



KVVY



## VESISTÖTULOSTEN TULKINTA -OPASVIHKONEN

Reijo Oravainen 1999





# OPASVIHKONEN

## VESISTÖTULOSTEN TULKITSEMISEKSI HAVAINTOESIMERKEIN VARUSTETTUNA

Tämä opasvihkonen on laadittu tyydyttämään sitä tarvetta, jota esiintyy eri tahoilla ns. ei asiantuntijoiden keskuudessa velvoitetarkkailuraportteja ja niiden tuloksia tulkittaessa. Usein tieteellistä esitystapaa noudattaen laaditut yhteenvedot jäävät mm. ympäristölautakuntien jäsenille epäselviksi, koska ei tiedetä mitä analyysitulokset osoittavat veden laadusta ja mitkä ovat ns. normaaliarvot. Vuosiyhteenvedot ovat pakostakin tiivistelmiä tarkkailutuloksista, joten raportoinnin yhteydessä ei voida paneutua kaikkien tulosten yksityiskohtaiseen tarkasteluun, vaikka ne onkin huomioitu lausuntoa tehtäessä. Asiantuntijoiden kesken se ei ole myöskään tarpeellista, koska ne ovat usein itsestään selvyyskiä.

Jotta myös lautakuntien ns. maallikkojäsenillä ja muillakin asian harrastajilla olisi mahdollisuus perehtyä raporteissa esitettyä tarkemmin tulosaineistoon ja sen sanomaan, olen pyrkinyt laatimaan tämän opasvihkosen apuneuvoksi velvoitetarkkailujen tulosten tulkintaa varten. Huomaan vielä, että tämä ei ole mikään loppuun viety asioiden tarkasteluopas, joten siinä on monia puutteellisuuksia. Esimerkit olen vapaasti valinnut noin 30 vuoden kokemuksella mahdollisimman kuvaaviksi. Tavoitteena on ollut tarpeeksi lyhyt ja ytimekäs kuvaus eri tulosten tulkinnasta.

Ensimmäinen versio oppaasta ilmestyi 25.11.1987. Sitä on painettu tarpeen mukaan lisää ja kysyntä on ollut vuosien varrella erittäin runsasta. Painos on jälleen lopussa, joten päätin tarkistaa opasvihkosta ja laatia uudistetun laitoksen. Esimerkkejä ei ole ollut tarpeen korjata. Tekstiä on stilisoitu ja joitakin luokituksia on tarkistettu, koska niissä on tapahtunut muutoksia EU:n myötä.

Omistan tämän toisen painoksen pojanpojalleni Joonas Eemilille

Tampereella 11.11.1999

MMM, limnologi Reijo Oravainen



# SISÄLTÖ

LÄMPÖTILAKERROSTEISUUS	1
HAPPIPITOISUUS	4
SAMEUS	8
KIINTOAINE	9
SÄHKÖNJOHTAVUUS	10
HAPPAMUUS (pH)	12
ALKALITEETTI	13
VÄRI	14
KEMIALLINEN HAPEN KULUTUS	15
BIOLOGINEN HAPEN KULUTUS	16
KOKONAISFOSFORI	17
FOSFAATTIFOSFORI	19
KOKONAISTYYPPI	19
NITRAATTI	20
NITRIITTI	21
AMMONIUMTYYPPI	21
RAUTA	21
MANGAANI	23
KLOROFYLLI	23
ULOSTEBAKTEERIT	24

Liite: Laatuoluokituksen raja-arvoja/vesi- ja ympäristöhallitus



## LÄMPÖTILAKERROSTEISUUS

---

Veden lämpötilan mittaus on yksi vesistötarkkailujen perusmäärittelyistä, joka tehdään yleensä aina vesinäytteiden oton yhteydessä. Lämpötila-arvo tarvitaan mm. happikyllästysasteen laskemiseksi (happikyllästysarvo riippuu veden lämpötilasta). Lisäksi lämpötilamittauksilla selvitetään järvien kerrosteisuustilanne, joka on oleellinen tieto happitalouden ja alusveden analyysiarvojen tulkinnassa.

Suomen järvet ovat ns. dimiktisiä järviä eli niissä on kaksi täyskiertoa: kevättäyskierto ja syystäyskierto. Täysikiertoaikaan vesimassa on kerrostumaton (lämpötila sama pinnasta pohjaan) ja vesimassa on muutoinkin tasalaatuista. Myös happitilanne on tällöin yleensä häiriötön (kyllästysaste 80-90 %), vaikka vesistö olisi voimakkaastikin kuormitettu. Kiertoajat eivät ole siten soveliaita happitilanteen tarkastelulle.

Talvella ja kesällä järvissä vallitsee terminen (lämpötila) kerrosteisuus. Talvella kerrosteisuus on käänteinen eli kylmempi vesi on pinnalla ja lämpimämpi pohjalla. Kesällä lämmin vesi on päällä ja kylmempi pohjalla. Tämä johtuu veden fysikaalisista ominaisuuksista. Vesi on raskainta lämpötilassa 4 °C (tiheys 1,00). Jos vesi tästä lämpenee tai jäähtyy tiheys pienenee ja vesi siten kevenee.

Kevätkierto tapahtuu jäiden sulamisen jälkeen, jolloin pintavesi alkaa auringon vaikutuksesta lämmitä. Kun pintaveden lämpötila saavuttaa alusveden lämpötilan tuulet sekoittavat koko vesimassan. Tässä yhteydessä alusvesi saa myös happitäydennyksen, mikäli talvella on syntynyt happivajetta alusveteen.

Kun lämpötila nousee lähelle 10 astetta, alkaa erottua lämmin päällysvesi ja kylmempi alusvesi. Tuulet eivät pysty enää sekoittamaan koko vesimassaa. Näin muodostuu vähitellen lämmin päällysvesikerros (15-20 °C) ja kylmempi alusvesi (5-10 °C). Alusvesi jää siten vähitellen eristetyksi päällysvedestä ja sen happitilanne alkaa tästä syystä heiketä. Happivajeen suuruus riippuu järven rehevyydestä ja morfologisesta ominaisuuksista (järven syvyys, muoto, syvänteen koko jne.) sekä kesäkerrosteisuuden pisyvyydestä.

Kesäkerrosteisuus murtuu jälleen syksyllä päällysveden alkaessa kylmetä. Syyskierto tapahtuu siinä vaiheessa kun päällysveden ja alusveden lämpötilaero on enää pieni. Tällöin tuulet sekoittavat koko vesimassan ja alkaa ns. syystäyskierto. Syyskierron alkaminen ajoittuu elokuun lopulta syyskuun lopulle. Isoissa järvissä kesäkerrosteisuus murtuu myöhemmin. Syyskierto on yleensä tehokkaampi kuin kevätkierto ja kestää pitempään.

Edellä esitetty kuvaus lämpötilakerrosteisuudesta on ns. teoreettinen malli normaali-järville. Käytännössä tästä on olemassa poikkeamia. Myös eri vuosina säätelijöistä johtuvat erot lämpötilakerrosteisuudessa voivat olla suuria. Normaalijärvenä voidaan pitää esimerkiksi Näsijärveä, jonka lämpötiloja v. 1986 on esitetty seuraavassa:

Syv.m	14.1.86	12.3.86	29.5.86	25.6.86	26.8.86	5.11.86
1	0,2	0,2	7,0	16,6	14,8	5,8
10	1,0	1,8	7,0	14,0	14,8	5,8
20	1,9	2,4	7,0	8,7	13,3	5,8
30	2,0	2,2	7,0	8,3	9,5	5,8
40	2,2	2,1	7,0	8,3	8,2	5,8
56	2,3	3,0	5,9	8,3	8,0	5,7

Maaliskuussa ja elokuussa vallitsee selvä kerrosteisuus. Talvella päällä on kylmä (kevyt) päällysvesi. Kesällä päällysvesi on lämmintä ja kylmempi (raskaampi) alusvesi on pohjalla.

Päällysveden paksuus on yleensä 5-10 metriä. Isoissa järvissä on se paksumpi kuin pienissä suojaisissa järvissä. Mikäli järvi on matala (suurin syvyys alle 5 metriä) pysyvää kesäkerrosteisuutta ei välttämättä synny, vaan tuulet sekoittavat veden pohjaa myöten. Tällöin ei esiinny myöskään kesäistä alusveden happivajetta. Esimerkkinä tällaisesta järvestä on Loppijärvi (lämpötilat °C).

Syv. m	1984		1985		1986		1987	
	talvi	kesä	talvi	kesä	talvi	kesä	talvi	kesä
1	0,5	18,4	1,0	16,5	0,7	17,9	0,8	16,7
3	3,5	18,3	4,2	16,3	3,1	17,9	3,4	16,5
5	4,6	18,3	4,8	16,2	4,6	17,9	3,9	16,3

Kerrosteisuusajkojen lämpötiloissa voi olla eri vuosina suuriakin sääoloista johtuvia eroja, jotka vaikuttavat erityisesti happitilanteeseen ja sitä kautta myös alusveden muuhun laatuun. Alhaisissa happipitoisuuksissa pohjalietteestä vapautuu veteen rautaa ja mangaania sekä ravinteita. Näin ollen veden laadun erot voidaan monesti selittää pelkästään kerrosteisuusolojen erilaisuudella eri vuosina.

Talvikerrosteisuuden kannalta on ratkaisevaa syksyn keskilämpötila ja jäätymisajankohta. Myös valumaoloilla on vaikutusta sikäli, että runsassateisen syksyn jälkeen virtaamat ovat suurempia ja niillä on vesimassaa viilentävä vaikutus.

Kesäkerrosteisuuden keston ja lämpötilasuhteet ratkaisee jäiden sulamisen jälkeen vallitseva säätyyppi. Jos ilmat ovat lämpimiä ja vähätuulisia, kesäkerrosteisuus saattaa syntyä muutamassa päivässä. Tällöin alusveden tuulettuminen jää puutteelliseksi. Eräissä tapauksissa kevätkierto saattaa jäädä kokonaan pois. Tämä on mahdollista pienissä, syvissä tuulelta suojaisissa järvissä tai voimakkaasti likaantuneissa järvissä. Kevätkierron puuttuminen todetaan alkukesän tuloksista, sillä alusvesi on silloin kylmää (4-5 °C) ja happitilanne on heikko.



Esimerkiksi tästä sopivat vaikkapa Linikkalanlampi Forssassa (syvä ja tuulilta suojattu) ja Kärjenniemenselkä Valkeakoskella (alusvesi voimakkaasti jätevesien pilaa- ma):

#### Linikkalanlampi

Syv.m.	30.12.86	26.3.87	3.6.97	13.8.98
1	1,7	0,8	12,4	16,4
10	3,2	3,3	4,5	4,9
20	3,2	3,3	4,2	4,2
24	3,3	3,6	4,1	4,2

#### Kärjenniemenselkä

Syv.m.	18.3.87	20.5.87	12.8.87	21.10.87
1	0,1	9,4	16,1	8,0
5	1,5	9,1	15,3	8,0
10	2,1	9,0	15,1	8,0
14	2,3	4,5	9,6	8,0

Linikkalanlammen alusvesi tuulettuu keväällä heikosti lämpötilan jäädessä lähelle 4,0 astetta. Kärjenniemenselällä alin vesikerros jäi keväällä 1987 sekoittumatta. Syksyllä kierto tapahtuu sen sijaan näissäkin järvissä normaalisti, koska kiertoaika on pitkä (syys-marraskuu).

Eri vuosina tapahtuvaa lämpötilojen vaihtelua kuvaavat mm. Ormajärven lämpötilat loppupalvella ja loppukesällä vv. 1975-86:

#### Talvikerrosteisuus °C

syv.m	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86
1	1,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,5	0,7	0,3	1,0
10	1,1	1,2	0,9	1,3	1,6	1,7	1,2	1,5	2,0	2,1	1,5	2,2
20	1,2	1,5	1,7	1,7	2,1	2,0	1,5	1,7	2,5	2,4	1,9	3,4
28	2,2	2,0	1,9	3,1	2,9	2,5	2,3	2,1	3,2	3,0	2,5	4,0

#### Kesäkerrosteisuus °C

1	15,9	16,1	17,3	15,1	19,5	21,5	19,2	20,9	17,8	14,9	15,8	15,3
10	10,7	15,8	14,1	9,6	11,7	8,6	12,7	11,6	11,7	7,6	9,5	10,8
20	7,5	7,4	8,1	5,7	8,1	7,1	7,2	9,2	6,9	5,6	6,8	7,5
28	6,8	6,7	7,1	5,2	7,8	6,2	5,5	8,2	5,5	5,3	6,4	7,1

Säatekijöistä johtuen alusveden talvilämpötilojen ero on ollut 20 metrin syvyydellä jopa 2,2 °C (1,2-3,4 °C). Kylmin talvi 1975 oli ns. tulvatalvi, jolloin syysateet olivat erittäin runsaita ja jäätyminen tapahtui myöhään. Lämmin talvi 1986 aiheutui syksyn korkeista keskilämpötiloista. Näinkin suurilla lämpötilaeroilla on ratkaiseva vaikutus loppupalven happipitoisuuksiin kuten jäljempänä todetaan.

Kesäiset alusveden lämpötilat voivat myös poiketa eri vuosina selvästi toisistaan. Kylmintä alusvesi on ollut kesällä 1984 (5,3-5,6 °C) ja lämpimintä kesällä 1982 (8,2-9,2 °C). Lämpötilaero on yli kolme astetta. Korkea lämpötila seuraa usein viileästä ja

tuulisesta keväästä, jolloin tuuli sekoittaa vettä normaalia pitempään ja myös alusveden lämpötila vähitellen nousee.

Edellä esitetty tarkastelu jo varmasti valottaa sitä, että lämpötilakerrosteisuus sinänsä on monitahoinen ja vaikuttaa oleellisesti muuhun tulosten tulkintaan. Mitään yksiselitteistä mallia ei ole olemassa, sillä jokaisen järven kerrosteisuusolot ovat sille tyyppilliset. Säätekijöistä johtuva vaihtelu on lisäksi otettava huomioon, koska kerrosteisuusolot ja niiden muutokset vaikuttavat oleellisesti alusveden happipitoisuuksiin ja sitä kautta veden laatuun. Monet veden laadun muutokset voidaan selittää jo pelkästään kerrosteisuusoloista johtuviksi. Jos happitilanne on jonain vuonna pari milligrammaa huonompi, kuormitustilanteessa ei ole tapahtunut välttämättä mitään muutosta.

Sää ja vesiolojen tarkastelu, joka on yhtenä kohtana vuosiyhteenvedossa ei ole siten ollenkaan turhaa. Sillä saatetaan selittää kaikki vesistön tilassa todetut muutokset aikaisempaan verrattuna.

## **HAPPIPITOISUUS JA HAPPIKYLLÄSTYSASTE**

Hyvä happipitoisuus on osoitus vesistön hyvästä kunnosta. On kuitenkin otettava huomioon se, koska mittaus on tehty (ajankohta). Veden happitasapainoa pitää yllä ilmakehästä veteen tapahtuva hapen liukeneminen. Liukoisuus riippuu lämpötilasta siten, että kylmään veteen liukenee enemmän happea kuin lämpimään veteen.

Talvella, jolloin lämpötilat ovat 0,5-1,0 °C, normaali päällysveden happipitoisuus on 12-13 mg O<sub>2</sub>/l. Happikyllästysaste on tällöin 80-90 %. Kesällä vastaavasti lämpötilassa 18-20 °C normaali happipitoisuus on 8-9 mg O<sub>2</sub>/l. Happikyllästysaste on tällöin myös 80-90 %. Happipitoisuuksia vertailtaessa on siten kiinnitettävä huomiota myös happikyllästysasteeseen.

Lämpötilakerrosteisuuden vallitessa alusvesi ei saa happitäydennystä ilmakehästä, vaan happea kuluu alusvedessä sedimentin aiheuttaman hapenkulutuksen ja päällysvedestä sedimentoituvan (pohjalle vajoavan aineksen) hapenkulutuksen takia. Tämä näkyy happipitoisuuden alenemisena ajan funktiona. Myös happikyllästysaste saa tällöin pieniä arvoja. Happipitoisuus on heikommillaan kerrosteisuusajan lopulla (maaliskuussa lopputalvella ja elokuussa loppukesällä). Nämä ajankohdat sopivat siten parhaiten happitilanteen tutkimiseen. Jos happinäytteet otettaisiin helmikuussa ja heinäkuussa happitilanne olisi oleellisesti parempi. Näytteenottoaika on siten huomioitava eri vuosien happituloksia vertailtaessa.

Normaalissa puhtaana säilyneessä järvessä alusveden happitilanne pysyy koko vuoden hyvänä. Happea on alusvedessä kerrosteisuusajojen lopullakin 4-8 mg/l. Pienialaiset syvänteet saattavat kuitenkin olla jo luontaisista tekijöistä johtuen vähähappisia, vaikka järvi on muutoin puhdasvetinen.

Puhdasvetisen järven happitilanteesta on esimerkkinä Näsijärven Koljonselkä (iso selkävesi):

Happipitoisuus (mg O<sub>2</sub>/l) ja happikyllästysaste (%)

Syv.m.	20.3.86		29.5.86		26.8.86		5.11.86	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
1	11,6	81	10,8	89	9,1	90	11,2	90
10	11,7	84			9,1	90		
20	11,5	84	10,8	89	9,0	89	11,1	89
30	11,3	83			8,5	76		
40	10,5	78	11,1	90	8,8	76	11,2	90
50	9,2	69			8,9	76		
60	2,3	17	9,9	80	8,6	72	11,3	91

Talvella happipitoisuus on erittäin hyvä. Alimmassa näytteessä näkyy kuitenkin selvää vajetta (kyll. % 17). Tämä ei ole kuitenkaan hälyttävä muutos. Koska järvet ovat muodoltaan kartiomaisia, kaikki paine kohdistuu syvänteen pohjaan (kartion kärkeen), jolloin luonnontilaisissakin vesissä kuluu happea aivan pohjan yläpuolisesta vesikerroksesta.

Kiertoaikoina (toukokuu ja marraskuu) happikyllästysaste on normaali ja sama koko vesipatsaassa. Tällöin näytteitä ei kannata ottaa toukokuussa esitettyä tiheämmin, koska se olisi turhaa toistoa.

Kesäkerrosteisuuden lopun happitilanne on Koljonselällä erinomaisen hyvä. Pienissä järvissä ei näin korkeita happipitoisuuksia loppukesällä alusvedestä löydy.

Seuraavassa on esimerkkejä pienten, karujen järvien happipitoisuuksista:

<u>Ojajärvi, Loppi</u>						<u>Valajärvi, Janakkala</u>								
Syv.m	20.3.85		7.8.85		°C	mg/l	%	27.3.87		17.8.83		°C	mg/l	%
	°C	mg/l	%	°C				mg/l	%	°C	mg/l			
1	0,5	12,7	87	17,2	8,3	86	0,7	10,3	72	17,2	8,3	86		
5	2,4	9,1	67	17,2	8,1	84	2,1	7,3	54	17,0	8,0	83		
8	2,8	8,7	65	10,6	2,5	22	2,5	4,7	35	13,8	1,3	13		
11	3,0	6,2	46	9,3	1,1	10	2,9	1,2	9	7,0	0	0		

<u>Ylistenjärvi, Vammala</u>						<u>Kaartjärvi, Renko</u>								
Syv.m	21.2.83		15.8.85		°C	mg/l	%	29.3.84		16.8.82		°C	mg/l	%
	°C	mg/l	%	°C				mg/l	%	°C	mg/l			
1	0,2	13,7	94	17,9	8,5	90	1	0,2	12,2	84	18,7	8,3	89	
5	2,4	7,5	55	17,8	8,4	88	5	3,1	6,3	47	18,5	8,3	89	
7	3,2	4,2	31				10	3,4	3,8	29	14,2	1,8	18	
9	4,0	0,9	6	17,4	8,0	84	15	4,2	0,9	7	11,2	0	0	

Kaikki edellä esimerkiksi valitut järvet ovat karuja. Silti happitilanteet poikkeavat varsin oleellisesti toisistaan. Syyt löytyvät lähinnä syvänteiden tilavuussuhteista ja

erilaisista kerrosteisuusaikeiden lämpötiloista. Ojajärvi on talviselta happitilanteeltaan paras. Muissa järjissä happea kuluu varsin paljon korkean alusveden lämpötilan seurauksena. Varsinaista happikatoa ei kuitenkaan muodostu.

Kesällä kaikissa muissa oli selvä happivaje paitsi Ylistenjärvessä, joka ei ollut kerrostunut.

Mihinkään esimerkkijärvistä ei tule jätevesikuormitusta eivätkä ne ole rehevöityneet. Tulokset osoittavat, että happitilanne ei ole luonnostaankaan välttämättä erinomainen. Pienet happitilanteen muutokset alusvedessä jätevesien kuormittamalla alueella eivät anna siten oikeutta tulkita happivajetta yksinomaan kuormituksen aiheuttamaksi. Happitilanne on voinut olla aikaisemminkin samanlainen.

Rehevän järven happitilanteen vaihtelua eri vuosina kuvaavat Ormajärven tulokset. Happitilanne vaihtelee eri vuosina lähinnä säätekijöistä johtuen, koska kuormitustaso on pysynyt varsin vakiona:

#### Talvikerrosteisuus (Ormajärvi) mg O<sub>2</sub>/l

Syv.m	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86
1	11,5	12,4	12,6	12,8	12,5	12,3	12,9	12,6	13,3	12,0	12,1	11,3
10	11,5	11,2	10,9	10,8	9,5	10,4	9,8	10,6	10,4	10,4	10,6	9,3
20	10,3	9,2	8,8	8,9	7,1	8,6	8,5	8,7	8,6	7,9	8,3	6,3
25	6,6	7,8	6,6	6,4	3,4	7,1	6,0	6,5	7,0	5,6	6,7	3,9
28	0,7	3,4	2,8	1,2	0,2	2,0	1,8	2,9	0,6	0,9	1,9	0,4

Happipitoisuuden vaihtelurajat ovat olleet eri syvyystasoilla seuraavat (mg O<sub>2</sub>/l):

syv.m	min-max	erotus
1	11,3 - 13,3	2,0
10	9,5 - 11,5	2,0
20	6,3 - 10,3	4,0
25	3,4 - 7,8	4,4
28	0,2 - 3,4	3,2

Talvet 1979 ja 1986 erottuvat normaalia vähähappisempina. Talven 1986 alemmat happipitoisuudet on helppo selittää korkeilla alusveden lämpötiloilla (kts. kohta lämpötilat edellä). Talven 1979 heikko happitilanne oli seurausta syksyn normaalia runsaammasta leväkasvusta, joka sedimentoitui nopeasti pohjalle. Tämä ilmiö oli talven 1979 aikana koko Kokemäenjoen vesistöalueelle tyypillinen. Vastaavat havainnot olivat tehtävissä myös Längelmäveden ja Vanajanselän alueella. Tässä tapauksessa selitys ei ole siten yhtä yksinkertainen ja se olisi jälkikäteen vaikeasti tutkittavissa ellei em. tietojia olisi laajemmalla alueella ollut käytettävissä.

Kesäkerrosteisuus (Ormajärvi) mg O<sub>2</sub>/l

Syv.m	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86
1	8,2	8,9	9,2	9,3	9,4	8,7	9,2	8,3	9,2	9,5	9,4	8,6
10	1,4	8,2	4,4	4,6	2,5	5,7	5,5	5,2	4,3	3,9	4,0	2,4
15	2,0	1,7	3,7	4,7	3,4	5,3	5,9	5,5	3,3	3,7	3,4	1,7
20	1,6	2,0	3,3	4,5	2,4	3,9	5,1	4,0	3,3	2,5	2,6	1,0
25	1,0	1,5	1,7	3,9	1,8	2,3	4,0	2,6	2,1	1,7	1,9	0,7
28	0,1	1,0	0,8	2,1	0,4	0,8	2,8	1,5	0,6	0,6	0,9	0,4

Ormajärven päällysveden paksuus on yleensä alle 10 metriä, koska 10 metrin näytteessä on todettavissa selvä happivaje. Se kuuluu siten jo alusveden yläosaan.

Alusveden keskimääräinen happipitoisuus on vaihdellut karkeasti 2-4 mg O<sub>2</sub>/l. Esimerkiksi 20 metrin happipitoisuuksien vaihteluväli on ollut 1,0-1,5 mg O<sub>2</sub>/l. Happipitoisuuksiltaan parhaita ovat olleet kesät -78, -81 ja 1982.

Kesällä 1978 alusvesi oli kylmää (alle 6 °C), joka pienensi hapen kulutusta. Vuosina 1981-82 näyte otettiin elokuun alussa (5-9.8.), jolloin happitilanne oli elokuun lopun tuloksia parempi näytteenottoajankohdasta johtuen. Hapen kulumisnopeus on Ormajärven alusvedessä kesällä luokkaa 0,09 mg O<sub>2</sub>/l.d. Jos näytteenotolla on eroa esim. 20 vrk, happipitoisuuden ero on tästä johtuen 20 x 0,09 = 1,8 mg O<sub>2</sub>/l. Tämä jo selittää varsin pitkälle kesien 1981-82 hieman paremmat happipitoisuudet.

Päällysveden happikyllästysaste voi olla myös selvästi yli 100 % siinä tapauksessa, että järvessä on voimakas levätuotanto. Leväkukinnan aikana levien yhteytystoiminnassa syntyvä happi vapautuu päällysveteen eikä ehdi haihtua riittävän nopeasti ilmakehään. Esimerkkinä on erittäin rehevä Kangasalan Kirkkojärvi, jossa on kesällä hapen ylikyllästys. Talvella vesi on vähähappista kesällä syntyneen orgaanisen aineen hajotessa talvella jään alla.

Kirkkojärvi, Kangasala

4.3.86 happi					12.8.86 happi				
Syv.m	°C	mg/l	kyll.%	pH	syv.m	°C	mg/l	kyll.%	pH
1	1,3	2,6	18	6,8	1	17,5	10,3	108	10,1
2	3,0	0,5	4	6,8	2	17,3	8,3	87	9,9

Päällysvedessä esiintyvä ylikyllästys on merkki järven runsastuottoisuudesta. Samalla pH-arvot ovat korkeita. Talvella ylikyllästystä ei voi yleensä esiintyä.

Happikyllästysasteen vajuus on päällysvedessä yleistä metsäteollisuuden kuormittamalla alueilla ja toisaalta pienissä, matalissa ja rehevissä järvissä. Edellisestä on esimerkkinä Kärjenniemenselkä Valkeakosken alapuolella, jälkimmäisestä Loppijärvi Lopella. Kärjenniemenselän pintavedessä on selvää happivajetta. Talvella hapen kulutuksen ollessa hidasta happivaje lisääntyy virtaussuunnassa ja saavuttaa miniminsä Konhossa.lähes 20 km Valkeakosken alapuolella. Loppijärvessä happivaje johtuu rehevyydestä ja altaan mataluudesta, jolloin suhteellinen hapenkulutus voimistuu.

Kärjenniemenselkä 18.3.86	Happi		
	syv.m	mg/l	kyll.%
pääsyväne	1,0	8,6	60
Hevossaari	1,0	10,3	71
Rauttunkärki	1,0	8,7	61
Rauttunselkä	1,0	9,6	67
Konho	1,0	6,3	45

Loppijärvi 2.3.1987	Happi		
	syv.m	°C	mg/l kyll.%
	1	0,8	4,7 33
	2	2,1	4,1 30
	3	3,4	1,4 11
	5	3,9	1,0 8

Edellä esitetty happipitoisuuksien tarkastelu osoittaa myös selvästi, että tulosten tulkinta ja johtopäätösten teko vaatii varsin laajaa asiantuntemusta ja erilaisten tekijöiden huomioon ottamista. Tällaisia ovat lähinnä

- sääolojen vaikutus
- järvien syvyysuhteet
- veden vaihtuvuus
- rehevyystaso
- happea kuluttava kuormitus
- tutkimusajankohta
- kerrosteisuusolot
- kiertoajan tehokkuus.

## SAMEUS

Sameusarvo kuvaa nimensä mukaisesti vedessä esiintyvää sameutta. Sameuden yksikkö on FTU (Formazin Turbidity Units) ja se mitataan tähän tarkoitukseen valmistetulla mittarilla.

Kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1,0 FTU (esimerkki 1). Lievästi samean veden sameus on välillä 1-5 FTU. Sameus ei ole vielä tässä vaiheessa selvästi silminnähtävää. Nämä arvot ovat tyypillisiä lievästi reheville järvivesille. Syvänteiden pohjalla saattaa kirkaissakin vesissä esiintyä sameuden nousua (sameus 5-10 FTU). Kesällä sameus on suurempi kuin talvella päällysvedessä esiintyvän leväsamennuksen takia (esimerkki 2).

Jokivedet ovat yleensä selvästi järvivesiä sameampia, koska eroosio on voimakkaampaa. Kevättulvien aikana rannikon joet ovat erittäin sameita (sameus jopa yli 100 FTU). Lisäksi sameuden vaihtelu on jokivesissä voimakasta vuodenaikasta ja sadannasta riippuen (esimerkki 3).

Sameusarvoja eräillä vesistöpuiteilla (FTU):

<b>Esimerkki 1</b>			<b>Esimerkki 2</b>			<b>Esimerkki 3</b>	
Näsijärvi			Ormajärvi			Loimijoki	
Koljonselkä						Loimaa	
Syv.m	talvi	kesä	syv.m	talvi	kesä	pvm	sameus
1	0,78	0,85	1	0,42	3,8	4.3.86	8,6
10	0,81	0,73	10	0,70	0,95	23.4.86	130
20	0,48	0,61	20	1,0	1,8	17.6.86	9,4
40	0,51	0,68	25	1,0	2,2	29.7.86	11
60	0,82	0,60	28	4,2	3,8	30.10.86	62

Näsijärven Koljonselkä on kirkasvetisin. Ormajärvessä näkyy lievästi rehevöitymisestä johtuvia muutoksia. Myös pohjalle kertyy sameutta lisäävää ainesta. Loimijoki on tyypillinen hajakuormitetun alueen jokivesistö, joka on ylivalumien aikana erittäin samea. Pienimmilläänkin sameus on järvivesiin verrattuna runsasta.

**KIINTOAINEN**

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Määrittäminen tehdään suodattamalla tietty vesimäärä tiheän kalvon läpi, joka kuivataan ja punnitaan. Tulos ilmoitetaan mg/l.

Kiintoainepitoisuutta lisäävät jätevesikuormitus, runsas biomassa näytteessä (levät) tai eroosion kuljettama aine (savisaaminen).

Puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Avovesiaikana kiintoainesta on levien lisääntymisen takia runsaammin (1-3 mg/l). Myös syvänteiden pohjalla kiintoainepitoisuus on suurempi kuin pintavedessä (vrt. sameus).

Jokivesissä kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti kuten sameuskin.

Kohonnut kiintoainepitoisuus ei siten merkitse välttämättä jätevesikuormituksen vaikutusta, vaan myös muut edellä mainitut seikat on otettava huomioon (eroosion ja leväsaamisen vaikutus).

Esimerkki

Vanajanselän erään pisteen kiintoainepitoisuuden vaihtelu eri ajankohtina v. 1986:

Kiintoaine mg/l	9.1.86	17.3.86	19.5.86	10.6.86	19.8.86	28.10.86
pinta	1,0	0,1	4,3	5,1	2,8	2,6
pohja	3,9	3,4	4,2	5,3	11	3,8

Kesällä leväsaaminen näkyy kiintoaineen lisääntymisenä pintavedessä. Talvella kiintoainetta on syvänteiden alusvedessä pintaveden ollessa varsin kirkasta.

## SÄHKÖNJOHTAVUUS (mS/m)

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää. Suuri arvo kertoo korkeasta suolapitoisuudesta. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja).

Yleisesti ottaen Suomen vedet ovat vähäsuolaisia (kallioperä heikosti rapautuvaa). Tästä johtuu myös huono järvidesien puskurikyky. Sähkönjohtavuutena mitattuna arvot ovat välillä 5-10 mS/m. (mS/m = millisiemensia per metri). Aikaisemmin käytetty yksikkö oli  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (1 mS/m = 0,11  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### Esimerkki 1.

Näsijärvi Koljonselkä					Längelmävesi Villilänselkä				
Syv.m	talvi	kevät	kesä	Syksy	Syv.m	talvi	kevät	kesä	syksy
1	5,8	5,7	5,8	5,8	1	6,1	6,1	5,9	6,0
10	5,7	5,7	6,0	5,8	10	5,8	6,1	6,2	6,0
20	6,1	5,7	5,8	5,7	20	6,0	6,0	6,2	6,0
40	6,4	5,7	5,6	5,7	30	6,3	6,1	6,4	6,0
60	6,3	5,7	5,6	5,7	38	7,7	6,2	6,3	6,2

Sähkönjohtavuus kohoaa varsinkin talvella lievästi pohjalla. Sähkönjohtavuusarvojen vuodenaikaisvaihtelu on vähäistä, koska sähkönjohtavuus on vesistölle tyypillinen suure.

Suolojen määrää lisäävät jätevedet (jäteveden sähkönjohtavuus 50-100 mS/m) ja pelto-lannoitus. Voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtavuus on luokkaa 15-20 mS/m (esim. Loimijoki).

### Esimerkki 2.

Pyhäjärvi, Tampere Lehtisaari					Loimijoki, Loimaa	
Syv.m.	talvi	kevät	Kesä	syksy	Pvm.	mS/m
1	7,8	8,1	8,0	8,4	04.03.86	11
10	7,9	8,1	8,0	8,4	23.04.86	13
20	12	8,1	7,8	8,6	17.07.86	9,4
26	12	8,1	8,6	8,6	20.10.87	14

Lehtisaaren syvänteessä näkyy Tampereen kaupungin jätevesien vaikutus talvella. Kiertoaikoina eroja ei vertikaalisuunnassa ole. Loimijoen sähkönjohtavuus on selvästi luonnontasoa korkeampi jätevesikuormituksen ja voimaperäisen maatalouden takia.

Sähkönjohtavuus kasvaa järvissä pinnasta pohjalle siirryttäessä. Orgaanisen aineen hajotessa vapautuu suoloja veteen, jotka lisäävät sähkönjohtavuutta. Voimakas muu-



tos syvänteen alusvedessä on yleensä merkki jätevesien kertymisestä pohjalle. Sähkönjohtavuudella voidaan siten selvittää jätevesien kulkeutumista vesistöissä.

### **Esimerkki 3.**

Näsijärvi, Kurunlahti			Hattulanselkä (H:linna)				
Syv.m	talvi	kesä	Syv.m	Talvi	kevät	kesä	syksy
1	3,7	5,3	1	13	11	12	14
5	4,4	5,3	5	15	11	12	14
10	45	6,4	10	24	19	17	14

Sekä Kurunlahdella että Hattulanselällä näkyy selvä jätevesien kertyminen talvella syvänealueelle. Kesällä muutos ei ole yhtä selväpiirteinen, koska kerrosteisuusolot eivät ole yhtä vakaat.

Merivedet ovat sisävesiin verrattuna runsassuolaisia. Sähkönjohtavuus onkin siellä luokkaa 1000-1200 mS/m. Jokivesien tuoman makean veden leviämistä on merellä helppo seurata pelkästään sähkönjohtavuutta mittaamalla (jokivesien sähkönjohtavuus 10-20 mS/m).

### **Esimerkki 4.**

Porin merialue (P 280)					Porin merialue (P83)				
Syv.m	talvi	kevät	kesä	syksy	Syv.m	Talvi	kevät	kesä	syksy
1	990	1020	1020	1020	1	160	730	775	740
10	1030	1020	1020	1020	5	1000	780	990	820
20	1040	1030	1020	1020	10	1020	890	1010	930
30	1040	1030	1025	1020	16	1000	920	1020	930
35	1020	1030	1030	1030					

Piste 280 sijaitsee ulkomerellä, jossa sähkönjohtavuus on murtovedelle ominainen. Ulkosaaristossa oleva piste 83 on lähempänä Kokemäenjoen vaikutusaluetta. Talvella jokiveden vaikutus on pinnalla erittäin selvä. Myös kesällä se on todettavissa sähkönjohtavuuden alentumisena.

Pitkällä aikavälillä vesiemme sähkönjohtavuus on kohonnut kulttuurivaikutusten lisääntyessä (jätevedet, lannoitteet, sadevedet jne.). Nousu on 1990-luvulla kuitenkin pysähtynyt.

### **Esimerkki 5.**

Sähkönjohtavuuden kehitys Jämijärvessä vuosina 1965-84 JA 1990-99 (mS/m):

Syv.m	1965	1968	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1982	1984
1,0	5,9	5,0	5,8	5,2	7,9	7,0	7,6	7,4	6,2	7,0
Syv.m	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1,0	6,3	6,9	7,6	5,8	6,4	6,7	6,2	6,5	6,7	5,9

## HAPPAMUUS eli pH

Veden normaali pH on lähellä neutraalia (pH = 7,0). Vesien eliöstö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0-8,0. Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi happamalla puolella vesien luontaisesta humuskuormituksesta johtuen (pH yleensä 6,5-6,8).

pH asteikko (vetyionikonsentraation negatiivinen logaritmi -  $\log(H^+) = \text{pH}$ ) merkitsee sitä, että pH:n muuttuessa yhden yksikön (esim. 7  $\rightarrow$  6) vetyionikonsentraatio kymmenkertaistuu. Kun pH-arvo on seitsemän sekä vetyionien että hydroksyyli-ionien määrä on sama eli  $10^{-7}$ . Vesi on silloin neutraalia.

Vesistöissä vallitsee ns. puskurisysteemi, joka vastustaa pH:n muutoksia. Puskurisysteemin kannalta tärkeitä ovat hiilihapon eri olomuodot ja eräät suolat (kalsium ja magnesium).

Normaalisti pH on talvella hieman alhaisempi kuin kesällä. Kesäaikana levätuotanto kohottaa lievästi päällysveden pH-tasoa. Päällysveden pH on yleensä korkeampi kuin alusveden, koska alusveteen vapautuu hajotustoiminnan tuloksena hiilidioksidia, joka reagoi veden kanssa muodostaen hiilihappoa, joka puolestaan laskee pH-arvoa.

### Esimerkki 1.

Näsijärvi, Koljonselkä 1984

Syv.m.	26.3.1984	17.5.1984	13.8.1984	15.11.1984
1	6,1	6,1	6,3	6,2
10	6,1	6,1	6,1	6,2
20	6,2	6,0	5,9	6,2
40	6,0	6,0	5,9	6,2
	5,9	6,0	5,9	6,2

Vanajanselkä 1986

Syv.m.	17.3.1986	19.5.1986	18.8.1986	28.10.1986
1	7,0	7,2	7,4	7,3
10	6,9	7,2	7,2	7,4
15	6,6	7,1	6,7	7,4
20	6,9	7,1	6,9	7,4

Näsijärvi on hapahko humusvesi. pH nousee lievästi kesällä pintavedessä. Vanajanselkä kuuluu neutraaleihin vesiin. Kesällä ja talvella näkyy alusvedessä hajotustoiminnasta johtuva lievä pH:n aleneminen.

Hyvin voimakas leväkukinta saattaa kohottaa pH:n arvoihin 8-10. Tämä johtuu siitä, että levät käyttävät loppuun hiilidioksidin ja bikarbonaatin, jolloin puskurisysteemi häiriintyy. Korkeat pH:t ovat tyypillisiä sinileväkukintojen aikana.

**Esimerkki 2.**

Kangasala, Kirkkojärvi 1986

Syv.m.	6.1.1986	4.3.1986	2.6.1986	30.6.1986	12.8.1986
1	6,9	6,8	9,2	9,5	10,1
2	6,8	6,8			9,9

Kirkkojärvi on erittäin rehevä. Päälysveden pH on kesällä poikkeuksellisen korkea sinileväkukintojen takia. Talvella hajotuksen ollessa vallalla pH on selvästi pienempi.

Hapan laskeuma on osaltaan alentamassa vesiemme pH-tasoa. Koska puskurikyky on huono (pieni alkaliteetti eli hapensitomiskyky) vähäinenkin happokuorma riittää vesien happamoitumiseen. Happamoituminen alkaa tuntua eliöstössä pH:n laskiessa tason 6,0 alapuolelle. Ensiksi katoavat simpukat, kotilot ja ravut.

**Esimerkki 3.**

Aurejärvi, Kuru 1986

Matalajärvi, Kangasala

Syv.m	13.3.1986	20.6.1986	Syv.m	25.3.1981	8.9.1982	14.9.1983 (x)
1	5,8	5,8	1	4,9	5,5	6,8
10	5,6	5,8	3	4,9	5,5	6,9
15	5,5	5,5	5	4,9	5,4	6,9

x) kalkittu talvella 1983

Aurejärvi on selvästi happamoitumassa. Matalajärvellä tilanne oli jo erittäin huono. Kalkitus nosti pH-arvoja selvästi.

pH-tasoon 5,5 alapuolella häiriintyy särjen ja lohikalojen lisääntyminen.

Kestävämpiä ovat ahven, ankerias ja puronierä.

Edellä esitetyt pH-arvot eivät ole eliöstölle akuutisti tappavia, mutta johtavat aikaa myöten lajien taantumiseen ja lopulta häviämiseen. Istutetut kalat voivat sen sijaan menestyä vielä hyvinkin (esim. siika vielä pH-arvoissa 5,0-5,5). Kasvussa voi tapahtua kuitenkin merkittäviäkin muutoksia (vrt. liikekuva).

Merivedet ovat sisävesiin verrattuna voimakkaasti puskuroituja ja niiden pH on lähellä 8,0.

**ALKALITEETTI eli HAPONSITOMISKYKY**

Alkaliteetti mittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta siihen happoa lisättäessä. Mittayksikkönä on mmol/l (millimoolia per litra). Jos alkaliteetti on esimerkiksi 0,1 mmol/l, vesi pystyy sitomaan happoa 0,1 tuhannesosamoolia.

**Vedet voidaan luokitella puskurikykynsä mukaan seuraaviin ryhmiin:**

1. Puskurikyky	hyvä	alkaliteetti	>0,2 mmol/l	
2. -"-	tydyttävä	-"-	0,1 - 0,2	-"-
3. -"-	välttävä	-"-	0,05-0,1	-"-
4. -"-	huono	-"-	0,01-0,05	-"-
5. -"-	loppunut	-"-	<0,01	-"-

Ryhmiin 4 ja 5 kuuluvat vedet ovat erittäin suuressa vaarassa happamoitua. pH voi laskea tällaisissa vesissä voimakkaasti esim. kevään sulamisvaluman aikana.

Puskurikyky riippuu pitkälle järven valuma-alueen laadusta. Karut, kallioiset tai ohuen moreenikerroksen omaavat valuma-alueet ovat tyypillisiä happamoituville järville. Valuma-alueen peltovaltaisuus vähentää happamoitumista.

Happamuuden kehitystä seurattaessa on tärkeää alkaliteetin muutosten tarkkailu. Pelkkä pH-arvojen tarkastelu ei anna asiasta yhtä luotettavaa kuvaa, koska se voi satunnaisesti vaihdella. Jo muutaman vuoden välein pintavedestä mitattu alkaliteetti riittää happamuuskehityksen tarkkailuun. Näyte kannattaisi ottaa syyskierron aikana, jolloin vesi on tasalaatuista. Loppukevällä sulamisvesien jo vaikuttaessa näytettä ei kannata ottaa.

**VÄRI**

Veden väriarvo kuvaa veden ruskeutta eli meillä lähinnä veden humusleimana. Mitä enemmän vesistön valuma-alueella on suota sitä ruskeampaa on vesi. Väriarvot ovat siten vesistölle tyypillisiä ja ne voidaan sen mukaan luokitella värittömiksi tai värillisiksi.

Väriarvon tunnuslukuna on pitoisuus mgPt/l. Asteikko on keinotekoinen platina-asteikko (siitä kirjaimet Pt). Väriä mitattaessa tutkittavaa vettä verrataan platina-asteikkoon värikiekon avulla.

Värittömien vesien väriarvot ovat alueella 5-15 mgPt/l. Lievää humusleimaa osoittaa lukema 20-40 mgPt/l. Humuspitoisia ovat vedet, joiden väri on 50-100 mgPt/l. Erittäin ruskeilla vesissä väri voi olla 100-200 mgPt/l. Tällainen väri näkyy jo paljaalla silmällä selvänä veden ruskeutena (suovedet).

**Esimerkkejä väri- ja CODMn-arvoista:**1. Kirkasvetinen järvi (Längelmävesi)

Syv.m.	Väri mgPt/l		CODMn mgO <sub>2</sub> /l	
	19.3.1985	16.8.1985	19.3.1985	16.8.1985
1	15	5	5,8	4,9
10	15	5	4,7	4,6
20	15	7	4,5	4,7
30	15	10	4,2	4,6
38	30	12	4,6	4,9

## 2. Ruskeavetinen järvi (Näsijärvi)

Koljonselkä

Syv.m	Väri mgPt/l		CODMn mgO <sub>2</sub> /l	
	26.3.1984	13.8.1984	26.3.1986	13.8.1986
1	50	55	15	16
10	45	55	15	15
20	45	55	15	15
40	45	55	15	15
60	50	55	15	14

## 3. Erittäin ruskeavetinen Kyrösjärvi

Syv.m	Väri mgPt/l		CODMn mgO <sub>2</sub> /l	
	20.3.1986	13.8.1986	20.3.1986	13.8.1986
1	130	75	18	13
10	100	75	14	13
20	90	80	14	13
30	100	80	14	13

Väri vaihtelee jonkin verran eri vuosina valumaolojen mukaisesti. Runsassateisina aikoina ja niiden jälkeen väriarvot nousevat. Kuivina kausina taas väriarvot pienenevät. Vaihteluväli voi olla kaksinkertainen. Myös kesällä väri yleensä vähenee ilmeisesti ultraviolettisäteilyn hajottaessa humusta (vrt. Kyrösjärvi).

Tyypillisiä ruskeita vesistöalueita ovat Kokemäenjoen vesistöalueen pohjoiset reitit (Ähtäri, Pihlajavesi, Keuruu, Näsijärvi, Ikaalinen). Kirkasvetinen on lähinnä Längelmäveden-Hauhon reitti. Yksittäisten järvien väriarvon määrää valuma-alueen suola. Soiden ojitus saattaa lisätä veden värillisyyttä, koska se nopeuttaa veden kulkeutumista vesistöön. Väri- ja COD<sub>Mn</sub>-arvoissa ilmenikin kasvua 1970-luvulla laajamittaisen metsä- ja suo-ojitusten aikana.

### **KEMIALLINEN HAPEN KULUTUS (COD<sub>Mn</sub>)**

Kemiallinen hapenkulutus mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. Hapettimena käytetään permanganaatti-iona (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>), joka on vahva hapetin. Kaikki orgaaninen aines ei hapetu, joten tulos on suhteellinen.

Aikaisemmin käytössä ollut ns. permanganaattiluku (KMnO<sub>4</sub>-luku) on sama asia. COD<sub>Mn</sub>-arvo vain ilmoitetaan mg O<sub>2</sub>/l. COD<sub>Mn</sub>-arvo saadaan kertomalla KMnO<sub>4</sub>-arvo luvulla 0,253.

Huomattavasti vahvempi hapetus on ns. dikromaattikulutus (COD<sub>Cr</sub>). Nämä arvot ovat moninkertaisia COD<sub>Mn</sub>-arvoihin verrattuna eivätkä ole siten toisiinsa verrattavia. Ns. jätevesidirektiivissä on kehoitettu määrittämään jätevesistä COD<sub>Cr</sub>-kulutus, joka tehdään nykyisin aikaisemman COD<sub>Mn</sub> - määrittämisen asemesta.

COD<sub>Mn</sub>-määrittämisessä hapettuvat osittain myös humusyhdisteet, joten se kuvaa samalla vesien humusleimaisuutta. Humusvesissä COD<sub>Mn</sub>-arvo on 10-20 mg O<sub>2</sub>/l. Vä-

rittömien vesien COD<sub>Mn</sub>-arvo on 4-10 mg O<sub>2</sub>/l. Jätevedet, jotka sisältävät orgaanisia aineita, lisäävät COD<sub>Mn</sub>-arvoa. Esimerkiksi metsäteollisuuden jätevedet aiheuttavat laaja-alaista COD<sub>Mn</sub>-arvojen nousua. Asutuksen jätevesien vaikutuksia vesistössä ei juurikaan saada esille COD<sub>Mn</sub>-mittauksilla suurten luontaisten taustapitoisuuksien takia.

Kuten väriarvotkin, myös COD<sub>Mn</sub>- arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan. Järven perustason määrää valuma-alueen suopinta-ala. 1970-luvun vilkkaalla ojituskaudella arvot olivat voimakkaassa nousussa. Nyt tilanne on tasaantunut, mutta monet järvet on saatu ojituksilla heikkoon kuntoon.

Hyvälle talousvedelle lääkintöhallitus on asettanut rajaksi (KMnO<sub>4</sub> = 12 mg/l, COD<sub>Mn</sub> = 3,0 mg O<sub>2</sub>/l). Yksityistalouksille raja-arvo on 20 mg/l (5,1 mgO<sub>2</sub>/l). Suuremmat arvot näkyvät jo veden värin lisääntymisenä. Veden puhdistuksessa suuri COD<sub>Mn</sub>-arvo merkitsee kemikaalikulujen lisääntymistä ja vettä kloorattaessa saattaa syntyä haitallisia orgaanisia klooriyhdisteitä.

## **BIOLOGINEN HAPENKULUTUS BHK<sub>7</sub> ( BHK<sub>7</sub>-ATU)**

Biologinen hapenkulutus mittaa vedessä olevan orgaanisen aineen aiheuttamaa hapen kulumista. Hapen kulumisen aiheutuu siitä, että bakteerit käyttävät vedessä olevaa orgaanista (eloperäistä) ainetta energianlähteenään, jolloin kuluu happea ja syntyy hiilidioksidia. Reaktio on siten yhteytystoiminnalle vastakkainen. Koska vesinäyte on suljetussa tilassa hapen kulutus voidaan mitata.

Näytteen happipitoisuus mitataan kokeen alussa (esim. 10 mgO<sub>2</sub>/l) ja kokeen lopussa (esim. 6 mgO<sub>2</sub>/l). Erotus (4 mgO<sub>2</sub>/l) on biologinen hapen kulutus. Mittausten väli on 7 vrk (siitä BHK<sub>7</sub>). Tarvittaessa näyte on laimennettava, jotta happi ei kulu kokonaan loppuun. Laimennus on välttämätön jätevesien biologista hapenkulutusta mitattaessa.

BHK<sub>7</sub>-arvo on puhtaissa vesissä alle 2 mg/l, jolloin sillä ei ole vaikutusta itse vesistön happitasapainoon. Jätevedet, joiden BHK<sub>7</sub>-arvo on suuri, lisäävät hapenkulutusta. Vesistövaikutus riippuu BHK-alkupitoisuudesta (kuormitus/virtaama).

Alkupitoisuuden ollessa alle 5 mg/l, hapenkulutus ei ole vielä merkittävää. Alkupitoisuuksilla 5-15 mg/l vesistön happitasapaino alkaa häiriintyä. Alkupitoisuuden ollessa yli 20 mg/l jätevesien purkualueella saattaa syntyä happikato. Esimerkiksi kuo- tion virtaamalla (1 m<sup>3</sup>/s) tämä edellyttää BHK-kuormaa 1728 kg/d.

Biologisen hapenkulutuksen vaikutus vesistössä on erilainen talvella kuin kesällä. Koska hajottajabakteerien aktiivisuus on lämpötilasta riippuvainen, hajotus tapahtuu talvella alhaisessa lämpötilassa oleellisesti hitaammin kuin kesällä. Virtaavissa vesissä tämä merkitsee vaikutusten leviämistä talvella laajemmalle.

Teoreettinen happitilanteen muutos voidaan arvioida, kun tunnetaan kuormitus ja virtaama (laimennussuhde) ns. happimalleilla.

BHK<sub>7</sub>-ATU määrittely, joka on saanut jalansijaa viime vuosina, mittaa orgaanisen aineen aiheuttamaa hapen kulutusta kuten normaali BHK<sub>7</sub>-analyysi. ATU-menetelmässä on estetty ammoniumtypen nitrifikaatiosta johtuva hapen kulutus, joka on vaikeuttanut tulosten tulkintaa. Tulos kuvaa siten pelkästään orgaanisen ainek-

sen aiheuttamaa hapen kulutusta. BHK<sub>7</sub>-ATU määrittäminen tehdään nykyisin aina jätevedenpuhdistamoiden velvoitetarkkailujen yhteydessä.

### KOKONAISFOSFORI (kok P)

Kokonaisfosforipitoisuus ilmoittaa nimensä mukaisesti vedessä olevan fosforin kokonaismäärän. Fosforipitoisuus on erittäin tärkeä veden rehevyyden arvioinnissa. Se on yleensä myös perustuotannon minimitekijä. Mittayksikkö on µg/l (mikrogrammaa per litra) 1 mg = 1000 µg.

Luonnontilaisten karujen vesien kokonaisfosforipitoisuus on alle 10 µgP/l. Karuissa humusvesissä luonnollinen taso on hieman suurempi (10-15 µgP/l).

Lievästi rehevien vesien fosforipitoisuus on välillä 10-20 µgP/l. Kun fosforipitoisuus lähenee 20 µgP/l levätuotanto on selvästi lisääntynyt karuihin järviin verrattuna. Tuotannon lisääntyminen näkyy myös alusveden happivajeen kasvuna ja veden lieväntä samentumisena (sameus >1,0 FTU).

Järvi on rehevä, jos sen fosforipitoisuus on yli 20 µgP/l. Leväkukinta on todennäköistä fosforipitoisuuden saavuttaessa tason 50 µgP/l. Humusvesissä fosforipitoisuus saa olla hieman korkeampi, koska veden ruskeus rajoittaa tuotantoa huonojen valaistusolojen takia. Valaistusta tuottava kerros jää humusvesissä ohueksi.

Yli 50 µgP/l sisältävät vedet luokitellaan jo erittäin reheviksi. Ylirehevien järvien fosforipitoisuus nousee yli 100 µgP/l. Näissä leväkasvun on jatkuvaa ja sinileväkukinta säännöllistä.

Rehevyysluokitus kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (avovesikauden keskipitoisuus pälllysvedessä µgP/l):

	rehevyysluokitus		yleisluokitus(vesihallitus)	
karu	<10	µgP/l	<12	µgP/l
lievästi rehevä	10-20	”-	12-30	”-
rehevä	20-50	”-	30-50	”-
erittäin rehevä	50-100	”-	50-100	”-
ylirehevä	>100	”-	>100	”-

Fosforipitoisuus jakautuu vertikaalisesti siten, että pintavedessä on pääsääntöisesti alempi pitoisuustaso kuin pohjalla, sillä sedimentoitava aines vie fosforia alusveteen. Terveessä järvessä, jossa ei ole alusveden happiongelmiä, fosfori pidättyy pohjalietteen eikä alusveden pitoisuustaso nouse kovin voimakkaasti.

Yleisluokituksessa rehevän järven rajana on 30 µgP/l. Käytännössä levämäärä alkaa kohota selvästi jo fosforipitoisuuden ylittäessä 20 µg/l-ajan, joten pidän sitä sopivana raja-arvona rehevien vesien erittelyssä. Silloin myös klorofyllipitoisuus ylittää yleensä tason 10 µg/l, joka on rehevän luokituksen rajana myös yleisluokituksessa.

Kokonaisfosforipitoisuuksia eri rehevyytason omaavissa järvissä ( $\mu\text{gP/l}$ ).**Esimerkki 1.** Terveet järvet

Humusvesi			Kirkas vesi		
Näsijärvi, Koljonselkä			Särkijärvi, Tampere		
Syv.m	26.3.1986	13.8.1986	Syv.m.	23.6.1986	27.8.1986
1	17	18	1	8	8
10	17	15	10	7	13
20	12	17	15	8	13
40	12	17	19	10	13
60	18	17			

**Esimerkki 2.** Lievästi rehevät järvet

Ormajärvi, Lammi			Keurusselkä, Keuruu		
Syv.m.	19.3.1986	26.8.1986	Syv.m.	18.3.1986	14.3.1986
1	21	17	1	13	14
10	22	13	10	14	14
20	27	28	20	30	20
25	32	37	25	40	31
29	58	54	28	40	41

**Esimerkki 3.** Rehevät järvet (alusvesi hapeton)

Vanajanselkä			Kulovesi, Nokia		
Syv.m.	17.3.1986	19.8.1986	Syv.m.	24.3.1986	26.8.1986
1	28	28	1	32	
5	26	28	10	23	34
10	31	26	20	34	36
15	44	67	30	-	49
18	60	100	35	560	63

Jos happi loppuu syvänteistä fosforipitoisuudet kohoavat alusvedessä voimakkaasti. Ne voivat olla jopa kymmenkertaisia päällysveteen verrattuna. Happikadon mittasuhteista riippuu kuinka suuri rehevöittävä vaikutus lietteestä vapautuvalla fosforilla on koko järven kannalta. Pienialaisten syvänteiden aivan alimman vesikerroksen kohonneet fosforiarvot eivät ole välttämättä vielä kovin hälyttäviä, jos päällysveden fosforitaso on normaali.

Huomattavasti vaarallisempi tilanne on silloin, kun levätuotanto on päällysvedessä voimakasta ja siitä seuraa pH-tason nousu alueelle 9-10. Tällöin fosforia vapautuu myös ylemmistä sedimenteistä ja järven fosforisisältö saattaa lyhyessä ajassa kesäaikana 2-3 kertaistua. Happitilanteella ei ole tällöin oleellista merkitystä. Äkillinen fosforitason nousu onkin todennäköisempi tätä kautta kuin alusveden hapettomuuden seurauksena. Alusveden hapettomuus voi osaltaan tietysti lisätä ravinteiden pääsyä tuottavaan kerrokseen, mutta fosforitason muutos päällysvedessä edellyttää kuitenkin pH-arvojen nousua. Tietysti yli sietotason oleva jätevesikuormituskin voi aiheuttaa saman ylituotantotilanteen.

Fosforipitoisuudella on päällysvedessä selvä vuodenaikaisvaihtelu siten, että pitoisuudet ovat talvella alhaisempia kuin kesällä. Talvella päällysvedessä ei ole juuri-



kaan kasviplanktonia, joten fosfori sedimentoituu pohjalle. Kesällä kasviplankton sitoo fosforin tuottavaan kerrokseen, jossa ravinteet kiertävät tehokkaasti. Elävä biomassaa pitää siten ravinnetason talvista suurempana. Viime vuosina myös ylitieän särkikalakannan on osoitettu pitävän rehevyyttä yllä ravinteiden kiertoa tehostamalla.

### FOSFAATTI (PO<sub>4</sub>-P)

Fosfaattifosfori on pääasiallinen levien käyttämä fosforiyhdiste. Fosfaattifosforilla tarkoitetaan liuenutta epäorgaanista fosforia. Sen pitoisuudet ovat tuotantokaudella erittäin pieniä, koska fosfori on yleensä tuotannon minimitekijä. Vaikka kokonaisfosforipitoisuus vaihtelee eri järvissä paljon fosfaattifosforia ei tuotantokaudella päällysvedessä juuri löydy, koska levät käyttävät sen välittömästi hyödykseen.

Talvella tuotannon ollessa vähäistä fosfaattifosforia saattaa esiintyä 5-10 µgPO<sub>4</sub>-P/l; rehevissä vesissä jopa 20-50 µgPO<sub>4</sub>-P/l.

Fosfaattifosforipitoisuutta ei yleensä määritetä rutiinitarkkailun yhteydessä. Ravinnesuhteiden laskemisessa ja minimiravinteiden arvioinnissa sitä kuitenkin tarvitaan.

### KOKONAISTYYPPI (Kok N)

Kokonaistyyppi ilmoittaa veden kokonaistyyppipitoisuuden. Siihen sisältyvät kaikki eri tyypin esiintymismuodot, kuten orgaaninen tyyppi ja epäorgaaniset muodot. Nitraatin, nitriitin ja ammoniumin pitoisuudet voidaan mitata myös erikseen.

Pitoisuudet ilmoitetaan luonnonvesissä tyypinä µg/l (kok.N µg/l, NO<sub>3</sub>-N µg/l, NH<sub>4</sub>-N µg/l jne.). Jätevesissä käytetään laatua mg/l = 1000 µg/l.

Vesistöihin tulee tyyppiä jätevesien, valumavesien ja sadevesien mukana. Valuma-alueen peltovaltaisuus lisää myös typpikuormitusta.

Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuus on 200-500 µgN/l. Humusvesissä taso on hiukan korkeampi 400-800 µgN/l. Hyvin ruskeissa vesissä tyyppiä on luonnostaakin yli 1000 µg/l.

### Esimerkkejä: Typpipitoisuus eräissä järvissä (µg/l)

Längelmävesi (väri n. 20 mgPt/l Villikanselkä)					Näsijärvi (väri n. 50 mgPt/l) Koljonselkä				
Syv.m	4.3.86	2.6.86	28.8.86	22.10.	Syv.m.	26.3.86	17.5.86	13.8.86	15.11.
1	360	360	330	310	1	500	530	370	470
20	350		500		20	500	500	440	470
38	3200	450	740	300	60	490	530	480	480

Kyrösjärvi (väri >100 mgPt/l)		Jämijärvi (väri >150 mgPt/l)		<u>Loimijoki,alajuoksu</u>			
syv.m	20.3.86	13.8.86	Syv.m	13.3.86	21.8.86	15.01.98	2600
1	570	600	1	1100	730	25.02.98	4600
31	800	750	25	1200	1100	06.05.98	2200
						23.06.98	8300
						12.08.98	1500
						20.10.98	6000

Runsaasti viljellyillä alueilla joki- ja ojavesien typpipitoisuudet ovat 2000-4000 µgN/l, joskus jopa yli 5000 µg/l. Maksimipitoisuudet ajoittuvat kevätylivalumaan ja runsassateisiin kausiin kuten Loimijoessa edellä.

Typpipitoisuus vaihtelee luontaisesti siten, että alimmat arvot sattuvat loppukesään ja korkeimmat talvikauteen. Kesällä on vallalla tuotanto, joka kuluttaa typpivarastoja. Talvella typen käyttö on vähäistä, jolloin pitoisuustaso pysyy korkeampana.

Vertikaalisuunnassa typpipitoisuudet kasvavat syvemmälle siirryttäessä. Alusveteen vapautuu mineralisaation seurauksena typpiyhdisteitä. Hapettomissa oloissa typpi esiintyy ammoniumina (nitraattia vähän). Nitriittiä ei esiinny luonnonvesissä yleensä yli 10 µg/l. Sedimentin hapettomuuden takia ammoniumia vapautuu myös pohjalietteestä ja se näkyy myös kokonaistypen pitoisuusnousuna hapettomissa syvänteissä. Kyseessä ei ole siten välttämättä jätevesikuormitus (vrt. Längelmävesi, Villikanselkä edellä).

### **NITRAATTI (NO<sub>3</sub>-N)**

Tuotantokauden (kesä) ulkopuolella kokonaistypestä on suuri osa nitraattina. Avo-vesiaikana levät ottavat nitraatin käyttöönsä ja sen pitoisuus voi olla loppukesällä päällysvedessä olematon (alle 5 µg/l). Talvella vastaavien vesien nitraattipitoisuus voi olla 500-1000 µgNO<sub>3</sub>-N/l.

Nitraatin loppuminen on jo sinänsä merkki aktiivisesta levätuotannosta. Mikäli fosforia on tässä tilanteessa ylimäärin, saattavat sinilevät päästä vallalle. Sinilevillä on kyky ottaa typpensä vedessä olevasta liuenneesta kaasumaisesta tuestä.

Alusvedessä nitraattia on yleensä aina paitsi hapettomissa olosuhteissa, jolloin vallitsevana on ammoniumtyppi. Nitraatin ja ammoniumtypen määrät voivat muuttua vesistöissä tapahtuvan nitrifikaation tai denitrifikaation kautta. Näiden ilmiöiden selvittäminen vaatii tiheävälisiä typen eri olomuotojen seuranta.

Pohjavesissä nitraatti ilmoitetaan yleensä yksikkönä mg NO<sub>3</sub>/l (= 4,43 \* mg NO<sub>3</sub>-N/l). Nitraattipitoisuuden raja-arvo on hyvälle talousvedelle alle 25 mgNO<sub>3</sub>/l.

## NITRIITTI (NO<sub>2</sub>-N)

Nitriitti ei ole pysyvä yhdiste, joten sen pitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä (1-10 µgNO<sub>2</sub>-N/l). Nitriittiä ei kannata yleensä analysoida.

## AMMONIUM (NH<sub>4</sub>-N)

Ammoniumtyyppiä on luonnonvesissä vähän. Yleensä pölyveden pitoisuudet ovat <10-30 µgNH<sub>4</sub>-N/l. Alusveden pitoisuustaso on hiukan korkeampi. Yli 100 µgNH<sub>4</sub>-N/l olevat pitoisuudet vaativat jo vähäpääisiä olosuhteita tai jätevesikuormitusta.

Poikkeuksellisen paljon ammoniumtyyppiä voi esiintyä kuitenkin turvesoiden valumavesissä (100-300 µg/l).

Yhdyskuntien jätevesien tyyppi on vesistöön johdettaessa lähinnä ammoniumtyyppiä. Koska tyyppi on yleensä suhteellisesti suurin vesistöä kuormittava yhdiste asutuksen jätevedessä, vesistövaikutukset näkyvät yleensä selvimmin ammoniumtyypin pitoisuusnousuna.

Vesistössä ammoniumtyyppi voi aiheuttaa hapen kulutusta. Käytännössä vaikutus jää kuitenkin vähäiseksi, mikäli pitoisuusnousu on pienempi kuin 100 µg/l. Ammoniumin hapettuessa pölyvedessä oleellista happivajetta ei muodostu, koska luontainen ilmastuminen kompensoi hapen kulutuksen. Talvella nitrifikaatio on niin hidasta, ettei ammonium juurikaan hapetu. Näin ollen sen vesistövaikutukset ovat yleensä pienet suhteessa muihin jätevesikuormituksesta johtuviin vaikutuksiin. Lämpimissä syvänevesissä nitrifikaatiota esiintyy kuitenkin usein myös talviaikana.

Kaloille myrkyllistä **vapaata** ammoniakkia (NH<sub>3</sub>) voi esiintyä vain korkeissa pH-arvoissa (pH >8,0). Kaasumaisen myrkyllisen ammoniakkin aiheuttamat kalakuolemat ovat siten meillä hyvin epätodennäköisiä normaalisti alhaisten pH-arvojen takia.

Pohjavesissä ammoniumtyyppi ilmoitetaan yleensä yksikkönä mg NH<sub>4</sub>/l (= 1,29 \* mg NH<sub>4</sub>-N/l). Ammoniumpitoisuuden raja-arvo on hyvälle talousvedelle alle 0,5 mgNH<sub>4</sub>/l.

## RAUTA (Fe)

Rautapitoisuus on varsin pitkälti vesistölle tyypillinen arvo. Pienimmät pitoisuudet esiintyvät kirkkaissa karuissa vesissä, joissa pölyveden rautapitoisuus on luokkaa 50-200 µgFe/l.

Humusvesissä taso on selvästi korkeampi, koska rauta on sitoutunut humusyhdisteisiin. Normaali taso on 400-600 µgFe/l. Erittäin ruskeissa vesissä rautaa on jopa 1000 µg/l (suovedet).

Myös eroosio lisää rautapitoisuuksia, sillä huuhtoutuva maa-aineksessa oleva rauta tulee esille analyysissä. Rautapitoisuudet ovat erittäin sameissa jokivesissä 3000-6000 µg/l, jopa enemmänkin.

Raudan liukoisuus sedimentistä veteen riippuu oleellisesti happitilanteesta (redox-potentiaalista). Hapettomissa oloissa niukkaliukoinen rauta-3 ioni ( $\text{Fe}^{3+}$ ) pelkistyy rauta 2-ioniksi ( $\text{Fe}^{2+}$ ), jonka liukoisuus veteen on oleellisesti suurempi. Siten on tavallista, että hapettomassa alusvedessä on rautaa 1000-10000  $\mu\text{g/l}$  pelkistysasteesta riippuen.

Vapautunut rauta hapettuu täyskiertojen yhteydessä ja sitoo samalla osan fosforista sedimentteihin. Terveessä järvessä tämä systeemi huolehtii siitä, ettei veden fosforipitoisuus haitallisesti nouse.

### **Esimerkkejä: Rautapitoisuus ( $\mu\text{gFe/l}$ ) eräissä vesistöissä**

1. Väritön, karu vesi Mallasvesi			2. Ruskea, karu vesi Koljonselkä, Näsijärvi		
Syv.m	13.3.86	22.8.85	Syv.m	26.3.84	13.8.84
1	23	56	1	480	410
5	30	52	20	300	420
15	54	110	40	300	430
30*)	28200	450	60	710	440

\*) alusvesi hapeton

### 3. Erittäin ruskea vesi Joutsijärvi, Kullaa

Syv.m	21.3.86	27.5.86	6.8.86	8.10.86
1	1200	1200	1400	1100
3	5900	1200	1400	1100
6*)	12000	1400	1400	1100

\*) alusvesi hapeton.

### 4. Samea jokivesi Loimijoki, Loimaa

04.03.86	2500 $\mu\text{gFe/l}$
23.04.86	9800 -"- (kevättulva)
17.06.86	1400 -"-
29.07.86	1400 -"-
29.10.86	4700 -"- (syystulva)

## MANGAANI (Mn)

Mangaani on kemiallisesti raudan lähisukulainen. Hapellisissa oloissa sen pitoisuudet ovat varsin pieniä (alle 50 µgMn/l), mutta hapettomissa oloissa myös mangaania vapautuu nopeasti pohjalietteestä. Määrä riippuu oleellisesti sedimentin laadusta. Mangaanipitoisuus voi kohota tasolle 1000-10000 µgMn/l.

Mangaanikin hapettuu kiertojen yhteydessä, mutta hitaammin kuin rauta. Tästä syystä mangaanipitoisuus voi nousta kiertojen aikana selvästi normaalia korkeammaksi myös päällysvedessä (100-200 µgMn/l).

Korkeista mangaanipitoisuuksista on haittaa lähinnä vedenhankintavesistöissä, koska mangaani voi kulkeutua puhdistusprosessin läpi verkostoon ja aiheuttaa verkostossa bakteerikasvua, joka irrotessaan pilaa veden (mustaa sakkaa vesijohtovedessä).

Mangaanipitoisuus voi nousta myös pohjavesissä mikäli ne ovat vähähappisia. Samalla kohoaa myös rautapitoisuus. Tästä aiheutuu lähinnä veden käyttöhaittoja (makuvirheet, saostumat jne). Hyvän talousveden mangaanipitoisuuden tulisi olla alle 0,05 mgMn/l (<50 µg/l) ja yksityistalouksissa alle 0,2 mgMn/l. Raudalle vastaavat rajat ovat 0,2 mgFe/l ja 0,5 mgFe/l.

## KLOROFYLLI-a

Klorofylli-a:n määrä mittaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä. Tulos on suoraan verrannollinen levämäärään ja siten järven rehevyystasoon. Järvet voidaan luokitella klorofylli-a:n määrän mukaan seuraavasti:

	Klorofylli-a mg/m <sup>3</sup> (=µg/l)
karut vedet	alle 4
lievästi rehevät	4-10
rehevät	10-20
erittäin rehevät	20-50
ylirehevät	yli 50

Klorofyllimääryksiä tehdään avovesikaudella. Koska leväbiomassa vaihtelee varsin paljon säätekijöistä johtuen, määryksiä tulee tehdä useita kesän aikana. Vähintään tarvitaan kolme tulosta (kesä-, heinä-, elokuu). Yleensä määryksiä tehdään kuusi kasvukauden aikana. Näyte otetaan kokoomanäytteenä 0-2 metrin vesipatsaasta. Toinen vaihtoehto on ottaa näyte patsaana 2\* näkösyvyys. Alkukevät ja myöhäissyksy eivät ole kovin sopivia tutkimusajankohtia.

## ULOSTEBAKTEERIT

Ulosteperäisen kuormituksen indikaattoreina käytetään ulosteissa normaalisti erittäin runsaina esiintyviä fekaalisia kolibakteereja ja fekaalisia streptokokkeja. Nämä eivät ole varsinaisia taudin aiheuttajia, mutta niiden esiintyminen kertoo mahdollisesta riskistä, että vedessä voi olla myös taudin aiheuttajia. Jätevesien lisäksi normaali haja-asutus mukaan lukien karjatalous aiheuttavat ulosteperäistä kuormitusta. Myös kaupunkialueiden hulevesissä on usein ulostebakteereja (koirien jätökset yms.).

Hygieenisen likaantumisen luokitus on laadittu erikseen uimavesille ja erikseen talousvesille. Uimaveden laatuluokitus on nykyisin sosiaali- ja terveysministeriön luokituksen (päättös 41/99) mukaan seuraava:

	fek.kolit	fek.streptokokit
uimiseen sopiva vesi	alle 500 kpl/dl	alle 200 kpl/dl
uimiseen sopimaton	yli 500 kpl/dl	yli 200 kpl/dl

Aikaisemmin käytetty lääkintöhallituksen yleiskirjeen 1683 mukainen luokitus oli seuraava:

	Fek.kolit tai fek.strept. kpl/dl
hyvä uimavesi	alle 100
välttävä uimavesi	100-1000
huono uimavesi	yli 1000

Muutamien ulosteperäisten bakteerien esiintyminen ei ole siten tulkittavissa uimaveden kyseessä ollen mitenkään haitalliseksi. Vasta bakteerimäärän noustua muutama sataan on syytä selvittää likaantumisen syy. Mielestäni jälkimäinen luokitus sopi maamme vesiin paremmin. Nykyisin koleja saa olla jopa 5.000.000 kpl/m<sup>3</sup> ennen kuin vesi on huonoa uimavettä !

Hygieeninen likaantuminen on kuitenkin käytännössä varsin harvinaista, koska uimarantoja ei sijoiteta viemärien lähistölle. Lisäksi rinnakkaissaostus poistaa jäteveden bakteereista yli 90 %. Tulos voidaan varmistaa tarvittaessa jätevesien desinfioinnilla (klooraus). Nykyisin tätä käytetään varsin vähän, koska mahdollisesti syntyvät orgaaniset klooriyhdisteet ovat myös vesistölle haitallisia.

Juomiseen käytettävän talousveden raja-arvot ovat selvästi ankarammat (sosiaali- ja terveysministeriön päätös 74/94):

	verkostovesi STM 74/94	muu talousvesi (yksit.tal. vedet)
Koliformiset	alle 1/100 ml	alle 100/100 ml
Fek.koli	alle 1/100 ml	alle 1/100 ml
Fek.streptok.	alle 1/100 ml	-

Tulosten tulkinta kohtaa tiettyjä vaikeuksia siinä mielessä, että kasvualusta ei ole täysin selektiivinen (valikoiva). Ilman kasvaneiden pesäkkeiden identifiointia ei voida varmuudella sanoa oliko kyseessä juuri ulosteperäinen kuormitus ja mikä oli sen

mahdollinen lähde. Erityisesti tietyt teollisuuden prosessivesissä runsain esiintyvä bakteerikannat kasvavat myös kolialustalla. Runsas bakteerikasvu ei siten tässä tapauksessa osoita tautiriskiä, mutta kylläkin veden likaantuneisuutta. Tämäntyyppinen ongelma on ollut esillä aikoinaan mm. Pyynikin uimarannalla ja edelleenkin metsäteollisuuden alapuolisilla vesialueilla.

## VESISTÖJEN LAATULUOKITUKSEN RAJA-ARVOJA

Vesi- ja ympäristöhallitus julkaisi vuonna 1988 (julkaisu 20) ohjeen vesistöjen laatu-  
luokitusta varten. Luokitus laadittiin erikseen virkistyskäytölle, raakavedelle, kala-  
vedelle ja lisäksi esitettiin yleisluokitus. Seuraavassa on esitetty eräitä keskeisiä raja-  
arvoja luokitusperusteille.

### Virkistyskelpoisuusluokitus

Virkistyskelpoisuusluokitus on erikseen luonnonvesille ja pistekuormituksen alaisille  
vesille. **Luonnonvesille** luokitus on seuraava:

		erinomainen	hyvä	tyydyttävä
Fek.kolit	kpl/dl	alle 10	alle 10	alle 100
Väri	mgPt/l	alle 60	60-250	> 250
klorof-A	µg/l	alle 4	4-20	> 20
kok.P	µg/l	alle 12	13-70	> 70
sameus	FTU	alle 1,5	1,5-10	> 10
kiintoaine	mg/l	alle 2,0	2,0-8,0	> 8,0

**Pistekuormituksen alaisten** vesien luokitus lähtee siitä, että jätevesien välittömällä  
vaikutusalueella laatuluokka on korkeintaan tyydyttävä pelkän kuormituksen ole-  
massaolon takia. Luokkien raja- arvot ovat seuraavat.

		tyydyttävä	välttävä	huono	sopimaton
Fek.kolit	kpl/dl	10- 100	100-1000	yli 1000	
Klorof-A	µg/l	4- 10	10- 30	30- 100	> 100
kok.P	µg/l	13- 40	40- 80	yli 80	
Ligniini	mg/l	2- 5	5- 8	8- 20	> 20
COD lisäys%		10- 30%	30-100%	100- 200%	> 200

Happitilanne on tyydyttävässä luokassa hyvä. Välttävissä sallitaan pohjalla hapetto-  
muutta ja huonossa esiintyy happiongelmia koko vesimassassa. Sopimattomassa luo-  
kassa happitilanne on täysin sekaisin.

### Yleisluokitus

	erinomainen	hyvä	tyydytt.	välttävä	huono
väri mgPt/l	alle 50	50-100	alle 150		
sameus FTU	alle 1,5				
klorof-A µg/l	alle 4,0	4- 10	10- 20	20- 50	yli 50
kok.P µg/l	alle 12	12- 30	30- 50	50- 100	yli 100
kolit kpl/dl	alle 10	10- 50	50-100	100-1000	yli 1000
Ligniini mg/l			2- 5	5- 10	yli 10
Happi kyll% päällysvesi		80-110	70-120	40- 150	

Erinomaisessa ja hyvässä luokassa ei esiinny alusveden hapettomuutta. Tyydyttäväs-  
sä luokassa se on jo mahdollista. Välttävissä luokassa alusvesi on hapetonta ja huo-  
nossa luokassa koko vesimassan happitalous on voimakkaasti häiriintynyt. Luokissa  
välttävä ja huono voi esiintyä myös terveydelle haitallisia aineita (raskasmetallit, elo-  
hopea, klooriyhdisteet jne.).