

Kevitsan kaivoksen alue
vesistön seuranta 2021

Kasviplankton
- lajisto ja biomassa

Raportti nro 2022 01

**Menetelmäkuvaus, määritysten tulokset
ja tulosten tarkastelu**

Toimeksiantaja:
Eurofins Ahma Oy

Yhteyshenkilö: Markku Honkala
Tarjous: 202121

Ajankohta: Tammikuu 2022
Kirjoittaja: Satu Zwerver

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
2. Aineisto ja menetelmät	1
2.1. Kasviplanktonnäytteet ja laskenta	1
3. Tulokset	2
4. Näytepaikkakohtainen tulosten tarkastelu	2
4.1 Satojärvi (MRh)	3
4.2 Saiveljärvi (MRh)	4
5. Yhteenveto kasviplankton-muuttujien kehityksestä 2010-2021	5
6. Lähdeluettelo	8
Liite 1. Laskentamenetelmä	9
Liite 2. Kasviplanktonmuuttujat	11
Liite 3. Ekologiset luokat	13

1. Johdanto

Kasviplankton on tärkeä biologinen muuttuja, jota käytetään vesimuodostumien ekologisen tilan arvioinnissa. Kasviplanktonin käyttö indikaattorina perustuu sen kykyyn reagoida nopeasti veden laadun muutoksiin (Järvinen ym. 2011). Kasviplanktonbiomassan avulla kuvataan järven rehevyyttä, mutta tarkempaa tietoa antavat kasviplanktonyhteisön koostumus ja monimuotoisuus, joiden perusteella voidaan arvioida vesistön tilan kehitystä (Stevenson & Smol 2015 viitteinen).

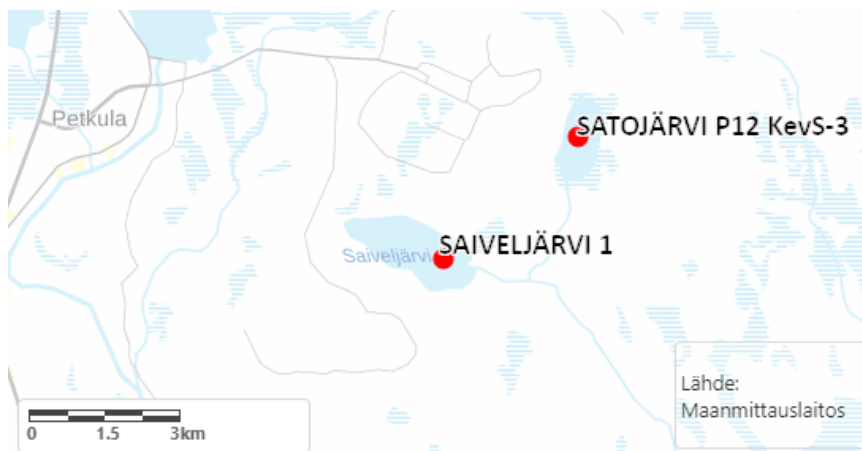
Tässä tutkimuksessa mikroskojettiin kasviplanktonnäytteet Kevitsan kaivosalueen kahdelta eri näytepaikalta kesä-elokuulta 2021 Eurofins Ahma Oy:n toimeksiannosta. Tulosten perusteella arvioitiin näytepisteiden tilaa kasviplanktonmuuttujien pohjalta.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Kasviplanktonnäytteet ja laskenta

Tutkimuksessa määritettiin Kevitsan kaivosalueen kasviplanktonnäytteet 2 näytepisteeltä kesä-elokuulta 2021 (kuva 1, taulukko 1). Näytteet otettiin kokoomanäytteinä 0–0,5-1 metrin syvyydeltä, koska näytepaikat olivat hyvin matalia. Näytteet säilöttiin happamalla lugolliuoksella ja toimitettiin 200 ml:n ruskeissa lasipulloissa. Näytepullot säilytettiin jääkaapissa projektin määrittämisen alkuun saakka. SYKE teki näytepaikat rekisteriin ja Tmi Zwerver hankki näytteiden SYKE-koodit.

Kasviplanktonyhteisön koostumuksen laskentamenetelmä perustui Utermöhlin (1958), eurooppalaisen standardin (EN 15204), pohjoismaisten suositusten (Blomqvist & Herlitz 1998, Olrik ym. 1998) sekä Suomen ympäristökeskuksen (Järvinen ym. 2011) kuvaamille menetelmille. Näyte laskettiin käyttäen Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) laajaa kvantitatiivista menetelmää (Järvinen ym. 2011). Tarkempi kuvaus menetelmästä on esitelty liitteessä 1. Määritykset suoritti Satu Zwerver.



Kuva 1 Näytepaikkojen sijainnit. Tiedot Maanmittauslaitos ja SYKE.

Taulukko 1. Näytetiedot.

Näytepaikka	Kunta	Pintavesi- tyyppi	SYKE- koodi	Näytteenotto- päivämäärä	Tutkittu näytemäärä (ml)
SATOJÄRVI P12 KevS-3	Sodankylä	MRh	26006	29.06.2021	9,95
SATOJÄRVI P12 KevS-3	Sodankylä	MRh	26007	7.07.21	10,05
SATOJÄRVI P12 KevS-3	Sodankylä	MRh	26008	17.08.21	4,84
SAIVELJÄRVI 1	Sodankylä	MRh	26009	29.06.2021	10
SAIVELJÄRVI 1	Sodankylä	MRh	26010	7.07.21	10,01
SAIVELJÄRVI 1	Sodankylä	MRh	26011	17.08.21	10,04

3. Tulokset

Kasviplanktonnäytteiden tulokset on tallennettu SYKE:n kasviplanktonrekisteriin. Tämän raportin liitteenä on Excel-tiedosto (Ahma Kevitsa 2021 Kasviplanktontulokset - Zwerver.xlsx), johon on kerätty alkuperäiset yhteenveto-, luokka- ja lajilistat kasviplanktonrekisteristä. Lisäksi tulosten selkeyttämiseksi tiedostoon on tehty yhteenvetotaulukoita kasviplanktonlajien ja -ryhmien biomassoista sekä prosenttiosuuksista.

Liitetiedosto sisältää sivut:

- 1) näytetiedot
- 2) yhteenveto tuloksista
- 3) lajilistat (biomassa, biomassa-%)
- 4) luokkalistat (biomassa, biomassa-%)

sekä SYKE:n rekisteristä haetut alkuperäiset

- 5) yhteenveto-
- 6) laji-
- 7) luokkalistat.

Kevitsan näytepaikkojen kesän 2021 näytteiden tärkeimmät **numeeristen kasviplanktonmuuttujien** tulokset on esitetty taulukossa 2 ja kuvassa 2. Liitteestä 2 voi lukea lisää kasviplanktonmuuttujista. Tuloksissa käytetty termi taksoni tarkoittaa lähes samaa kuin laji – lajien eri variaatiot lasketaan kuitenkin omiksi taksoneikseen.

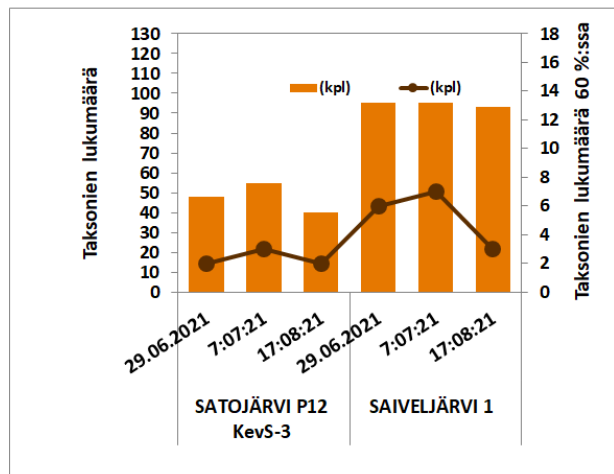
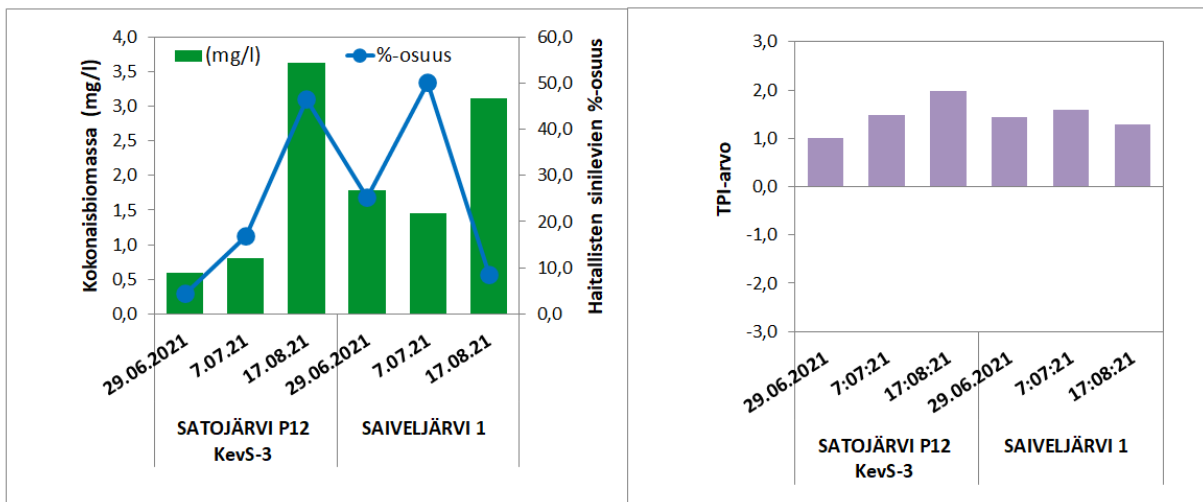
Kasviplanktonyhteisöjen koostumus eri leväryhmistä on esitetty kuvassa 3.

Näytepaikkojen kasviplanktonmuuttujien keskiarvojen sijoittuminen **ekologisessa luokituksessa** on esitetty taulukossa 3. Näytepaikat kuuluvat pintavesityypiltään suuriin mataliin, runsashumuksisiin järviin (Mrh). Muuttujien keskiarvot on laskettu ohjeistuksen mukaisten kuukausien näytteistä (katso liite 3).

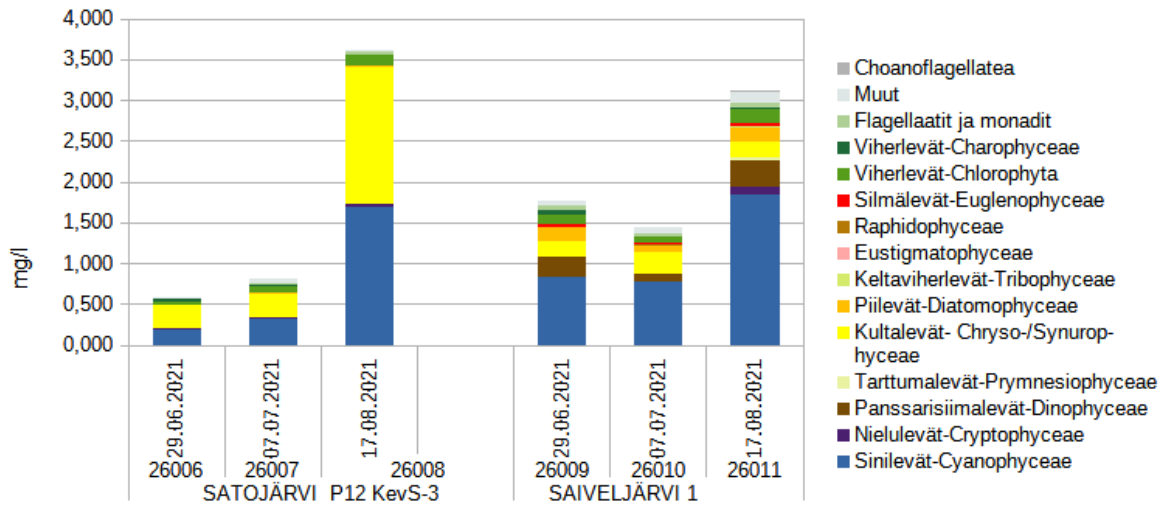
Yleisvalokuvat mikroskopoiduista näytteistä on esitetty kuvassa 4.

Taulukko 2. Yhteenveto tuloksista. Otsikossa harmaalla värjättyjä muuttujia käytetään ekologisessa luokituksessa.

Näytepaikka	Päivämäärä	SYKE-koodi	Kokonaisbiomassa (mg/l)	Klorofylli-a* (µg/l)	TPI	Haitallisten sinilevien %-osuus	Sinilevien %-osuus	Taksonit (kpl)	Taksonit 60%:ssa (kpl)
SATOJÄRVI P12 KevS-3	29.06.2021	26006	0,60	2,5	1,01	4,3	33 %	48	2
SATOJÄRVI P12 KevS-3	7.07.21	26007	0,81	7,5	1,49	16,8	41 %	55	3
SATOJÄRVI P12 KevS-3	17.08.21	26008	3,63	28	1,98	46,6	47 %	40	2
SAIVELJÄRVI 1	29.06.2021	26009	1,78	12	1,44	25,2	47 %	95	6
SAIVELJÄRVI 1	7.07.21	26010	1,45	-	1,60	50,2	54 %	95	7
SAIVELJÄRVI 1	17.08.21	26011	3,12	27	1,28	8,5	59 %	93	3
				*haettu SYKEN rekisteristä					



Kuva 2. Kokonaisbiomassan (mg/l), haitallisten sinilevien osuuden (%), TPI-arvon sekä taksonimäärien vaihtelu määritetyissä näytteissä.

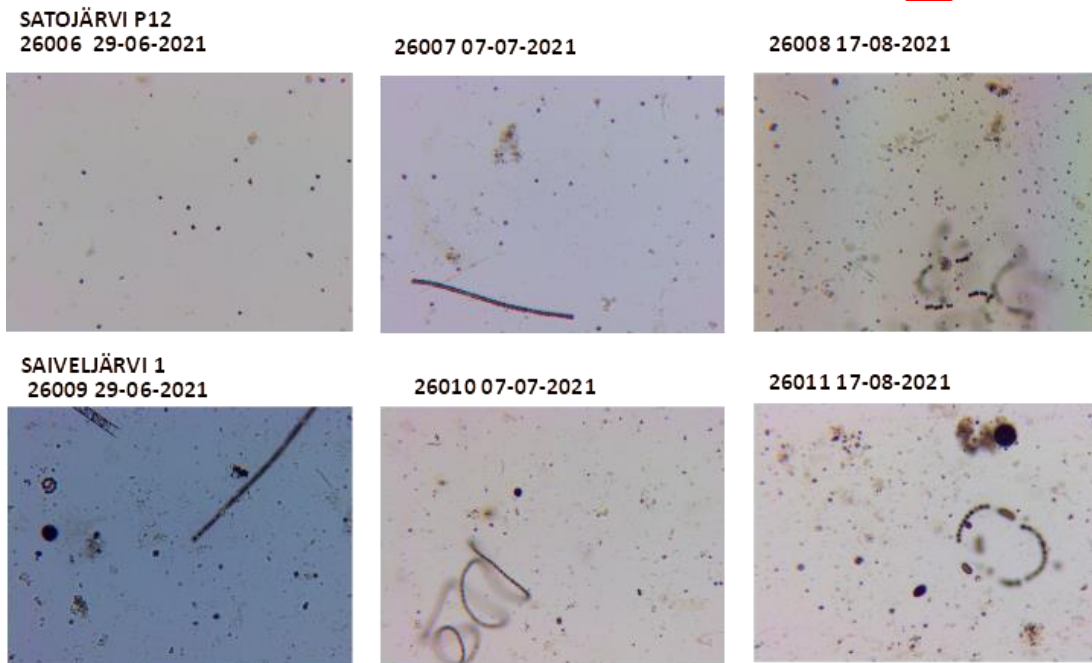


Kuva 3. Määritettyjen näytteiden koostuminen eri leväryhmistä.

Taulukko 3. Näytepaikkojen kasviplanktonmuuttujien kesikarvojen sijoittuminen ekologisessa luokittelussa matalissa runsashumuksisissa järvissä (MRh). Keskiarvot on laskettu ohjeistuksen mukaisten kuukausien arvoista.

Näytepaikka	Pintavesi- tyyppi	Kokonais-		TPI	Haitallisten sinilevien		
		biomassa (mg/l)	Klorofylli- a (µg/l)*		%-osuus	%-osuus	
SATOJÄRVI P12 KevS-3	MRh	1,7	12,7	1,5	31,7		Erinomainen
SAIVELJÄRVI 1	MRh	2,1	19,5	1,4	29,3		Hyvä

* Ei ohjeistuksen mukaista määrää näytteitä.



Kuva 4. Yleisvalokuvat 10 ml:n laskeutetuista näytteistä 10x-objektiivilla

4. Näytepaikkakohtainen tulosten tarkastelu

Seuraavaksi kuvataan näytepaikkoja edellä esitettyjen tulosten perusteella. Lähtökohtana toimii Aroviidan ym. (2019) ekologinen luokitus, johon peilataan muuttujien arvoja huomioiden myös muu kasviplanktonyhteisön antama tieto.

Molemmissa järvissä silmiin pistävää oli toisaalta pienikokoisten levien suuri määrä ja toisaalta sinilevien suuri osuus biomassasta, suhteellisesti ja myös absoluuttisesti viimeisessä, elokuun näytteessä.

Seuraavaksi kuvataan näytepaikkoja edellä esitettyjen tulosten perusteella. Lähtökohtana toimii Aroviidan ym. (2019) ekologinen luokitus, johon peilataan muuttujien arvoja huomioiden myös muu kasviplanktonyhteisön antama tieto.



Kuva 5. Yleisimpiä sinileviä sekä koristelevä näytteistä.

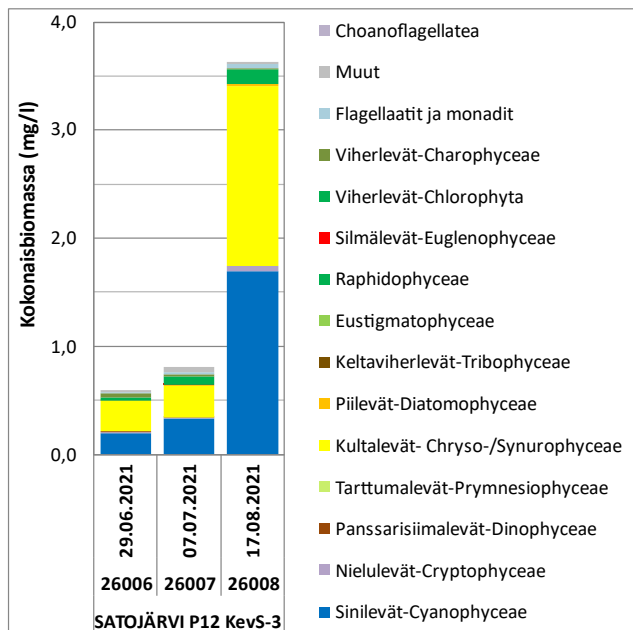
4.1 Satojärvi (MRh)

Näytepaikka	Päivämäärä	SYKE-koodi	Kokonaisbiomassa (mg/l)	Klorofylli-a* (µg/l)	TPI	Haitallisten sinilevien %-osuus	Sinilevien %-osuus	Taksonit (kpl)	Taksonit 60%:ssa (kpl)
SATOJÄRVI P12 KevS-3	29.06.2021	26006	0,60	2,5	1,01	4,3	33 %	48	2
SATOJÄRVI P12 KevS-3	7.07.21	26007	0,81	7,5	1,49	16,8	41 %	55	3
SATOJÄRVI P12 KevS-3	17.08.21	26008	3,63	28	1,98	46,6	47 %	40	2
*haettu SYKE:n rekisteristä									

Satojärven näytepisteiden levämäärät olivat kesä-heinäkuussa varsin alhaisia (0,6-0,8 mg/l) tämän tyyppiselle järvelle, matalalle runsashumuksiselle järvelle. Elokuun biomassa oli taas huomattavan korkea (3,6 mg/l). Heinosen (1980) luokittelun mukaan kyseessä oli lievästi rehevä eli mesotrofinen järvi. Klorofylli seuraili biomassan arvoja.

TPI-arvo oli joka kerta positiivisen puolella, joka merkitsee rehevää vettä. Sinilevien määrä kasvoi kesäkuusta 33%:sta elokuulle tultaessa 47:ään prosenttiin.

Elokuun näytteessä jokseenkin kaikki sinilevät olivat haitallisia, kun kesä- ja heinäkuun näytteissä haitallisten osuus oli huomattavasti alempi (4% ja 17%). Suurin osa elokuun biomassasta muodostui *Dolichospermum* (entinen *Anabaena*) *curvum* -lajista. Tämä sinilevä pystyy käyttämään molekulaarista tyyppeä hyväkseen, joten se ei ole riippuvainen liuennan tyypin pitoisuudesta vedessä.



Kesäkuussa lähes koko sinilevien biomassa ja heinäkuussa noin puolet siitä muodostui suuria pallomaisia kolonioita muodostavasta rihmamaisesta sinilevästä *Gloetrichia echinulata*, jota harvemmin tavataan ja jota ei edes aina lasketa. Tämä selittää alhaisen haitallisten sinilevien osuuden, sillä *G. echinulata* ei lasketa haitalliseksi sinileväksi, vaikka se joidenkin lähteiden mukaan sitä on. *G. echinulata* on kuitenkin varsin mielenkiintoinen laji, sillä Carey ja muut (2017) kirjoittavat artikkelissaan, että laji voi vastoin yleistä käsitystä sinilevistä olla ennemminkin yhteisöä tasapainottava elementti, kuin sitä huonontava.

Erilaisia kasviplanktonitaksoneita havaittiin 40-55 kpl, joka on hiukan alhainen määrä. Vain 2-3 taksonia muodosti 60% kokonaisbiomassasta, mikä tarkoittaa, että lajiston monimuotoisuus oli kohtalaisen huono.

Sinilevien lisäksi näytteissä oli runsaasti kultaleviä, etenkin pieniä *Uroglena*-soluja, 32-45%:n välillä. Yhdistelmä kultalevä/sinilevä on erikoisempi, sillä kultalevät ovat yleensä karujen ja mesotrofisten järvien asukkeja (Sojakka ja Palomäki 2009, Eloranta (2009), kun sinilevät viihtyvät rehevissä vesissä. Tällaisessa määrässä *Uroglena* saattaa aiheuttaa hajuhaittoja.

Viherlevät oli kolmanneksi suurin ryhmä, mutta niitä oli vain 4-12% kokonaisbiomassasta. Koristeleviä, joista useat viihtyvät vähän happamissa ja usein sähköjohtokyvyltään alhaisissa vesissä oli useita eri lajeja.

Biomassa koostui lähinnä kahdesta leväryhmästä (sinilevät ja kultalevät), joka ei ole hyvä merkki. Mitä enemmän eri leväryhmiä vedessä on, sitä tasapainoisempi on yhteisö.

Vuoden 2021 kasviplanktonnäytteiden perusteella Satojärvi vaikutti leväryhmien ja -lajien vähyydestä sekä biomassasta suurista eroista johtuen ekologisesti epävakaa järveltä.

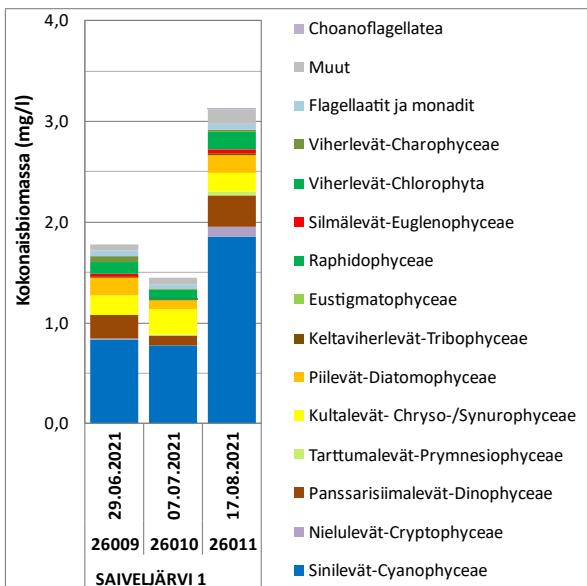
4.2 Saiveljärvi (MRh)

Näytepaikka	Päivämäärä	SYKE-koodi	Kokonaisbiomassa (mg/l)	Klorofylli-a* (µg/l)	TPI	Haitallisten sinilevien %-osuus	Sinilevien %-osuus	Taksonit (kpl)	Taksonit 60%:ssa (kpl)
SAIVELJÄRVI 1	29.06.2021	26009	1,78	12	1,44	25,2	47 %	95	6
SAIVELJÄRVI 1	7.07.21	26010	1,45	-	1,60	50,2	54 %	95	7
SAIVELJÄRVI 1	17.08.21	26011	3,12	27	1,28	8,5	59 %	93	3
				*haettu SYKE:n rekisteristä					

Saiveljärven levämäärät olivat kesä- ja heinäkuussa melko korkeat (1,8 ja 1,5 mg/l), elokuussa biomassaa nousi entisestään (3,1 mg/l). Heinosen (1980) luokittelun mukaan järvi on lievästi rehevä, mesotrofinen. Klorofylli-arvot seurasivat biomassan arvoja.

TPI-arvot olivat kaikissa näytteissä reilusti yli yhden. Tämä kuvastaa myös melko rehevää tilaa.

Sinilevät muodostivat 47%-59% biomassasta, mutta haitallisen sinilevien määrässä oli suuria heittoa: kesäkuussa 25%, heinäkuussa 20%, mutta elokuussa vain 8,5%. Alhainen elokuun luku johtuu siitä, että lajistetaan tätä näytettä varten lisättyä kokoluokkaa *Dolichospermum curvumista* ei oltu vielä merkitty haitalliseksi. Oikea haitallisten sinilevien määrä on 58%.



Taksoneita oli melko runsas määrä, 93-95 kpl. Ja 60% biomassasta muodostui 3-7:stä taksonista, joten monimuotoisuus oli melko korkea. Merkittävää ja positiivista on, että vaikka sinileviä oli noin puolet näytteestä, muita taksoniteita oli kuitenkin runsaasti.

Suurin leväryhmä kaikissa näytteissä oli sinilevät, jotka muodostivat aina lähes 50% biomassasta.

Sinilevistä lähes koko biomassasta muodostui lajeista, jotka pystyvät sitomaan molekulaarista tyyppiä, joten veden liuennun tyyppiä pitoisuus ei ole ollut kasvua rajoittava tekijä. Myös Saiveljärvestä tavattiin pallomaista *Gloeotrichia echinulataa*, mutta vain kesäkuun näytteestä, jolloin sen osuus oli lähes 20% biomassasta.

Lisäksi oli myös kulta-, panssarisiiima- pii- ja viherleviä melko tasaisesti. Monien leväryhmien läsnäolo tarkoittaa sitä, että yhteisö pystyy paremmin reagoimaan muutoksiin ilman suuria heiluriliikkeitä.

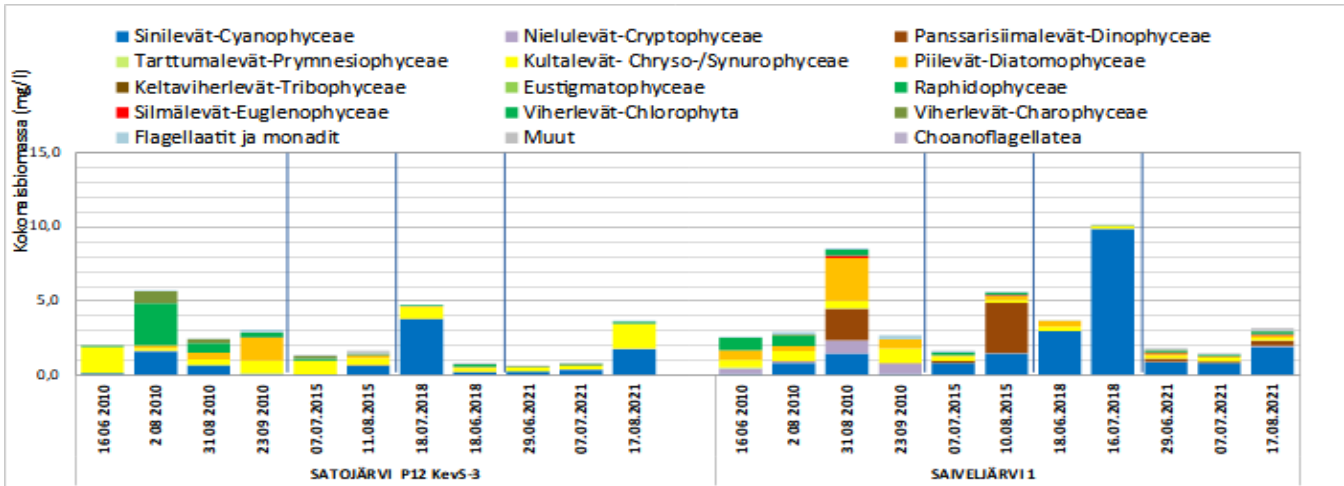
Saiveljärvi oli näiden näytteiden perusteella sinilevävaltainen, kuitenkin melko monilajinen järvi. Biomassat eivät olleet erityisen korkeita tämän tyyppin järvelle.

5. Yhteenveto kasviplanktonmuuttujien kehityksestä 2010-2021

Näytepaikkojen leväryhmien jakautuminen ja kokonaisbiomassat vuosina 2010, 2015, 2018 ja 2021 näkyvät kuvasta 6. Vuosi 2010 oli ennen kaivostoiminnan aloittamista.

Sinilevien määrän muutos Saiveljärvessä ja lajiston muutos Satojärvässä ovat selkeitä merkkejä negatiivisesti muuttuneesta ympäristöstä.

Biomassa on vähentynyt huomattavasti, lukuun ottamatta vuoden 2018 sinileväkukintaa.



Kuva 6. Leväryhmien jakautuminen ja kokonaisbiomassat eri vuosilta.

Kuvasta 6 näkyy, että sekä biomassoissa että leväryhmien jakautumisessa on ollut suuria muutoksia vuosien kuluessa. Leväryhmien määrä on yksipuolistunut selkeästi ja sinilevien suhteellinen (%) ja absoluuttinen (mg/l) määrä on etenkin Saiveljärvessä vaihdellut huomattavasti. Molemmat muutokset ovat negatiivisia.

Sinilevistä suurin osa vuonna 2021 oli molekulaarista tyyppiä hyväksi käyttäviä lajeja, joka viittaa leville käytössä olevien ravinteiden tyyppi/fosfori-suhteen muuttuneen fosforipainotteisemmaksi. Satojärvässä vuonna 2010 lajit olivat yli 90%:sti lajeja, jotka eivät pystyneet käyttämään molekulaarista tyyppiä hyväkseen, Saiveljärvessä oli jo valmiiksi näitä lajeja.

Biomassan pienentyminen ei tässä tapauksessa ole yksiselitteisesti positiivinen asia, koska vähentyminen ei selvästikään ole johtunut rehevöittävien aineiden vähentymisestä. Jos näin olisi ollut, ei sinileviä tavattaisi tässä mittakaavassa.

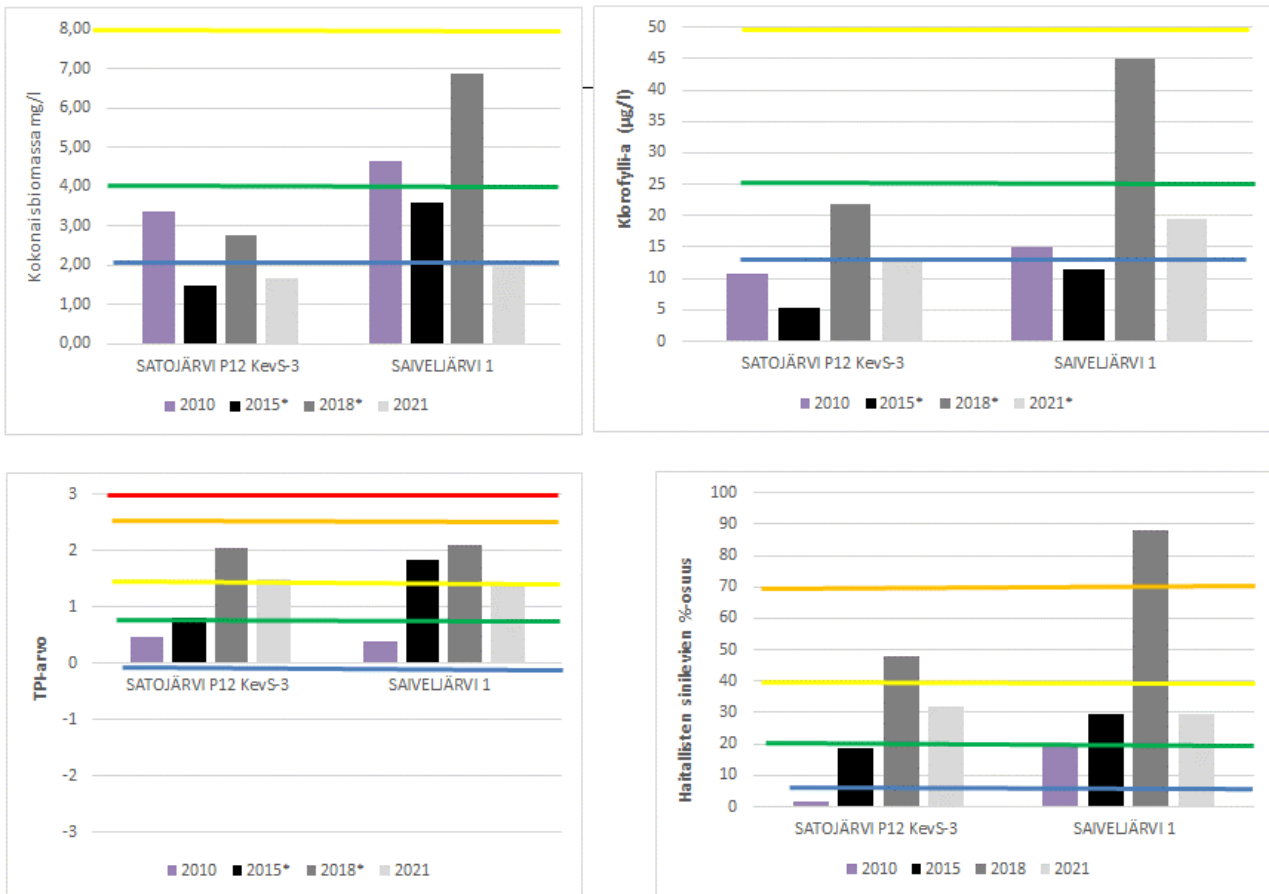
Ekologisen luokituksen kasviplanktonmuuttujien keskiarvojen vaihtelu näytepaikoilla vuosina 2010, 2015, 2018 ja 2021 on esitetty taulukossa 4 sekä kuvassa 7.

Päivitetyt ohjeistuksen mukaan syyskuun alun näytteet huomioidaan kokonaisbiomassan ja TPI:n keskiarvojen laskemisessa (Aroviita ym. 2019).

Taulukko 4. Kevitsan näytepaikkojen ekologisen luokituksen kasviplanktonmuuttujien keskiarvojen kehittyminen eri vuosina.

	Kokonaisbiomassa (mg/l)				Klorofylli-a (µg/l)				TPI-arvo				Haitallisten sinilevien %-osuus			
	2010	2015*	2018*	2021	2010	2015*	2018*	2021*	2010	2015*	2018*	2021	2010	2015	2018	2021
SATOJÄRVI P12 KevS-3	3,36	1,47	2,76	1,7	10,8	5,25	21,75	12,7	0,46	0,8	2,1	1,5	1,5	18,4	48,1	31,7
SAIVELJÄRVI 1	4,64	3,60	6,89	2,1	15	11,50	45,00	19,5	0,38	1,8	2,1	1,4	19,1	29,5	88,0	29,3

* Ei ohjeistuksen mukaista määrää näytteitä.



Kuva 7. Kokonaisbiomassan, klorofylli-a:n, TPI:n ja haitallisten sinilevien %-osuuden keskiarvojen vaihtelut eri vuosina. Värikkäiset viivat näyttävät ekologisten laatuluokkien ylärajan arvon.

Satojärven vuoden 2010 tuloksista näkyy, että tilanne oli hyvin erilainen kuin kaivostoiminnan aloittamisen jälkeen. TPI-arvo ja haitallisten sinilevien määrä olivat huomattavasti korkeammat seuraavina vuosina, kun taas biomassan arvot putosivat puoleen, lukuun ottamatta poikkeavaa vuotta 2018, jolloin kaikki arvot olivat korkeita.

Biomassan keskiarvo sijoittui vuonna 2010 luokkaan hyvä. Sinilevävuonna 2018 biomassan keskiarvo oli myös luokassa hyvä, kun se vuosina 2015 ja 2021 oli luokassa erinomainen.

Klorofyllin osalta keskiarvot sijoituivat vuosina 2010, 2015 ja juuri ja juuri 2021 erinomaiseen luokkaan, vuonna 2018 klorofyllin keskiarvo oli reippaasti pykälää alempana eli hyvän luokan puolella.

TPI-arvoissa on näkyvissä selkeä huonontuminen, vesi muuttuu rehevämmäksi, tai ravinteet ovat paremmin leville käytettävissä.

Haitallisten sinilevien osalta merkittävää on, että vuonna 2010 määrä oli todella vähäinen sijoittuen luokkaan erinomainen, kun se on vuoden 2010 jälkeen ollut alimmillaan parissa kymmenessä prosentissa ja näin ollen luokka on vaihdellut hyvästä välttävään ja tyydyttävään vuonna 2021. Satojärven myös sinilevälajiston muutos on ollut merkittävä, lajisto on muuttunut harmittomista pallomaisista Chroococcales-lajeista haitallisiin, molekulaarista tyyppiä sitoviin lajeihin.

Satojärven taksonien määrä on pysynyt suhteellisen samana koko aikana, 40 ja 50 taksonin välillä, lukuun ottamatta vuoden 2018 heinäkuuta, jolloin sinileväkukinta laski taksonien määrää. Vuoden 2010 määrät eivät ole suoraan verrannollisia.

Leväryhmien määrä oli vuonna 2010 kaikkein runsain ja tasaisimmin jakautunut. Myöhempinä vuosina leväryhmien määrä on selkeästi

vähentynyt. Erityisesti viherlevien vähentyminen myöhemmin on huomattavaa.

Kultalevien määrä oli merkittävästi suurempi vuoden 2021 elokuussa kuin aikaisemmin alkusyksystä. Elokuussa kultalevien määrä ei useinkaan ole näin korkea. Erityisesti yhteiselo sinilevien kanssa on oudompi yhdistelmä. Tämä voi viitata siihen, että vedessä on hyvin vähän typpeä, jonka vähyyden sinilevät kompensoivat erikoissoluillaan ja kultalevät turvautuvat mikсотrofiaan eli saavat osan ravinnostaan orgaanisesta aineesta.

Satojärven tilassa muutos vuoden 2010 jälkeen on negatiivisessa mielessä merkittävä niin ekologisten muuttujien kuin lajiston ja leväryhmien kannalta. Vuosi 2018 erottuu selkeästi huonoimpana.

Saiveljärnessä kehityskaari on hyvin samantapainen kuin Satojärnessä, mutta Saiveljärven lähtötaso 2010 on ollut huomattavasti rehevämpi ja vuoden 2018 sinileväkukinto on siellä ollut huomattavasti runsaampi kuin Satojärnessä.

Biomassa sijoittui vuonna 2010 luokkaan tyydyttävä ja putosi luokkaan hyvän vuonna 2015 kivutakseen takaisin tyydyttävään luokkaan 2018 ja nyt, vuonna 2021 luokaksi tuli hyvä, aivan erinomaisen rajalla.

Klorofyllin arvo sijoittui 2010 luokkaan hyvä, samoin kuin nyt, vuonna 2021. Viime vuonna klorofylli oli huomattavasti korkeammalla kuin vuonna 2015, mutta tämä johtui luultavasti siitä, ettei vuonna 2021 ollut heinäkuun arvoa ja näin keskiarvosta tuli korkeampi. Klorofyllin osalta ekologinen luokitus vaihteli hyvästä (2010) erinomaiseen ja siitä tyydyttävään ja takaisin hyvään vuonna 2021.

TPI-arvo on vuoden 2010 jälkeen ollut 3-4 kertaa huonompi (korkeampi) kuin vuonna 2010. Haitallisten sinilevien määrä on kasvanut vuoden 2010 jälkeen vain 1,5-kertaisesti, lukuun

ottamatta vuotta 2018, jolloin arvo oli yli nelinkertainen.

Haitallisten sinilevien lähtötilanne, vuonna 2010, oli aivan hyvän ja tyydyttävän luokan rajalla. Vuodet 2015 ja 2021 olivat samalla tasolla luokassa tyydyttävä, mutta vuonna 2018 arvoa nosti vakava sinileväkukinto. Kesän keskiarvon luokaksi tuli tällöin peräti huono. Lähes kaikki lajit olivat haitallisisiksi luokiteltuja.

Taksonien määrä oli huomattavasti korkeampi vuonna 2021 (93-95 kpl) kuin vuosina 2015 ja 2018 (36-58) ja myös merkittävästi korkeampi kuin Satojärnessä. Vuoden 2010 taksonimäärät eivät ole suoraan verrannollisia, mutta niissäkin näkyy suurempi lajirikkaus Saiveljärnessä. Suurempi taksonien määrä tarkoittaa, että veden resilienssi eli yhteisön joustavuus muutosten tullessa on suurempi.

Saiveljärnessä leväryhmien määrä oli huomattavasti korkeampi kuin Satojärnessä. Tämä on hyvä merkki järven kannalta.

Samoin kuin Satojärnessä muutos on myös Saiveljärnessä ollut vuoden 2010 jälkeen negatiivista. Vuosi 2018 nousee tulosten perusteella selkeästi erilaisena ja huonoimpana sinileväkukintoineen. Kaiken kaikkiaan Saiveljärnessä oli ollut pahempi sinilevätilanne, mutta toisaalta yllättävänkin runsas lajisto, joka pystynee tasapainottamaan muutoksien rajuutta.

6. Lähdeluettelo

- Aroviita, J., Mitikka, S., Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019, 182 s.
- Blomqvist, P., Herlitz, E. 1998. Methods for quantitative assessment of phytoplankton in freshwaters. Part 2. Naturvårdsverket, rapport 4861, Stockholm.
- Carey, C. C., B. L. Brown, and K. L. Cottingham. 2017. The cyanobacterium *Gloeotrichia echinulata* increases the stability and network complexity of phytoplankton communities. *Ecosphere* 8(7):e01830. 10.1002/ecs2.1830
- Eloranta, Pertti 2009. Biogeography of chrysophytes in Finland. p.214-231. Teoksessa: Sandgren, Craig D., Smol, P. John & Kristiansen Jørgen 2009. Chrysophyte Algae. Ecology, phylogeny and development. Cambridge University Press. 399 s.
- Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 37, Vesihallitus, 91 s.
- Järvinen, M., Forsström, L., Huttunen, M., Hällfors, S., Jokipii, R., Niemelä, M., Palomäki, A. (toim.) 2011. Kasviplanktonin tutkimusmenetelmät. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_tilan_seuranta/Biologisten_seurantamenetelmien_ohje_et/Kasviplanktonin_tutkimusmenetelmät
- Sojakka, Pekka ja Palomäki, Arja (2009) Kasviplankton pienten humusjärvien tilanarvioinnissa. Julkaisussa: Kanninen Antti, (toim.) 2009. Pienten humusjärvien ekologisen tilan arviointi. Pohjois-Savon Ympäristökeskus. Suomen ympäristö 42.
- Olrik, K., Blomqvist, P., Brettum, P., Cronberg, K., Eloranta, P. 1998. Methods for quantitative assessment of phytoplankton in freshwaters. Part 1. Naturvårdsverket, Stockholm, 86 s.
- Reynolds C.S 2007. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. 535 s.
- Stevenson, R.J., Smol, J.P. 2015. Use of algae in ecological assessments. Teoksessa: Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kocielek, J.P. (toim.). Freshwater Algae of North America. Academic Press, Elsevier, London, UK, s. 921-962.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-39.
- Vuori, K-M., Mitikka, S., Vuoristo, H. (toim.) 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 3, 120 s.
- Willén, Eva, 2007. Växtplankton i sjöar. *Bedömningsgrunder. Rapport 2007:6.* Institutionen för miljöanalys. Sveriges Landbruksuniversitet.
- Zwerwer, Satu 2010. Kevitsan kaivos, ympäristön tarkkailu, rakentamisvaihetta edeltävät tutkimukset, pintavesitarkkailu: Kasviplankton Raportti nro: 2010 13. 29 s.
- Zwerwer, Satu 2015. Kevitsan kaivoksen alue. Vesistön seuranta 2015. Kasviplankton - lajisto ja biomassa. Raportti vuoden 2015 näytteiden määrittämisestä Ahma ympäristö Oy:n toimeksiannosta. Raportti nro: 2015 23.14 s.

Liite 1. Laskentamenetelmä

Menetelmä

Kasviplanktonyhteisön koostumuksen laskentamenetelmä perustui Utermöhlin (1958), eurooppalaisen standardin (EN 15204), pohjoismaisten suositusten (Blomqvist & Herlitz 1998, Olrik ym. 1998) sekä Suomen ympäristökeskuksen (Järvinen ym. 2011) kuvaamille menetelmille. Näyte laskettiin käyttäen Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) **laajaa kvantitatiivista menetelmään** (Järvinen ym. 2011). Alla on annettu tarkempi kuvaus laskentamenetelmästä.

Mikroskooppi

Kasviplanktonnäytteiden määrityksissä käytettiin käänteismikroskooppia (Leitz Diavert), joka täyttää eurooppalaisen standardin (SFS-EN 15204) mikroskoopille asettamat vaatimukset kasviplanktonnäytteiden määrittämisessä (taulukko 1). Määritykset tehtiin kirkaskentässä.

Näytteen esikäsittely

Näyte sekoitettiin tasaiseksi rauhallisesti kääntelemällä pulloja muutaman minuutin ajan, jonka jälkeen tutkittava näytemäärä kaadettiin laskeutuskammioon (Hydro-Bios, Zwerver). Näytteen annettiin laskeutua häiriöttömässä paikassa aina näytemäärälle ohjeistetun ajan (Järvinen ym. 2011). Ennen tarkempaa määrittystä varmistettiin näytteen tasainen jakauma laskeutuskammion pohjalla. Jos näyte oli epätasaisesti laskeutunut, laskeutettiin uusi näyte.

Laskenta

Näyte laskettiin kolmella eri suurennuksella (taulukko 2). Laskenta aloitettiin suurimmalla suurennuksella (630x), jolla laskettiin ja määritettiin pienimmät lajit. Kaikkein pienimmät pikoplanktonlevät (<2 µm) määritettiin vähintään seitsemästä näkökentästä/14 okulaariruudukosta. Osa näistä soluista voi olla bakteereita, sillä niitä ei voi erottaa leväsoluista valomikroskoopilla. Tämä askel on ylimääräinen SYKE:n ohjeistukseen verrattuna. Seuraavaksi 630x-suurennuksella laskettiin vähintään 400 2-20 µm kokoluokan laskentayksikköä vähintään 50 näkökentältä/100 okulaariruudukolta. Tämän jälkeen laskettiin suuremmat (>20 µm) tai aiemmin havaitsemattomat taksonit 250x-suurennuksella vähintään 50 näkökentältä/100 ruudukolta. Sekä 630x- että 250x-suurennuksella eniten esiintyvistä taksonista pyrittiin keräämään vähintään 50 havaintoa vähintään 20 näkökentästä. Viimeiseksi laskettiin suurimmat ja harvinaisimmat taksonit puolen tai koko laskeutuskyvetin pohjan alalta pienimmällä (100x) suurennuksella. Annetut

Taulukko 2. Järvinäytteiden laskentamenetelmässä käytetyt suurennuskohtaiset näkökenttien/okulaariruudukoiden ja laskentayksiköiden vähimmäismäärät sekä laskentayksiköiden suuntaa-antava koko.

Suurennus	Laskenta-yksiköiden koko (µm)	Näkökenttien/ruudukoiden lukumäärä	Laskentayksiköiden lukumäärä
630x	< 2	7/14	-
630x	2-20	50/100	400
250x	> 20	50/100	-
100x	> 20	½ kyvettä	-

Taulukko 1. SFS-EN 15204 -standardin vaatimukset ja tutkimuksessa käytetyn mikroskoopin tiedot.

	SFS-EN 15204	Hakanen, Tmi Zwerver
Valaistus	50-100 W	50 W
Kondensorin NA	> 0,5	0,6
Objektiivit	10x (faasi) tai 20x (faasi)	10x/NA 0,25, Plan, Leitz
	20x NA >0,5	25x, NA 0,75, Fluoreszenz, Leitz
	60x Plan Apo (öljy) tai 100x Plan Apo (öljy) NA > 0,9	63x, NA 1,4 Plan Apo, ölly, Zeiss
Okulaarit	10x tai 12,5x	10x

NA = numeerinen aperttuuri

laskentayksiköiden kokoluokat ovat suuntaa-antavia. Tarvittaessa määrittäminen vielä varmistettiin suuremmalla suurennuksella. Näytteen laskeminen suoritettiin EnvPhyto-laskentaohjelmalla, joka myös tallentaa tulokset SYKE:n kasviplanktonrekisteriin. Laskentaohjelmassa ei ole mahdollisuutta ottaa mukaan laskennan ulkopuolella havaittuja taksoniteita, joten osaa

harvakseltaan esiintyvistä taksoneista ei ole mainittu tuloslistoissa.

Laskennan tarkkuus

Kvantitatiivisen kasviplanktonlaskennan tulosten teoreettiset virhearvot määräytyvät lasketun laskentayksikköjen lukumäärän funktiona (taulukko 3) (Järvinen ym. 2011). Mitä enemmän laskentayksikköjä lasketaan, sitä luotettavampia tuloksista tulee.

Lajinmäärittäminen

Lajinmäärittäminen pyrittiin tekemään lajitasolle. Epävarman määrityksen kohdalla käytetään biologiassa cf.-merkintää.

Merkintää käytetään, kun määrityksestä ei olla aivan varmoja, mutta taksoni muistuttaa suuresti tiettyä lajia.

Biomassa

Kasviplanktonsolujen biomassa saadaan kertomalla laskentayksikköiden tiheys niiden tilavuudella (Järvinen ym. 2011).

Tiheys

Koska toiminimi Zwerverin määrityksissä lasketaan pikoplanktonsolut, näytteiden kokonaistiheydet ovat suurempia kuin toisten laskijoiden.

Tietojen käsittely

Kasviplanktonnäytteiden laskentaan käytettiin EnvPhyto-laskentaohjelmaa, joka laskee valmiiksi laskentayksikköiden tiheydet ja kokonaisbiovolyymit. Ohjelma myös vie tulokset suoraan ympäristöhallinnon kasviplanktonrekisteriin. Kasviplanktonrekisteri laskee näytteille automaattisesti vesimuodostumien tilan arvioinnissa käytetyt kasviplanktonlaatutekijän muuttujat: kasviplanktonyhteisön rehevyysindeksin (TPI-indeksi) arvon sekä haitallisten sinilevien prosenttiosuuden kasviplanktonbiomassasta.

Taulukko 3. Virhemarginaalin riippuvuus laskentayksikköjen lukumäärästä.

Laskentayksikköjen lukumäärä	Virhemarginaali ± (%)
30	37
50	28
250	13
500	9
800	7

Liite 2. Kasviplanktonmuuttujat

Kasviplanktonyhteisössä voidaan erottaa muun muassa seuraavia muuttujia:

- 1) kokonaisbiomassa
- 2) klorofylli-a
- 3) kasviplanktonin rehevyysindeksi (TPI)
- 4) haitallisten sinilevien prosenttiosuus kokonaisbiomassasta
- 5) leväryhmien jakautuminen
- 6) erilaisten indikaattorilajien esiintyminen
- 7) lajien määrä
- 8) lajien määrä 60 %:ssa biomassaa

Tässä raportissa valaistetaan näytepaikkojen leväyhteisöjä näiden muuttujien osalta. Neljää ensimmäistä muuttujaa käytetään EU:n vesipolitiikan puitteiden edellyttämässä pintavesien ekologisen tilan luokittelussa (Aroviita ym. 2019).

Kasviplanktonin **kokonaisbiomassa** sekä **klorofylli-a** kuvaavat kokonaislevämäärää. Kokonaisbiomassan keskikesän arvoja käytetään kuvaamaan järvien rehevyyttä. Heinosen (1980) mukaan käytetyt luokat on listattu taulukossa 1. Ekologisessa luokittelussa biomassasta käytetään 1. kesäkuuta–10. syyskuuta otettujen näytteiden keskiarvoa ja klorofyllistä kesä-syyskuun keskiarvoa (Aroviita ym. 2019).

Järvien ekologisen tilan luokittelun kasviplanktonmuuttujiin kuuluu **kasviplanktonin rehevyysindeksi (TPI)**, jossa tietyt indikaattorilajit on pisteytetty sen mukaan, minkälaisia rehevyysoloja ne ilmentävät (-3, -2, -1, 1, 2, 3) (Aroviita ym. 2019). Pienimmän arvon saavat lajit, jotka suosivat hyvin karuja vesiä. Vastaavasti suurimman pistearvon saavat taksonit, jotka esiintyvät tavallisesti hyvin rehevissä oloissa. Indeksiarvo kerrotaan taksonin biomassalla. Näin ollen mitä pienempi TPI-arvo sitä enemmän lajistossa esiintyy niukkaravinteisiä oloja ilmentäviä taksoniteita. Ekologista luokittelua varten TPI-arvo määritetään laskemalla keskiarvo 1. kesäkuuta–10. syyskuuta otetuista näytteistä.

Ekologisessa luokittelussa **haitallisten sinilevien osuus** kokonaisbiomassasta huomioidaan vain heinä- ja elokuun näytteistä (Aroviita ym. 2019). Sinilevien osuus kasviplanktonyhteisöstä lisääntyy järven rehevyyden kasvaessa (Lepistö 1999). Lievästi rehevissä järvissä sinilevien osuus yleensä kasvaa loppukesää ja syysä kohti, mutta rehevissä ja erittäin rehevissä järvissä sinilevien osuus voi pysyä korkeana kesäkuulta aina elo-syyskuulle asti (Lepistö 1999). Monet haitalliset sinilevät ovat myös rehevyyden ilmentäjiä ja nostavat siten TPI-arvoa.

Pintavesien ekologisen tilan luokittelumuuttujien tuloksia verrataan eri järviyypeille annettuihin raja-arvoihin (Aroviita ym. 2019), mutta varsinainen ekologinen luokitus tehdään kuuden vuoden välein huomioiden mahdollisesti usean vuoden tulokset.

Jos järviluontoa muuttava tekijä on jotain muuta kuin ravinteiden määrän vaihtelua, ei sen vaikutus välttämättä näy suoraan ekologisen luokituksen muuttujissa. Tämän takia ekologisen luokituksen tukena on hyvä käyttää erilaisia **indikaattorilajeja, leväryhmien jakautumista ja lajien määrää.**

Taulukko 1. Heinosen (1980) rehevyysluokat keskikesän kokonaisbiomassan keskiarvojen (mg/l) mukaan.

Erittäin karu/ ultraoligo- trofinen	Karu/ oligotro- finen	Alkava rehevöi- tyminen	Lievästi rehevä/ mesotro- finen	Rehevä/ eutro- finen	Erittäin rehevä/ hypereu- trofinen
< 0,20	0,21-0,5	0,51-1,0	1,01-2,5	2,51-10	>10

Esimerkiksi sähkönjohtavuuden kasvu kaivostoiminnan seurauksena ei usein näy ekologisen luokituksen arvoissa. Se kuvastuu paremmin lajistomuutoksena ja **indikaattorilajeissa**. Jotkut levälajit indikoivat juuri veden sähkönjohtavuutta tai määrättyä pH:ta. Toisaalta esimerkiksi *Gonyostomum semen* -limalevä valtaisissa järvissä **kokonaisbiomassa** ja **klorofylli-a** soveltuvat huonosti ekologisen tilan luokitteluun (Vuori ym. 2009). Tällaisissa tilanteissa lajistotiedon merkitys korostuu.

Myös **leväryhmien suhteellista jakautumista** voidaan käyttää luokituksen tukena. Joissain leväryhmissä on tyypillisesti lajeja, jotka voivat käyttää myös orgaanista ainesta ravintonaan, osa taas pystyy liikkumaan aktiivisesti vedessä ja keräämään ravintoa myös alemmista vesikerroksista ja pakenemaan saalistajia. Kasvukauden sääolot vaikuttavat kasviplanktonyhteisöön (Lepistö ym. 2003) ja voivat merkittävästi vaikuttaa lajien runsauteen. Esimerkiksi sinilevät ja limalevä hyötyvät lämpimästä vedestä, vesipatsaan kerrostuneisuudesta ja tynnestä säästä.

Kasviplanktonyhteisön monimuotoisuutta voidaan arvioida näytteen **kokonaistaksonimäärän** perusteella. Taksoni tarkoittaa eliöiden tieteellisessä luokittelussa erotettua eliöryhmää, joka ei välttämättä merkitse aina lajia vaan joskus myös suurempaa ryhmää, kuten sukua tai viherleviä. Määrityksessä ei aina pystytä menemään lajitasolle asti, minkä takia virallisesti puhutaan taksonimäärästä lajimäärän sijaan. Mitä runsaampi lajisto, sitä paremmin yhteisö pystyy sopeutumaan muutoksiin. Lisäksi voidaan laskea **taksonimäärä, joka muodostaa 60 % kokonaisbiomassasta**. Willén (2003) tutki ruotsalaisten metsäjärvien loppukesän kasviplanktonyhteisöjä ja tulosten mukaan 1-3 valtalajia eivät yleensä muodosta yli 60 % kokonaisbiomassasta. 1-3 valtalajia muodostivat yli 80 % biomassasta vain, jos järvi oli stressitilanteessa jonkin tekijän suhteen (Willén 2003). Tällaisia stressitekijöitä olivat muun muassa hyvin tumma vesi, happamoituminen ja limalevän runsas esiintyminen.

Liite 3. Ekologiset luokat

Pintavesien ekologinen tila määritetään 6 vuoden välein käyttämällä viisi-asteista (erinomainen – hyvä – tyydyttävä – välttävä – huono) luokittelua. Nykyinen luokittelu eroaa aikaisemmasta käyttökelpoisuusluokituksista siinä, että järvet on jaoteltu ominaispiirteittensä mukaan erilaisiin järvityyppeihin, joissa kullekin muuttujalle on annettu järvityypille ominaiset luokkarajat (Aroviita ym. 2019). Tämän takia luokittelu on nyt tarkempaa. Ekologinen tila tulisi määrittää käyttämällä usean vuoden tuloksia. Tästä johtuen tämän tutkimuksen tuloksilla ei voi tehdä ekologisen tilan arviointia, mutta eri järvityyppien luokat ovat erittäin käyttökelpoinen työkalu arvioitaessa järvien tilaa ja tilan mahdollista muutosta myös lyhyemmällä aikavälillä.

Luokittelussa käytettävät kasviplanktonmuuttujat ovat levämäärää kuvaavat kokonaisbiomassa ja a-klorofyllipitoisuus sekä kasviplanktonyhteisön rehevyysindeksi (TPI) ja haitallisten sinilevien osuus kokonaisbiomassasta (Aroviita ym. 2019). Klorofylli-a:n arvoja ei ole määritetty tässä tutkimuksessa, vaan arvot on haettu SYKE:n kasviplanktonrekisteristä.

Kokonaisbiomassan ja TPI:n keskiarvot lasketaan 1. kesäkuuta – 10. syyskuuta tuloksista; haitallisten sinilevien osuuden keskiarvossa huomioidaan vain heinä–elokuun tulokset. Klorofylli-a:n keskiarvo lasketaan puolestaan kesä–syyskuun tuloksista. Lopullisessa luokittelussa – jota ei tehdä tässä – usean vuoden ekologisen tilan luokittelumuuttujien alkuperäiset arvot muutetaan ensin yhteismitallisiksi ekologisten laatusuhteiden (ELS) arvoiksi vertaamalla muuttujan arvoa luokkarajoihin ja vertailuarvoihin (Aroviita ym. 2019). Tämän jälkeen kasviplanktonin tilaluokka määräytyy muuttujien ELS-arvojen mediaanin perusteella. Kasviplanktonin lisäksi järven lopullisessa luokittelussa täytyy huomioida myös muun muassa vesikasvit, pohjaeläimet ja kalat.

Tässä raportissa verrataan tutkittujen näytteiden muuttujien (keski)arvoja kyseessä olevan pintavesityypin ekologisten luokkien raja-arvoihin, jolloin saadaan järven senhetkinen ekologinen luokka kunkin muuttujan osalta.

Ekologisen luokittelun eri kasviplanktonmuuttujien keskiarvojen laskemiseen ohjeistuksen mukaan vaadittavat näytteet.

Kasviplanktonmuuttujat	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu
Kokonaisbiomassa	X	X	X	X (10. pvä asti)
Klorofylli-a	X	X	X	X
TPI	X	X	X	X (10. pvä asti)
Haitallisten sinilevien %-osuus		X	X	

Ekologiset luokat

	Erinomainen
	Hyvä
	Tyydyttävä
	Välttävä
	Huono