000	3070000	137000	-	9800	273000	6900	4334500
1968	17100	899000	2000	2920000	-	250000	5600	360000	7100	4460800
1969	18800	946000	2400	3010000	-	302000	41000	395000	8200	4723400
1970	20700	1010000	2700	3240000	-	354000	65000	453000	7800	5153200
1971	22800	1070000	3000	3140000	-	385000	58000	528000	9800	5216600
1972	162000	1130000	3000	3470000	-	421000	50000	630000	16600	5882600
1973	172000	1190000	3000	2370000	-	469000	67000	658000	16700	4945700
1974	182000	1250000	3000	-	-	-	72000	235000	16600	1758600
1975	193000	1310000	3000	-	-	-	75000	-	16500	1597500

Korttajärvestä vesi virtaa Alvajärveen. Viemärin valmistuttua loppuu Tourujoen vesistön latvajärviin tuleva asumajätevesikuormitus kokonaan. Viemärin arvioitu valmistusaika on kesällä 1978 ja rakennuskustannukset ilman puhdistamoon liittymiskustannuksia ovat 6,87 milj. mk.

Myös maalaiskunnan Vaajakosken taajaman ja SOK:n Vaajakosken tehtaiden liittämiseksi Nenäniemen puhdistamolle on tehty suunnitelma. Liitosviemäri on tarkoitus rakentaa Tikkakosken liittämisen jälkeen vuosina 1979-1980. Hankkeen alustava kustannusarvio on 4,2 milj. mk ilman liittymiskustannuksia (1976 kevään hintataso). Liittämisen seurauksena Vaajakoskeen tuleva asumajätevesikuormitus vähenee huomattavasti.

Säynätsalon ja Kinkomaan taajamien yhdistämiseksi Nenäniemen puhdistamolle on valmistunut suunnitelma v. 1975. Suunnitelman mukaan on välin Kinkomaa-Nenäniemi paineviemärin rakennuskustannusarvio (1975) 1,66 milj. mk. Kinkomaan pumppaamon kustannusarvio on 220 000 mk. Arvioimalla liittymisien vaatimien kahden muun pumppaamon rakennuskustannukset 220 000 mk/kpl sekä Kortepelto-Kinkomaa -viemärin rakennuskustannuksiksi keskimäärin 220 mk/jm saadaan koko liittymisen rakennuskustannusarvioksi noin 3,5 milj. mk (1975). Vesioikeuden luvan perusteella Säynätsalon jätevedet saadaan johdattaa sakokaivojen kautta Päijänteeseen enintään vuoden 1978 loppuun saakka. Tähän mennessä jätevedet on johdettava Nenäniemeen tai Säynätsalon kunnan on tehtävä uusi lupahakemus. Suunnittelukeskus Oy:n tekemän suunnitelman mukaan Kinkomaan vanhaa puhdistamaa tullaan käyttämään tasausaltaana. Muutostoimenpiteistä riippuen puhdistamolle saadaan 40-200 m³ varastotilaa. Ylivuodot johdetaan pumppaamolta Päijänteeseen.

Siirroilla saavutettavista reduktioista ja siirtokustannuksista on yhteenveto taulukossa 22.

Taulukko 22. Jätevesien siirroilla Nenäniemen puhdistamolle saavutettavat BHK₇-, fosfori- ja typpireduktiot sekä näiden siirtojen kustannukset

		BHK ₇	P	N	siirto- kustannus mk
Keljonlahti	1	300	10	110	1 100 000
	2	190	1,7	94	
	3	37	83	15	
Jyväsjärvi	1	5 000	150	600	8 700 000
	2	1 750	23	510	
	3	65	85	15	

		BHK ₇	P	N	siirto- kustannus mk
Korttajärvi	1	35	2	9	
(Tikkakoski)	2	25	0,5	11,5	66 900 000
	3	29	75	-28	
Vaajakoski	1	1 300	16	70	
ja SOK	2	4 55	2,5	60	4 200 000
	3	65	85	15	
Säynätsalo	1	110	9	35 1/4	
	2	39	1,4	30	
	3	65	85	15	
					Yhteensä 3 400 000
Kinkomaa	1	20	2,5	10	
	2	14	0,5	11,1	
	3	30	80	-11	
Yhteensä	1	6 770	190	835	
	2	2 470	30	717	24 300 000
	3	64	84	14	
					Nenäniemen puhdistamo 11 000 000
					Kustannukset yhteensä 35 300 000

1. ennen purkupaikan siirtoa kg/d
2. siirron jälkeen Nenäniemestä kg/d
3. siirtoreduktio -%

5.52 G. A. Serlachius Oy:n Kankaan paperitehdas

Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy on vuonna 1976 tehnyt yleissuunnitelman Kankaan paperitehtaan jätevesien johtamisesta Tourujoen ja Jyväsjärven ohi Päijänteeseen /8/. Suunnitelman mukaan jätevesien johtaminen tapahtuisi pumppuamolla suurimman jätevesivirtaaman keskituntivirtaaman mukaan. Pumppuamon tasausallastilavuus olisi 500 m³ ja sinne tultaisiin johtamaan taulukossa 20 mainituista jätevesijakeista jakeet 1, 2 ja 4. Päijänteeseen johtavan purkuputken pituudeksi tulisi 3 710 m. Hankkeen kustannusarvio on n. 5,5 milj. mk sekä käyttökustannus n. 60 000 mk vuodessa.

Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy on tehnyt myös suunnitelman Kankaan paperitehtaan jätevesien käsittelystä /9/. Prosessiteknisten ja varsinaisen kemiallisen tai biologisen puhdistuksen ohella suunnitelmassa

on käsitelty Tourujokeen johdettavien päästöjen estämiseen tarkoitettua päästöallasta. Päästöaltaaseen johdettaisiin ennen selkeyttämää tapahtuvat ylijouksut ja ohitukset, selkeyttämön tyhjennykset sekä tietyn laaturajan ylittävät selkeytetyt jätevedet. Altaan tilavuus olisi 3 100 - 3 200 m³ ja sen rakentaminen edellyttäisi Tourujoen siirtämistä vanhaan uomaansa. Koko allashankkeen kustannusarvio on (1976) noin 2,1 milj. mk ja käyttökustannukset n. 65 000 mk vuodessa.

Suunniteltujen toimenpiteiden ansiosta loppuisi Jyväsjärveen tuleva jätevesikuormitus lähes kokonaan. Suunnitelmien toteuttamisajankohdasta ei kuitenkaan ole toistaiseksi tietoa.

5.33 Lievestuore ja Äänekoski - Vaajakoski reitti

Liestuoreenjärvestä tuleva Sahijoki on vuodesta 1973 ohjattu Kuusveden ohi Kuusveden Kirkkolahteen rakennetulla uralankkupadolla ja Kirkkoniemen poikki kaivetulla kanavalla. Tällä toimenpiteellä on estetty Keski-Suomen Selluloosa Oy:n sellutehtaan jätevesien leviäminen Kuusvedelle. Ohituksen seurauksena jätevesien vaikutus Kuusveden alapuolisessa Tarvaalanvirrassa ja Saravedellä on lisääntynyt, koska viipymä Lievestuoreenjärvestä Tarvaalanvirtaan on pienentynyt.

Liestuoreen selluloosatehdas ja asutus, ottavat lisävettä Kynsi-vedestä 1,5 - 2,0 m³/s, josta tehtaan ja asutuksen käyttöön otettu osa kulkeutuu laskeutusaltaiden kautta ja osa menee suoraan Lievestuoreenjärveen. Tämä vaikuttaa jonkin verran Lievestuoreenjärven viipymään nopeuttavasti, mikä on Lievestuoreen veden laadun kannalta hyvä mutta alapuolisen vesistön kannalta mahdollisesti veden laatua heikentävä tekijä.

Laukaan kunnan Vihtavuoren taajaman jätevedet on johdettu kesään 1976 asti Vihtajärveen, joka laskee Leppävedeen. Kesällä 1976 otettiin käyttöön viemäri, joka yhdistää Vihtavuoren taajaman Laukaan jätevedenpuhdistamolle. Rakenteilla on tällä hetkellä myös Leppäveden-Vihtavuoren välinen viemäriosuus, joka yhdistää Leppäveden taajaman Laukaan puhdistamolle. Leppäveden jätevedet johdetaan

vielä nykyisin lammikkopuhdistamon kautta Leppäveteen laskevaan ojaan. Koko liittämishankkeen kustannusarvio on 2,6 milj. mk. Vihtavuoren asu-
majätevesien siirron jälkeen jää Vihtajärveä kuormittamaan Kemira Oy:n
Vihtavuoren tehdas.

Periaatteessa jätevesien johtaminen vesistön virtausta vastaan on vä-
hemmän suotavaa, koska tällöin jätevesien vaikutusalue laajenee ylös-
päin. Laukaan taajamien jätevesille lienee Saraveden eteläosa kuiten-
kin Leppävettä parempi purkupaikka parempien sekoittumisolosuhteit-
tensa vuoksi.

Suolahden jätevedenpuhdistamon valmistumisen yhteydessä siirtyi myös
jätevesien purkupaikka Etelä-Keiteleestä Kuhnamojärveen. Marraskuus-
sa 1976 aloitettiin viemärin rakentaminen Suolahden Sirkkaharjusta
Suolahden puhdistamolle. Työ valmistuu syksyyn 1977 mennessä. Liitos-
hankkeen kustannusarvio on 1,3 milj. mk. Toimenpiteen seurauksena
Sirkkaharjun 200 asukkaan jätevesikuormitus Vatianjärveen laskevaan
Kapeelampeen loppuu kokonaan.

6. TUTKIMUSALUEELLE SOVELTUVAT JÄ- TEVEDEN PUHDISTUSTA TÄYDENTÄVÄT TOIMENPITEET

6.1 SANEERAUS

6.11 Pohjois - Päijänne ja Jyväsjärvi

Pohjois-Päijänteen saneeraukseen kuuluvat yläpuolisen vesistön sa-
neeraus- ja kunnostustoimet sekä lähivaluma-alueen saneeraus. Pohjois-
Päijänteen lähivaluma-alueella tulevat jätevesien varsinaisen puh-
distuksen lisäksi kysymykseen purkupaikkojen siirrot sekä loma- ja
haja-asutuksen, maa- ja metsätalouden sekä muiden hajanaista kuormi-
tusta aiheuttavien toimintojen kuormituksen vähentäminen aiemmin täs-
sä työssä mainittujen periaatteiden mukaan.

Suunniteltujen ja rakenteilla olevien purkupaikkojen siirtojen jäl-
keen Pohjois-Päijänteen lähivaluma-alueella on ainoastaan kaksi mer-
kittävää kuormittajaa, Jyväskylän Nenäniemen jätevedenpuhdistamo ja

huomattavasti vähäisempi kuormittaja Muuramen kunta. Nenäniemen puhdistamon purkuputki ulottuu Päijänteen päävirtausreitille, joten purkupaikkaa ei ole tarpeen muuttaa. Muuramen jätevedenpuhdistamon purkuputki ei ulotu Päijänteen päävirtausreitille, mutta kylläkin Muuratjoesta tulevien vesien virtausreitille. Kuormituksen pienuudesta johtuen voidaan olettaa, että jätevesien sekoittuminen on tarpeeksi tehokasta sivuvirtausreitilläkin, eikä purkuputken jatkaminen päävirtausreitille ole kannattavaa.

Säynätsalon ja Kinkomaan jätevesien johtamista Nenäniemeen voidaan arvostella sillä, että on vesistön tilan ja käytön kannalta kyseenalaista siirtää näiden taajamien kuormitus yläjuoksulle päin tiheän loma-asutuksen ohi. Toisaalta näiden jätevesien aiheuttama kuormituslisäys Nenäniemessä on pieni varsinkin puhdistuksen jälkeen. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy:n v. 1973 suorittamassa kustannusvertailussa kuuden Kinkomaan ja Säynätsalon jätevesien käsittelyvaihtoehdon välillä saatiin seuraavanlaiset tulokset (hintataso 1973):

Taulukko 23. Kinkomaan ja Säynätsalon jätevesien käsittelyvaihtoehtojen kustannukset.

vaihtoehto	rakennuskustannukset mk	vuosikustannus mk
1. Kinkomaan ja Säynätsalon erillispuhdistus	1 640 000	302 500
2. Kinkomaan jätevesien siirto Nenäniemeen, Säynätsalon erillispuhdistus	1 790 000-1 690 000	114 000
3. Puhdistus Nenäniemessä	2 080 000-1 930 000	330 200
4. Puhdistamo Säynätsalon saarella	1 680 000	291 200
5. Puhdistamo Muuratsalossa	1 885 000	314 000
6. Puhdistamo Kinkomaalla	1 890 000	313 500

Vuosikustannuksia laskettaessa on energian hintana pidetty 8 p/kWh ja viemäriinlinjojen vuosikustannukseksi on arvioitu 11 % rakennuskustannuksista. Rakennuskustannusten vaihtelurajat johtuvat eri pe-

riaatteilla lasketuista osuuksista Nenäniemen puhdistamon rakennuskustannuksiin. Mikäli vaihtoehdossa 3 otetaan huomioon puhdistamon laajentaminen (biologinen osa) tulee rakennuskustannukseksi 2 570 000 mk. Nykyinen energian hinta on kaupungin pumppaamoilla 26,2 p/kWh, mikä tekee kolmannen vaihtoehdon suhteessa muihin entistä epäedullisemmäksi.

Kalleimman vaihtoehdon valintaa eli yhteispuhdistusta Nenäniemessä on perusteltu suuren puhdistamon paremmalla toimintavarmuudella ja puhdistusteholla, mutta todennäköisesti Kinkomaan ja Säynätsalon jätevesien yhteispuhdistuksella omassa puhdistamossa päästäisiin vähintään tyydyttävään tulokseen. Tämä ratkaisu olisi edullisempi sekä taloudellisesti että Säynätsalon yläpuolisen vesistön kuormituksen kannalta.

Jyväsjärven saneeraustoimenpiteiksi riittävät melko pitkälle edellisessä kappaleessa esitetyt jo suunnitellut ja rakenteilla olevat kuormitusta vähentävät toimenpiteet. Mikäli Jyväsjärven tilaa ei asuma- ja teollisuusjätevesikuormituksen loppumisen jälkeen saada paranemaan, voidaan ryhtyä toimenpiteisiin suhteellisen suuren hajakuormituksen (13 kgP/vrk) vähentämiseksi. Kankaan paperitehtaan päästöaltaan ja pumppujen mitoitus siten, että päästöjä ei selkeyttimen korjauksen aikaan tarvitse Jyväsjärveen olisi tärkeää Jyväsjärven tilan kannalta.

6.12 L i e v e s t u o r e e n j ä r v i

Lievestuoreenjärven saneerauksessa ovat toimenpiteiden kohteina Keski-Suomen Selluloosa Oy:n sellutehdas ja Lievestuoreen taajama, jossa nykyisin on n. 1500 asukasta. Jätevesien varsinainen puhdistaminen on kummallakin ensisijainen kuormituksen vähentämistoimenpide. Sellutehtaan sisäisillä toimenpiteillä lienee myös mahdollista saada kuormitusta pienenemään. Seppo Ruonala vesihallituksesta on v. 1974 tarkastellut tehtaan silloista kuormitustilannetta ja sisäisiä toimenpiteitä, joilla kuormitusta voidaan vähentää. Nykyisin tehtaalla valmistetaan paperimassan sijasta liukosellua, koska jäteliemen absorptio-, haihdutus- ja polttolaitos eivät toimi odotetulla tehokkuudella. Tarkastelussa on yhteenvetona esitetty seuraava taulukko eri valmistusmenetelmien aiheuttamasta kuormituksesta:

Taulukko 24. Keski-Suomen Selluloosa Oy:n kuormitus erilaisilla prosessivaihtoehdoilla.

prosessi	BHK ₇ t/d	
	130 t/d	160 t/d
Mg bi-si a	13,7	23,1
b	5,9	9,8
Mg si a	17,7	28,0
b	8,5	11,6
liuko a	20,8	32,0
b	11,3	15,1

- a) Nykyiset laitteet (haihdutusteho 30-33 m³/h)
 b) Haihdutusteho 48 m³/h, pesu tehostettu, laihaliemi neutraloitu, satunnaiset vuodot eliminoitu.

Lisäksi Ruonala esittää seuraavat kuormitusta vähentävät toimenpiteet:

- jätevesimäärän supistaminen, jolloin myös kiintoainehäviö pienenevät
- lauhdeiden kierrätys
- alkoholin erotus
- proteiinin valmistus
- satunnaishäiriöiden eliminoiminen.

Puhdistuksen jälkeen voidaan nykyisiä mekaanisia puhdistusaltaita käyttää jälkilaskeutusaltaina. Altaiden toimintaa voidaan tehostaa ruoppaamalla niiden pohjaa ja mahdollisesti ilmastamalla jätevettä. Viimeksi altaita on ruopattu kesällä 1974 ja nykyisin altaiden pohjalla on paksu lietekerros, joka vähentää viipymää ja heikentää puhdistustehoa. Ilmastusta voitaisiin käyttää jo nyt mekaanisen puhdistuksen tehostamiseen. Ilmastuksen yhteydessä syntyvä veden liike saa pohjalietteen kulkeutumaan veden mukana, jolloin vesistöön joutuva kiintoainemäärä kasvaa. Tämän vuoksi altaiden ruoppaus on suoritettava ennen ilmastuksen aloittamista ja myöhemmin esimerkiksi jokakesäisen lomaseisokin aikana parin vuoden välein.

Lievestuoreen taajaman ja tehtaan jätevesien purkupaikka ei nykyisellään täytä hyvälle purkupaikalle asetettuja vaatimuksia. Sahi-

joen alapuolisen vesistön kannalta jätevesien pitkä viipymä Lievestuoreenjärvässä on nykyisessä tilanteessa hyväksi, koska Lievestuoreenjärvi toimii mekaanis-biologisena puhdistusaltaana. Jos purkupaikka siirrettäisiin nyt Lievestuoreenjärven ohi, lisääntyisi Lievestuoreen jätevesien aiheuttama haitta Äänekoski-Vaajakoski välillä ja Pohjois-Päijänteellä huomattavasti. Uutena purkupaikkana olisi Leppäveden Metsolahti ilmeisesti paras vaihtoehto. Mikäli sellutehtaan jätevesikuormitus saadaan riittävästi pieneksi ei purkupaikan siirto ole tarpeen. Muussa tapauksessa siirto voidaan suorittaa, mikäli se osoittautuu edulliseksi. Edullisuus riippuu paljolti siitä, kumman purkupaikan vaikutusalueen vesistöllä olisi enemmän käyttöä puhtaana.

6.13 Ä ä n e k o s k i - V a a j a k o s k i r e i t t i

Jätevesien varsinainen puhdistaminen on myös Äänekoski-Vaajakoski välillä ensisijainen kuormituksen vähentämistoimenpide. Kun otetaan huomioon alueella suunnitellut, rakenteilla olevat ja loppuunsaatetut puhdistus- ja liitostoimenpiteet, ovat Äänekosken reitillä Kemira Oy:n Vihtavuoren tehdas ja Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtaot ainoat merkittävät jätevesiään puhdistamattomina vesistöön laskevat kuormittajat.

Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaiden jätevesien päähaittana on niiden happamuus sekä eräät myrkyt. Myrkylliset aineet ja typpi voidaan poistaa varsinaisella jäteveden puhdistuksella, happamat jätevedet täytyy neutraloida. Neutraloinnin on arvioitu aiheuttavan purkuvesistönä toimivan Vihtajärven ja mahdollisesti Vihtalahden rehevöitymistä. Tämän vuoksi olisi hyvä neutraloinnin yhteydessä poistaa jätevesistä ravinteet varsinaisella puhdistuksella.

Kemiran nykyinen jätevesien purkupaikka Vihtajärvi on purkupaikaksi sopimaton. Kun edellä mainitut kuormituksen vähentämistoimenpiteet on suoritettu, voidaan purkupaikka siirtää. Uutena purkupaikkana tulevat kysymykseen Leppäveden pohjoisosa (Vihtalahden edusta) tai Kauhankosken alue. Jälkimmäinen on ainakin sekoittumisolosuhteiltaan parempi vaihtoehto. Jätevesien johtaminen Laukaan puhdistamolle ei ole mahdollista niiden sisältämien kemikaalien vuoksi ainakaan ilman esikäsittelyä.

Jätevesien varastointi- ja päästöaltaan rakentaminen Vihtavuoren tehtaalle on myös mahdollinen täydentävä toimenpide. Altaan merkitys jätevesien laadun kannalta ei ilmeisesti ole kovin suuri, koska Kemiran jätevedet sisältävät vähän kiintoainetta; sensijaan puhdistamolaitteiden vian vuoksi tapahtuvien päästöjen aiheuttamien haittojen torjunnassa allas on käyttökelpoinen ratkaisu. Vihtavuoren tehtaille riittäisi suhteellisen pienikokoinen, n.

5 000 m³:n tai vielä pienempi allas (vuorokautinen jätevesimäärä on 3 400 m³/d).

Laukaan jätevesien vaikutuksen vähentämiseksi on varastointiallas oikeastaan ainoa kyseeseen tuleva toimenpide. Senkin tarpeellisuus on kyseenalaista, koska puhdistamolta tuleva kuormitus ja sen vesistöille aiheuttamat haitat ovat vähäisiä. Purkupaikan vaihdolla ei myöskään ole merkitystä, koska nykyisen purkupaikan sekoittumisolosuhteet ovat hyvät.

Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailla voidaan suorittaa useita kuormitusta vähentäviä, varsinaista jäteveden puhdistusta edeltäviä prosessiteknisiiä toimenpiteitä. Prosessiteknisillä toimenpiteillä on arvioitu olevan mahdollista päästä BHK₇-kuormituksessa tasolle 30 t/d vuoden 1978 loppuun mennessä. Ruonalan vuonna 1973 tekemän selvityksen mukaan ovat seuraavat sisäiset toimenpiteet mahdollista toteuttaa Äänekosken tehtailla:

1. Sulfiittijäteliemen talteenottoasteen nostaminen 93 %:iin.

Tämä tavoite on nykyisin likimain saavutettu, mutta höyryvoimalan kapasiteetti ei riitä hiivatehtaan ylijäämälietteen polttamiseen. Hiivatehdas käyttää 90 % jäteliemestä. Voimalaitoksen tehon lisääminen tulee ajankohtaiseksi 1980-luvulla.

2. Sulfaatti- ja sulfiittijäteliemen haihduttamojen toiminnan parantaminen siten, että pisarahäviöt eivät ole normaalia suurempia ja ettei ylikuormitusta synny. Nykyisin si-haihduttamo on ylimitoitettu, joten sillä ei ainakaan ylikuormitus ole todennäköistä.

3. Sulfaattitehtaan pahanhajuisten lauhteiden käsittely metanolistrippauksella tai muulla vastaavalla tavalla. Tämä toimenpide vähentää BHK-kuormitusta.

4. Paperi- ja kartonkitehtaalla voidaan parantaa kiertovesisysteemiä ja mahdollisesti lisätä ulkopuolista puhdistusta. Paperitehtaalla on otettu jo käyttöön uusi vedenkäyttöä vähentävä kiertovesisysteemi. Myös paperin valmistukseen käytetyn massan puhtaus vähentää BHK-kuormitusta.

5. Liukosellutyypin massan valmistus on lopetettava.

6. Kuorimoiden toiminnan parantaminen siten, että kuorimisen yhteydessä syntyvän kiinteän jätteen määrä jää mahdollisimman pieneksi.

Edellä lueteltujen toimenpiteiden investointikustannuksiksi Ruonala arvioi 15-20 milj. mk 1973 hintatason mukaan, mikä vastaa 1976 noin 22,5 - 30 milj. mk, rakennuskustannusindeksin mukaan muutettuna. Todellisuudessa kustannukset ovat ilmeisesti kasvaneet rakennuskustannusindeksiä enemmän.

Päästö- ja varastointialtaita voidaan rakentaa sekä puhdistusta edeltäväksi että seuraavaksi toimenpiteeksi. Äänekosken tehtailla voidaan päästöallas rakentaa puhdistusta edeltäväksi, ja siihen laskettu päästö voidaan myöhemmin johtaa käsiteltäväksi puhdistamolle. Varastointin aikana tapahtuu myös jäteveden biologista puhdistumista, mikä vähentää vesistöön johdettavan jäteveden BHK- ja kiintoainekuormitusta. Viimeaikaisten päästöjen perusteella päästöaltaan tilavuudeksi riittäisi n. 100 m³. Mikäli tehtaalla toteutetaan biologinen tai kemiallinen puhdistus, on puhdistamon toimintahäiriöiden vuoksi varauduttava huomattavasti suurempaan allastilavuuteen. Jälkivarastointialtaan koko riippuu jätevesimäärästä ja halutusta viipymästä.

Vesi-Hydron 1965-67 tekemässä Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelmassa /25/ on esitetty puhdistuksen jälkeiseksi toimenpiteeksi purkupaikan siirtoa Kuhnamojärven ensimmäisten syvänteiden ohi, jolloin vältettäisiin erityisesti syyskierron aiheuttamat kuormitussysäykset. Tarvittavan purkupuutken pituus olisi noin 3 km. Sekoittumisolosuhteet eivät tällä purkupaikan siirrolla parane, mutta ainakin Kuhnamojärven yläosan vedentilaan tällä toimenpiteellä on positiivinen vaikutus.

Äänekosken ja Suolahden taajamien jätevesien aiheuttama kuormitus on varsinkin puhdistuksen jälkeen pientä verrattuna Metsäliiton Tehtaiden kuormitukseen. Suolahden jätevesien jälkivarastointi ei ole tarpeen, Äänekosken asumajätevedet voidaan johtaa yhteiseen varastointialtaaseen Metsäliiton Teollisuus Oy:n jätevesien kanssa, mutta tämäkään ei ole välttämätöntä.

Hajakuormituksen, kuten haja- ja loma-asutuksen sekä maa- ja metsätalouden aiheuttaman kuormituksen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet ovat merkitykseltään vähäisiä koko tutkimusalueella ennen kuin saneeraustoimenpiteet on saatu suurkuormittajien osalta suoritetuksi. Tämän jälkeen voidaan ryhtyä vähentämään hajakuormitusta tämän työn yleisessä osassa mainittujen periaatteiden mukaan. Asian laajuuden vuoksi siihen ei tässä työssä tarkemmin puututa. Edellä mainittu suoritusjärjestys on mielekäs senkin vuoksi, että piste-kuormien pienennyttyä hajakuormituksen vähentämistoimenpiteiden vaikutus on paremmin nähtävissä ja toimenpiteitä voidaan ohjata saavutettujen kuormitusreduktioiden mukaan.

6.2 KUNNOSTUS

6.21 J y v ä s j ä r v i

Jyväsjärven kunnostaminen tulee todennäköisesti ensimmäisenä ajankohtaiseksi tutkimusalueen vesistöistä. Jyväsjärven sijainti (kuva 11) on sellainen, että järvellä olisi puhtaana varmasti käyttöä kalastus-, liikenne-, uinti- ja muuna virkistysalueena. Tämän vuoksi järven pikainen kuntoonsaattaminen olisi tärkeää. Kankaan paperitehtaan jätevesien johtaminen järven ohi tulee olemaan se toimenpide, jonka mukaan kunnostus ajoitetaan.

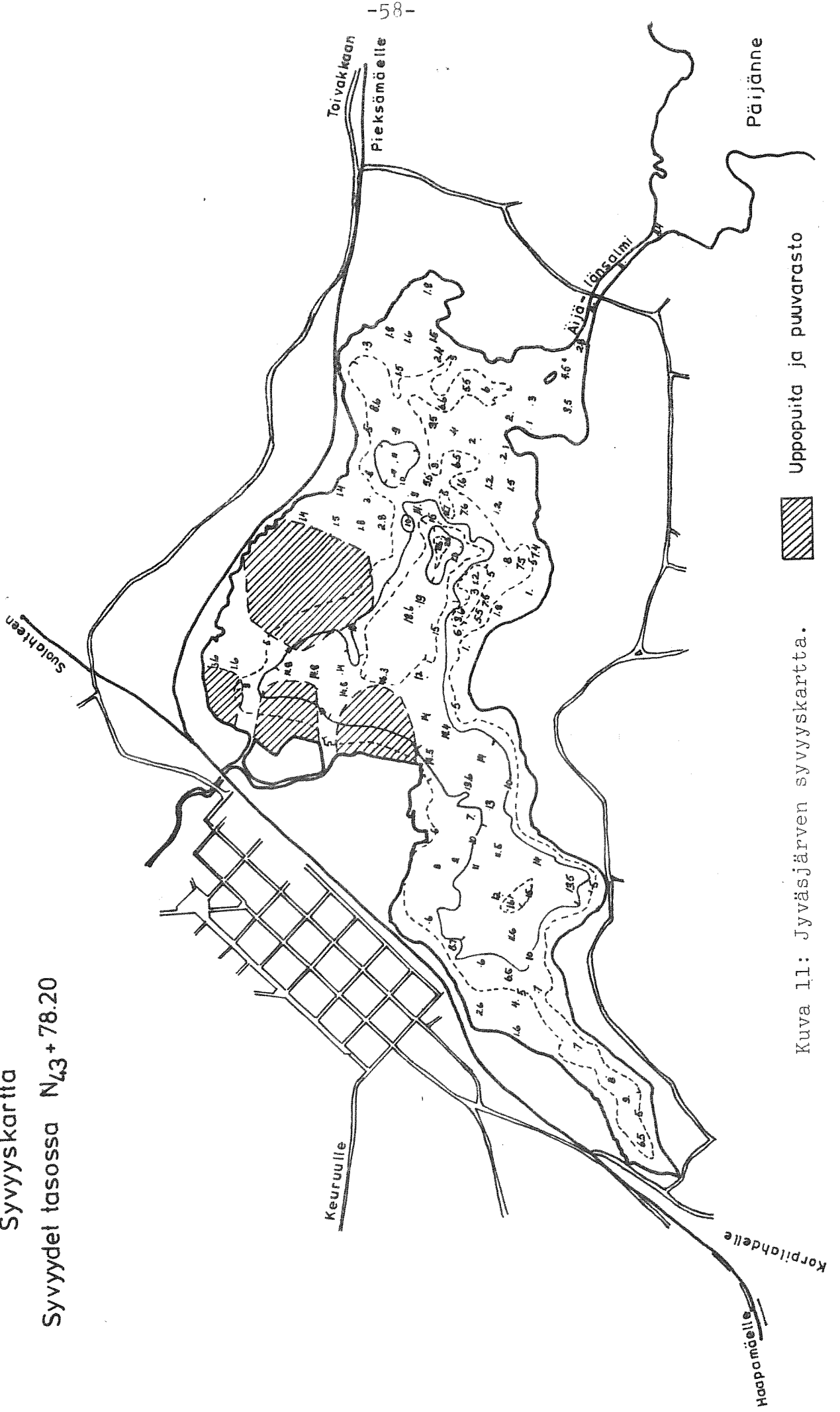
Jyväsjärven suhteellisen pieni koko ja pieni virtaama tekevät siitä otollisen kohteen kunnostustoimenpiteille. Suuren hajakuormituksen vuoksi järven itsepuhdistumiskyky on heikko, jolloin puhdistumista tehostavilla toimenpiteillä voidaan tilan paranemista nopeuttaa huomattavasti.

Kunnostustoimenpiteistä sulkeutuvat Jyväsjärven tapauksessa pois virtausjärjestelyt, järven vedenpinnan nosto ja fosforin saostaminen järvessä.

Keski-Suomen vesipiirin vesitoimisto
JYVÄSJÄRVI 1:20000

Syvyyskartta

Syvydet tasossa N₄₃+78.20



Kuva 11: Jyväsjärven syvyyskartta.

Virtausjärjestelyjen tehokkuutta heikentää Tourujoen vesistön pieni virtaama, minkä vuoksi virtauksen ohjaaminen järvessä pilaantuneimpien alueiden kautta ei sanottavasti lisää huuhtoutumista eikä veden vaihtuvuutta näillä alueilla. Lisäksi haitat korostuisivat tällöin virtausreitien ulkopuolelle jäävillä alueilla. Lähistöllä ei myöskään ole virtaamaltaan kyllin suuria vähäravinteisia vesistöjä, joista olisi mahdollista ja kannattavaa johtaa lisävetä reitille.

Jyväsjärven pinnankorkeuden nostaminen alusveden tilavuuden ja sie-don lisäämiseksi aiheuttaisi lisäkustannuksia rantarakenteiden, kuten laitureiden, muutostöiden vuoksi.

Fosforin saostaminen Jyväsjärvessä ei tule kysymykseen järven suuren pinta-alan vuoksi. Korkeiden kustannusten vuoksi tämä toimenpide soveltuu vain hyvin pienille järville.

Jäljelle jäävät seuraavat kunnostusmahdollisuudet:

1. Veden hapettaminen
2. Biomassan poisto
3. Pohjalietteen käsittely
4. Alusveden poisjohtaminen

1. Veden hapettaminen

Jyväsjärvi on tilavuudeltaan liian suuri, jotta koko vesimassan hapettaminen tulisi kysymykseen. Alusveden hapettaminen on sen sijaan järvelle sopiva kunnostustoimenpide. Tarvittavan hapetustehon ja hapettamisen vaikutusten arvioimiseksi on tiedettävä välitön happi-tilanne ja pohjalietteen tarvitsema happimäärä.

Jyväsjärven vesi on kerrostuneisuusaikana hapetonta n. 7 m:n syvyydestä alaspäin. Syvyyskartasta (kuva 11) laskettuna saadaan pyramidikaavalla (3) laskettua tämän vesimassan tilavuus.

Hapettoman alueen pinta-ala on n. $1,5 \text{ km}^2$

$$\text{Pyramidikaava: } V = \frac{Ah}{3} \quad (3)$$

V = tilavuus

A = 7 m:n syvyyskäyrän rajoittama ala

h = maksimisyvyys - 7 m

Tilavuudeksi saadaan $6,3 \text{ milj. m}^3$. Seppäsen arvion mukaan Jyväsjärven pohjalietteen 5 cm:n päällyskerroksen tarvitsema happimäärä on n. $1 \text{ tO}_2/\text{ha}$. Tämän päällyskerroksen hapettuminen vie arviolta aikaa vuoden verran. Syvemmillä lietteessä tapahtuu tämänkin jälkeen hapettumista, mutta pintakerrosta hitaammin.

Isterin kaasunliuottimella ja -vaihtimella saavutetaan $20-30 \text{ m}^3/\text{min}$ pumppausteho, ja 10 m:n syvyydestä otetun hapettoman veden lähtöhappipitoisuus on ollut yli 10 mg/l . Jyväsjärvessä hapetettava vesi otettaisiin 25 m:n syvyydestä, jolloin lähtevän veden happipitoisuudeksi saataisiin ilmeisesti suurempi, koska suuressa paineessa veden liukenee enemmän happea. Isterin laitteessa on käytetty 11 kW:n nimellistehoista pumppua, joka aiheuttaa tariffivyohykejaon mukaisen $26,2 \text{ p/kWh}$ sähkön hinnan mukaan (marraskuu 1976) 25 250 mk:n vuotuiset käyttökustannukset, jos pumppaus on jatkuvaa. Muut käyttömenot ovat laitteella vähäisiä. Yhden laitteen hinta paikoilleen asennettuna on n. 100 000 mk . Jyväsjärven syvyyskartasta näkyy, että järvessä on kaksi syvännettä, joten hapetuksen vaikutuksen parantamiseksi olisi hyvä käyttää kahta laitetta. Kokonaiskunnostuskustannukset tulevat laitteella vuodessa kaksinkertaisiksi yhden laitteen kustannuksiin verrattuna, mutta toisaalta saatu tulos on huomattavasti parempi, ja tarvittava ilmastusaika todennäköisesti lyhyempi. Alusveden kuluttama happimäärä pohjalietteen tarpeeseen verrattuna on Seppäsen mukaan hyvin pieni, joten ylijäämähappi menee lähes kokonaan veden happipitoisuuden ylläpitoon.

Edellä olevan perusteella saadaan seuraavanlainen yhteenveto pumppausteholla $20 \text{ m}^3/\text{min}$, kun ilmastusaika on yksi vuosi.

Taulukko 25. Eräitä Jyväsjärven ilmastukseen liittyviä tietoja.

	2 laitetta	1 laite
Pohjalietteen (5 cm) hapentarve	150 tO ₂ /a 417 kg O ₂ /d	150 tO ₂ /a 417 kg O ₂ /d
Alusvedeen liukeneva happimäärä	24 kg O ₂ /h 575 kg O ₂ /d	12 kg O ₂ /h 290 kg O ₂ /d
Erotus	210 tO ₂ /a 60 tO ₂ /a	105 tO ₂ /a -45 t O ₂ /a
Kustannukset:		
Hankintakustannukset	200 000 mk	100 000 mk
Vuotuinen käyttökustannus	50 500 mk	25 250 mk
Vuosikustannus 15 vuoden kuole- tusajalla ja 10 %:n korkokan- nalla	76 800 mk/a	38 400 mk/a

Kahdella laitteella jäisi siis alusveden happipitoisuuden ylläpitämiseen ylimäärä happea, kun taas yhden laitteen teho ei olisi riittävä. Jos kerrostuneisuus kestää viisi kuukautta saadaan kahdella laitteella tänä aikana veteen jäämään happea 25 t, mikä vastaa 4,0 mgO₂/l alusvedessä.

Seppäsen mukaan ilmastus voidaan aloittaa huomattavasti ennen kuormituksen loppumista, jolloin Jyväsjärven kaltaisella järvellä voi lopullinen tilan paraneminen siirtyä useita vuosia aikaisemmaksi. Kankaan paperitehtaalta tulevan kuormituksen loppumisajankohta on vielä tuntematon. Jyväskylän kaupungin jätevesikuormitus loppunee kuitenkin vuoden 1977 aikana, joten alusveden ilmastus happipitoisuuden ylläpitämiseksi olisi syytä aloittaa mahdollisimman pian. Viimeistään ilmastus olisi aloitettava ainakin 2 vuotta ennen Kankaan tehtaan kuormituksen loppumista

2. Biomassan poistaminen

Korkeiden vesikasvien korjuu sopii Jyväsjärvelle sekä maisemanhoidollisena, että ravinteita poistavana toimenpiteenä. Vesikasvien niitto parantaa myös vesistön käyttömahdollisuuksia kuten veneilyä

ja rantojen virkistyskäyttöä. Virtauksiin tällä toimenpiteellä on vähän vaikutusta, koska esim. runsaskasvisen Äijälänsalmen virtausnopeus on pieni Jyväsjärven ja Päijänteen pintojen pienen korkeuseron vuoksi. Biomassan poiston ravinteita vähentävä vaikutus perustuu siihen oletukseen, että kasvit hajotessaan luovuttavat sisältämänsä ravinteet veteen.

Jyväsjärvellä ruohikoiden pinta-ala on n. 30 ha. Mikäli korjuu suoritettaisiin kaksi kertaa kesässä ja oletetaan saatavan talteen puolet järvikaislan maksimipidätyskykyä vastaavasta määrästä kerralla, olisi tällä toimenpiteellä järvestä poistuvan fosforin määrä n. 2 000 kg kasvukaudessa. Kokkolan vesipiirin suorittamissa niittokokeissa kustannukset ovat olleet noin 150 mk/ha. Niittolaitteen hankintahinta on noin 15 000 mk.

Kaksi kertaa kasvukaudessa suoritettun korjuun kustannuksista saadaan seuraavanlainen yhteenveto:

Taulukko 26. Yhteenveto vesikasvien niittokustannuksista.

Niittokustannukset/kasvukausi	2 x 30 x 150 mk =	9 000 mk
Laitteen hankintahinta		15 000 mk
Vuosikustannus, kuoletusaika		
15 v, korko 10 %		11 000 mk/v

Kasvillisuuden korjuu voidaan aloittaa vasta kun ilmastamalla on sidottu fosfori pohjalietteeseen. Jyväsjärven ohella laitetta voidaan käyttää myös muualla tutkimusalueella ja sen ulkopuolella.

3. Pohjalietteen käsittely

Suoraan pohjalietteeseen kohdistuvana toimenpiteenä tulee Jyväsjärvellä kysymykseen pohjalietteen poisto imuruoppauksella. Jos pohjaliete poistetaan vain osittain, on tärkeää tutkia sen rakenne tarkoin, ettei ruoppauksen jälkeinen pohja sisällä helposti liukenevia ravinteita. Oy Vesi-Pekan mukaan imuruoppauksen kannattavuus on parhaimmillaan, jos poistettavan lietekerroksen paksuus on noin 1 m.

Jyväsjärvässä lietekerros on n. 40 cm paksuinen, joten ainakin tämä kerros kannattaa poistaa kokonaisuudessaan. Mikäli liete poistetaan pelkästään hapettomalta vyöhykkeeltä ($A = 1,5 \text{ km}^2$) tulisi kokonaislietemääräksi n. $600\,000 \text{ m}^3$. Ruoppauksen seurauksena kuitenkin liete valuu rannoilta syvänteisiin, joten liete olisi pumpattava laajemmalla alueella. Tällöin voidaan olettaa lietteen määräksi n. $800\,000 \text{ m}^3$. Varsinaista ruoppaussuunnitelmaa varten on pohjalietteen määrä, laatu ja alueelliset erot tarkoin tutkittava.

Oy Vesi-Pekan mukaan imuruoppauksen kustannukset ovat keskimäärin 5 mk/m^3 ktr. Kustannukset nousevat melko nopeasti leikkaussyvyyden (lietteen paksuuden) pienentyessä alle yhden metrin. 40 cm:n vahvuisella kerroksella yksikköhinta on noin 10 mk/m^3 ktr TVH:n arvion mukaan. Tarvittavan lähitysaltaan tilavuus V_1 saadaan seuraavasti:

$$V_1 = \frac{4}{y^1} \cdot V_{\text{liete}} (\text{m}^3 \text{ ktr}) \quad (4)$$

$$\text{jossa } Y^1 = \text{ryöstökerroin} = \frac{\text{m}^3 \text{ ktr}}{\text{m}^3 \text{ ktr}}$$

ktd = todellinen kiintotilavuus

ktr = teoreettinen kiintotilavuus (= lietteen tilavuus pohjassa)

y^1 :n arvolla 2.0 saadaan läjitysaltaan tilavuudeksi

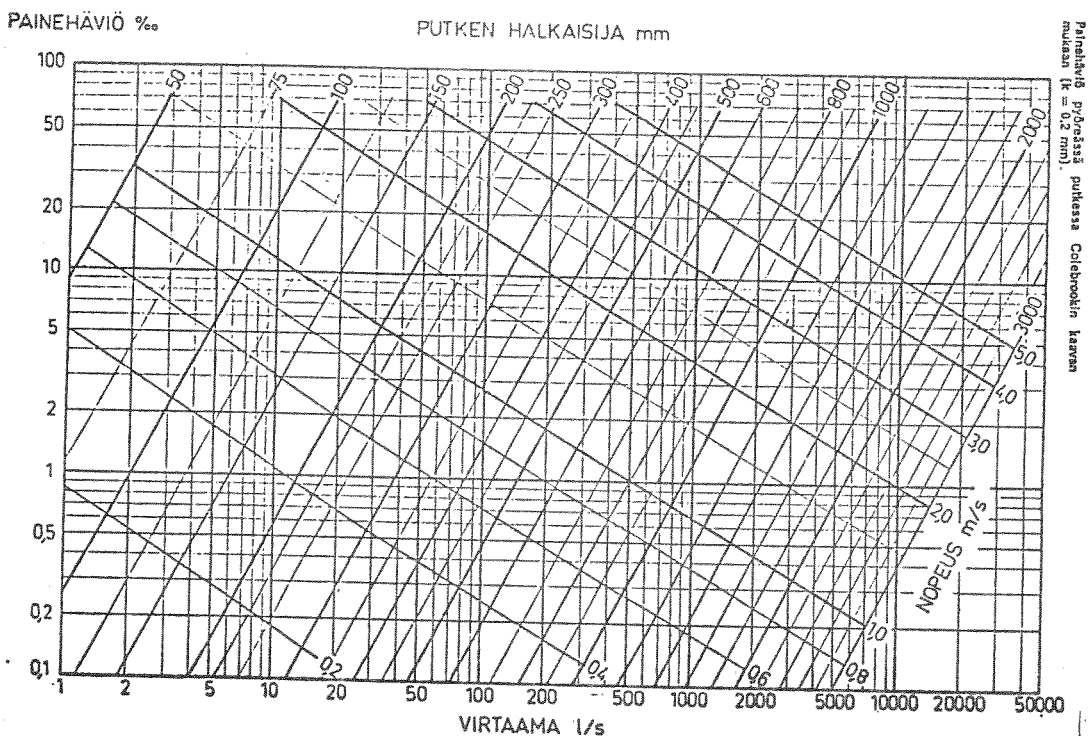
$$V_1 = 1,6 \text{ milj. m}^3$$

Esimerkiksi 3 m:n syvyisen altaan pinta-ala olisi tällöin 53 ha. Näin suurta läjityspaikaksi sopivaa aluetta on mahdolliselta pumpausetaisyydeltä vaikea löytää. Tällöin imuruoppaus edellyttäisi lietteen tiivistämistä ja kuljetusta muualle sekä myös lieteveden kemiallista tai mekaanista käsittelyä ennen vesistöön johtamista. Mikäli läjitysalue löytyisi niin läheltä, että välipumppaamo ei tarvita, tulisi ruoppaus maksamaan n. 8 milj. mk, välipumppaamo nostaisi kustannukset huomattavasti yli 10 milj. mk:n. Lietteen ja lieteveden käsittely ja kuljetus nostaisi kustannuksia edelleen.

Yhteenvetona Jyväsjärven pohjalietteen ruoppauksesta voidaan sanoa, että vaikka se ilmeisesti olisi tehokkain keino järven rehevöitymisen pysähdyttämiseksi, se on korkeiden kustannusten vuoksi viimeisenä kysymykseen tuleva kunnostustoimenpide. Mikäli järven tila saadaan muilla toimenpiteillä pysyvästi paranemaan, ei lietteen poistoa kannata suorittaa. Pelkän imuruoppauksen hinnalla voidaan Jyväsjärven alusvettä ilmastaa jatkuvasti kahdella laitteella aiemmin esitetyn vuosikustannusarvion mukaan 104 vuotta.

4. Alusveden poisjohtaminen

Alusveden poisjohtamisen seurauksena tapahtuva järven tilan paraneminen alkaa vasta sen jälkeen, kun ulkoa tuleva kuormitus on eliminoitu. Jyväsjärvestä tämä merkitsee sitä, että poisjohtaminen voidaan aloittaa vasta, kun Kankaan tehtaalta tuleva jätevesikuormitus on loppunut. Jyväsjärven alusveden johtaminen Päijänteeseen täytyisi suorittaa pumppuamalla järvien pienen korkeuseron vuoksi. Pumpaus taas edellyttää padon rakentamista Äijälänsalmeen. Koska Jyväsjärven ja Päijänteen välillä on kesäisin paljon laiva- ja vene-liikennettä, on johtaminen padon rakentamisen vuoksi mahdollista suorittaa vain jääpeitteen aikana. Jyväsjärvi on jäässä noin 6 kk. Padon on tämän vuoksi oltava helposti avattavissa ja suljettavissa. Jotta



Kuva 12. Pyöreän putken painehäviö.

järven pinnankorkeus pysyisi nykyisellään, täytyy pumppausvirtaaman olla sama kuin Tourujoen virtaama. Noin $2 \text{ m}^3/\text{s}$ talvivirtaamalla kestää alusveden (7 m) vaihtuminen n. 36 vrk, joten 6 kk:n aikana alusvesi ehtisi vaihtua 5 kertaa.

Nykyisin Tourujoesta tuleva vesi on lähes hapetonta. Kankaan tehtaan yläpuolella veden happipitoisuus on n. 9 mg/l kerrostuneisuuskauden lopulla (huhtikuussa 1969 11 mg/l ja elokuussa 1969 7,7 mg/l). Kankaan tehtaan vaikutuksen loputtua tämä merkitsisi $2 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamalla $1,55 \text{ t O}_2/\text{vrk} = 283 \text{ t O}_2/6 \text{ kk}$, mikä on 1,4-kertainen verrattuna kahdella Isterin laitteella liuotettuun happimäärään. Osa tästä hapestasta kuluu päällyksivedessä, osa jää alusveden tilalle tulevaan veteen. Ilmeisesti alusveden poisjohtamisella saataisiin alusvesi pidettyä hapelliscna talvikerrostuneisuuden lopulla.

Pumppaukseen tarvittavan putken pituus on n. 1400 m. Colebrookin kaavalla (kuva 12) /26/ saadaan tällöin $2 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamalla seuraavat painehäviöt erikokoisille putkille:

Taulukko 27. Pumppauksen painehäviön riippuvuus putken läpimitasta.

Putken halkaisija läpimitta, d (mm)	Painehäviö (mH ₂ O)
600	98
800	21
1000	6,3
1200	2,5

Kuten nähdään painehäviö pienenee voimakkaasti putken koon kasvaessa.

Pumppaus- ja putkikustannusten lisäksi tulevat vielä padon ja pumppaamon rakennuskustannukset. Padon kustannukset ovat muihin verrattuna pienet, koska padon ei tarvitse kestää veden painetta vedenpintojen ollessa padon molemmin puolin yhtä korkealla. Pumppaamon rakennuskustannukset vaihtelevat pumpputyypin ja pumppaamorakennuk-

sen mukaan. Pumput, joita ilmeisesti tarvitaan kaksi, maksaisivat noin 60 000 mk. Pumppaamon rakennuskustannuksiksi voidaan arvioida 500 000 mk, mutta hinta saattaa poiketa hyvinkin paljon tästä arviosta. Viitenä talvena suoritettun pumppauksen kokonaiskustannukset olisivat edelläolevan perusteella, jos pumppujen putken kuoletusajaksi oletetaan 15 a (1000 mm:n putki):

Taulukko 28. Alusvedenpoiston pumppuamiskustannukset

Energiakustannus	360 000 mk
Putki	850 000 "
Pumput	40 000 "
Pumppaamorakennus	500 000 "
Yhteensä	1 750 000 mk

Kustannuksia voidaan pienentää vähentämällä pumpattavan alusveden määrää siten, että osa tulovirtaamasta lasketaan padon yli päällysvesivirtaamana. Tällöin voitaisiin käyttää pienempää putkea ja pienitehoisempaa pumppua. Poisjohtamisella saavutettavan hyödyn pieneminen tekee kuitenkin pumppauksen vähentämisen kyseenalaiseksi.

Jyväsjärven alusveden poisjohtaminen kuormittaa alapuolista vesistöä, Pohjois-Päijännettä, ja saattaa aiheuttaa happipitoisuuden alenemista ja rehevöitymisen voimistumista Äijälänsalmen suualueilla.

Myös mahdollinen kerrostuneisuuden muuttuminen Jyväsjärvessä on otettava huomioon poisjohtamista suunniteltaessa. Toimenpide on ilmeisesti teholtaan tyydyttävä, heikkoutena on pumppauksen keskeytyminen kesäajaksi. Alusveden poisjohtamiskustannukset ovat kohtuulliset, joten toimenpide on käyttökelpoinen Jyväsjärven kunnostuksessa.

Yhteenvetona voidaan Jyväsjärven kunnostamistoimenpiteiksi suositella mahdollisimman pian aloitettavaa alusveden ilmastusta ja myöhemmin suoritettavaa kasvien korjuuta niittämällä. Kankaan tehtaan kuormituksen loputtua voidaan toteuttaa alusveden poisjohtaminen, mikäli järven tilaa ei saada paranemaan ilmastuksella. Alusveden poisjohtaminen ja ilmastus eivät sovi yhtäaikaan suoritettaviksi Jyväsjärven eikä Pohjois-Päijänteen kannalta. Kokonaiskustannukset toimenpidesarjalle, johon kuuluu viitenä vuotena suoritettu ilmastus yhdellä laitteella ennen

kuormituksen loppumista, kolmena kesänä toimeenpantu kasvien korjuu ja viitenä talvena kuormituksen pienennyttyä alusveden poisjohtaminen, olisivat 2,2 milj. mk. Jyväsjärveä voitaisiin käyttää myös uusien kunnostusmenetelmien kokeilualueena, jolloin saataisiin arvokasta tietoa vastaavien tapausten varalle.

6.22 Lievestuoreenjärvi

Lievestuoreenjärven itsepuhdistamiskyky osoittautui v. 1967 alkaen Keski-Suomen Selluloosa Oy:n sellutehtaan seisokin aikana hyväksi /12/. Järven happitilanne parani tällöin melko nopeasti eutrofisen järven tasolle. Lappalaisen mukaan sellutehtaan jätevesien inhibitiivaikutuksen loputtua olisi järven nopea rehevöityminen ollut mahdollista, mikäli seisokki olisi jatkunut kauemmin.

Lievestuoreenjärven koko rajoittaa mahdolliset kunnostustoimenpiteet vähiin. Pohjalietteen poisto ja fosforin saostaminen eivät koon vuoksi tule kysymykseen Lievestuoreenjärven kunnostuksessa. Alusveden poisjohtaminen ei myöskään ole kannattavaa, koska suurimmat syvänteet ovat useiden kilometrien päässä Sahijoen suusta, jolloin tarvittavan putken pituus nostaa kustannukset liian suuriksi. Biomassan poistaminen vesikasveja niittämällä ei ole tarpeen vesikasvien pienen määrän ja veden suhteellisen vähäisen ravinnepitoisuuden vuoksi. Sen sijaan kysymykseen tulevia kunnostusmenetelmiä ovat alusveden ilmastus ja virtausjärjestelyt, lähinnä lisäveden johtaminen järveen.

Ravinnekuormitus on Lievestuoreenjärvelle erittäin vaarallista järven suuren energiapotentiaalin vuoksi. Näin ollen on tärkeää ulkoisen ravinnekuormituksen eliminoiminen lisäksi estää pohjaan sedimentoituneita ravinteita liukenemasta veteen. Tämä edellyttää pohjanläheisen vesikerroksen happipitoisuuden pitämistä kyllin korkeana. Nykyisin järven happitilanne on heikko, vuonna 1975 oli happipitoisuus pohjan lähellä 4.9. Pukkisaaren syvänteessä 0,7 mgO₂/l ja 12.5. Hyyppään syvänteessä 0,9 mgO₂/l. Happitilanne voitaisiin parantaa alusveden ilmastuksella. Suuren vesitilavuuden vuoksi kannattaisi ilmeisesti käyttää kahta ilmastinta, yksi kummassakin syvänteessä.

Lievestuoreen järven alusveden tilavuus on likimain

$$\frac{422 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{3} = 141 \cdot 10^6 \text{ m}^3.$$

Kahdella Isterin laitteella ilmastettaessa saataisiin veteen liuotettua happea 75 t/a, jos oletetaan lähtevän veden happipitoisuudeksi 40 mg/l ja pumppaustehoksi $20^3/\text{min}$. Tämä määrä vastaisi koko vesimassassa vain $0,18 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Toisella tavalla laskettuna saadaan talvikerrostuneisuuden aikana veteen 75 t O_2 , mikä alusveden tilavuudella jaettuna tekee $0,53 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Näennäisen pienestä vaikutuksesta huolimatta kahdella laitteella luultavasti pystyttäisiin parantamaan happitilannetta, koska todella heikko tilanne ($2 \text{ mgO}_2/\text{l}$) on vain pienessä osassa alusvettä. Käyttökustannukset ja laitteiden hankintakustannukset ovat samat kuin Jyväsjärvessä.

Lievestuoreenjärven alusveden ilmastus voitaisiin aloittaa mahdollisimman pian, vaikka kuormituksen loppumisesta tai merkittävästä pienentymisestä ei ole tietoa. Pohjan läheisen vesikerroksen pitäminen hapellisena ravinteiden liukenemisen estämiseksi on ajankohtaista jo nyt.

Kynsivedestä Lievestuoreelle tulevan tunnelin kautta 15.9.1976 alkaen on juoksutettu lisävettä $1,5 - 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Vuodelta 1975 olevan vesioikeuden luvan perusteella $2 \text{ m}^3/\text{s}$ on tällä hetkellä lisävesivirtaaman yläraja. Lisävesivirtaaman korottaminen on tunnelin kapasiteetin puolesta toteutettavissa. Vesimäärän lisääminen lyhentää järven viipymää, ja parantaa vesistön tilaa lisäämällä vesistöön tulevaa happimäärää ja laimentamalla jätevesiä. Puhtaan lisäveden juoksutuksen vaikutus järven tilaan on positiivinen, mutta kaikkien vaikutusten arviointi on vaikeaa. Yksi arviointikriteeri on lisäveden järveen tuoma happimäärä, jota voidaan verrata ilmastuksella veteen saatavaan happeen.

Kynsivedestä tulevan juoksutuksen määrän lisääminen edellyttää veden pumppausta. Vaihtoehtoisina lisäämismuotoina tarkastellaan seuraavassa kahta tapaa: mahdollisuutta johtaa tunnelista jatkuvasti nykyistä enemmän vettä tai virtaaman nostamista nykyisestä ainostaan kerrostuneisuuskausien loppupuolella, jolloin järven happitilanne on heikoimmillaan. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa vesimäärää lisättäisiin n. 3 kk aikana vuodessa.

Tunnelin pituus on 9,6 km ja poikkileikkauksen ala 5 m^2 . Tunneli on kokonaan kallioon louhittu.

Tunnelin virtausvastuksesta aiheutuva painehäviö lasketaan kaavalla /26/

$$h = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

jossa h = painehäviö

λ = vastusluku

l = johdon pituus

d = sisähalkaisija

v = veden virtausnopeus

g = painovoiman kiihtyvyys

Vastusluku (λ) lasketaan Colebrookin kaavalla

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 d} \right) \quad (6)$$

jossa Re = Reynoldsin luku = $\frac{v \cdot d}{\nu}$

ν = kinemaattinen viskositeetti (=1,31, kun $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$)

k = karkeus

Kynsiveden ja Lievestuoreenjärven vedenpintojen korkeusero on 3 m.

Ottamalla tämä painehäviöksi $2 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamalla saadaan

$$= 0,0966$$

$$= 3,217$$

$$k = 220 \text{ mm}$$

Vastusta laskettaessa on käytetty seuraavia arvoja:

$$l = 9600 \text{ m}$$

$$d = 2520 \text{ mm}$$

$$= 1,31 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$k = 220 \text{ mm}$$

Tästä saadaan eri virtaamilla seuraavat -arvot ja painehäviöt sekä tarvittavat pumppaustehot:

Taulukko 29. Pumppauksen tehon tarve suhteessa tunnelin läpäisykykyyn

pumpun teho kW	Q(m ³ /s)	v(cm/s)		h(m)	pumpun osuus (m)
0,0	2	40	0,0966	3,00	0,0
110	3	60	0,958	6,70	3,70
355	4	80	0,0954	11,85	8,85
775	5	100	0,0952	18,50	15,50
	6	120	0,0950	26,55	23,55
	7	140	0,0949	36,10	33,10
	8	160	0,0949	47,15	44,15

Edellä olevan taulukon perusteella voidaan tarkastella seuraavaa esimerkkiä:

Vaihtoheto 1:

- pumpataan jatkuvasti 3 m³/s
- energiantarve 963600 kWh/a
- energiakustannus (26,2 p/kWh) 252 460 mk/a

Vaihtoehto 2.

- pumpataan vain 3 kk/a = 2160 h
- energiamäärä kWh/a sama kuin edellä, pumppausteho 445 kW
- lisävesimäärä 4,2 m³/s

Pumppauskustannusten lisäksi tulevat pumppujen hankinta- ja asennuskustannukset, jotka 2. vaihtoehdossa ovat ilmeisesti huomattavasti suuremmat kuin 1. vaihtoehdossa. Kun vesimäärän lisäys on suhteellisesti huomattavan pieni tehon lisäykseen verrattuna, mikä johtuu tunnelin pituudesta, on 1. vaihtoehto näistä kahdesta selvästi kannattavampi. Riippumatta lisäveden määrästä saadaan suurempi hyöty/kustannussuhde jatkuvalla pumppauksella.

Lisävesimäärän ollessa $3 \text{ m}^3/\text{s}$ jatkuvasti lyhenisi Lievestuoreenjärven viipymä noin 2,5 vuoteen. $1 \text{ m}^3/\text{s}$ lisää Kynsiveden vettä nykyiseen verrattuna toisi Lievestuoreenjärveen happea ($9 \text{ mgO}_2/\text{l}$) $280 \text{ t O}_2/\text{v}$. Tätä määrää ei voi suoraan verrata ilmastuksella veteen liukenevaan happimäärään (75 t/a 2 laitetta), koska ilmastuksen vaikutusalue on lisäveden vaikutusalueeseen verrattuna pieni. Tilan paranemisen nopeuttamiseksi voidaan käyttää molempia tarkasteltuja keinoja yhtäaikaan.

Lievestuoreenjärven käyttöpaine on huomattavasti pienempi kuin Jyväsjärven. Kun järven itsepuhdistusmiskyky on vielä suhteellisen hyvä, ei ole kovin todennäköistä, että Lievestuoreenjärven kuntoonsaattamista tullaan edellämainituilla kunnostustoimenpiteillä nopeuttamaan.

6.23 Äänekoski - Vaajakoski - reitti

Veden virtaus Äänekosken ja Leppäveden välillä on suhteellisen voimakasta ja vaihtuvuus tehokasta. Tämän vuoksi alueen puhdistuminen olisi todennäköisesti Äänekoskelta tulevan kuormituksen huomattavan pienemisen jälkeen nopeaa. Näin ollen mitkään laajamittaiset kunnostustoimenpiteet eivät alueella ole tarpeen, mikäli vesistön tila pysyy nykyisellään, ja Äänekoskelta tuleva kuormitus saadaan pieneneväksi.

Ennen kuormituksen vähentämistä ja myöhemminkin on alivirtaaman lisääminen riittävän laimentumisen aikaansaamiseksi lähemmän tarkastelun arvoinen toimenpide. Koska Metsäliiton Teollisuus Oy:n jätevedet aiheuttavat valtaosan alueen kuormituksesta, keskitytään seuraavassa tarkastelussa ainoastaan niihin.

Alivirtaaman lisäämisen vaikutuksia voidaan arvioida tarkastelemalla virtaaman ja kuormituksen sekä alapuolisen vesistön happipitoisuuden välistä riippuvuutta. Tätä tarkastelua ovat aiemmin suorittaneet Vesi-Hydro 1965-1967 /25/ ja Kaj Granberg 1975 /4/. Molemmat ovat soveltaneet Streeter-Phelps -kaavaa (7) Äänekoski-Vaajakoski -reitillä välille Äänekoski - Kapeenkoski.

$$D = \frac{K_1 La}{k_2 - k_1} (10^{-k_1 t} - 10^{-k_2 t}) + D_a \cdot 10^{-k_2 t} \quad (7)$$

jossa

D = hapen vajaus (mg/l) hetkellä t
 La = primääri BHK (mg/l) hetkellä $t = 0$
 k_1 = hapen kulutuskerroin (d^{-1})
 k_2 = hapen liukenemiskerroin (d^{-1})
 t = aika (d)
 Da = hapen vajaus (mg/l) hetkellä $t = 0$

Kertointen k_1 ja k_2 onnistunut valinta on kaavan käyttökelpoisuuden kannalta ratkaisevaa. Kymijoen vesistön alaosan yleissuunnitelman mukaan k_1 voidaan laskea kaavalta (8):

$$L_s = \frac{L_{kuorm.}}{10^{k_1 t_k}} \quad (8)$$

jossa summamerkki tarkoittaa eri kuormituspisteiden välisten osuuk-sien summaa. Koska Äänekosken reittiä voidaan käsitellä vain yh-dellä kuormituspisteellä, jää summamerkki pois. Kaavassa (8) käy-tetyt tekijät /4/ ovat:

L_s = jätevesien aiheuttama kuormituslisäys (t/d) Kapeekoskella pitoisuuksien mukaan laskettuna.

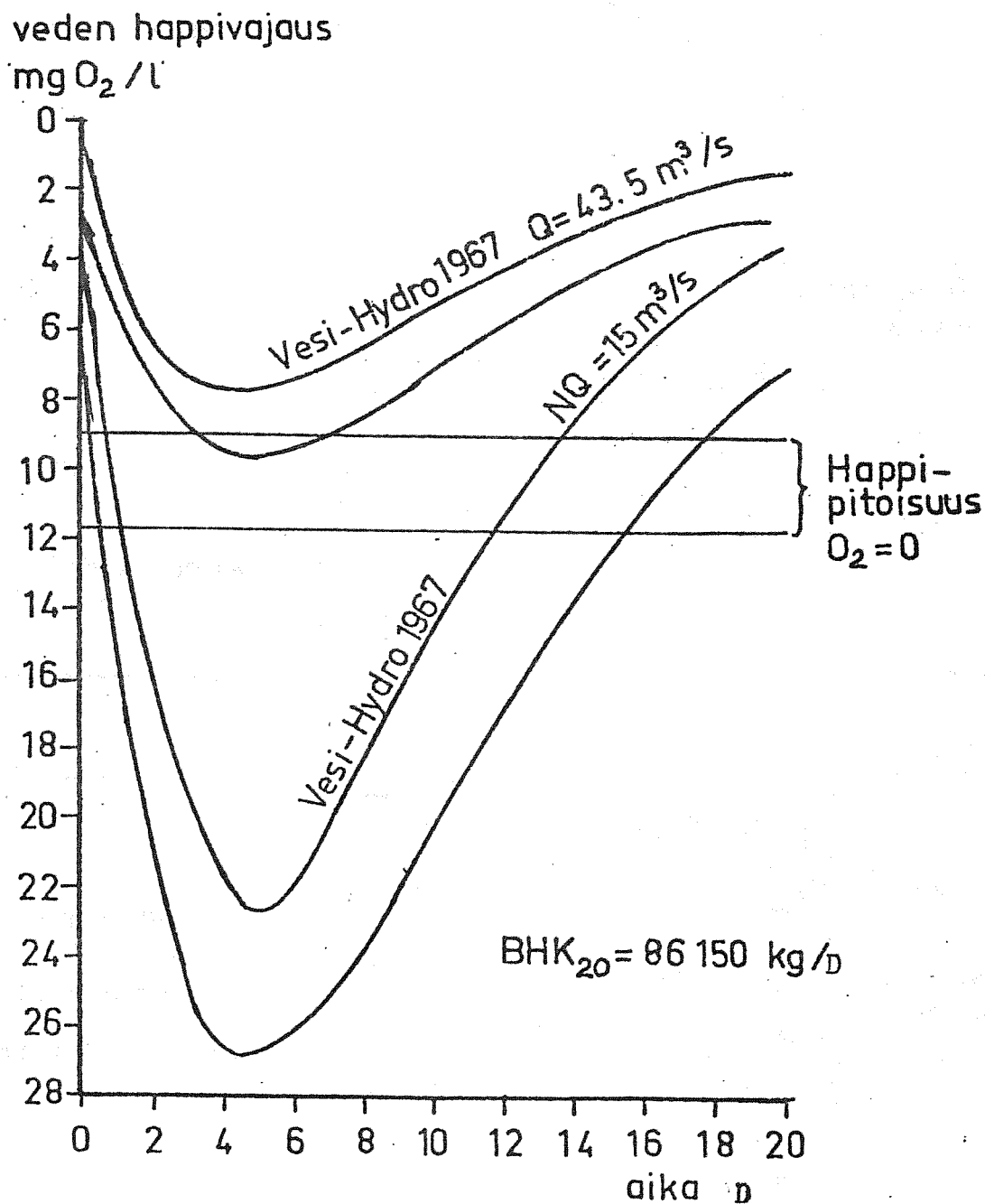
L_{kuorm} = BHK₇ -kuormitus kuormituspisteessä (t/d)

t_k = virtausaika kuormituspisteestä Kapeekoskelle.

Granberg on käyttänyt esimerkissään seuraavia kaavoja:

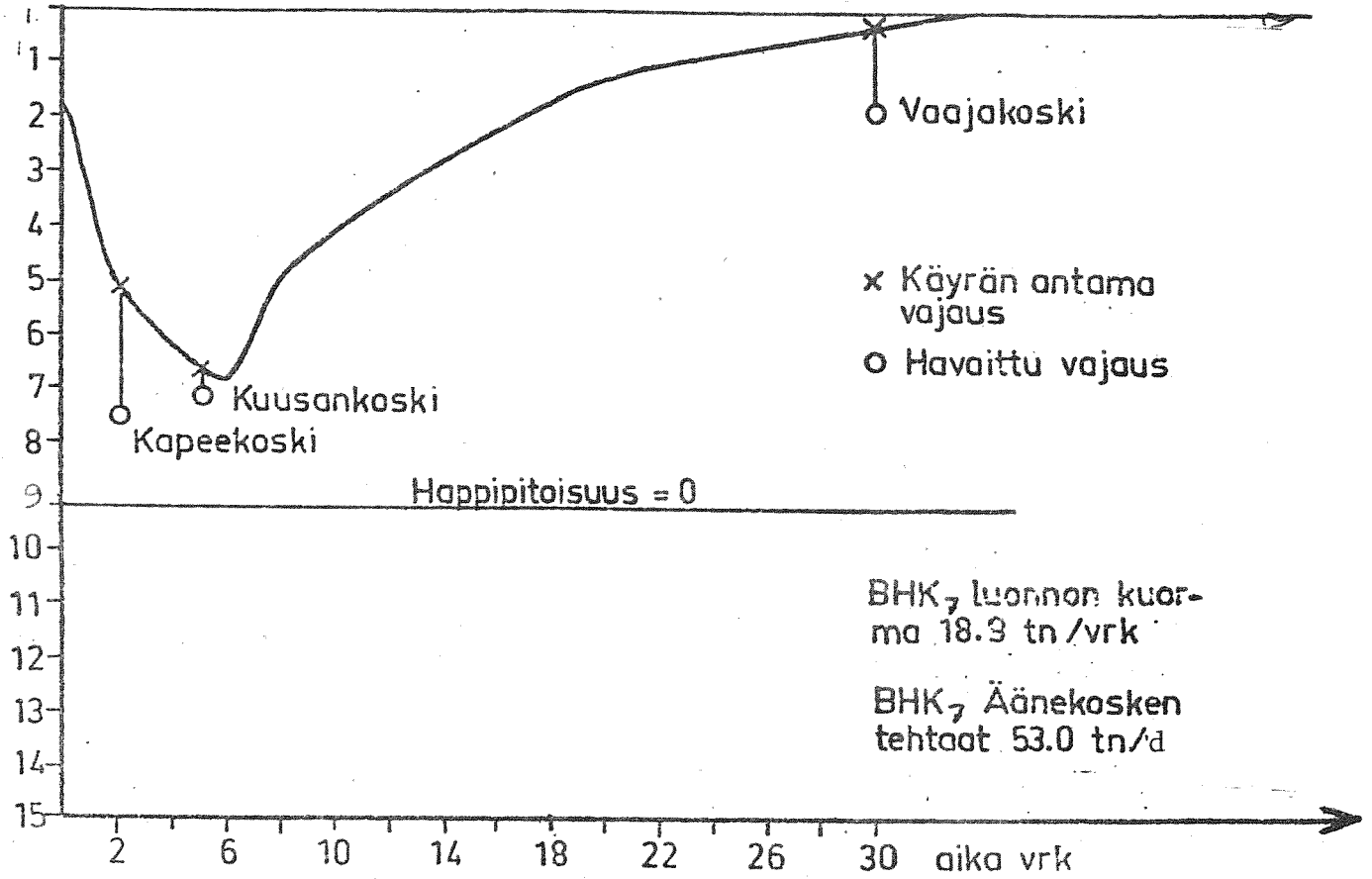
$$\begin{aligned} L_s &= 26,8 \text{ t/d} \\ L_{kuorm} &= 59,6 \text{ t/d} \\ t_k &= 2,4 \text{ d (} Q = 97 \text{ m}^3/\text{s)} \\ k_1 &= 0,15 \end{aligned}$$

Liukenemiskertoimen k_2 Granberg on laskenut Streeter-Phelps -kaavasta sijoittamalla siihen edellä esitetyt arvot ja olettamalla hapenvajauk-siksi kuormituspisteessä 1 mg/l ja Kapeekoskella 5,7 mg/l. Tästä on k_2 :n arvoksi saatu 0,05, jonka sopivuutta Granberg on kokeillut vir-taaman arvoilla 43,5 m³/s ja 15 m³/s (Kapeekosken virtaamia). Kuvissa 13 - 15 on sekä Vesi-Hydron että Granbergin Streeter-Phelps -kaavaa soveltamalla saamia tuloksia eri kuormituksilla ja virtaamilla.

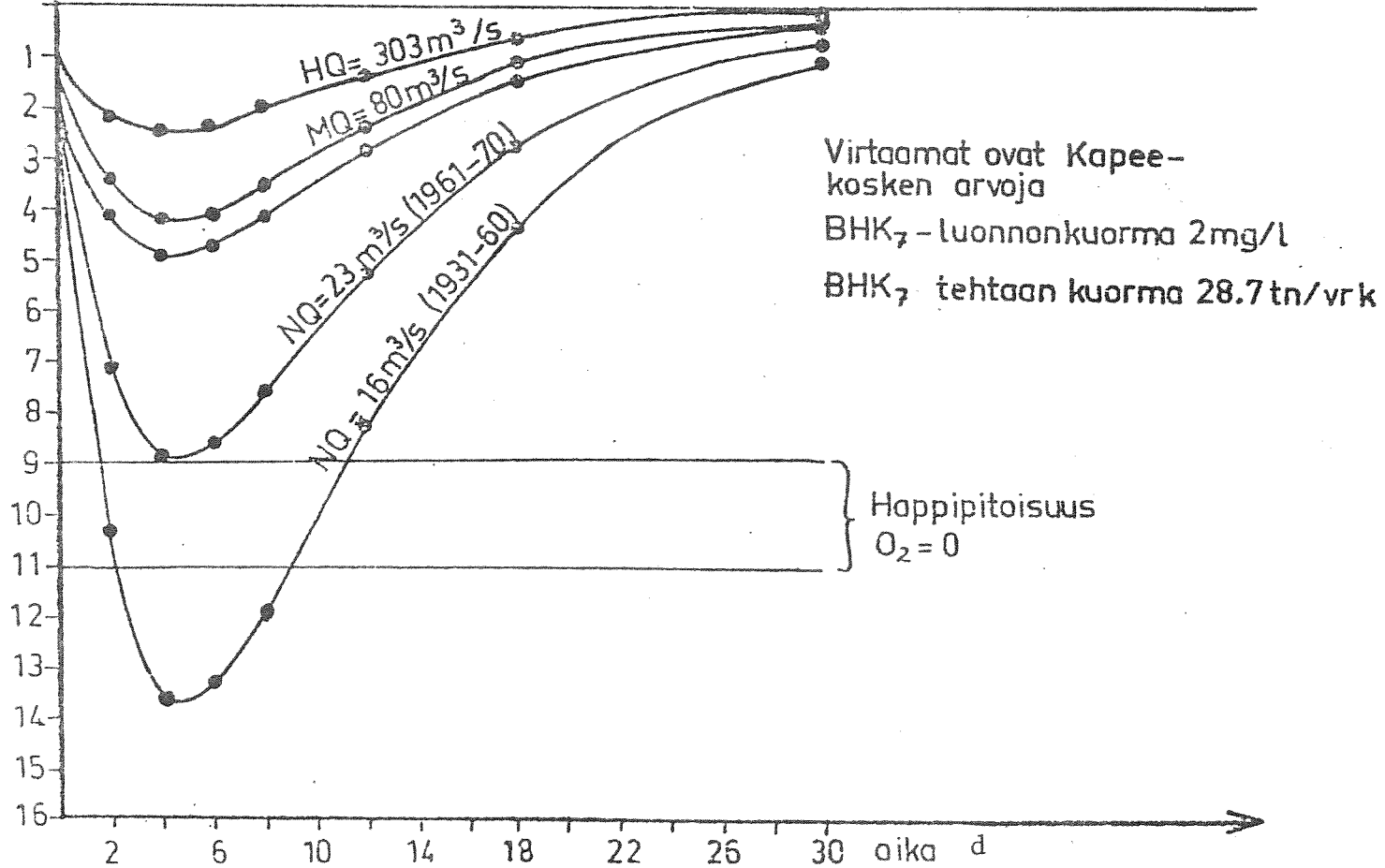


Kuva 13. Veden happivajaus Äänekosken tehtaiden alapuolella, esimerkki Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelman mukaan.

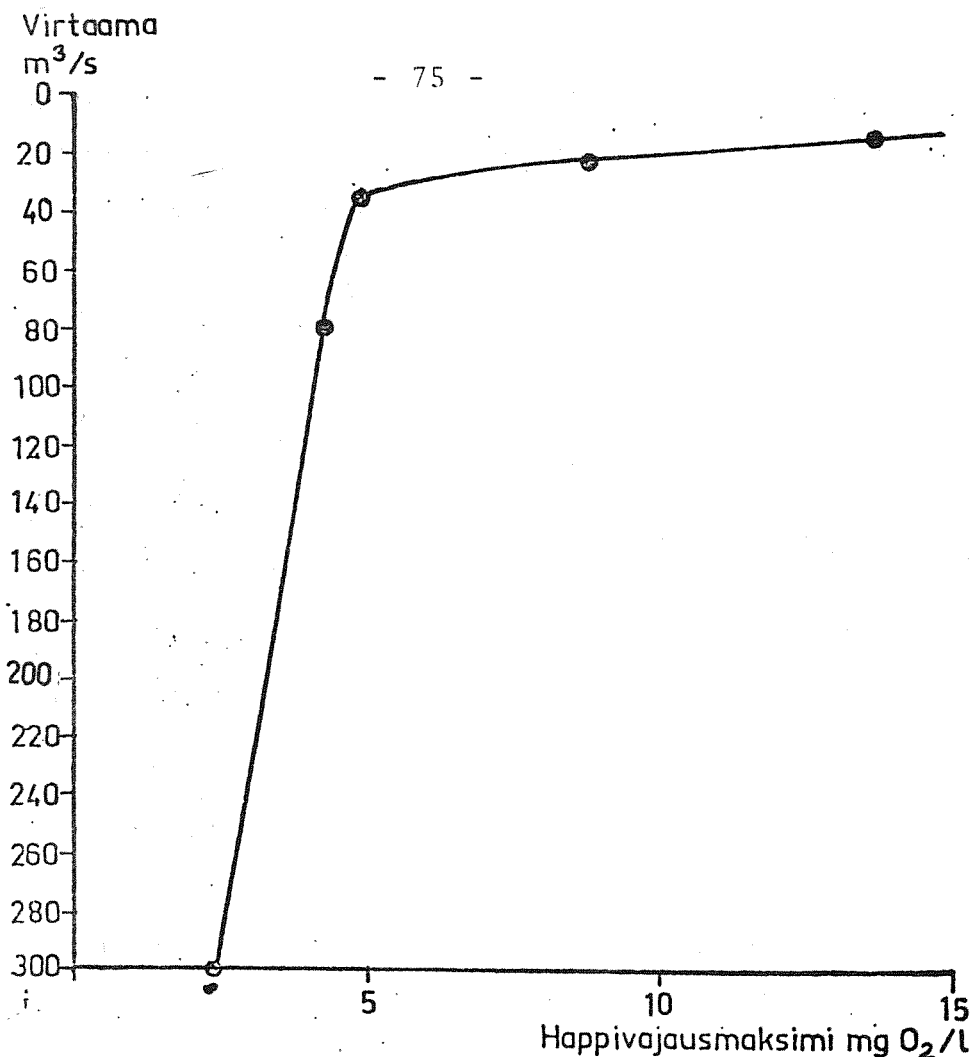
O₂-vajaus mg/l



O₂-vajaus mg/l



Kuva 14. Veden happivajaus Äänekosken alapuolella. Kesän 1975 tilanne, $Q = 96 \text{ m}^3/\text{s}$ Kapeekoskessa.



Kuva 15. Veden happivajauksen maksimi Äänekosken alapuolella virtaaman funktiona.

Streeter-Phelps -kaavan tuloksia voidaan pitää ohjeellisina, koska kaavaan sisältyy runsaasti virhelähteitä. Suurimmat virheet syntyvät k-kertoimien valinnassa, koska kertoimet eivät ole vakioita, vaan riippuvat monista tekijöistä. Sijoittamalla kaavan havaintoarvoja vuodelta 1975 /4/ saadaan kertoimille taulukossa 31 esitetyjä arvoja.

Taulukko 31. Hapensiirto- ja hapenkulutuskertoimien laskenta.

Jakso	T °C	Häränvirta		Kapeekoski		
		O ₂ mg/l	Da mg/l	T °C	O ₂ mg/l	D mg/l
talvi	0,4	12,2	1,82	0,4	11,1	2,78
kevät	6,2	11,6	0,24	5,4	10,2	1,94
kesä	16,8	9,0	0,47	17,0	4,4	5,17
syksy	3,7	11,2	1,67	6,1	8,5	3,64

Jakso	Q _{kap} m ³ /s	t d	Ls t/d	L kuorm t/d	L kuorm mg/l	K ₁ d ⁻¹	K ₂ d ⁻¹
talvi	148	1,6	54,9	69,8	5,46	0,065	0,025
kevät	147	1,6	41,6	73,7	5,80	0,155	0,170
kesä	96	2,5	22,6	66,9	8,08	0,189	0,035
syksy	42	5,7	11,5	54,3	14,96	0,118	0,175

L -sarakeisiin laskettu mukaan myös Saarijärven ja Viitasaaren reiteiltä tuleva luonnonkuorma.

Kuten taulukosta nähdään liukenemis- ja kulutuskerroimen arvot vaihtelevat paljon. Lämpötilan ja kertointen välinen riippuvuus on taulukkoarvoistakin nähtävissä, samoin myös jääpeitteen vaikutus hapen liukenemiskertoimeen k_2 .

Vaikka Streeter-Phelps -kaavalla saadut tulokset ovat melko epäluotettavia voitaneen olettaa kuvan 15 perusteella, että Äänekosken alapuolisen vesistön happitilanteen kannalta $40 \text{ m}^3/\text{s}$ on pienin sallittava virtaama Kapeekoskessa. Kiintoainepitoisuuden puolesta virtaama täytyisi olla huomattavasti suurempi, jotta vesistön kiintoainepitoisuus ei nousisi liian korkeaksi. Esimerkiksi kalavedeksi sojivuus edellyttää, että veden maksimikiintoainepitoisuus on 1 mg/l , joka nykyisellä Äänekosken tehtaiden kiintoainemäärällä 14 t/d edellyttäisi $162 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamaa. Tähän ei kuitenkaan ole minkäänlaisella säännöstelyllä mahdollista päästä.

USA:ssa on kehitetty virtaaman lisäämisen analysointimalli /6/ joka sopii tietokoneelle. Malliin kuuluu virtaaman simulointiohjelma ja ohjelma, joka optimoi jäteveden käsittelykustannukset joko virtaamaa lisäämällä tai ilman. Virtaamanlisäysanalyysin teko tällä tavalla vaatii runsaasti lähtötietoja, mutta sitä voitaisiin ilmeisesti soveltaa Äänekosken reittiin. Mallissa käytetään Streeter-Phelps -kaavaa happipitoisuuden arviointiin.

Alivirtaaman lisääminen on mahdollista vain yläpuolista vesistöä säännöstelemällä. Saarijärven reittiä säännöstellään jo nykyisin, ja Keiteleen säännöstelyhanke on aluellaan. Säännöstelyä suunniteltaessa on otettava huomioon alivirtaamien lisäämisen tarpeellisuus vesistön tilaa parantavana tekijänä.

Koska Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtaiden kuormituksen merkittävää pienenmistä ei näillä näkymillä ole vielä pitkään aikaan odotettavissa, olisi Keiteleen säännöstely, joka takaisi alivirtaamien pysymisen yli $40 \text{ m}^3/\text{s}$, aloitettava mahdollisimman pian. Todennäköisesti tämän säännöstelyn alkamisajankohta siirtyy 1980-luvun loppupuolelle.

6.24 P o h j o i s - P ä i j ä n n e

Pohjois-Päijänteen koko rajoittaa kunnostustoimenpiteiden käytyön pienille osa-alueille. Näillekään alueille ei kannattane ryhtyä

laajamittaisiin kunnostustoimiin, vaan paino on asetettava järven valuma-alueen saneeraukseen.

Kasvien korjuu niittämällä on ravinteita poistavana toimenpiteenä Pohjois-Päijänteellä merkitykseltään vähäinen, mutta Poronselän pohjoispuolisten salmien ja Säynätsalon ympäristössä sitä voitaisiin käyttää maiseman parantamiseen. Samalla paranisivat umpeenkasvaneiden rantojen ja salmien virkistyskäyttöominaisuudet, ennen muuta veneellä liikkuminen tulisi useilla alueilla helpommaksi. Tällä toimenpiteellä voitaisiin myös parantaa virtausolosuhteita ja nopeuttaa veden vaihtuvuutta Vuoritsalon itäpuolisissa salmissa.

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

Pohjois-Päijänteen vesistöalue, mukaanluettuina Äänekoski - Vaajakoski -reitti ja Lievestuoreenjärvi, on kokonaisuudessaan asuma- ja teollisuusjätevesien vaikutusaluetta. Osaa vesistöistä voidaan pitää täysin pilaantuneina, ja alueen parhaimmatkin osat poikkeavat selvästi luonnontilasta. Itse Pohjois-Päijänteen lähivaluma-alueelta tuleva kuormitus on Jyväskylän kaupunkia ja maalaiskuntaa lukuunottamatta suhteellisen vähäistä, valtaosa kuormituksesta tulee kaukovaluma-alueelta Äänekoski - Vaajakoski-reitin kautta. Tämän vuoksi on Jyväskylän seudulta tulevan kuormituksen vähentämisen lisäksi kaukovaluma-alueen saneeraus Pohjois-Päijänteen tilan paranemisen ehdoton edellytys.

Alueellisesti on Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtaat suurin vesistön likaaja, ja sen jätevesien vaikutusalue ulottuu Äänekoskelta Kärkistensalmen eteläpuolelle. Myös Jyväskylän kaupungin jätevesien vaikutusalue kattaa koko Pohjois-Päijänteen. Jyväskylän maalaiskunnan ja muut taajamat, Kankaan paperitehdas, Lievestuoreen sel-lutehdas ja Kemira Oy:n Vihtavuoren tehdas sekä Enso-Gutzeit Oy:n mekaaninen puunjalostuslaitos Säynätsalossa ovat kaikki paikallisesti merkittäviä vesistön likaajia, mutta alue, jolla niiden jätevesien vaikutus on huomattava, on suhteellisen suppea.

Asutustaajamien kuormituksen vähentämistoimenpiteet tutkimusalueella ovat edistyneet suhteellisen hyvin. Etenkin Jyväskylän kaupungin

jätevesien johtamis- ja puhdistushankkeet ovat viime aikoina edistyneet nopeasti. Kaupungin jätevesien purkupaikkojen siirtäminen pois Jyväsjärvestä tekee osaltaan mahdolliseksi järven kunnostamisen alueeksi, jolla on huomattava virkistyskäyttöarvo. Teollisuuslaitoksien osalta vesiensuojelua edistävät toimenpiteet ovat rajoittuneet pääasiassa laitosten kannalta taloudellisesti kannattaviin prosessitekniisiin ja muihin sisäisiin järjestelyihin. Mekaanisia puhdistamoita laitoksilla on, mutta niiden puhdistusteho on vähäinen muun kuin kiintoaineen osalta. Poikkeuksena voidaan mainita G.A. Serlachius Oy:n Kankaan tehtaan jätevesiin neutralointi, mikä ei tosin varsinaista kuormitusvaikutusta vähennä, mutta parantaa Jyväsjärven pH:ta.

Saneeraustoimenpiteet ovat yleispäteviä vesistön ominaisuuksista riippumatta. Ulkopuolisen kuormituksen vähentäminen ei koskaan ole sopimaton toimenpide, kun halutaan parantaa vesistön tilaa. Ainoastaan eri saneeraustoimenpiteiden tärkeysjärjestys saattaa joissakin tapauksissa muuttua kuormituksen laadusta riippuen. Kunnostustoimenpiteiden käyttömahdollisuudet ja soveltuvuus riippuvat sen sijaan hyvin paljon kunnostettavan vesistön hydrobiologisista ominaisuuksista ja yleistilasta. Kunnostuksen ajoitus taas riippuu useimmiten saneeraustoimenpiteistä.

Vaikka jäteveden puhdistusta täydentävillä toimenpiteillä ei Pohjois-Päijänteen tilassa saadakaan ratkaisevaa muutosta aikaan, on nämä mahdollisuudet käytettävä hyväksi, jotta vesistön tilan paraneminen saavutettaisiin mahdollisimman edullisesti. Jätevesimäärien vähentäminen ja varsinainen puhdistus ovat kuitenkin ensisijaiset kuormituksen vähentämistoimenpiteet.

Tutkimusalueen vesistöistä Jyväsjärvi on sopivin ja todennäköisin kunnostuskohde. Alusveden ilmastus ja kasvillisuuden korjuu ovat halpuutensa vuoksi hyvin toteutettavissa Jyväsjärvellä. Alusveden poisjohtaminen on korkeampien kustannusten ja alapuoliselle vesistölle aiheutuvien haittojen vuoksi kyseenalaisempi toimenpide, ja lietteen poistoa ruoppaamalla tuskin tullaan Jyväsjärvellä koskaan toteuttamaan kustannussyistä. Jo fosforin suuren hajakuormituksen vuoksi on mahdollista, ettei Jyväsjärven tilaa koskaan saada paranemaan luonnontiloista vastaavaksi.

Muilla alueen vesistöillä ei kunnostustoimenpiteiden käyttö liene välttämätöntä vesistöjen pienemmän käyttöpaineen ja paremman tilan vuoksi. Saneeraustoimenpiteiden viivästyessä saattaa Lievestuoreenjärven, Äänekoski-Vaajakoski -reitin ja Pohjois-Päijänteen tila kuitenkin heikentyä niin, että kunnostus tulee tarpeelliseksi myös näissä vesistöissä. Ennen kaikkea Metsäliiton Teollisuus Oy:n Äänekosken tehtailta tulevan kuormituksen vähentäminen on tämän vuoksi välttämätöntä.

Vesistön saneerauksella ja kunnostuksella saavutettavaa hyötyä ei useinkaan voida mitata yhtä konkreettisesti kuin toimenpiteiden vaatimia kustannuksia. Hyödyn arviointia vaikeuttaa se, ettei toimenpiteiden vaikutuksia vesistön tilaan voida ennakolta tarkasti määrittää. Yksi mahdollisuus kunnostus- ja saneeraushankkeiden edullisuuden määrittämiseksi on pisteyttää veden laatuparametrit. Tällöin edullisuus riippuu hankkeen tuottaman pistemäärän lisäksi siitä, kuinka paljon ollaan yhdestä pisteestä eli tilan parantamisesta valmiit maksamaan.

L ä h t e e t

- /1/ Allen, R.A. & Bodenheimer, V.B. Decomposition rates for kraft mill waste. Southern Pulp and Paper Manufacturer 30/1967.
- /2/ Grandberg, Kaj. Fysikaalis-kemialliset selvitykset, perustuotantotutkimus ja tutkimusten perusteella tehty vahinkojen ositus. Pohjois-Päijänteen vahingonarviotoimitusta varten tehty selvitys. Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos, Jyväskylä 1976.
- /3/ Granberg, Kaj. Pohjois- ja Keski-Päijänteen tarkkailu vuonna 1974. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 62. Jyväskylä 1975.
- /4/ Granberg Kaj. Äänekoski-Vaajakoski -reitin velvoitetarkkailu vuonna 1975. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 73. Jyväskylä 1976.

- /5/ Granberg, K., Selin, P. & Nyrönen, J. Pohjois-Päijänteeseen velvoite-tarkkailu vuonna 1975. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 74. Jyväskylä 1974.
- /6/ Grantham, Pyatt, Henney, Buford, Carter. Model for Flow Augmentation Analysis - an Overview. Journal of the Sanitary Engineering Division October 1970, pp 1045-1055.
- /7/ Helsingin kaupungin vesilaitos. Päijänne ja vedenhankinta. Moniste vuodelta 1968.
- /8/ Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. G.A. Serlachius Oy, Kankaan paperitehdas. Suunnitelma jätevesien johtamiseksi Päijänteeseen 1976.
- /9/ Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. G.A. Serlachius Oy, Kankaan paperitehdas, Jätevesien käsittelyvaihtoehdot. 1976.
- /10/ Kaitera, Pentti. Maankuivatus. Maa- ja vesirakennus, RIL 67, Helsinki 1968.
- /11/ Kymijoen veistön yläosan ja Päijänteeseen vesistöalueen puunjalostus- ja kemian teollisuuden jätevesikysymyksiä koskeva selvitys. Vesihallituksen tiedotus 17. Helsinki 1972.
- /12/ Lappalainen, K.M. Lievestuoreenjärven puhdistamisesta selluloosa-tehtaan jätevesikuormituksen lakattua. Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 40. Maataloushallitus, Helsinki 1968.
- /13/ Lappalainen, K.M. Aänekoski-Vaajakoski -reitin fysikaalis-kemiallinen tutkimus vuonna 1973. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 44. Jyväskylä 1974.
- /14/ Lievestuoreen sulfiittiselluloosatehtaan jätevesikatselmuksen katselmuskirja 1974.
- /15/ Palo, V. Uuden kuormittavan toiminnan sijoittaminen ja purkupaikan valinta. Teollisuuden jätevedet, INSKO 37/74.

- /16/Pietiläinen, K. Voidaanko jätevesien pilaamia vesistöjä entistää? Ympäristö ja Terveys 1/1974 ss. 31-41.
- /17/Poikolainen, M-L. Jäteveden puhdistamoiden sijoittaminen vesistön kannalta. Ympäristö ja Terveys 8/1974 aa. 691-709.
- /18/Päijänteen yhteenvetotutkimus III. Vesihallituksen tiedotus 27. Helsinki 1972.
- /19/Seppänen, P. Järven saneerauksen ja entisöinnin perusteista. Vesitalous 5/1970, s. 5-9.
- /20/Seppänen, P. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet ja toeutumis- mahdollisuudet. Vesihallituksen julkaisuja 3.
- /21/Seppänen, P. Järvien kunnostus ihmisen aiheuttamien ympäristöhaittojen torjuntakeinoina I-II. Ympäristö ja Terveys 2/1974 s. 113-119 ja 3/1976, s. 257-270.
- /22/Sjörestaurering - anvisningar angående restaurering av starkt förorenade vattenområden. Statens Naturvårdsverk Publikationer 12/1974. Stockholm 1974.
- /23/Veden laatu. Vesihuolto, RIL 93. Helsinki 1973.
- /24/Vesi-Hydro. Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelma. Pohjois-Päijänteen vesiensuojeluyhdistys ry. 1967.
- /25/Vesihuoltotekniikan yksikköoperaatiot. Vesihuolto, RIL 93. Helsinki 1973.
- /26/Vesiensuojelu. Vesihuolto, RIL 93, Helsinki 1973.
- /27/Vollenweider, R.A. & Dillon, P. J. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. NCR Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, 1974.

Vuosi 1970

Kuormittaja	BHK ₇ t/d	Kok-P t/d	Hapen kuluminen alusvedessä	%
Äänekosken reitin jätevedet	19,5	0,077	3,195	69,2
Jyväskylä, Äijälän- salmi	1,035	0,121	0,662	14,3
Jyväskylä, puhdis- tamo	-	-	-	-
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,008	0,072	1,6
G.A. Serlachius Oy, Kangas	0,39	0,0015	0,055	1,2
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,00	0,0036	0,141	3,1
Vaajakoski, asutus	0,40	0,0158	0,120	2,6
Kinkomaa	0,02	0,0013	0,008	0,2
Säynätsalo	0,10	0,0042	0,031	0,7
Enso-Gutzeit	2,50	0,0025	0,324	7,0
Muurame	0,03	0,0013	0,009	0,2
Yhteensä	25,26	0,236	4,617	100,1

Vuosi 1971

Äänekosken reitin jätevedet	23,7	0,083	3,750	72,7
Jyväskylä, Äijälän- salmi	1,08	0,127	0,694	13,5
Jyväskylä, puhdis- tamo	-	-	-	-
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,008	0,072	1,4
G.A. Serlachius Oy Kangas	0,39	0,0015	0,055	1,1
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,00	0,0036	0,141	2,7
Vaajakoski, asutus	0,43	0,0171	0,129	2,5
Kinkomaa	0,03	0,0015	0,010	0,2
Säynätsalo	0,13	0,0051	0,039	0,8
Enso Gutzeit	2,0	0,002	0,259	5,0
Muurame	0,03	0,0011	0,009	0,2
Yhteensä	29,08	0,249	5,158	100,1

LIITE 2

Vuosi 1972

Kuormittaja	BHK ₇ t/d	Kok-P t/d	Hapen kuluminen alusvedessä	%
Äänekosken reitin jätevedet	21,9	0,093	3,567	71,8
Jyväskylä, Äijälän- salmi	1,09	0,128	0,700	14,1
Jyväskylä, puhdis- tamo	-	-	-	-
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,0085	0,074	1,5
G.A. Serlachius Oy, Kangas	0,234	0,0005	0,031	0,6
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,00	0,0036	0,141	2,8
Vaajakoski, asutus	0,45	0,0179	0,135	2,7
Kinkomaa	0,03	0,0015	0,010	0,2
Säynätsalo	0,14	0,0055	0,042	0,8
Enso Gutzeit	2,0	0,002	0,259	5,2
Muurame	0,03	0,0015	0,010	0,2
Yhteensä	27,16	0,262	4,969	99,9

Vuosi 1973

Äänekosken reitin jätevedet	20,94	0,107	3,508	70,6
Jyväskylä, Äijälän- salmi	1,17	0,132	0,728	14,7
Jyväskylä, puhdis- tamo	-	-	-	-
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,0085	0,074	1,5
G.A. Serlachius Oy Kangas	0,156	0,0011	0,024	0,5
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,00	0,0036	0,141	2,8
Vaajakoski, asutus	0,52	0,0208	0,156	3,1
Kinkomaa	0,03	0,0015	0,010	0,2
Säynätsalo	0,15	0,0069	0,049	1,0
Enso Gutzeit	2,0	0,002	0,259	5,2
Muurame	0,05	0,0024	0,017	0,3
Yhteensä	26,31	0,286	4,966	99,9

LIITE 3

Vuosi 1974

Kuormittaja	BHK ₇ t/d	Kok-P t/d	Hapen kuluminen alusvedessä	%
Äänekosken reitin jätevedet	19,74	0,111	3,375	71,2
Jyväskylä, Äijälän- salmi	0,338	0,038	0,210	4,4
Jyväskylä, puhdistamo	2,0	0,030	0,382	8,1
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,009	0,076	1,6
G.A. Serlachius Oy, Kangas	0,156	0,002	0,028	0,6
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,0	0,0036	0,141	3,0
Vaajakoski, asutus	0,4	0,015	0,116	2,4
Kinkomaa	0,03	0,0015	0,010	0,2
Säynätsalo	0,17	0,0069	0,052	1,1
Enso-Gutzeit	2,5	0,0025	0,324	6,8
Muurame	0,08	0,003	0,023	0,5
Yhteensä	26,70	0,223	4,737	99,9

Vuosi 1975

Äänekosken reitin jätevedet	14,04	0,136	2,772	67,3
Jyväskylä, Äijälän- salmi	0,278	0,015	0,101	2,5
Jyväskylä, puhdis- tamo	1,67	0,036	0,367	8,9
Jyväskylä, Keljo	0,29	0,0096	0,079	1,9
G.A. Serlachius Oy Kangas	0,34	0,001	0,047	1,1
Vaajakosken tehtaot (SOK)	1,0	0,0036	0,141	3,4
Vaajakoski, asutus	0,3	0,012	0,090	2,2
Kinkomaa	0,03	0,0024	0,014	0,3
Säynätsalo	1,19	0,0074	0,181	4,4
Enso-Gutzeit	2,5	0,0025	0,324	7,9
Muurame	0,01	0,0006	0,004	0,1
Yhteensä	21,65	0,226	4,120	100,0

VEDENLAATUTIETOJA LIEVESTUOREENJÄRVESTÄ V. 1975

Pukkisaaren syväanne

Pvm	Lämpötila °C			Happi mg/l			Happi			Ominaisjohtokyky			Ling. mgNaLS/l			KHT mgO ₂ /l		
	P	S	C	P	S	C	P	S	C	P	S	C	P	S	C	P	S	C
0.1	0,4	1,3	0,6	10,6	7,1	9,8	76	52	70	155	155	155	29	26	28	71	69	70
4.3	1,0	1,9	1,2	9,4	4,5	8,3	68	34	60	158	158	158	27	25	26	70	70	70
2.5	6,1	4,5	5,7	6,6	6,4	6,6	56	52	55	154	155	155	27	27	27	68	66	67
4.9	15,4	11,0	14,4	5,6	0,7	4,5	58	7	46	156	150	154	25	27	25	66	70	67
3.11	4,2	4,9	4,4	9,0	8,8	9,0	72	71	72	162	160	162	24	23	24	60	61	60
\bar{x}	5,4	4,7	5,3	8,2	5,5	7,6	66	43	61	157	156	157	26	26	26	67	69	67
<u>Hyvnpään syväanne</u>																		
3.2	0,2	0,6	0,3	10,7	4,0	9,1	76	29	65	157	165	159	26	36	28	70	77	77
2.5	4,3	4,2	4,3	1,0	0,9	1,0	8	7	8	161	161	161	34	35	34	72	72	72
4.9	15,5	14,3	15,2	4,9	2,4	4,3	50	24	44	157	154	156	26	25	26	64	67	65
3.11	5,0	4,9	5,0	8,3	8,2	8,3	68	66	67	160	162	161	24	26	24	62	64	62
\bar{x}	6,3	6,0	6,2	6,2	3,9	5,7	51	32	46	159	161	159	28	31	28	67	70	68
<u>Sahijoki</u>																		
0.1			0,1			10,6			75			156			29			68
2.3			1,2			9,3			68			156			25			70
5.8			17,8			4,9			53			151			24			68
3.11			2,5			8,8			67			163			23			61

Pukkisaaren syväanne

Pvm	Kok, -N ma/l		Kok, -P mg/l		PO ₄ -P mg/l		pH		Fe mg Fe/l		Mn mg Mn/l	
	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S
3.2	0,67	0,89	69	78	4,9	71	4,9	4,9	2170	2190	2180	1340
24.3	0,68	0,95	68	85	5,2	72	5,1	5,2	2150	2490	2230	1490
12.5	0,69	0,78	67	73	5,1	69	5,1	5,1	2080	2150	2100	1240
4.9	0,64	0,91	79	92	5,1	82	5,6	5,2	2690	4800	5170	1150
3.11	0,69	0,77	95	122	5,2	101	5,3	5,2	2710	3600	2910	1160
\bar{x}	0,67	0,86	76	90	5,1	79	5,2	5,1	2360	3050	2320	1270

Hyvännään syväanne

3.2	0,70	0,65	73	78	5,1	74	4,8	5,0	2050	2110	2070	1530
12.5	0,65	0,66	66	67	5,2	67	5,2	5,2	2140	2350	2190	1210
4.9	0,59	0,70	79	103	5,2	84	5,3	5,2	2540	2910	2620	1200
3.11	0,76	0,73	94	93	5,2	94	5,2	5,2	2790	2810	2790	1190
\bar{x}	0,68	0,69	78	85	5,2	80	5,1	5,2	2380	2550	2420	1230

Sahijoki

30.1	0,660		68		1,7	68	5,3	5,3	2030			1300
18.3	0,69		70		1,7	70	5,2	5,2	2190			1400
13.8	0,88		85		3,3	85	5,1	5,1	2580			1070
3.11	0,75		90		2,0	90	5,1	5,1	2770			1100

LIITE 6

Liitetaulukko. Vedenlaatutietoja Äänekosken alapuolisen vesistön vir-
tahavaintopaikoista

Havaintopaikka	Kausi	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %	O ₂₅	pH	Väri mgPt/l	Kiintoaine mg/l	NO ₃ -N mg/ml	KmnO ₄ mg/l
Ihänvirta	talvi	0,4	12,2	87	39	6,8	36	1,0	-	7
	kevät	6,2	11,6	98	40	6,8	39	2,2	-	8
	kesä	16,8	9,0	95	40	6,9	36	1,7	-	8
	syksy	3,7	11,2	87	40	6,9	34	1,2	-	7
	\bar{x}	6,6	11,0	91	40	6,9	36	1,4	-	7
Hietamankoski	talvi	0,2	11,8	85	40	6,6	161	3,0	-	20
	kevät	5,6	10,0	85	39	6,4	164	3,0	-	21
	kesä	17,3	8,5	89	37	6,6	148	2,5	-	19
	syksy	5,7	10,9	88	38	6,8	93	1,5	-	15
	\bar{x}	7,2	10,4	87	38	6,6	136	2,4	-	18
Kapeekoski	talvi	0,4	11,1	80	57	6,7	103	4,0	-	20
	kevät	5,4	10,2	84	51	6,6	102	3,8	-	19
	kesä	17,0	4,4	46	61	6,3	64	3,2	-	18
	syksy	6,1	8,5	70	67	6,4	71	2,5	-	19
	\bar{x}	7,3	8,4	69	60	6,5	83	3,3	-	19

Liitetaulukko. Vedenlaatutietoja Äänekosken vesistön virtahavaintopaikoista.

Havaintopaikka	Kausi	T °C	O ₂ mg/l	O ₂ %	O ₂ 25 C	pH	Väri mgPt/l	Kiinto- aine mg/l	NO ₃ -N mg/m ³	KMnO ₄ mg/l
Kuusankoski	talvi	0,4	11,0	79	55	6,7	92	3,6	-	18
	kevät	6,2	9,0	75	56	6,6	101	4,7	-	19
	kesä	16,6	4,1	44	62	6,6	76	3,0	-	16
	syksy	4,4	7,3	57	64	6,4	67	4,1	-	17
	\bar{x}	6,8	7,7	62	60	6,5	81	3,8	-	17
Kuhankoski	talvi	0,4	12,0	86	54	6,6	74	2,6	130	15
	kevät	5,3	9,6	79	52	6,5	84	3,8	140	17
	kesä	17,1	7,5	80	53	6,8	61	4,2	150	14
	syksy	6,2	8,8	73	60	6,7	57	1,5	60	14
	\bar{x}	7,3	9,4	79	55	6,7	67	2,8	110	15
Haapakoski	talvi	0,3	11,4	82	54	6,7	73	2,1	-	14
	kevät	4,9	10,0	81	54	6,5	72	3,2	-	14
	kesä	16,6	7,9	83	51	6,7	61	2,1	-	13
	syksy	6,8	9,8	81	59	6,8	59	1,4	-	12
	\bar{x}	7,3	9,8	82	55	6,7	65	2,1	-	-

Äänekoski - Vaajakoski yhteis-
tarkkailun havaintoasemat

