

Tarmo Tossavainen

**Hirvensalmen Ryökäsveden syvänealueen
tila kevättalvella 2022 vedenlaadun,
sedimentin ja pohjaeläimistön havaintojen
perusteella**

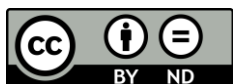


Julkaisusarja Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 88

Tekijät Tarmo Tossavainen, Karelia-ammattikorkeakoulu

Kuvat Tarmo Tossavainen, ellei toisin ole mainittu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-357-1

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2022

Sisällys

Tiivistelmä.....	4
1 Alkusanat.....	7
2 Tutkimusalue.....	8
3 Aiemmat vedenlaadun tutkimustulokset Ryökäsveden syvänehavaintopaikalta 089.....	13
3.1 Kokonaisfosforin ja -typen sekä a-klorofyllin pitoisuudet vuosina 1972-2020	15
3.2 Happipitoisuuden havainnot vuosina 1972-2020.....	20
3.3 Näkösyvyyden ja kemiallisen hapenkulutuksen havainnot vuosina 1972- 2020.....	24
3.4 Raudan ja mangaanin pitoisuuksien havainnot vuosina 1972-2020.....	27
4 Aineisto ja menetelmät kevättalvella 2022.....	30
5 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	36
5.1 Vedenlaatu ja sedimentin hapetus-pelkistysaste.....	36
5.2 Pohjasedimentti.....	37
5.3 Pohjaeläimet.....	42
6 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	44
Lähteet.....	46
Liitteet.....	47
Liite 1. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 koordinaatit (ETRS-TM35FIN) 28.02.- 01.03.2022.	
Liite 2. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 pintasedimentin laboratorioanalyysituloslomakkeet (2 diaa).	
Liite 3. Ohjeelliset, näytteenoton kohdentamisessa ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot.	

Tiivistelmä

Hirvensalmella sijaitsevan Ryökäsveden syvänealueen (kokonaissyvyys 24,7 metriä) tilaa (vedenlaatu, pohjaeläimistö ja pohjasedimentti) selvitettiin helmi-maaliskuun taitteessa 2022 Hirvensalmen osakaskunnan toimeksiannosta. Havaintojankohtana vallitsi talvikerrosteisuuden loppuvaihe, joka monin tavoin on yleisesti tärkein järvien tutkimusajankohta, koska hapen kuluminen on korkeimmillaan ja mahdollinen sisäinen kuormitus voimakkaimmillaan. Ryökäsveden syvänealueen happitilanne ja sisäinen kuormitus ennättää vielä tästäkin heikentyä ennen kevätylivirtaaman alkua ja jäiden lähtöä.

Näkösyvyys oli 4,0 metriä, joka on oligohumoosisten vesien suuruusluokkaa. Päälysveden (0...noin 10 metriä) happitilanne (noin 10...13 mg/l, 70...90 % kyllästysaste) oli hyvä. 15 metrin syvyydessä happitilanne (6 mg/l, 46 %) oli välttävää ja alusvedessä (noin 20...23,7 metriä) heikko (0,7...3,2 mg/l, 5...24 %). Hapen kuluminen on hyvin voimakasta ja sen aiheuttaa pohjaan kertynyt orgaaninen aines.

Ryökäsveden syvänealueen pintasedimentti on hyvin vesipitoista (noin 93 %). Sedimenttinäytteenotin (pituus 65 cm) täyttyi ruskehtavan mustasta ja hyvin hienojakoisesta aineksesta. Havaintopaikka on selkeä syväne, joka luontaisesti toimii sedimenttiaineksen akkumulaatio- eli kertymäalueena. Pintasedimentin redox-potentiaali oli +10 millivoltia. Tulos on looginen ja yhteneväinen pohjanläheisen veden surkean happitilanteen kanssa. Niiden perusteella mittausajankohtana pohjasta vapautui fosforia, ts. syväne oli sisäisen kuormituksen tilassa. Järven syvänteen sietokyky on siten ylittynyt.

Ryökäsveden pintasedimentin kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa verrattuna lähinnä metsä- ja maatalouden kuormittamien järvien vastaviin pitoisuuksiin verrattuna. Useimpien sedimentistä tutkittujen raskasmetallien (elohopea, kromi, kupari, sinkki) pitoisuudet olivat luonnontilaisten pitoisuuksien suuruusluokkaa. Lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet olivat hiukan kohonneita, mutta suhteellisen pieniä. Ryökäsveden pohjassa oleva sedimenttiaineksestä on valuma-alueelta tulleen ja edelleen tulevan ulkoisen haja- ja pistekuormituksen (maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus, taajamien jäte- ja hulevedet, vesiliikenne) ja järven oman tuotannosta peräisin olevan aineksen (kuollut autotrofinen ja heterotrofinen eliöstö) summa. Lisäksi osa ainevirtaamasta on ihmisen toiminnasta riippumatonta luonnonhuuhtoutumaa ja

laskeumaa ilmakehästä. Yleisesti Suomessa vesistöjen tilaan 1900-luvulla voimakkaasti vaikuttaneita suurimpia yksittäisiä tekijöitä ovat olleet heikosti toiminut yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien puhdistus 1970-luvulle saakka, metsien koneelliset uudisojitukset 1950-luvun lopulta 1980-luvulle saakka sekä tehomaatalous 1970-luvulta lähtien.

Jokainen järvi ja ylipäättäen vesialue on keskeisesti valuma-alueensa lapsi. Ryökäsvesi on joskus vastaanottanut huomattavan voimakasta kuormitusta nimenomaan lähivaluma-alueelta, koska syvänte on ajoittain hyvin huonossa kunnossa sinne kertyneen eloperäisen ja ravinnepitoisen turvelietteen vuoksi. Syvänteen pohjaeläimistö ilmentää voimakasta liettyneisyyttä ja heikkoa happitilannetta. Näytteistä löytyi muutamia surviaissääsken ja sulkasääsken toukkia, jotka tyypillisesti kestävät tämänkaltaisia heikkoja oloja.

Ryökäsveden syvänehavaintopaikan vedenlaatua on vaihtelevasti seurattu vuosina 1972–2020 Suomen Ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmään kertyneen aineiston perusteella. Päälysveden kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuudet ovat olleet oligotrofisille järvivesille tyypillisiä. Pohjanläheisen veden ajoittain kohonneet pitoisuudet ilmentävät kohtalaista sisäistä kuormitusta. Kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuus on vaihdellut oligotrofisten ja mesotrofisten järvivesien tyyppi-arvojen välillä. Vuosina 1972–2020 päälysveden happitilanne on ollut erinomainen. Pohjanläheisen veden happipitoisuus on ollut usein heikko, talven lisäksi myös avovesikaudella kesäkerrosteisuuden aikana. Veden näkösyvyyden vaihtelu on ollut voimakasta. Kemiallisen hapenkulutuksen arvot ovat olleet enimmäkseen lievästi mesohumoosisten vesien suuruusluokkaa. Päälysveden raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat olleet hyvin pieniä. Ajoittainen heikko happitilanne pohjassa on voimakkaasti kohottanut alusveden raudan ja mangaanin pitoisuuksia.

Ryökäsveden syvänteeseen soveltuisi hapetinlaite, joka johtaa hapekasta päälysvettä alusveteen kerrosteisuusoloja särkemättä. Tällä saataisiin tilanne korjattua. Hapettimen toimiessa pohjan orgaaninen aines vähitellen mineralisoituu, ikään kuin ”kompostoituu”. Orgaanisen mustanpuhuvan höttösedimentin kokonaismäärää syvänteen pohjassa ei tunneta. Riittävän kauan toimiessaan hapetinlaite muuttaa syvänteen aerobiseksi ympäristöksi. Pohjan kyky pidättää fosforia ja typpeä sekä rautaa ja mangaania toipuu; järven sietokyky elpyy. Tämä edellyttää niin pitkäaikaista hapetusta, että pintasedimentti koostuu pääosin mineraalaineksesta. Yleisesti järven ulkoinen eli valuma-alueelta tuleva kuormitus on saatava kuriin, järven sietokyvyn alittavaksi, ennen kuin

itse järvioltaassa kannattaa tavoitella tuloksellisia kunnostus- ja hoitotoimien vaikutuksia.

Ryökäsveden nykyinen kokonaisfosforin ja kokonaistypen kuormitus ja ravinnetasetarkastelu kannattaa ehdottomasti selvittää ainakin maankäytön ominaiskuormitusarvojen perusteella valuma-alueen laajuuden vuoksi.

1 Alkusanat

Tämän selvityksen tarkoituksena oli Hirvensalmen Ryökäsveden syvänealueen nykytilan (veden happitilanne, pintasedimentin laatu ja pohjaeläimistö) diagnosointi. Kiitän Hirvensalmen osakaskuntaa/Kai Ritosalo ja Reijo Tanttu erittäin mielenkiintoisesta toimeksiannosta. Erityiskiitokset Kalevi ja Veijo Puukolle sekä Seppo Tiihoselle mahtavasta talkooavusta!



Auringonlasku Hirvensalmen Ryökäsvedellä Kalevalan päivänä 28.02.2022

2 Tutkimusalue

Ryökäsvesi-Liekuneen vesiala on noin 48,7 km² (kuva 1, taulukko 1). Tästä Ryökäsveden osuus on noin 2/3. Ryökäsvesi-Liekuneen koko vesistöalueen pinta-ala on noin 3436,6 km² (Suomen Ympäristökeskus, VALUEKM10-ohjelma 29.04.2022) (taulukko 2, kuva 2). Siitä järvien ja lampien osuus on 21,3 % (noin 732 km²), joten valuma-alueen pinta-ala on noin 2704,6 km². Valtaosa valuma-alueesta (noin 91 %; 2474 km²) on metsätalousmaata. Nykyinen (2012) viljelysmaiden osuus (3,6 %) on suhteellisen vähäinen (taulukko 2).

Todellisuudessa Ryökäsvesi laskee Liekuneeseen Hirvensalmen-Haukonsalmen kautta (Puukko 2022). Ryökäsvesi on siten itsenäinen järvi, ja sen koko vesistöalueen pinta-ala on noin 190 km². Ryökäsveden valuma-alueella sijaitsee useita pienehköjä järviä (kuva 2a). Ryökäsvesi on luonteeltaan varsin latvajärvimäinen. Siten suurehko osuus valuma-alueen kuormituksesta voi päästä Ryökäsveden suhteellisen ”raakana”, vailla mainittavaa pidättymistä valuma-alueelle.

Hirvensalmen kunnan jätevedenpuhdistamo on vuodesta 1980 toiminut Liekuneen rannalla Hirvensalmen-Haukonsalmen länsipuolella (Kosunen 2013, 28).

Taulukko 1. Ryökäsvesi-Liekuneen järvikortti. Poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 29.04.2022.

Nimi	Ryökäsvesi-Liekune		
Numero	14.922.1.001	Kunta	Hirvensalmi
ELY	Etelä-Savon ELY ympäristö ja luonnonvarat		
Vesistö	14.922 Liekuneen - Ryökäsveden a		
Pohjoinen (ETRS-TM35FIN)	6832991	Itä (ETRS-TM35FIN)	489978
Pohjoinen (Euref)	61.63012	Itä (Euref)	26.81094
Korkeustaso	N60+94,70	Korkeus N2000	N2000+94,96
Vesienhoitoalue	Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue		
Säännöstelyhanke	Puulaveden (sis. Liekune ja Ryökäsvesi) säännöstely, Mikkeli,Kangasniemi,Hirvensalmi		
Luotaaja	Merenkulkuhallitus		
Luotauksen alkupäivä		Luotauksen loppupäivä	
Luotausmenetelmä			
Linjatiheys	m	Luotaustiheys	m
Tasosijainnin tarkkuus		Syvyyshavainnon tarkkuus	
Luotaustaso		Luotaustaso N2000	
Asteikko	1:407800	Luovutus MML:lle	
Saarten rantaviiva	km	Saarten lukumäärä	

Saarten pinta-ala	ha	< 100 m ²	
		100 m ² - 1 ha	
		1 ha - 1 km ²	
		> 1 km ²	
Vesiala (Ranta10)	4873,483 ha	Suurin syvyys	m
Kokonaisrantaviiva (Ranta10)	203,267 km	Tilavuus	10 ⁹ m ³
Pohjoinen (ETRS-TM35FIN)		Itä (ETRS-TM35FIN)	
Pohjoinen (Euref)		Itä (Euref)	
Keskisyvyys	m	Määritys	
Yläpuolinen valuma-alue			
Pinta-ala	ha	Järvisala	ha
PerusCD 1997 vedenpinta N60+94.7 Säännöstely N60+94.37-94.85 Peruskartalla vain MKH:n väylät			

Ryökäsveden keskeisiä kuormittajia ovat maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus sekä laskeuma ilmakehästä ja hulevedet. Lisäksi osa ainevirtaamasta on peräisin ihmisen toiminnasta riippumatonta luonnonhuuhtoutumaa.

Yleisesti Suomessa vesistöjen tilaan 1900-luvulla voimakkaasti vaikuttaneita suurimpia yksittäisiä tekijöitä ovat olleet heikosti toimineet yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien puhdistamot 1970-luvulle saakka, metsien koneelliset uudisojitukset 1950-luvun lopulta 1980-luvulle saakka sekä tehomaa- ja metsätalous 1970-luvulta lähtien. Jokainen järvi ja ylipäätään vesialue on keskeisesti valuma-alueensa lapsi. Kunkin vesialueen maankäyttöä ja sen vaikutuksia vesiekosysteemin tilaan on tarkoin tarkasteltava omana yksilönään.

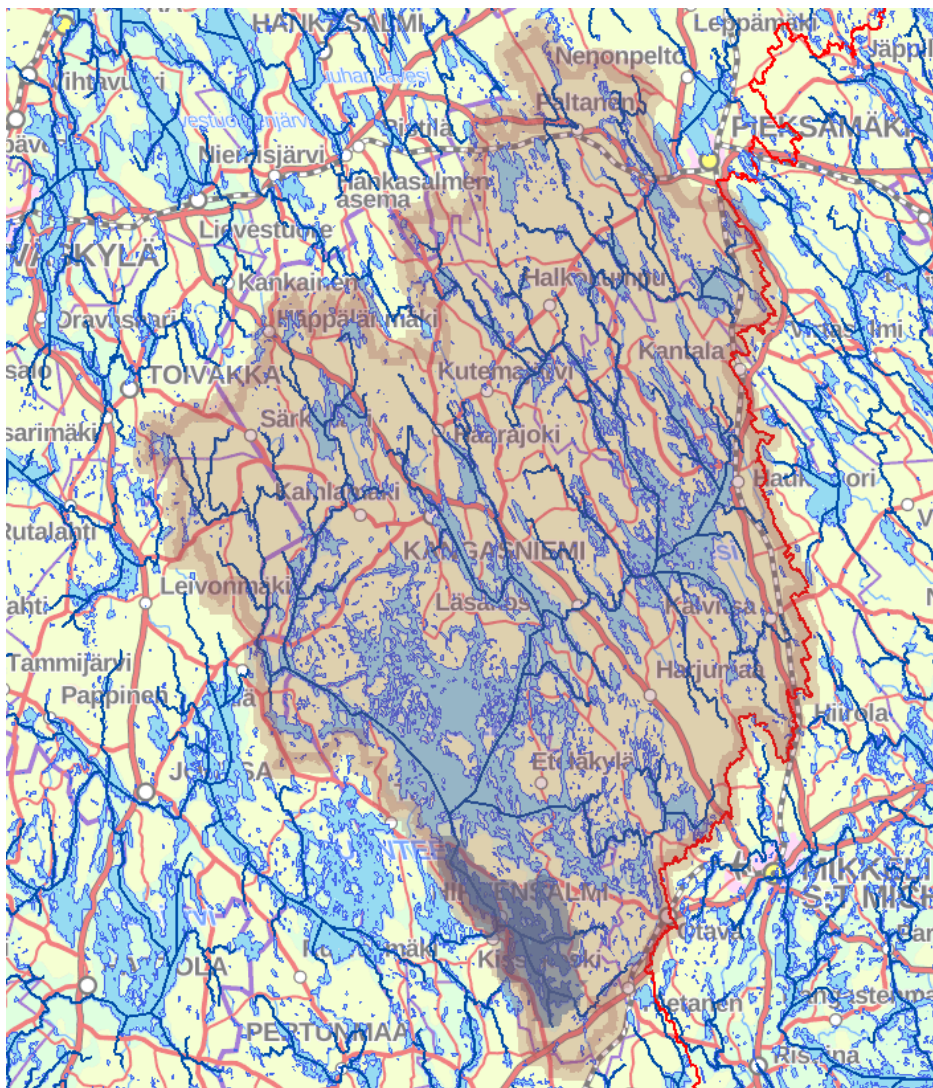
Taulukko 2. Eri maankäyttömuotojen osuudet Ryökäsveden vesistöalueen kokonaisalasta (Corine 2012) (Suomen Ympäristökeskus, VALUEKM10-järjestelmästä poimittu 29.04.2022).

Maankäyttömuoto/vastaava	Osuus vesistöalueen kokonaisalasta (%)	Pinta-ala (km ²)
asuinalueet	0,7	24,1
teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet	1,0	34,4
maa-ainesten ottoalueet, kaatopaikat ja rakennustyöalueet	0,1	3,4
virkestys- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	0,7	24,1
viljelysmaat	3,6	123,7
monivuotiset viljelmät	0,0	0,0
laidunmaat	0,0	0,0
heterogeeniset maatalousvaltaiset alueet	0,4	13,7
sulkeutuneet metsät	60,1	2065,4

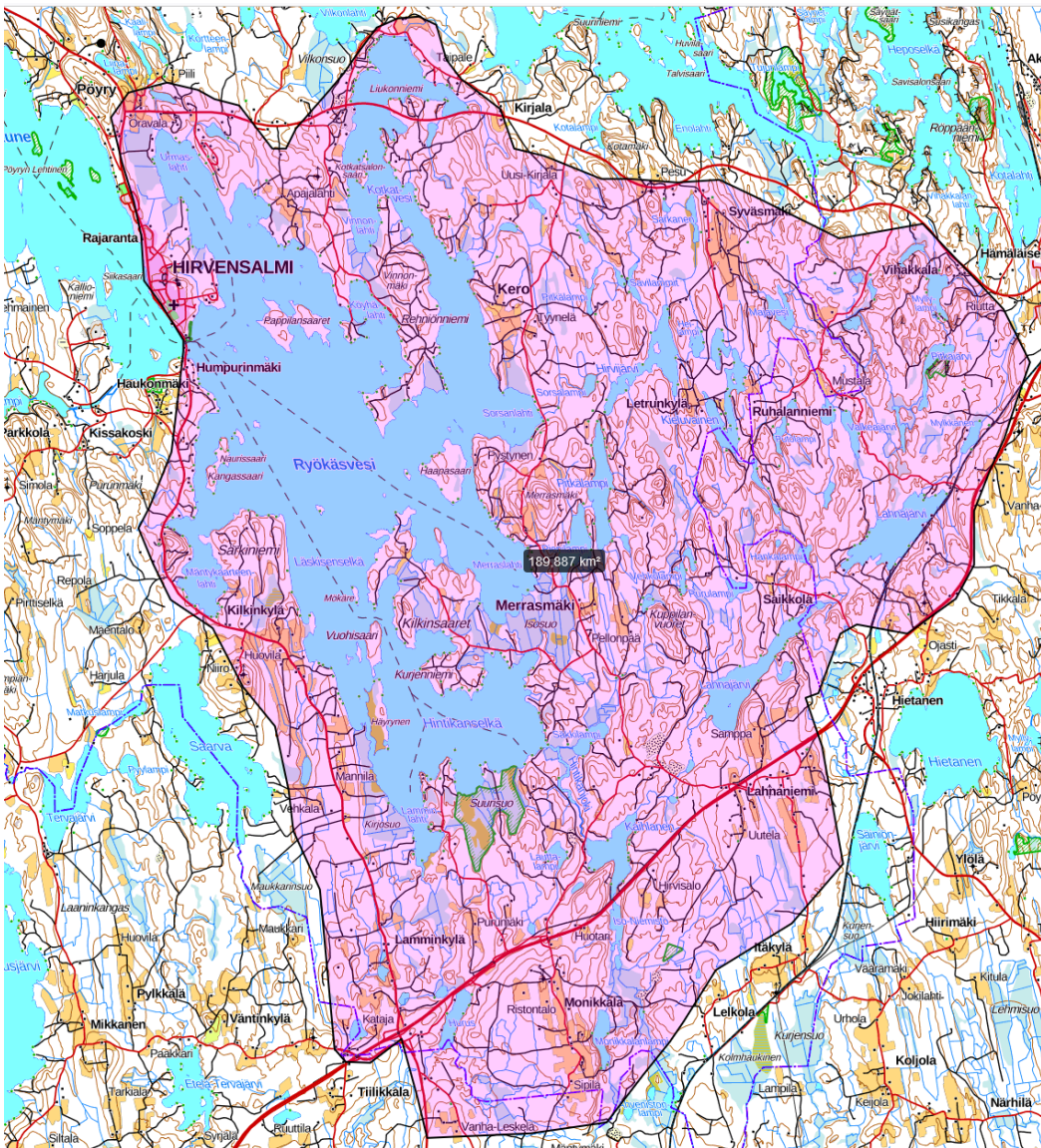
harvapuustoiset metsät, pensastot sekä avoimet kankaat	10,1	347,1
avoimet kankaat ja kalliomaat	0,0	0,0
sisämaan kosteikat ja avosuot	1,8	61,9
sisävedet	21,3	732,0
yhteensä	99,8	3429,7



Kuva 1. Ryökäsvesi, Hirvensalmi (Maanmittauslaitos, Paikkatietoikkuna, 13.11.2020).



Kuva 2. Ryökäsveden-Liekuneen vesistöalue. Määritetty Suomen Ympäristökeskuksen VA-LUEKM10-ohjelmalla 04.03.2022.



Kuva 2a. Ryökäsveden todellinen vesistöalue. Rajaus on karkeahko ja se on tehty Maanmittauslaitoksen Paikkatietoikkunan avulla 02.06.2022.

3 Aiemmat vedenlaadun tutkimustulokset Ryökäsveden syvännehavaintopaikalta 089

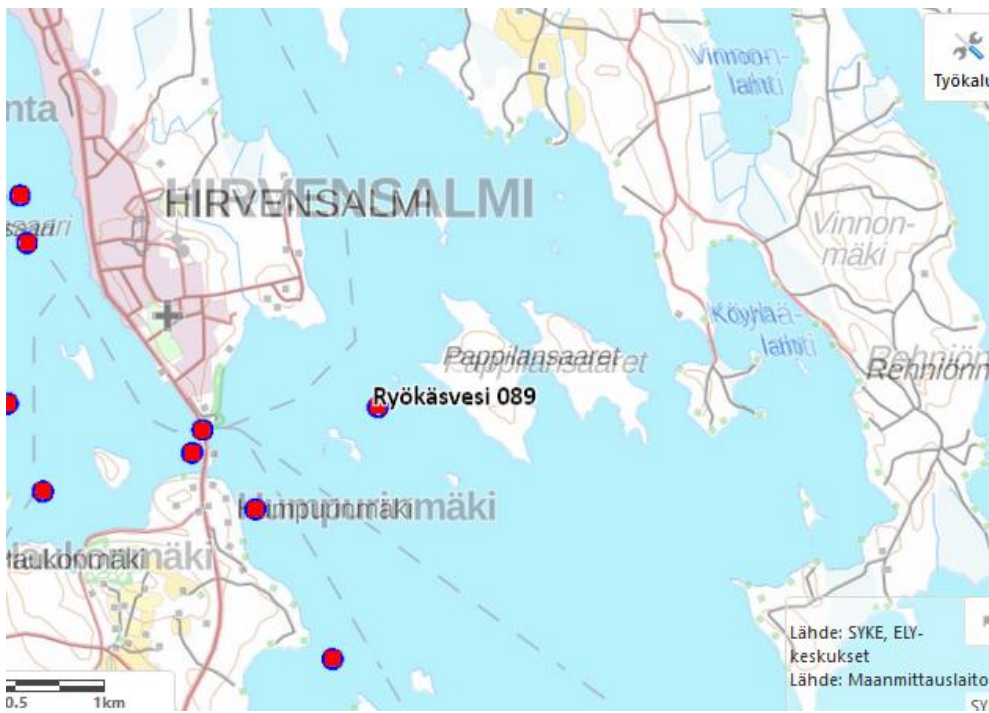
Ryökäsveden syvännehavaintopaikan vedenlaatua on vaihtelevasti seurattu vuosina 1972–2020 Suomen Ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmään kertyneen aineiston perusteella. Keskeiset mittaustulokset on esitelty kappaleissa 2.1–2.4.

Päällysveden kokonaisfosforin (4,5...7 µg/l) ja kokonaistypen (290...420 µg/l) pitoisuudet ovat olleet oligotrofisille (karuille) järvivesille tyypillisiä. Pohjanläheisen veden ajoittain kohonneet pitoisuudet (kok. P 5...24 µg/l, kok. N 370...770 µg/l) ilmentävät kohtalaista sisäistä kuormitusta (taulukot 3 ja 5, kuvat 4 ja 5). Kasviplanktonin kokonaisbiomassaa kuvaava a-klorofyllipitoisuus (2,1...4,0 µg/l) on vaihdellut oligotrofisten ja mesotrofisten järvivesien tyyppi-arvojen välillä (kuva 6 ja taulukko 7).

Happitilannetta on mitattu yhteensä 19 kertaa, vaihtelevasti talvella ja avovesiaikana, vuosina 1972–2020. Päällysveden (1,0 metriä) happitilanne on ollut erinomainen. Pohjanläheisen veden happipitoisuus on ollut heikko (0,3...4,4 mg/l) 11 kertaa kaikista havaintoajankohdista. Näin on usein ollut myös avovesikaudella kesäkerrosteisuuden aikana (kuvat 7 ja 8, taulukot 9 ja 10). Veden näkösyvyyden vaihtelu (2,0...7,1 metriä) on ollut voimakasta vuosina 1972–2020 (kuva 9 ja taulukko 12).

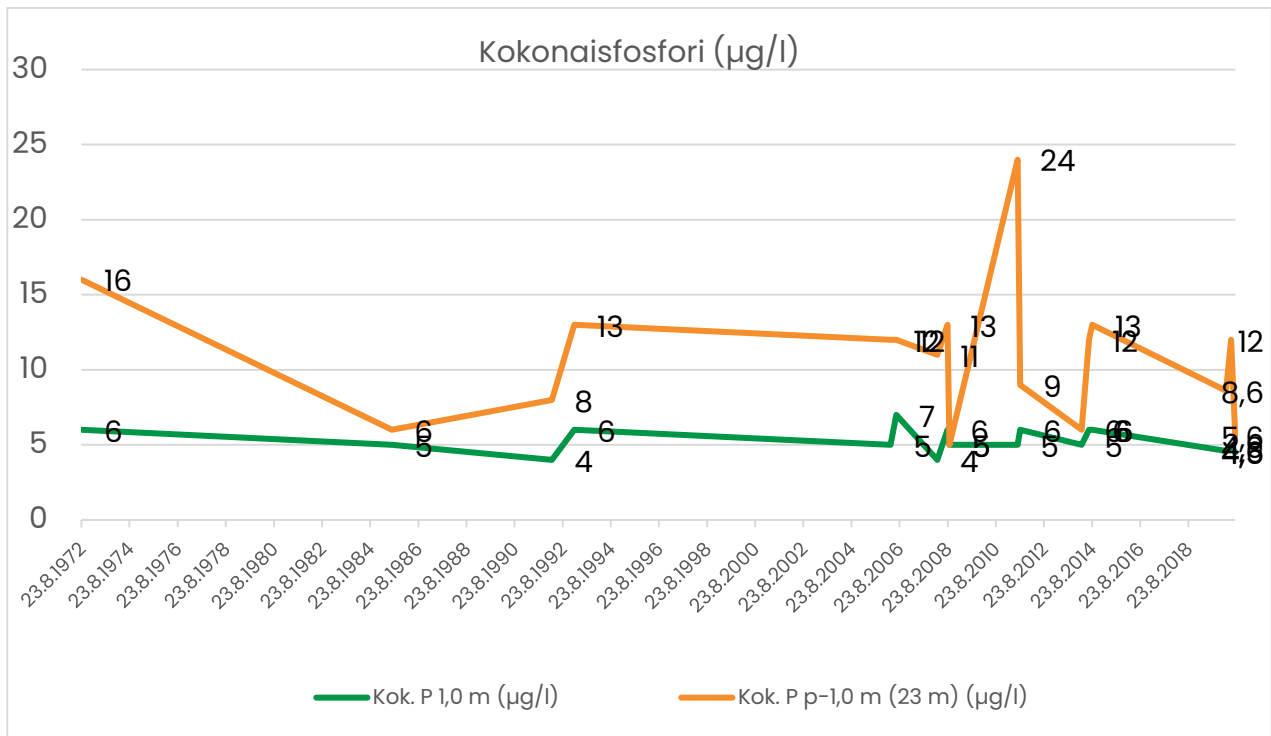
Kemiallisen hapenkulutuksen arvot päällysvedessä (5,5...7,9 mg/l O₂) ja pohjanläheisessä vedessä (5,8...15,0 mg/l O₂) ovat olleet enimmäkseen lievästi mesohumoosisten vesien suuruusluokkaa vuosina 1972–2020 (kuva 10, taulukot 13 ja 14). Päällysveden raudan (11...60 µg/l) ja mangaanin (6,2...41 µg/l) havaitut pitoisuudet ovat olleet pieniä. Talousveden suurin sallittu rautapitoisuus on 200 µg/l ja mangaanipitoisuus 50 µg/l. Molemmat metallit saostuvat riittävän hapekkaissa oloissa (redox-potentiaali yli +300 mV) järven pohjaan (kuvat 11 ja 12, taulukot 15 ja 16).

Ajoittainen heikko pohjan happitilanne on mobilisoinut metalleja alusveteen. Korkeimmat havaitut pohjanläheisen veden raudan pitoisuudet ovat olleet 1600...2400 µg/l ja mangaanin 1500...2000 µg/l (kuvat 11 ja 12, taulukot 15 ja 16).



Kuva 3. Ryökäsveden syvänehavaintopaikka 089, kokonaissyvyys noin 25 metriä (Suomen Ympäristökeskus, Herta-ympäristötietojärjestelmä, poimittu 16.11.2020).

3.1 Kokonaisfosforin ja α -typen sekä α -klorofyllin pitoisuudet vuosina 1972–2020



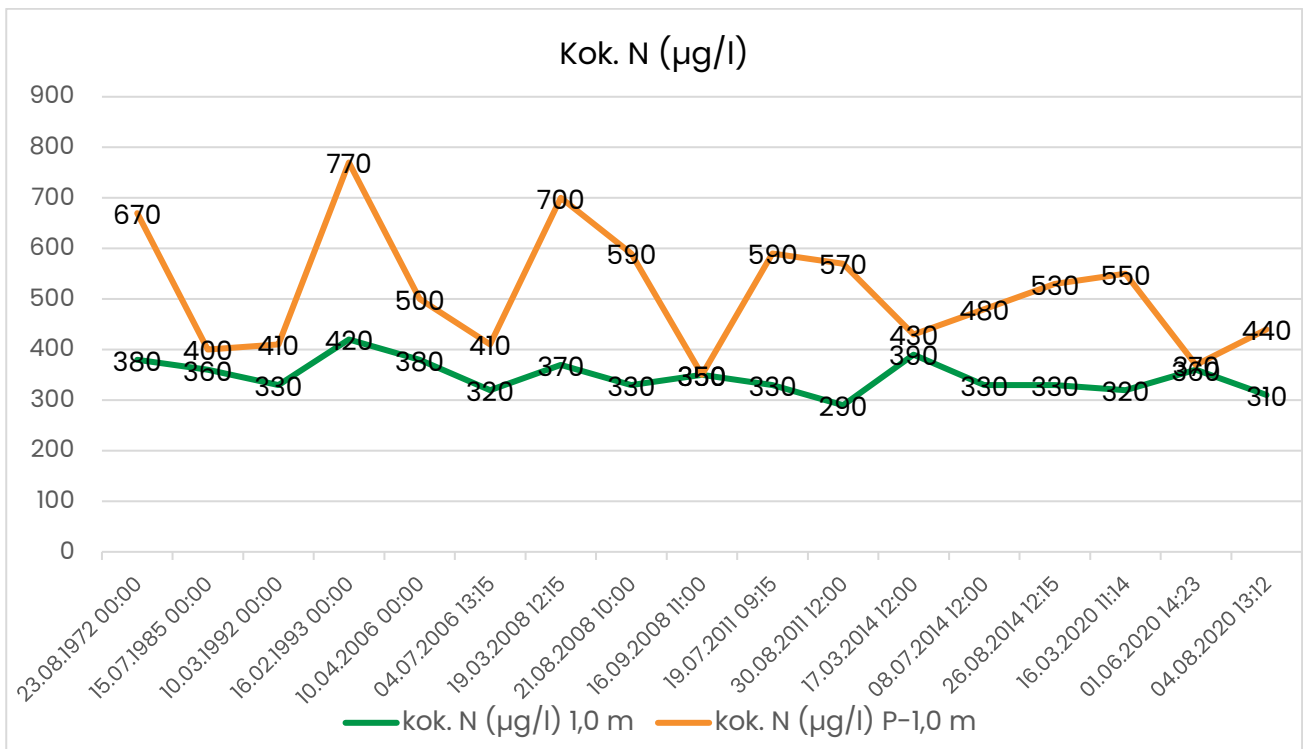
Kuva 4. Ryökäsveden havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden päällyss- (näytesyvyys 1,0 m) ja alusveden (1,0 metriä pohjan yläpuolelta) kokonaisfosforipitoisuuden havainnot vuosina 1972–2020. Käyrien perustana olevat mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta -vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

Taulukko 3. Ryökäsveden veden kokonaisfosforipitoisuudet havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys 24 metriä) päällys- ja alusvedessä vuosina 1972–2020. Poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

Näytteenottoaika	Kok. P 1,0 m (µg/l)	Kok. P p-1,0 m (noin 24 m) (µg/l)
23.08.1972	6	16
15.07.1985	5	6
10.03.1992	4	8
16.02.1993	6	13
10.04.2006	5	12
04.07.2006	7	12
19.03.2008	4	11
21.08.2008	6	13
16.09.2008	5	5
19.07.2011	5	24
30.08.2011	6	9
17.03.2014	5	6
08.07.2014	6	12
26.08.2014	6	13
16.03.2020	4,6	8,6
01.06.2020	4,9	12
04.08.2020	4,5	5,6

Taulukko 4. Järven rehevyytason luokittelu veden kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

Kok. P (µg/l)	Järven rehevyytaso	
< 5	erittäin karu	ultraoligotrofinen
5-10	karu	oligotrofinen
10-35	lievästi rehevöitynyt	mesotrofinen
35-100	rehevöitynyt	eutrofinen
> 100	ylirehevöitynyt	hypereutrofinen



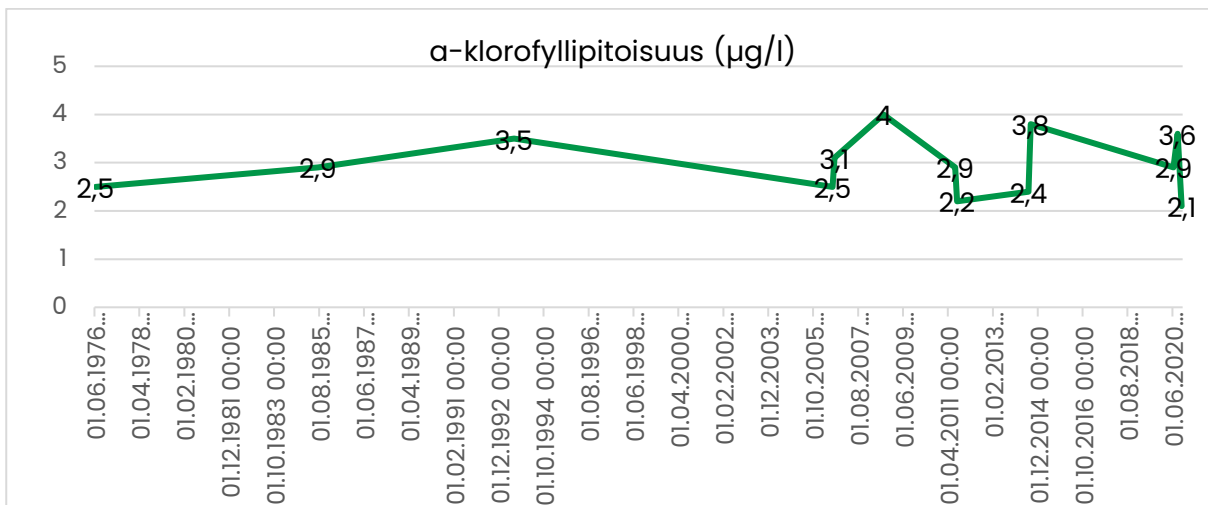
Kuva 5. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kokonaistypen pitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

Taulukko 5. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kokonaistypen havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 14.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

Havaintoajankohta	kok. N ($\mu\text{g/l}$) 1,0 m	kok. N ($\mu\text{g/l}$) P-1,0 m
23.08.1972	380	670
15.07.1985	360	400
10.03.1992	330	410
16.02.1993	420	770
10.04.2006	380	500
04.07.2006	320	410
19.03.2008	370	700
21.08.2008	330	590
16.09.2008	350	350
19.07.2011	330	590
30.08.2011	290	570
17.03.2014	390	430
08.07.2014	330	480
26.08.2014	330	530
16.03.2020	320	550
01.06.2020	360	370
04.08.2020	310	440

Taulukko 6. Järven rehevyytason luokittelu veden kokonaistyyppipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

Kok. N ($\mu\text{g/l}$)	Järven rehevyytaso	
< 400	oligotrofinen	karu
400-600	mesotrofinen	lievästi rehevöitynyt
600-1500	eutrofinen	rehevä
> 1500	hypereutrofinen	ylirehevä



Kuva 6. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kasviplanktonin α-klorofyllipitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 14.03.2022. Pitoisuus on määritetty kokoomanäytteestä 0–2 metriä.

Taulukko 7. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kasviplanktonin α-klorofyllipitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 14.03.2022. Pitoisuus on määritetty kokoomanäytteestä 0–2 metriä.

Havaintoajankohta	α-klorofyllipitoisuus (µg/l)
30.06.1976	2,5
15.07.1985	2,9
29.07.1993	3,5
04.07.2006	2,5
24.08.2006	3,1
21.08.2008	4,0
19.07.2011	2,9
30.08.2011	2,2
08.07.2014	2,4
26.08.2014	3,8
01.06.2020	2,9
04.08.2020	3,6
01.10.2020	2,1

Taulukko 8. Järven rehevyytason luokittelu kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuuden perusteella.

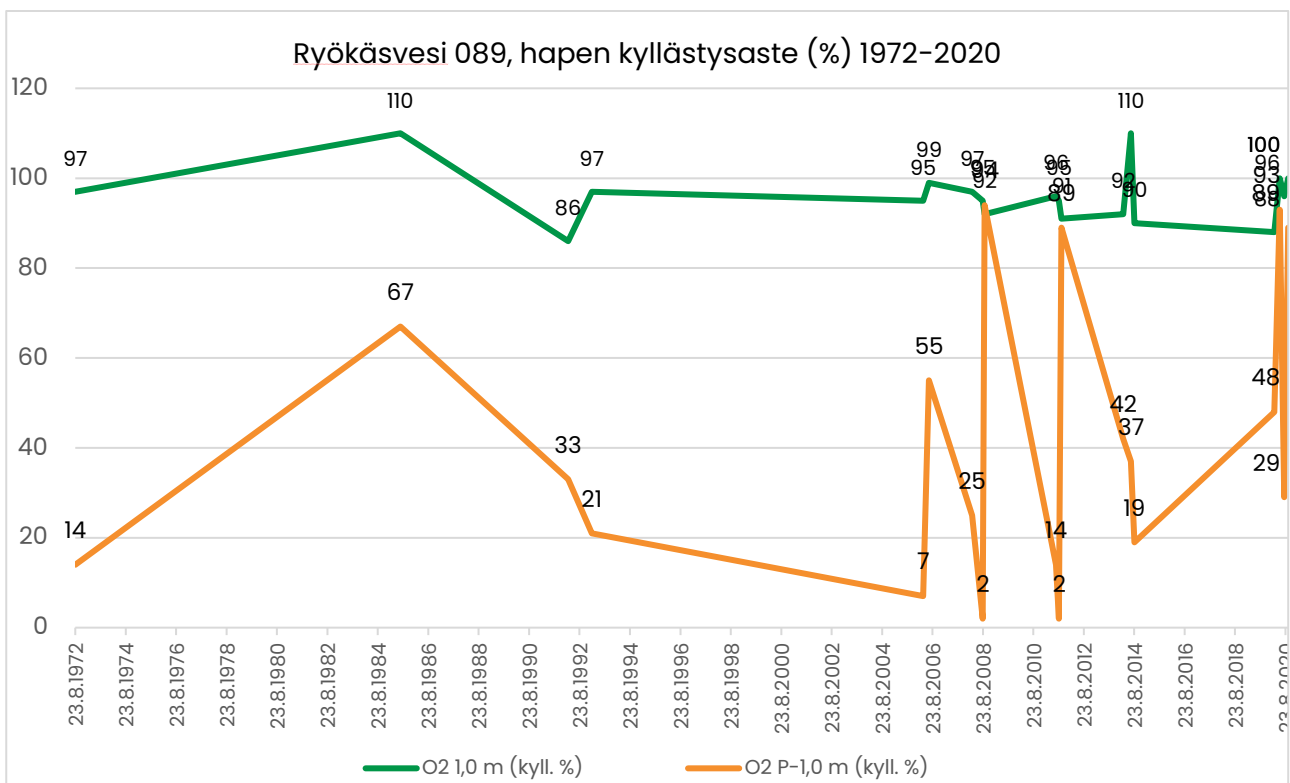
a-klorofyllipitoisuus (µg/l)	Järven rehevyytaso
< 1	ultraoligotrofinen (erittäin karu)
1...3	oligotrofinen (karu)
3...7	mesotrofinen (lievästi rehevä)
7...40	eutrofinen (rehevä)
> 40	hypereutrofinen (ylirehevä)

3.2 Happipitoisuuden havainnot vuosina 1972–2020

Taulukko 9. Ryökäsveden hapen kyllästysaste havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys 24 metriä) päälly- ja alusvedessä vuosina 1972–2020. Poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

Näytteenottoaika	O₂ 1,0 m (kyll. %)	O₂ P-1,0 m (kyll. %)
23.08.1972	97	14
15.07.1985	110	67
10.03.1992	86	33
16.02.1993	97	21
10.04.2006	95	7
04.07.2006	99	55
19.03.2008	97	25
21.08.2008	95	2
16.09.2008	92	94
19.07.2011	96	14
30.08.2011	95	2
06.10.2011	91	89
17.03.2014	92	42
08.07.2014	110	37
26.08.2014	90	19
16.03.2020	88	48

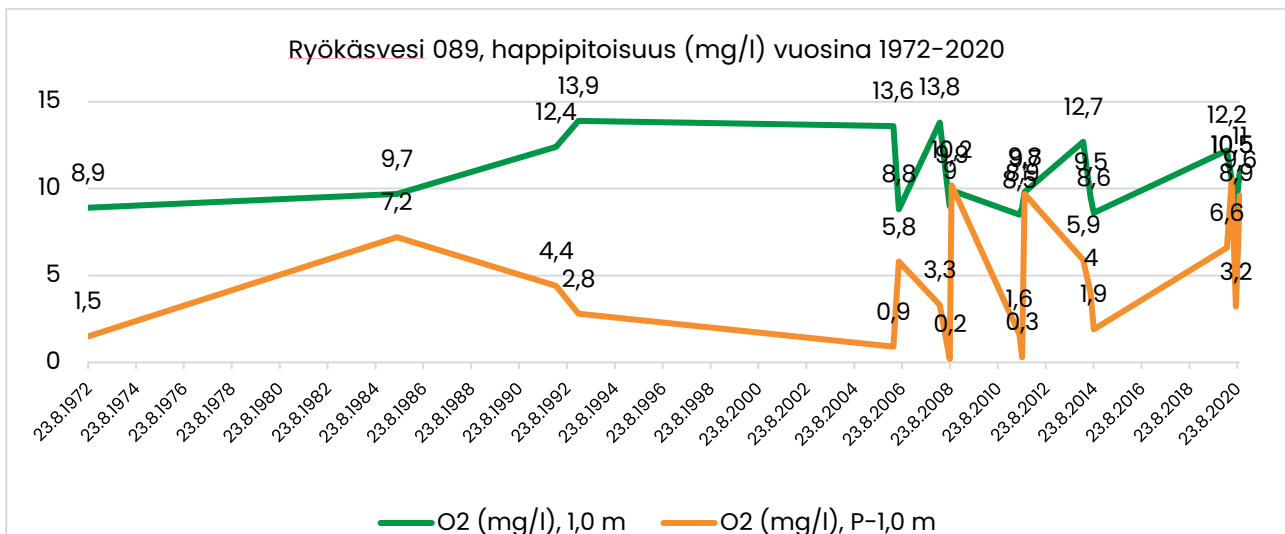
01.06.2020	100	93
04.08.2020	96	29
01.10.2020	100	89



Kuva 7. Ryökäsveden havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden päälly- (näytesyvyys 1,0 m) ja alusveden (1,0 metriä pohjan yläpuolelta) hapen kyllästysasteen havainnot vuosina 1972-2020. Käyrien perustana olevat mittaus tulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta -vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

Taulukko 10. Ryökäsveden happipitoisuus havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys 24 metriä) päällys- ja alusvedessä vuosina 1972–2020. Poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

Hav.pvm	O ₂ (mg/l), 1,0 m	O ₂ (mg/l), P-1,0 m
23.08.1972	8,9	1,5
15.07.1985	9,7	7,2
10.03.1992	12,4	4,4
16.02.1993	13,9	2,8
10.04.2006	13,6	0,9
04.07.2006	8,8	5,8
19.03.2008	13,8	3,3
21.08.2008	9,0	0,2
16.09.2008	9,9	10,2
19.07.2011	8,5	1,6
30.08.2011	8,9	0,3
06.10.2011	9,8	9,7
17.03.2014	12,7	5,9
08.07.2014	9,5	4,0
26.08.2014	8,6	1,9
16.03.2020	12,2	6,6
01.06.2020	10,5	10,5
04.08.2020	8,9	3,2
01.10.2020	11,0	9,6



Kuva 8. Ryökäsveden havaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden päällis- (näytesyvyys 1,0 m) ja alusveden (1,0 metriä pohjan yläpuolelta) happipitoisuuden havainnot vuosina 1972–2020. Käyrien perustana olevat mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta –vedenlaadun tietojärjestelmästä 13.11.2020.

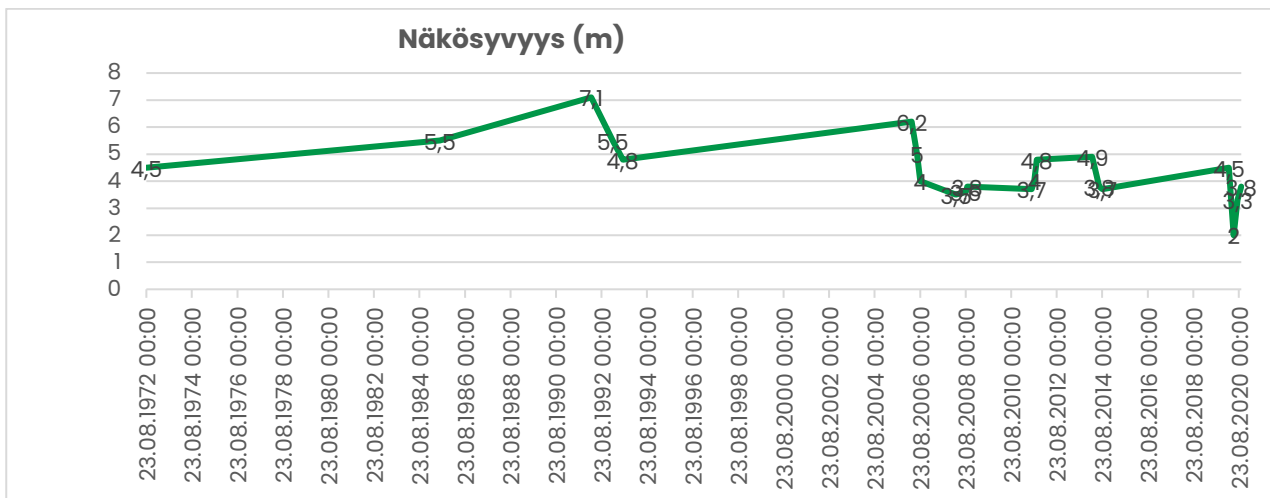
Taulukko 11. Eräiden kalalajien veden happipitoisuuden vaatimusrajoja.

Laji	Optimipitoisuus (mg/l)	Tyydyttävä olotila (mg/l)	Perusaineenvaihdunnan raja (kuolettava raja) (mg/l)
ahven	7...11	5...7	1,0, 1,1...1,3
särki		4	0,7
kuha	7...11	5...7	1,0
hauki, kiiski		4	1,0
ankerias, suutari ja ruutana		2...4 (viihtyvät hyvin)	0,1...0,3
mutu, kivenuoliainen ja kivi-simppu	7...11	5	
turpa, törö, made	7...11	5...7	
karpپی, lahna		0,5	
taimen, lohi, kirjolohi, siika, muikku ja myös useimmat muut lohikalat	7...11	5...7	1,5...2,6, 3,5...4,0 (kriittinen), 2,5...3,0 (oleskelu vähän aikaa)
peledsiika		4...5 (lämpötila oltava alle +20 °C)	
puronieriä			1,0...1,5 (+3,5...+11 °C), 2,4...3,7 (+16...+24 °C)

3.3 Näkösyvyyden ja kemiallisen hapenkulutuksen havainnot vuosina 1972–2020

Taulukko 12. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki näkösyvyyden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022.

Havaintopvm	Näkösyvyys (m)
23.08.1972	4,5
15.07.1985	5,5
10.03.1992	7,1
16.02.1993	5,5
29.07.1993	4,8
10.04.2006	6,2
04.07.2006	5,0
24.08.2006	4,0
19.03.2008	3,5
21.08.2008	3,6
16.09.2008	3,8
19.07.2011	3,7
30.08.2011	4,0
06.10.2011	4,8
17.03.2014	4,9
08.07.2014	3,8
26.08.2014	3,7
16.03.2020	4,5
01.06.2020	2,0
04.08.2020	3,3
01.10.2020	3,8

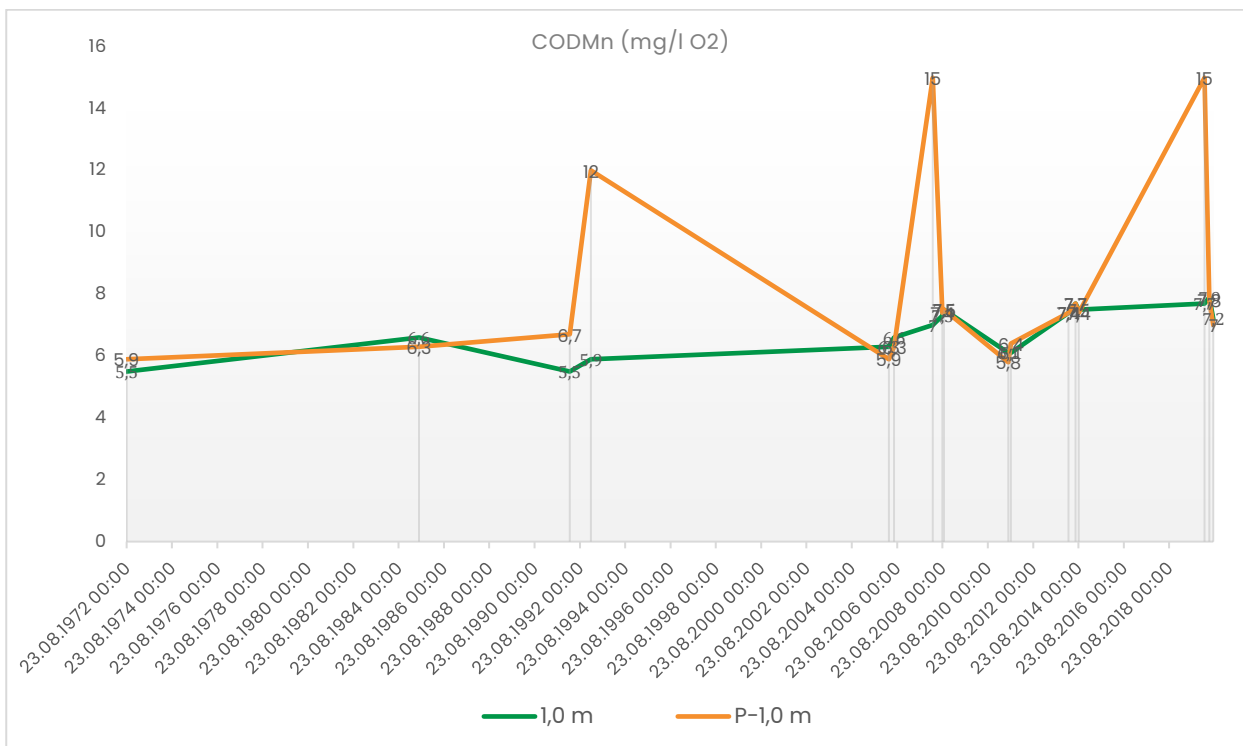


Kuva 9. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki näkösyydyden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022.

Taulukko 13. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kemiallisen hapenkulutuksen havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

Havaintoajankohta	COD _{Mn} (mg/l O ₂) näytesyvyys 1,0 m	COD _{Mn} (mg/l O ₂) näytesyvyys P-1,0 m
23.08.1972	5,5	5,9
15.07.1985	6,6	6,3
10.03.1992	5,5	6,7
16.02.1993	5,9	12
10.04.2006	6,3	5,9
04.07.2006	6,6	6,3
19.03.2008	7,0	15,0
21.08.2008	7,3	7,4
16.09.2008	7,5	7,5
19.07.2011	6,1	5,8
30.08.2011	6,1	6,4
17.03.2014	7,4	7,4
08.07.2014	7,7	7,7

26.08.2014	7,5	7,4
16.03.2020	7,7	15,0
01.06.2020	7,9	7,8
04.08.2020	7,2	7,0



Kuva 10. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki kemiallisen hapenkulutuksen havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

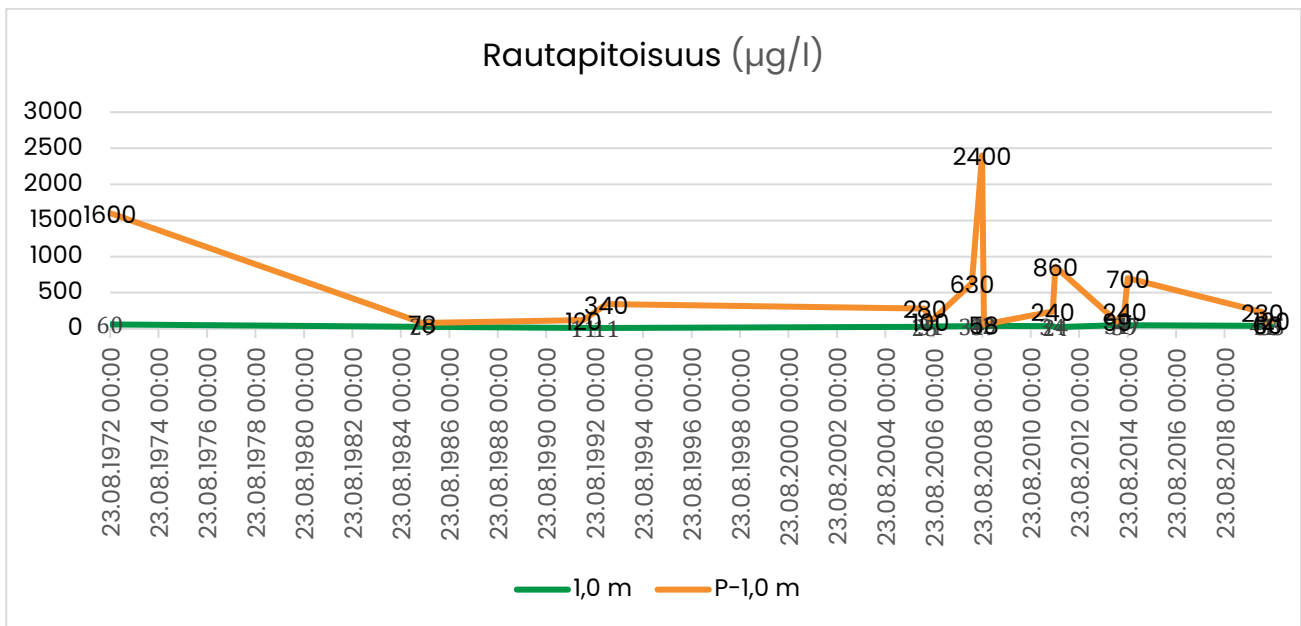
Taulukko 14. Veden humuspitoisuuden luokittelu näkösyvyyden, värin ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) perusteella.

Näkösyvyys (m)	Veden väri (mg Pt/l)	Veden COD _{Mn} (mg/l O ₂)	Järven humoosisuusaste
< 1,25	> 80	> 15	polyhumoosinen (erittäin humuspitoinen)
1,25...3,5	40...80	5...15	mesohumoosinen (humuspitoisuus keskimääräinen)
> 3,5	< 40	< 5	oligohumoosinen (niukasti humusta)

3.4 Raudan ja mangaanin pitoisuuksien havainnot vuosina 1972–2020

Taulukko 15. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki rautapitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

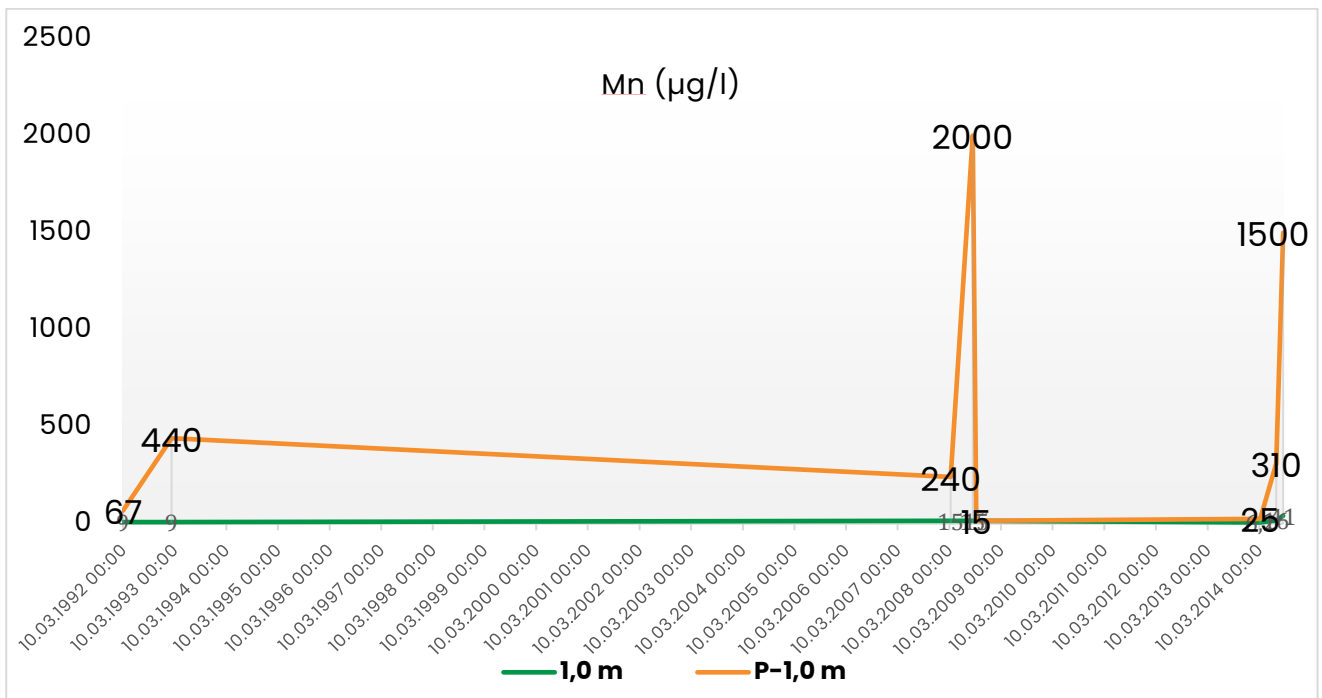
Havaintoajankohta	Fe (µg/l), näytesyvyys 1,0 m	Fe (µg/l), näytesyvyys P-1,0 m
23.08.1972	60	1600
15.07.1985	29	78
10.03.1992	11	120
16.02.1993	11	340
10.04.2006	25	280
04.07.2006	31	100
19.03.2008	34	630
21.08.2008	42	2400
16.09.2008	39	58
19.07.2011	34	240
30.08.2011	24	860
17.03.2014	51	99
08.07.2014	39	240
26.08.2014	47	700
16.03.2020	41	230
01.06.2020	38	60
04.08.2020	35	120



Kuva 11. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki rautapitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

Taulukko 16. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki mangaanipitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

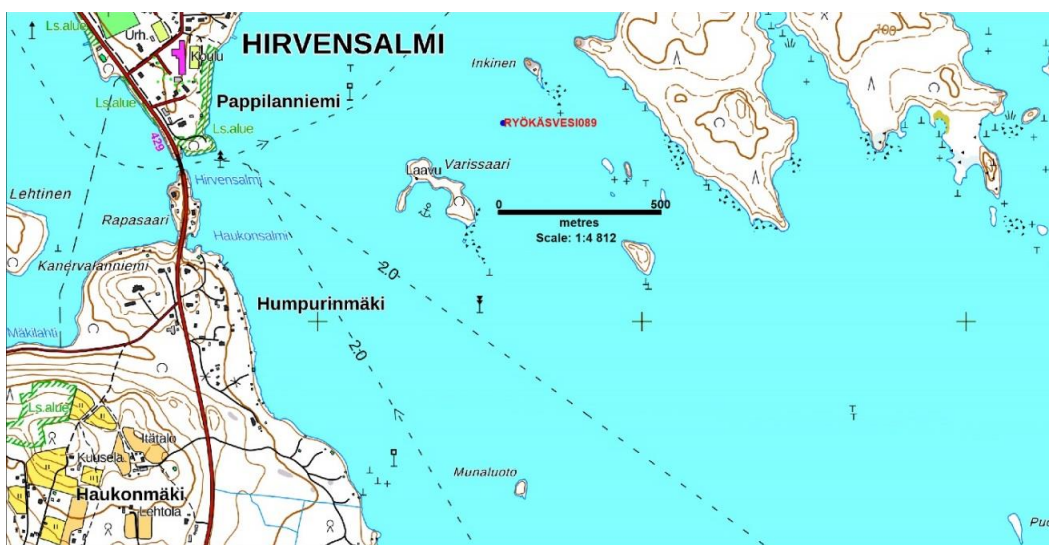
Havaintoajankohta	Mn (µg/l), näytesyvyys 1,0 m	Mn (µg/l), näytesyvyys P-1,0 m
10.03.1992	9	67
16.02.1993	9	440
19.03.2008	15	240
21.08.2008	15	2000
16.09.2008	15	15
17.03.2014	6,2	25
08.07.2014	16	310
26.08.2014	41	1500



Kuva 12. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys noin 25 metriä) veden kaikki mangaanipitoisuuden havainnot, poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 04.03.2022. Näytesyvyys P-1,0 m; 1,0 metriä pohjan yläpuolelta eli noin 24 metriä.

4 Aineisto ja menetelmät kevät-talvella 2022

Helmi-maaliskuun taitteessa 2022 Ryökäsveden syvännealueen nykytilan selvityksessä käytetyt välineet ja menetelmät on esitelty taulukoissa 17 ja 18 sekä kuvissa 14–20. Havaintopaikka ilmenee kuvasta 13 ja sen koordinaatit liitteestä 1.



Kuva 13. Ryökäsveden syvännehavaintopaikka 089. Vedenlaadun, pohjasedimentin ja pohjaelämistön mittaukset ja näytteiden taltiointi 28.02. – 01.03.2022.

Taulukko 17. Kevättalven 2022 tutkimuksessa käytetyt välineet ja laitteet.

Työvaihe	Välineet, lisähuomautukset
Sedimentin näytteenotto ja hapetus-pelkistysasteen (eli redox-potentiaal) mittaus pintasedimentistä	Viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin, redox-mittari
Syvännealueen sedimentin sedimenttinäytteiden taltiointi laboratorioanalyysjä varten	Limnos-sedimenttinoudin, pakastepurkkeja; näytteiden välitön pakastaminen
Sedimenttinäytteiden analysointi (vesipitoisuus, haihdutushäviö, hehkutusjäännös, lyijy, kadmium, alumiini, kokonaisfosfori, kromi, kupari, rauta, sinkki, elohopea, kokonaistyyppi)	standardimenetelmät, Kokemäenjoen Vesiensuojeluyhdistyksen laboratorio, Tampere
Veden happipitoisuuden ja lämpötilan mittaus pinnasta pohjaan	YSI Pro ODO –kenttämittari
Pohjaeläinnäytteiden otto syvännealueelta; 3 rinnakkaisnäytettä	Ekman-pohjaeläinnoudin, siiviläsankko, säilöntäainetta (92% etanolia)

Taulukko 18. Eräiden sedimentin sisältämien metallien pitoisuuksien laskentakaavat standardisedimentin pitoisuuksiksi muuntamiseksi (Ympäristöministeriö 2015, 65).

Normalisointikaavat

Metallit ja puolimetallit

Metallien ja puolimetallien pitoisuudet korjataan standardisedimentin pitoisuuksiksi käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$C_{\text{korj}} = C \times \frac{a + b \times 25 + c \times 10}{a + b \times \text{savi} + c \times \text{org. aines}}$$

, missä

C_{korj} = pitoisuus (kuiva-aineessa) standardisedimentissä

C = mitattu pitoisuus (kuiva-aineessa)

savi = mitattu saven (<2 µm) osuus prosentteina kuivapainosta

org. aines = mitattu orgaanisen aineksen osuus prosentteina kuivapainosta. Kaavassa orgaanisen aineksen osuus voi olla korkeintaan 30 %. Metallien muunnoskaavaan sijoitetaan orgaanisen aineksen osuudeksi 30, kun osuus on suurempi kuin 30 %. Kaavassa orgaaninen aines tarkoittaa hehkutushäviönä (550 °C, 2-2½ tuntia) saatua arvoa. Jos orgaaninen aines mitataan TOC:na, kerrotaan tulos kahdella ennen kaavaan sijoittamista.

vakiot a, b ja c eri alkuaineille

Alkuaine	a	b	c
As	15	0,4	0,4
Cd	0,4	0,007	0,021
Cr	50	2	0
Cu	15	0,6	0,6
Hg	0,2	0,0034	0,0017
Ni	10	1	0
Pb	50	1	1
Zn	50	3	1,5

Kromin ja nikkelin sitoutuminen sedimenttiin ei riipu orgaanisen aineksen osuudesta. Arseenin, kuparin ja lyijyn kohdalla saven ja orgaanisen aineksen osuuksilla on yhtä suuret painoarvot.



Kuva 14. Happikenttämittari YSI Pro ODO.



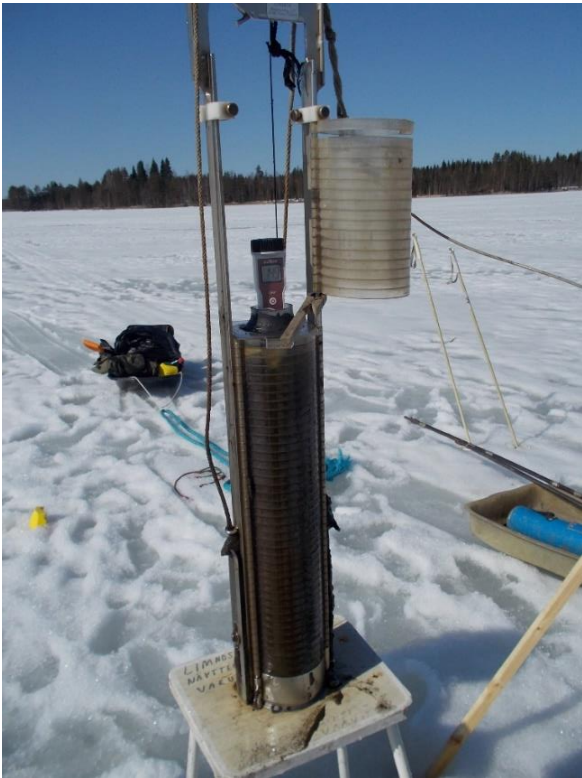
Kuva 15. Järven pohjaeläinnäyte on juuri otettu Ekman-tyyppisellä noutimella Kerimäen (Savonlinna) Kuonanjärvellä huhtikuussa 2018. Kuva: Joanna Latoszek.



Kuva 16. Vasemmalta lukien Seppo Tiihonen, Tarmo Tossavainen, Veijo Puukko ja Hannu Mikander valmistautumassa Ryökäsveden syvänteen (kokonaissyvyys 24,7 metriä) pohjasedimentin näytteenottoon viipaloivalla Limnos-sedimenttinoutimella 28.02.2022. Kuva: Kalevi Puukko.



Kuva 17. Veijo Puukko (vas.) ja Tarmo Tossavainen valmistelemissa Ryökäsveden syvänteen (kokonaissyvyys 24,7 metriä) pohjasedimenttinäytettä hapetus-pelkistysasteen mittausta varten 28.02.2022. Kuva: Kalevi Puukko.



Kuva 18. Redox-potentiaalia eli hapetus-pelkistysastetta mitataan järven pintasedimentistä. Sedimenttinäyte on otettu viipaloivalla Limnos-näytteenottimella.



Kuva 19. Vasemmalta lukien Seppo Tiihonen, Kalevi Puukko ja Veijo Puukko kokoamassa mittalaitteita ja näytteenottimia Ryökäsveden syvänteellä auringonvalon vähitellen hiipuesssa 28.02.2022.



Kuva 20. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan pohjaeläinnäytteitä tutkitaan Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa 03.03.2022.

5 Tulokset ja niiden tarkastelu

5.1 Vedenlaatu ja sedimentin hapetus-pelkistysaste

Helmi-maaliskuun taitteessa 2022 Ryökäsveden syvänteen veden happitilanne oli hyvä (9,6...13,1 mg/l, 70,5...91,1 %) noin kymmeneen metriin saakka. Alusveden (20...23,7 metriä) happitilanne (0,7...3,2 mg/l, 5,1...24,3 %) oli pohjaa lähestyttäessä erittäin heikko (taulukko 19). Pintasedimentin alhainen redox-potentiaalin arvo (+10 millivolttia) oli johdonmukainen pohjanläheisen veden heikon happitilanteen kanssa (taulukot 19 ja 21). Näiden mitaustulosten perusteella havaintoajankohtana syvänteessä on hyvin todennäköisesti esiintynyt selkeästi sisäistä kuormitusta. Tällöin varsinkin fosforia, typpeä, rautaa ja mangaania vapautuu järven pohjasedimentistä (katso myös kappale 2). Viimeistään kevättäyskierron aikana nämä pohjasta vapautuneet aineet ovat perustuottajien (kasviplankton ja ranta- sekä vesimakrofytyt ja perifytonlevät) käytettävissä ja järven rehevöityminen kiihtyy.

Taulukko 19. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 eräät vedenlaadun ja pintasedimentin ominaisuudet 28.02.2022.

Kok.syv. (m)	Näkösyv. (m)	Mittaussyv. (m)	Lämpötila (°C)	O₂ (mg/l)	O₂ (kyll. %)	Pintasedimentin redox-potentiaali (mV)
24,7	4,0	1,0	+0,7	13,1	91,1	+10
		3,0	+1,4	12,7	90,0	
		6,0	+2,1	11,5	83,1	
		10,0	+2,9	9,6	70,5	
		15,0	+3,7	6,1	45,8	
		20,0	+3,9	3,2	24,3	
		22,7	+4,0	1,7	13,1	
		23,7	+4,5	0,7	5,1	

Taulukko 21. Veden ja pohjasedimentin eräitä tärkeitä redox-potentiaalin (E_h) raja-arvoja.

E_h -arvo (muutos) (mV)	Kemiallinen/biologinen tapahtuma
+520	järvivesi on hapella kyllästynyt
+450 \Rightarrow +400	$\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{NO}_2^-$
+400 \Rightarrow +350	$\text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NH}_4^+$
+300 \Rightarrow +200	Fe^{3+} (ferrirauta) \Rightarrow Fe^{2+} (ferrorauta)
+300 \Rightarrow +200	FePO_4 (= "järvimalmi") \Rightarrow $\text{Fe}^{2+} + \text{PO}_4^{3-}$ (järven sisäinen kuormitus)
+240	muikun mädin kehittymiselle alaraja
+100 \Rightarrow +60	$\text{SO}_3^{2-} \Rightarrow \text{S}$
-150	H_2S :ä (rikkivety eli divetyysulfidi) alkaa vapautua pohjasedimentistä
-250	CH_4 :a (metaani) alkaa vapautua pohjasedimentistä

5.2 Pohjasedimentti

Ryökäsveden syvänealueen pintasedimentti on hyvin vesipitoista (92,9 %). Siten sen tiheys (1,032 tonnia/kuutiometri) on myös lähellä "pelkän" veden tiheyttä (taulukko 22). Kuiva-aineen osuus sedimentin massasta on 7,1 %. Tästä orgaanisen aineksen (hehkutushäviönä arvioituna) osuus on noin 30 %. Loppuosa kuiva-aineesta on siten mineraalainesta (hehkutusjäännöksenä arvioituna) (taulukko 22, liite 2).

Sedimenttinäytteenottimen pituus oli 65 cm. Laite täyttyi tästä ruskehtavan mustasta, hyvin hienojakoisesta ja vesipitoisesta aineksesta. Siten tämän "höttösedimentin" kokonaisuus ei voitu nyt selvittää. Havaintopaikka 089 on selkeä syväne, joka luontaisesti toimii sedimenttiaineksen akkumulaatio- eli kertymäalueena.

Ryökäsveden pintasedimentin kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa verrattuna eräiden muiden, vaihtelevasti lähinnä metsä- ja maatalouden kuormittamien järvien vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (taulukko 25). Useimpien sedimentistä tutkittujen raskasmetallien (elohopea, kromi, kupari, sinkki) pitoisuudet olivat luonnontilaisten pitoisuuksien ("pitoisuustaso I") suuruusluokkaa (taulukko 24, kuva 21). Lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet olivat hiukan kohonneita ("pitoisuustaso IA") luonnontilaiseksi määritellyyn sedimenttiin verrattuna (taulukko 24, kuva 21). Nekin olivat suhteellisen pieniä ja ympäristöviranomaisen luokittelukriteerien perusteella niillä ei ole vaikutusta esimerkiksi ruoppausaineksen läjityskelpoisuuteen.

Ryökäsveden pohjassa oleva sedimenttiaines on valuma-alueelta tulleen ja edelleen tulevan ulkoisen haja- ja pistekuormituksen (maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus, taajamien jäte- ja hulevedet, vesiliikenne) ja järven oman tuotannosta peräisin olevan aineksen (kuollut autotrofinen ja hetetotrofinen eliöstö) summa. Lisäksi osa ai-nevirtaamasta on ihmisen toiminnasta riippumatonta luonnonhuhutoutumaa ja las-keumaa ilmakehästä. Järven oman tuotannon kasvu on saanut nimenomaan vauhtia valuma-alueelta tulleesta kohonneesta kuormituksesta.

Yleisesti Suomessa vesistöjen tilaan 1900-luvulla voimakkaasti vaikuttaneita suurimpia yksittäisiä tekijöitä ovat olleet heikosti toimineet yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien puhdistamot 1970-luvulle saakka, metsien koneelliset uudisojitukset 1950-luvun lopulta 1980-luvulle asti sekä tehomaatalous 1970-luvulta lähtien. Jokainen järvi ja ylipäätään vesialue on keskeisesti valuma-alueensa lapsi.

Taulukko 22. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 pintasedimentin laskennallinen tiheys kevättalvella 2022. Laskentakaava: FT, geologi Arto Itkonen, FCG Oy.

Havaintopaikka	Vesipit. %/FS	Kuiva-ainepit. %/FS	Hehikutushäviö %/DW	Tiheys (lasken- nallinen) tn/m ³	Lisätiedot
Ryökäsvesi, syväne 089, 0-10 cm, 28.2.2022	92,9	7,1	29,6	1,032	ruskehtavan musta aines

Taulukko 23. Laboratorioanalyysijä varten taltioidut sedimenttinäytteet 28.2.2022, Ryökäsvesi 089, kokonaissyvyys 24,7 metriä.

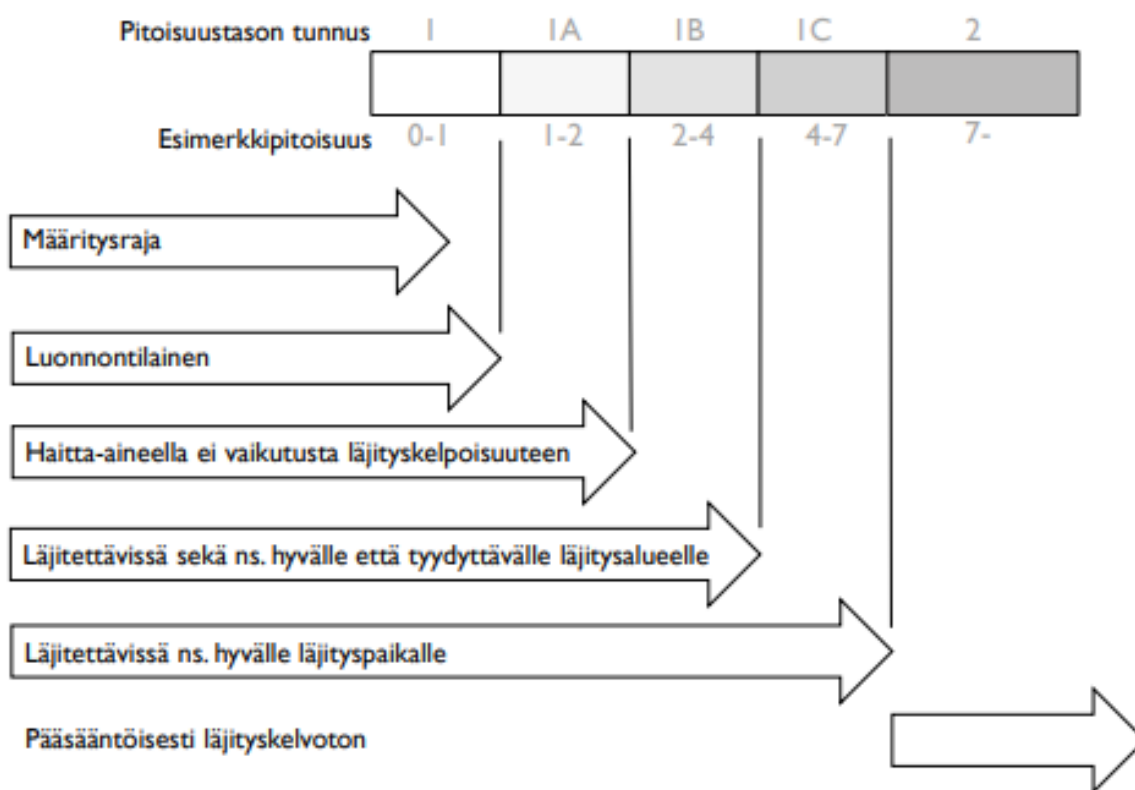
Näyte (nro)	Näytteen profiilin pituus (cm)	Sedimentin ulkonäkö
1	0...10	hienojakoinen, hyvin vesipitoinen, ruskehtavan musta aines
2	10...30	hienojakoinen, hyvin vesipitoinen, ruskehtavan musta aines
3	30...40	hienojakoinen, hyvin vesipitoinen, ruskehtavan musta aines

Taulukko 24. Eräiden järvien pintasedimentin ominaisuuksia (Jukajärvi ja Aittokorvenlampi: Tos-savainen 2013, 2022, Purnulampi: Haaranen & Ketolainen 2011). Pitoisuustasot I ja IA ovat normalisoituja (Ympäristöministeriö 2015, 41) ja järvien pitoisuudet normalisoimattomia, ellei erikseen mainita. Katso myös kuva 21 ja Liite 3. X) Normalisoitujen pitoisuuksien laskentakaava on esitetty taulukossa 18.

Järvi (sijainti-kunta)	Jukajärvi (Kontiolahti, Kiihtelysvaara)	Aittokorvenlampi (Kontiolahti)	Purnulampi (Lieksa)	Ryökäsvesi (Hirvensalmi)	Ryökäsvesi (Hirvensalmi): normalisoidut pitoisuudet(X)	Pitoisuustaso I	Pitoisuustaso IA
Havaintopvm	15.3.2012	20.3.2021	20.3.2011	28.2.2022	28.2.2022	..	..
valuma-alueen maankäyttö	metsä- ja maatalous, haja- ja loma-asutus	metsätalous	metsä- ja maatalous	metsä- ja maatalous, haja- ja loma-asutus, taajamat	metsä- ja maatalous, haja- ja loma-asutus, taajamat	..	..
järven tilan yleisluonnehdinta	mesotrofinen	meso-eutrofinen,	meso-eutrofinen	oligotrofinen	oligotrofinen	..	..
näytesyvyys	0–20 cm	0–20 cm	0–20 cm	0–10 cm	0–10 cm	..	..
sedimentin ulkonäkö	Lähes piki-musta hienojakoinen aines	pikimusta hienojakoinen aines	vaaleahkonruskeahienojakoinen aines	hienojakoinen, ruskehtavan musta aines	hienojakoinen, ruskehtavan musta aines	..	..
vesipitoisuus (%)	90,0	92,9	93,4	92,9	92,9	..	..
Cd (mg/kg kuiva-ainetta)	0,97	0,12	0,58	1,6	0,83	<0,5	0,5–2,5
Pb (mg/kg kuiva-ainetta)	4,9	2	19	78	44,2	<40	40–80
Al (mg/kg kuiva-ainetta)	7900	3,3	..	19	..	..	..
Cr (mg/kg kuiva-ainetta)	21	15,1	23	31	16,3	<65	65–270
Cu (mg/kg kuiva-ainetta)	18	8,1	34	36	17,3	<35	35–50
Fe (mg/kg kuiva-ainetta)	7900	245	..	53	..	..	..
Hg (mg/kg kuiva-ainetta)	0,11	0,056	0,11	0,16	0,1	<0,1	0,1–0,6
Zn (mg/kg kuiva-ainetta)	260	82	85	220	100,8	<170	170–360

Pitoisuustasoja annettaessa on pyritty huomioimaan yleisesti saavutettavissa olevat ainekohtaiset määrittärajat siten, että taso 1 on vähintään kaksinkertainen tällaiseen määrittärajään verrattuna (kuva 5). Esimerkiksi öljyhiilivedyillä C10-C40 saavutettavissa olevaksi määrittärajaksi on arvioitu 50 mg/kg ja taso 1 on asetettu pitoisuuteen 100 mg/kg.

Mikäli haitta-aineen pitoisuus alittaa tämän saavutettavissa olevan määrittärajän, ei tulosta normalisoida eikä huomioida riskitarkastelussa. Sen sijaan tuloksen voidaan ilmoittaa olevan alle määrittärajän ja käytetyn analyttisen menetelmän määrittärajä ilmoitetaan samassa yhteydessä.



Kuva 21. Sedimentin sisältämien aineiden ja yhdisteiden pitoisuustasojen kuvaukset (Ympäristöministeriö 2015, 42). Katso myös taulukko 24 ja liite 3.

Taulukko 25. Hirvensalmen Ryökäsveden ja eräiden itäsuomalaisten järvien sekä Parkanon Ison Somerojärven löyhien ja hyvin vesipitoisten pintasedimenttien kokonaisravinnepitoisuuksia (Tossavainen 1997, 2014, 2016, 2018, 2021, Kolin Purnulampi: Haaranen ja Ketolainen 2011). Kaikki pitoisuusmittaukset on tehty sertifioiduissa ja akkreditoituissa laboratorioissa. Yksikkö "g/kg ka.", ts. kokonaistyyppiä/kokonaisfosforia grammoina sedimentin kuiva-ainekilogrammaa kohden.

Järvi	Kok. N (g/kg ka.)	Kok. P (g/kg ka.)	Järven tilan yleisluonnehdinta, valuma-alueen keskeiset maankäyttömuodot
Ryökäsvesi syväne (Hirvensalmi)	17	1,8	Oligotrofinen, talvi- ja kesäkerrosteisuusjaksojen loppuvaiheessa alusvedessä ajoittain vakavia happiongelmia, metsätalous, hiukan maataloutta
Polvijärvi (Polvijärvi)	3,3	0,8	Eutrofinen, maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus
Pohjajärvi (Valtimo)	1,6	0,52	Maatalous, eutrofinen
Pitkälampi (Valtimo)	3,0	0,88	Maatalous, eutrofinen
Kalliojärvi (Valtimo)	3,3	0,8	Maatalous, eutrofinen
Iso Somerojärvi	14	0,67	Mesotrofinen, metsätalous ja turvetuotanto
Aittokorvenlampi (Kontiolahti)	11	1,3	Eutrofinen, matala, vaikeita happiongelmia, metsätalous
Kuohattijärvi (Nurmes)	noin 6...12	noin 2...3	Oligotrofinen, paikoitellen voimakkaasti hajakuormituksen (pääosin metsäoijitusten turveliete) liettämä pohja, metsätalous
Jukajärvi (Joensuu ja Kontiolahti)	9...11	0,75...3,7	Mesotrofinen, metsätalous, jonkin verran maataloutta
Puruveden Ristilampi (Kesälahti/Kitee)	9	0,52	Mesotrofinen, maatalous, metsätalous
Vuonisjärvi (Lieksa)	3,6...6	1,2...2,1	Eutrofinen, maatalous, metsätalous
Majalampi (Lieksa, laskee Vuonisjärveen)	6,6	0,51	Eutrofinen, matala, vaikea happitilanne, maatalous, metsätalous
Verkojärvi (Lieksa, laskee Vuonisjärveen)	4,7	1,4	Hypereutrofinen, maatalous, metsätalous
Purnulampi (Lieksa, Koli)	11...16	0,95...1,3	Eutrofinen, vaikeita happiongelmia, maa- ja metsätalous
Puruveden Savonlahti (Kerimäki/Savonlinna)	1,2	1,2	Mesotrofinen, hyvin lyhyt viipymä; ottaa välittömästi vastaan raskaasti sisäkuormitteisen Kuonanjärven kuormituksen, metsä- ja maatalous
Kuonanjärvi (Kerimäki/Savonlinna), hav.paikka 12	8,3	0,74	Eutrofinen, vakavasti sisäkuormitteinen, metsä- ja maatalous
Kuonanjärvi (Kerimäki/Savonlinna), hav.paikka 003	12	1,0	Eutrofinen, vakavasti sisäkuormitteinen, metsä- ja maatalous

5.3 Pohjaeläimet

Ryökäsveden syvänteen pohjaeläimistö ilmentää voimakasta liettyneisyyttä ja heikkoa happitilannetta. Näytteistä löytyi muutamia surviaissääsken (heimo Chironomidae) ja sulkasääsken (suku *Chaoburus*) toukkia, jotka tyypillisesti kestävät tämänkaltaisia heikkoja oloja (taulukko 27, kuvat 22 ja 23). Siten myös pohjaeläimistön biodiversiteetti oli erittäin heikko. Pohjaeläimistön havainnot ovat johdonmukaisia pohjan liettyneisyyden ja veden heikon happitilanteen sekä pintasedimentin alhaisen redox-potentiaalinsa kanssa.

Biodiversiteetti arvioitiin Shannon-Wiener -indeksin avulla. Se tunnetaan myös nimellä Shannonin entropia, joka on tehollisen lajimäärän logaritmi;

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

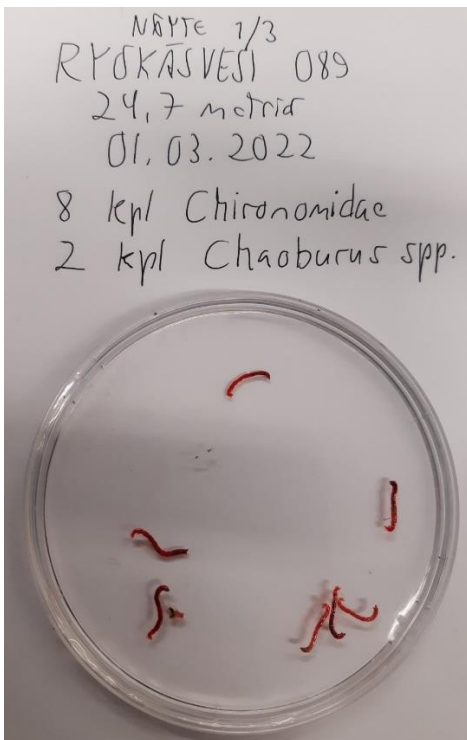
missä P_i on i lajin osuus (0...1) paikan kokonaisuusilömäärästä. Indeksien arvo on sitä suurempi mitä enemmän lajeja havaitaan.

Taulukko 26. Biodiversiteetin arviointi Shannon-Wiener -indeksin avulla.

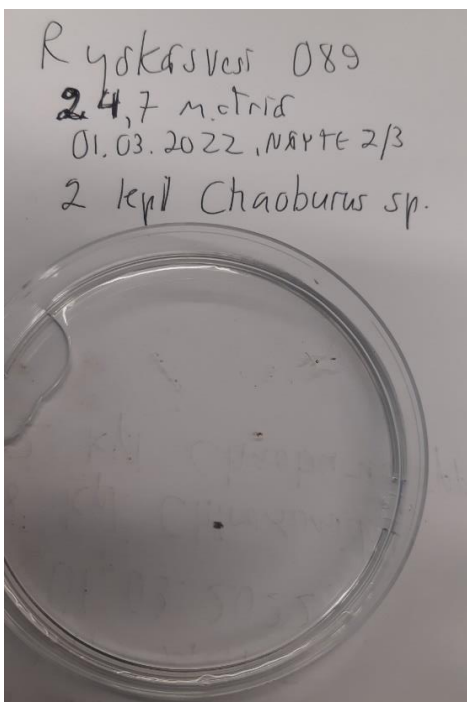
Luokka	Indeksiarvo	Shannon-Wiener -indeksi
1	Erittäin korkea	> 3,71
2	Korkea	2,97 – 3,71
3	Melko korkea	2,22 – 2,97
4	Matala	1,48 – 2,22
5	Erittäin matala	< 1,48

Taulukko 27. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan 089 (kokonaissyvyys 24,7 metriä) pohjaeläimistö 01.03.2022.

Taksoni (yksilöitä/m ²)			
		<i>Chaoburus</i> sp. (sulkasääsken toukka)	Yhteensä
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae (surviaissääsken toukka)		
1	272	68	340
2	0	68	68
3	0	0	0
Keskiarvo	90,7	45,3	136
%-osuus	66,7	33,3	100,0
Shannon-Wiener -indeksi	0,64		



Kuva 22. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan rinnakkaisnäytteestä 1/3 löydetyt pohjaeläimet 01.03.2022.



Kuva 23. Ryökäsveden syvänehavaintopaikan rinnakkaisnäytteestä 2/3 löydetyt pohjaeläimet 01.03.2022.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Hirvensalmella sijaitsevan Ryökäsveden syvänealueen (kokonaissyvyys noin 25 metriä) tilaa (vedenlaatu, pohjaeläimistö ja pohjasedimentti) selvitettiin helmi-maaliskuun taitteessa 2022 Hirvensalmen osakaskunnan toimeksiannosta. Havaintoajankohtana vallitsi talvikerrosteisuuden loppuvaihe, joka monin tavoin on yleisesti tärkein järvien tutkimusajankohta, koska hapen kuluminen on korkeimmillaan ja mahdollinen sisäinen kuormitus voimakkaimmillaan. Ryökäsveden syvänealueen happitilanne ja sisäinen kuormitus ennättää vielä tästäkin heikentyä ennen kevätylivirtaaman alkua ja jäiden lähtöä. Näkösyvyys oli 4,0 metriä, joka on oligohumoosisten vesien suuruusluokkaa.

Päällysveden (mittaussyvyyydet 0...10 metriä) happitilanne oli hyvä. 15 metrin syvyydessä happitilanne oli välttävä ja alusvedessä heikko. Hapen kuluminen oli hyvin voimakasta ja sen aiheuttaa pohjaan kertynyt orgaaninen aines, jonka alkuperä on järven valuma-alueelta tulleesta kohonneesta ravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormituksesta. Nykyisestä kuormituksesta ei ole tietoa. Vuosien 1972-2020 mittaustulokset (Suomen Ympäristökeskus) ilmentävät selkeästi tätä ajoittaista sisäistä kuormitusta sekä talvi- että kesäkerrosteisuuden aikana: alusveden heikko happitilanne sekä voimakkaasti kohonneet raudan ja mangaanin pitoisuudet ja kohtalaisesti kohonneet kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet.

Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (redox-potentiaali) oli +10 millivolttia. Tulos on looginen ja yhteneväinen pohjanläheisen veden surkean happitilanteen kanssa. Tämän perusteella mittausajankohtana pohjasta vapautui fosforia, ts. syväne oli sisäisen kuormituksen tilassa. Järven syvänteiden sietokyky on siten ylittynyt. Jäiden lähdön ja kevättäyskierron seurauksena tämä pohjasta vapautunut fosfori on myös päällysvedessä tuottavassa vesikerroksessa kasviplanktonin sekä vesi- ja rantamakrofyyttien käytössä. Järvi siten ikään kuin lannoittaa itse itseään.

Syvänteiden pohjaeläimistö ilmentää myös voimakasta liettyneisyyttä ja heikkoa happitilannetta. Näytteistä löytyi muutamia surviaissäskien ja sulkasääskien toukkia, jotka tyypillisesti kestävät tämänkaltaisia heikkoja oloja. Siten myös pohjaeläimistön biodiversiteetti oli erittäin heikko.

Ryökäsveden syvänealueen pintasedimentti on hyvin vesipitoista (noin 93 %). Sedi-menttinäytteenottimen pituus oli 65 cm. Laite täyttyi tästä ruskehtavan mustasta, hyvin hienojakoisesta ja vesipitoisesta aineksesta. Siten tämän "höttösedimentin"

kokonaismäärää ei voitu nyt selvittää. Havaintopaikka on selkeä syväne, joka luontaisesti toimii sedimenttiaineksen akkumulaatio- eli kertymäalueena.

Ryökäsveden pintasedimentin kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa verrattuna eräiden muiden, vaihtelevasti lähinnä metsä- ja maatalouden kuormittamien järvien vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna.

Useimpien sedimentistä tutkittujen raskasmetallien (elohopea, kromi, kupari, sinkki) pitoisuudet olivat luonnontilaisten pitoisuuksien suuruusluokkaa. Lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet olivat hiukan kohonneita luonnontilaiseksi määritellyyn sedimenttiin verrattuna. Nekin olivat suhteellisen pieniä ja ympäristöviranomaisen luokittelukriteerien perusteella niillä ei ole vaikutusta esimerkiksi ruoppausaineksen läjityskelpoisuuteen.

Ryökäsveden pohjassa oleva sedimenttiaines on valuma-alueelta tulleen ja edelleen tulevan ulkoisen haja- ja pistekuormituksen (maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus, taajamien jäte- ja hulevedet, vesiliikenne) ja järven oman tuotannosta peräisin olevan aineksen (kuollut autotrofinen ja heterotrofinen eliöstö) summa. Lisäksi osa ainevirtaamasta on ihmisen toiminnasta riippumatonta luonnonhuuhtoutumaa ja laskeumaa ilmakehästä.

Ryökäsveden syvänteeseen soveltuisi hapetinlaite, joka johtaa hapekasta päällysvettä alusveteen kerrosteisuusoloja särkemättä. Tällä saataisiin tilanne korjattua. Hapettimen toimiessa pohjan orgaaninen aines vähitellen mineralisoituu, aivan kuten komposti tehokkaasti toimiessaan. Riittävän kauan toimiessaan hapetinlaite muuttaa syvänteen aerobiseksi ympäristöksi. Pohjan kyky pidättää fosforia ja typpeä sekä rautaa ja mangaania toipuu; järven sietokyky elpyy. Tämä edellyttää niin pitkäaikaista hapetusta, että pintasedimentti koostuu pääosin mineraaliaineksesta.

Yleisesti järven ulkoinen eli valuma-alueelta tuleva kuormitus on saatava kuriin, järven sietokyvyn alittavaksi, ennen kuin itse järvioltaassa kannattaa tavoitella tuloksellisia kunnostus- ja hoitotoimien vaikutuksia. Ryökäsveden nykyinen kokonaisfosforin ja kokaistypen kuormitus ja ravinnetasetarkastelu kannattaa ehdottomasti selvittää ainakin maankäytön ominaiskuormitusarvojen perusteella.

Lähteet

Haaranen, J. & Ketolainen, P. 2011. Kolin Purnulammen kunnostussuunnitelma. Karelia-ammatti-
korkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105208913>

Kosunen, A. 2013. Hirvensalmen vesihuoltolaitoksen erityistilannesuunnitelma. Mikkelin ammatti-
korkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305127856>

Puukko, K. 2022. Henkilökohtainen tiedonanto 01.06.2022.

Tossavainen, T. 2011. Kolin Purnulammen limnologinen tila vuonna 2010 kunnostussuunnittelun
lähtökohdaksi. Tutkimusraportti. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja.

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-604-150-9>

Tossavainen, T. 2014. Lieksan Vuonisjärven vedenlaatu, kuormitus, pohjasedimentti, pohja-
eläimistö, kalasto ja makrofytyt. Kunnostussuunnittelun esitutkimus. Karelia-ammattikorke-
akoulun julkaisuja. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-102-7>

Tossavainen, T. 2014. Jukajärven nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitotoimien pohdinta. Ka-
relia-ammattikorkeakoulun julkaisuja. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-104-1>

Tossavainen, T. 2018. Puruveden Savonlahden nykytila. Sedimentin laatu ja määrä, pohja-
eläimistö, vedenlaatu sekä kuormitus- ja fosforimallitarkastelu. Karelia-ammattikorkeakoulun
julkaisuja. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-252-9>

Tossavainen, T. 2021. Ison Somerojärven (Parkano) fysikaalis-kemiallisen nykytilan nykytilan sel-
vitys kunnostussuunnittelun perustaksi. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja.

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-331-1>

Tossavainen, T. 2022. Opintojakso BIY6010 (Vesitalous), luentomoniste, 782 sivua. Helmikuu 2022.
Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu.

Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition. Elsevier Academic Press.

Ympäristöministeriö 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1 |
2015. <http://hdl.handle.net/10138/154833>

Liitteet

LIITE 1. Ryökäsveden syvännenhavaintopaikan (24,7 metriä) koordinaatit (ETRS-TM35FIN). Ne on määritetty Garmin GPSMAP 64x –satelliittipaikanninlaitteella noin ±3 metrin tarkkuudella.

```
H SOFTWARE NAME & VERSION
I GPSU 5,35 01 FREEWARE VERSION
S DateFormat=d.M.yyyy
S Units=M,M
S SymbolSet=2
```

```
H R DATUM
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0
```

```
H COORDINATE SYSTEM
U UTM UPS
```

```
F ID----- Zne Eastng Northng Symbol----- T Alt(m) Date Time Comment
W RYÖKÄSVESI089 35V 489570 6833612 Waypoint I 96,0 28.2.2022 12.56.12 KOKSYV 24,7M
```

LIITE 2. Sivu 1/2. Ryökäsveden syvänteen pintasedimentin (näyte 0-10 cm) eräiden aineiden analyysituloslomake. Näyte otettiin 28.02.2022 ja pakastettiin välittömästi.



Hirvensalmen osakaskunta
Ripatie 252
52550 Hirvensalmi

TESTAUSSELOSTE

xy/330
12.5.2022

1(2)



Projekti xy/330
Projektin nimi Sedimenttitutkimus
Näytenumero 22KN00489
Näytteen nimi Sedimenttinäyte; Ryökäsvesi/Hirvensalmi
Näyte saapunut 5.4.2022

Määrittäminen	Menetelmän tunnus	Yksikkö	Tulos
Kadmium (Kiinteä, typpihappo)	LA116*	mg/kg ka	1,6
Lyijy (kiinteä, typpihappo)	LA116*	mg/kg ka	78
Alumiini (kiinteä, typpihappo)	LA076*	g/kg ka	19
Fosfori (kiinteä, typpihappo)	LA076*	g/kg ka	1,8
Kromi (kiinteä, typpihappo)	LA076*	mg/kg ka	31
Kupari (kiinteä, typpihappo)	LA076*	mg/kg ka	36
Rauta (kiinteä, typpihappo)	LA076*	g/kg ka	53
Sinkki (kiinteä, typpihappo)	LA076*	mg/kg ka	220
Typpihappohajotus			Tehty
Elohopea	LA082*	mg/kg ka	0,16
Kuiva-aine, liete	LA019*	g/kg	71
Hehkutushäviö, liete	LA019*	g/kg tp	21
Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienonnuks	LA202*		Tehty
Kokonaistyyppi	LA159*	g/kg ka	17
Hehkutusjäännös	LA019*	g/kg tp	50

KVYY Tutkimus Oy

Heli Orakangas

Heli Orakangas
Ympäristöasiantuntija

Digitally signed by allekirjoitus.kvyy.innolims.fi
Date: 2022.05.12 14:00:20 +03:00
Reason: InnoLIMS pdf sign

* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä.

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.
Testausselostukseen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettyä.

Tampere	Pori	Rauma	Hämeenlinna	Sastamala	Vaasa	Jyväskylä
Puh. 03 246 1208 laboratorio@kvyy.fi	Puh. 03 246 1277 porilab@kvyy.fi	Puh. 03 246 1276 raumalab@kvyy.fi	Puh. 03 246 1275 tavastlab@kvyy.fi	Puh. 03 246 1275 sastalab@kvyy.fi	Puh. 06 312 0020 botnialab@kvyy.fi	Puh. 03 246 1267 jyvaskyla@kvyy.fi

LIITE 2. Sivu 2/2. Ryökäsveden syvänteen pintasedimentin (näyte 0-10 cm) eräiden aineiden analyysituloslomake. Näyte otettiin 28.02.2022 ja pakastettiin välittömästi.



TESTAUSSELOSTE
xy/330
12.5.2022
2(2)

JAKELU

tarmo.tossavainen@karelia.fi, sarvikalle@gmail.com, kai.ritosalo@gmail.com

MENETELMÄVIITTEET

LA019	SFS 3008:1990
LA076	SFS-EN ISO 11885:2009
LA082	EPA 7473:2007
LA116	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2016
LA159	SFS-EN 16168:2012
LA202	SFS-ISO 11464:2007

MITTAUSEPÄVARMUUDET

Määrittys	Näyte	Mittausepävarmuus	Mittauspäivä	Lab
Kadmium (Kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	25 %	22.4.2022	A
Lyijy (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	19 %	22.4.2022	A
Alumiini (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	24 %	19.4.2022	A
Fosfori (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	18 %	14.4.2022	A
Kromi (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	30 %	14.4.2022	A
Kupari (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	26 %	14.4.2022	A
Rauta (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	30 %	14.4.2022	A
Sinkki (kiinteä, typpihappo)*	22KN00489	25 %	14.4.2022	A
Typpihappohajotus	22KN00489		13.4.2022	A
Elohopea*	22KN00489	30 %	11.5.2022	A
Kuiva-aine, liete*	22KN00489	10 %	6.4.2022	A
Hekutushäviö, liete*	22KN00489	15 %	11.4.2022	A
Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienonnus*	22KN00489		12.4.2022	A
Kokonaisiyyppi*	22KN00489	20 %	20.4.2022	A
Hekutusjäännös*	22KN00489	15 %	6.4.2022	A

A KVYY Tutkimus Oy / Tampere (FINAS T064)

* = Akkreditoitu tutkimusmenetelmä.

Tässä testausselosteeissa esitetyt testaus tulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.

Testausselosteen saa kopioida vain kokonaan. Mikrobiologiset mittausepävarmuudet saa pyydettäessä.

Tampere Puh. 03 246 1208 laboratorio@kvyy.fi	Pori Puh. 03 246 1277 porilab@kvyy.fi	Rauma Puh. 03 246 1276 raumalab@kvyy.fi	Hämeenlinna Puh. 03 246 1275 tavasilab@kvyy.fi	Sastamala Puh. 03 246 1275 sastalab@kvyy.fi	Vaasa Puh. 06 312 0020 bcinlab@kvyy.fi	Jyväskylä Puh. 03 246 1267 jyvaskyla@kvyy.fi
---	--	--	---	--	---	---

LIITE 3. Ohjeelliset, näytteenoton kohdentamisessa ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot (Ympäristöministeriö 2015, 41). Katso myös kuva 21.

Aine	Pitoisuustaso ¹				
	I	IA	IB	IC	2
Metallit ja puolimetallit	mg/kg kuiva-ainetta				
*elohopea (Hg)	<0,1	0,1-0,6	0,6-0,8	0,8-1	>1
*kadmium (Cd)	<0,5	0,5-2,5			>2,5
*kromi (Cr)	<65	65-270			>270
*kupari (Cu)	<35	35-50	50-70	70-90	>90
*lyijy (Pb)	<40	40-80	80-100	100-200	>200
*nikkeli (Ni)	<45	45-50	50-60		>60
*sinkki (Zn)	<170	170-360	360-500		>500
*arseeni (As)	<15	15-50	50-70		>70
PAH-yhdisteet	µg/kg kuiva-ainetta				
naftaleeni	<20	20-250	250-2500		>2500
*antraseeni	<20	20-500			>500
*fenantreeni	<20	20-500	500-5000		>5000
*fluoranteeni	<20	20-200	200-2000		>2000
*bentso(a)antraseeni	<20	20-100	100-1000		>1000
*kryseeni	<20	20-300	300-3000		>3000
*pyreeni	<20	20-280	280-2800		>2800
bentso(k)fluoranteeni	<20	20-250	250-2500		>2500
*bentso(a)pyreeni	<20	20-450	450-4500		>4500
*bentso(ghi)peryleeni	<20	20-100	100-1000		>1000
*indeno(123-cd)pyreeni	<20	20-100	100-1000		>1000
öljyhilivedyt C10-C40	mg/kg kuiva-ainetta				
	<100	100-300	300-1500		>1500
PCB:t (IUPAC-numerot)	µg/kg kuiva-ainetta				
*28	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*52	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*101	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*118	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*138	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*153	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*180	<2	2-4	4-10	10-30	>30
Organotinayhdisteet	µg/kg kuiva-ainetta				
Tributyylitina	<5	5-30	30-100	100-150	>150
Trifenyyilitina	<2	2-10	10-20	20-30	>30
dioksiinit ja furaanit	ng WHO-TEQ/kg kuiva-ainetta				
(PCDD ja PCDF)	<5	5-10	10-30	30-60	>60

* HELCOM-ohjeen (2015A) mukaiset aineet