

Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehdot- lisätarkastelu uuden Etelä-Nummellan puhdistamon vesistövaikutuksista

Vihdin Vesi



Aki Mettinen



Raportti 32/2021

Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry

Raportti 32/2021

Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehdot- lisätarkastelu uuden Etelä-Nummelan puhdistamon vesistövaikutuksista

Vihdin Vesi

Laatija: Aki Mettinen

Tarkastaja: Katja Pellikka

Hyväksyjä: Jaana Pönni

Hyväksytty: **pvm**

Valokuvat: LUVY

Kansikuva: Risubackajoki ennen Karhujärveä (LUVY /Aki Mettinen)

Sisällys

1	Johdanto	4
2	Siuntionjoen vesistö.....	5
3	Ekologinen tila	6
4	Vesistön nykytila puhdistamon alapuolisessa vesistössä	6
5	Vesistökuormitus ja skenaariot	7
5.1	Nummelan uuden puhdistamon kuormitusennusteet vuonna 2050	7
5.2	Jätevesien vaikutusalueen rajaus	8
5.3	VEMALA-WSFS-kuormitustarkastelu	8
5.3.1	Karhujärven VEMALA-WSFS laskelma	9
5.4	LLR-malli.....	11
5.4.1	Karhujärven LLR-mallitarkastelu	11
6	Vaikutukset veden fysikaaliseen laatuun	15
7	Vaikutukset biologisiin tilamuuttujiin	17
7.1	Kasviplankton.....	17
7.2	Vesikasvillisuus.....	18
7.3	Pohjaeläimet	18
7.4	Kalat.....	19
8	Johtopäätökset	20
9	Tarkastelun epävarmuustekijät	21
	Lähdeluettelo.....	22

1 Johdanto

Vihdissä toimii tällä hetkellä kaksi Vihdin Veden jätevedenpuhdistamoa: Kirkonkylän puhdistamo ja Nummolan puhdistamo. Kirkonkylän puhdistamolta jätevedet johdetaan Hiidenveden Kirkkojärveen ja Nummolan puhdistamolta Siuntionjoen vesistöön Risubackajokeen. Vihdin jätevesihuollon vaihtoehtoista on aiemmin 25.6.2014 valmistunut ympäristövaikutusten arviointiselostus YVA (<https://www.ymparisto.fi/vihdinjatevesihuoltoYVA>). YVA-selostusta varten laadittiin vesistövaikutusarviointi, jossa tutkittiin jäteveden purkamisen eri vaihtoehtoja. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus antoi Vihdin jätevesihuollon vaihtoehtojen YVA-selostuksesta lausunnon 2.12.2014. (Dnro UU-DELY/11/07.04/2013). Lausunnossa todetaan, että jatkosuunnittelua ja ympäristölupaa varten vesistövaikutusarviota tulee päivittää nykyisillä käytettävissä olevilla tiedoilla. *Tarkastelussa tulee lisäksi ottaa huomioon, että jätevesien johtaminen ei saa heikentää mahdollisuuksia saavuttaa hyvä ekologinen tila alapuolisissa vesimuodostumissa.*

Vihdin Veden toimesta on valmistunut YVA-selostuksen jälkeen myös melko tuore arvio Vihdin Veden jätevesihuollon eri vaihtoehtojen vesistövaikutuksista (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020) ja sen lisäksi Hiidenveden purkuvaihtoehtoja koskeva lisätarkastelu (Suonpää-Espinola 2020). Näiden jälkeen Vihdin Vedessä on päätetty edistää ratkaisua, jossa jätevesien käsittelyä jatketaan omassa kunnassa ja Vihdin Vesi suunnittelee kokonaan uuden puhdistamon rakentamista nykyisen Nummolan Höytiönnummella olevan puhdistamon tilalle. Puhdistamossa käsiteltäisiin Nummolan taajama-alueen jätevedet ja purkupaikkana sama kuin nykyisinkin, Risubackajoki ja Siuntionjoen vesistö.

Uuden Nummolan puhdistamon elinkaaren oletetaan ulottuvan ainakin vuoteen 2050 asti ja sen suunnittelussa pyritään huomioimaan Nummolan alueelle suunniteltu väestönkasvu ja sitä vastaava yhdyskuntajätevesien määrän lisääntyminen. Nummolan puhdistamon lisäksi Vihdin Vesi uudistaa Kirkonkylän puhdistamon, josta käsitellyt jätevedet ohjataan myös jatkossa Hiidenveden Kirkkojärveen. Vihdin Vesi on teettänyt uudet kuormitusennusteet Vihdin molemmille puhdistamoille (Ramboll Finland Oy, Koivisto ja Koskinen 2021).

Tässä raportissa arvioidaan Nummolan Höytiönnummelle suunniteltavan uuden puhdistamon vesistövaikutuksia vuoteen 2050 asti. Vesistöarvion lähtöarvoina käytetään uusia kuormitusennusteita. Vastaavaa Nummolan taajaman jätevesien johtamisen vaihtoehtotarkastelua ei ollut Suonpää-Espinolan ja Mettisen (2020) Siuntionjoen vesistövaikutusarviossa, jossa arvioitavana oli sekä Kirkonkylän että Nummolan taajama-alueiden jätevesien keskitetty puhdistaminen ja johtaminen Siuntionjoen vesistöön uudesta Nummolan keskuspuhdistamosta. Tämä tarkastelu pohjautui vuoden 2030 ennusteisiin. Huomioiden Vihdin kunnan suunniteltu väestönkasvu, jotka kohdistuvat erityisesti Nummolan taajaman alueelle, ovat jätevesimäärät Nummolan uudessa puhdistamossa vain hieman suuremmat kuin edellisessä vesistövaikutusarviossa Kirkonkylän ja Nummolan taajamien yhteisessä keskuspuhdistamohankkeen vaihtoehdossa VE1, missä kaikki jätevedet olisi johdettu Siuntionjoen vesistöön.

”Unionin tuomioistuimen niin sanotussa Weser-tuomiossa vahvistaman tulkinnan mukaan kansallinen viranomais ei saa myöntää lupaa toimenpiteelle, jonka seurauksena pintavesimuodostuman jonkun laadullisen tekijän tilaluokka heikkenisi. Näin ollen ympäristönsuojelulaissa kiellettyinä merkittävänä pilaantumisenä tai sen vaarana on pidettävä sellaista olennaisen lisäkuormituksen vesistössä aiheuttamaa kokonaisvaikutusta, joka johtaa pinta-vesimuodostuman tilan tai sen laadullisen tekijän heikkenemiseen. Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan seurausten todennäköisyyttä ja haitallisuutta arvioitaessa on otettava huomioon myös varovaisuusperiaate (KHO: 2019:166). ” Tämän vuoksi tässä jätevesien vesistövaikutustarkastelussa arvioidaan puhdistamon kuormituksen vaikutuksia purkuvesistöissä pitkällä aikavälillä vuoteen 2050 asti. Vaikutusten arvioinnissa tarkastellaan mahdollisia muutoksia vesistön ekologiseen tilaan ja sen osatekijöihin biologisiin ja niitä tukeviin veden fysikaalis-kemiallisiin tekijöihin.

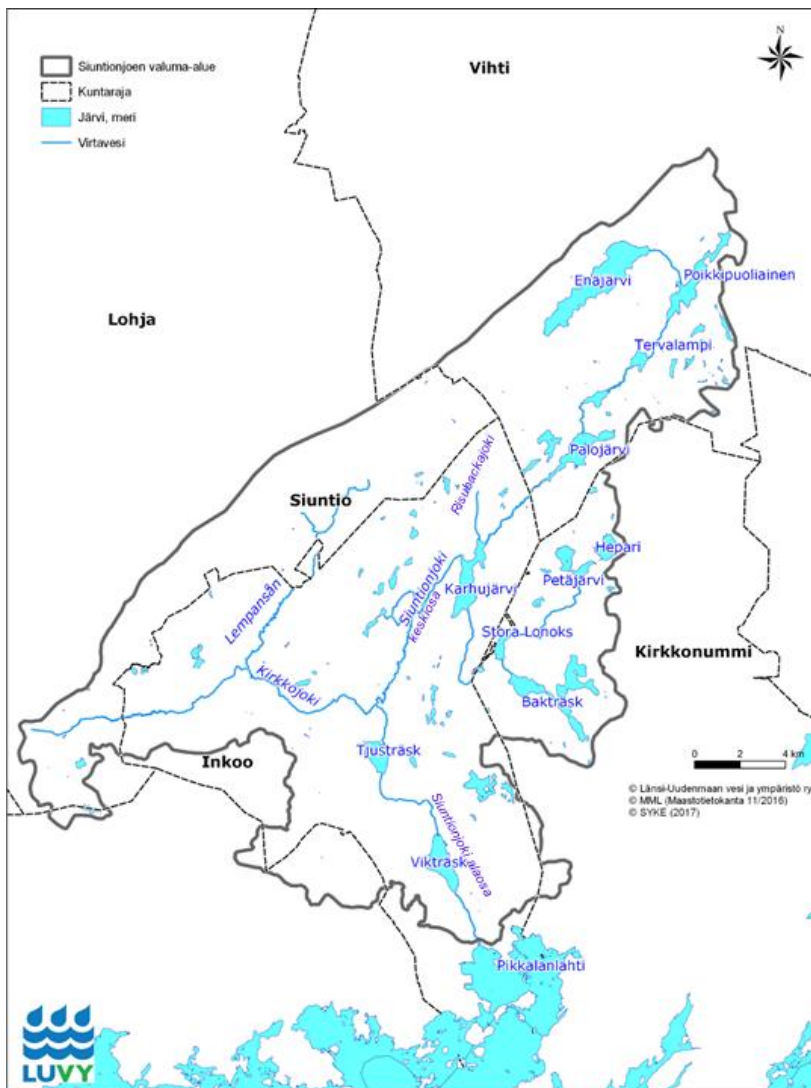
Keskeisimmät haitta-aineet puhdistamon käsitellyssä vedessä ovat rehevyyttä potentiaalisesti lisäävät kasvinravinteet fosfori ja typpi, joiden osuutta ja merkitystä vesistössä erityisesti arvioidaan. Ravinnekuormituslaskemissa on hyödynnetty ympäristöhallinnon WSFS-VEMALA-mallia. Jätevesikuormituksen vaikutuksen havainnollistamisessa ekologiseen tilaan on käytetty apuna ympäristöhallinnon LLR-kuormitusvaikutusmallia. LLR-mallin avulla voidaan ennustaa tulokuorman muutoksen vaikutuksia järven ekologiseen tilaan vaikuttaviin ja sitä kuvaaviin kokonaisfosfori ja -typpipitoisuuksiin sekä a-klorofyllipitoisuuksiin. Varsinaisilla biologisilla tilamuuttujilla kuten kasviplanktonin, pohjaeläimistön, kalaston ja vesikasvillisuuden avulla arvioidaan ekologista tilaa huomioiden niiden riippuvuuksia mm. ravinnekuormitukseen ja toisiinsa. Arvioennusteissa keskeinen vaikuttava tekijä on ilmastonmuutos ja toimenpiteet maataloudessa. Lopputulokseksi esitetään arviot fysikaalis-kemiallisista ja ekologisista osatekijöistä sekä kokonaisarvio vuonna 2050.

2 Siuntionjoen vesistö

Siuntionjoen vesistöalue (22.00) sijaitsee Nummelanharjun-Lohjanharjun eteläpuoleisella rannikkoalueella Siuntion, Vihdin ja Kirkkonummen kuntien sekä Lohjan kaupungin alueella. Siuntionjoen vesistö on pinta-alaltaan keskiuuri joki-vesistö (487 km²), jonka keskivirtaama vesistöalueen alaosassa Pikkalanjoessa on noin 5,2 m³/s. Järvien osuus vesistö-alueella on 5,3 % kokonaispinta-alasta. Vesistöalueen kokoomajoki Siuntionjoki muodostaa noin 35 kilometriä pitkän reittivesistön, joka alkaa Vihdin Enäjärvestä. Pääuoman varrella on yhteensä kahdeksan järviallasta, joiden yhteispituus on noin 10 km. Koko vesistöalueen vedet päätyvät Pikkalanjoen kautta Pikkalanlahden merialueelle.

Siuntionjoki on ravinteikas ja samea, tyypiltään keskikokoinen savimaan joki (Ksa) ja monet vesistöalueen järvistä, mm. kaikki pääuoman järvet, ovat luontaisesti reheviä järviä (Rr). Siuntionjoen vesistöistä merkittävä osa kuuluu Natura 2000 -alueeseen. Natura-alueeseen sisältyy mm. pääuoma Pikkalanlahdelta joen keskivaiheille Myllykylään asti. Siuntionjoki on myös Uudenmaan ainoa ympäristöministeriön asettaman Vesistöjen erityissuojelu-työryhmän ehdottama erityissuojeltava jokivesistö. Perusteina on mm. vesistöalueella esiintyvä geneettisesti alkuperäinen taimen ja sauikko.

Vihdin Veden Nummelan taajama-alueen käsitellyt jätevedet ohjattaisiin uudelta Nummelan puhdistamolta Risubackajokeen, jonne nykyisinkin toiminnassa olevan Nummelan jätevedenpuhdistamon jätevedet johdetaan. Risubackajoen vedet virtaavat Karhujärveen, jonne virtaa vettä Risubackajoen lisäksi Palojoesta ja Harvsåsta. Karhujärvestä laskee Siuntionjoen keskiosaksi nimetty vesistön pääuoman osa, joka päättyy Tjusträskin ja Vikträskin keskivaiheille (kuva 1).



Kuva 1. Siuntionjoen vesistöalue.

3 Ekologinen tila

Vesienhoidon suunnittelu on syklinen prosessi, joka sisältää ympäristötavoitteiden määrittelyn, vesien tilan arvioinnin ja seurannan, paineiden kuvauksen ja toimenpideohjelmat (Aroviita ym. toim. 2019). Joki-, järvi- ja rannikkovesimuodostumien ekologisen tilan arviointi ja luokittelu ovat osa vesienhoidon suunnittelua. Luokittelussa arvioidaan ihmisen toiminnan aiheuttaman muutoksen voimakkuutta. Luokittelun perusyksikkö on vesimuodostuma, joka voi olla esimerkiksi järvi, puro, joki tai järven, puron, joen tai rannikkoveden osa. Nämä vesimuodostumat on tyypitelty ominaispiirteiden perusteella eri pintavesityyppeihin. Tyypipijaon avulla kullekin vesimuodostumalle voidaan asettaa luontaisia ominaisuuksia vastaavat tilatavoitteet. Nykyisen 3. suunnittelukauden ekologisessa tila-arviossa käytetyt aineistot on kerätty pääosin vuosina 2012–2017 (Aroviita ym. toim. 2019).

Ekologisen tila arviointi jakaantuu viiteen luokkaan (erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono). Tilaa arvioidaan poikkeamana vertailuarvoista, jota edustaa erinomainen tila (Aroviita ym. toim. 2019). Vertailuoloiissa ihmistoiminta on muuttanut vähän tai ei ollenkaan vesimuodostaman tilaa. Pintavesien ekologinen tila tulee luokitella ensisijaisesti biologisten laatutekijöiden avulla. Biologisia tekijöitä ovat kasviplankton, päällylevät (piilevät), makrolevät, muu vesikasvillisuus, pohjaeläimistö ja kalasto. Ekologisen tilan luokittelussa otetaan lisäksi huomioon biologisia laatutekijöitä tukevat hydrologis-morfologiset ja fysikaalis-kemialliset tekijät, mitkä usein muuttuvat ihmistoiminnan seurauksena. Laajassa ekologisessa luokituksessa on otettu huomioon sekä biologiset että hydrologis-morfologisen ja fysikaalis-kemialliset laatutekijät. Suppea luokitus on usein tehty vain hydrologis-morfologisen ja fysikaalis-kemialliset laatutekijöiden ja asiantuntija-arvion perusteella. Taulukossa 1. on esitetty ekologisen tilan luokat ja luokkien perustelut.

Taulukko 1. Ekologisen luokittelun tilaluokat ja perustelut luokille (soveltaen Aroviita ym. 2019).

Erinomainen	Fysikaalis-kemiallisten, hydrologismorfologisten ja biologisten laatutekijöiden arvoissa on hyvin vähän ihmistoiminnasta johtuvia muutoksia verrattuna kyseisen pintavesimuodostumatyyppin häiriintymättömiin oloihin (vertailuolot).
Hyvä	Biologisten laatutekijöiden arvoissa on merkkejä ihmistoiminnasta johtuvista vähäisistä muutoksista, mutta ne eroavat vähän vertailuarvoista. Fysikaalis-kemialliset laatutekijät riittävät hyvän ekologisen tilan saavuttamiseen. Hydrologis-morfologiset olot eivät haittaa biologisten laatutekijöiden hyvän tilan saavuttamista.
Tyydyttävä	Biologiset laatutekijöiden arvot eroavat kohtalaisesti vertailuarvosta. Ihmistoiminnan vaikutus on kohtalaista ja se on aiheuttanut muutoksia vesimuodostuman tilaan enemmän kuin hyvää tilaa vastaavissa olosuhteissa. Veden fysikaalis-kemialliset ja hydrologis-morfologiset olot eivät haittaa biologisten laatutekijöiden arvojen saavuttamista.
Välttävä	Suuria muutoksia kyseisen pintavesimuodostumatyyppin biologisten laatutekijöiden arvoissa. Eliöyhteisöt eroavat merkittävästi häiriintymättömissä olosuhteissa olevista eliöyhteisöistä ko. pintavesimuodostumatyyppissä.
Huono	Vakavia muutoksia biologisten laatutekijöiden arvoissa ja luokassa puuttuu suuri osa eliöyhteisöistä, jotka tavallisesti esiintyvät ko. pintavesimuodostumatyyppiin häiriintymättömissä olosuhteissa

4 Vesistön nykytila puhdistamon alapuolisessa vesistössä

Vaikutusarviossa tärkeänä lähtökohtana on vesimuodostumien ekologinen nykytila. Välitöntä purkupaikkaa Risubackajokea ei ole tyypitelty eikä sen vuoksi myöskään siitä ole ekologista luokitusta. Risubackajoesta vedet virtaavat Karhujärveen. Uudenmaan ELY-keskuksen laatimassa 3. suunnittelukauden ehdotuksessa uusimmaksi vesienhoidon toimen-

pideohjelmaksi vuosille 2022-2027 (Uudenmaan ELY-keskus 2020) Karhujärven ekologinen kokonaistila arvioidaan edelleen välttäväksi, Karhujärvestä lähtevä Siuntionjoen pääuoman keskiosa ja alaosa tyydyttäväksi sekä niissä pääuomassa sijaitsevat Tjusträskin ja Vikträskin tilat tyydyttäväksi.

Nummolan puhdistamon vaikutustarkastelussa keskeistä on lähimmän vesimuodostuman, Karhujärven, tilan tarkastelu. Karhujärveen virtaa vettä järven oman lähivaluma-alueen lisäksi kolmelta valuma-alueelta pohjoisen Risubackajoen lisäksi koillisesta Palojoen alueelta ja etelästä Harvsån valuma-alueelta. Laajasta valuma-alueesta johtuen Karhujärven veden viipymä on keskimäärin vain parisen viikkoa vuodessa, mikä veden laadun arvioinnin kannalta on merkityksellinen asia. Järven mataluus ja siten herkkyys koko vesimassan sekoittumiselle kesken kausien on Karhujärvelle myös ominaista ja vaikuttaa järven tilaan merkittävästi. Myös alempana jokiuomassa Tjusträskissä ja Vikträskissä veden vaihtuvuus on nopeaa, joskin niissä suurin syvyys ja vesimassan lämpökerrostuminen ovat pysyvämpiä kuin Karhujärvellä. Tjusträskin ja Vikträskin tilaan vaikuttaa paitsi niiden omien valuma-alueiden maankäyttö, joka on hyvin maatalousvaltaista samoin kuin Siuntionjoen laajimman jokihaaran eli Kirkkojoen veden laatu. Siuntionjoen pääuoman vesi heikkenee usein Kirkkojoen jokihaaran jälkeen. Näiden kolmen Siuntionjoen pääuoman järven hydrologisia tietoja esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Hydrologisia tietoja Karhujärvestä, Tjusträskistä ja Vikträskistä (Siuntionjokineuvottelukunta 1989).

Järvi	Pinta-ala km ²	Tilavuus milj. m ³	Keskisyvyys	Suurin syvyys	Keskivirtaama m ³ /s, luusua	Teor. Viipymä (vrk), luusua
Karhujärvi	1,88	4,05	2,2	4,9	2,2	26
Tjusträsk	1,26	5,47	4,4	9,8	3,9	15
Vikträsk	1,85	9,68	5,1	17,3	4,6	26

Siuntionjoen vesistöä, sen kuormitusta nykyistä tilaa on esitetty yksityiskohtaisemmin Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutusten arviointiraportissa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020).

5 Vesistökuormitus ja skenaariot

5.1 Nummolan uuden puhdistamon kuormitusennusteet vuonna 2050

Vihdin Veden Kirkonkylän saneerattavaksi suunnitellulle puhdistamolle ja Nummelaan suunniteltavalle kokonaan uudelle puhdistamolle on laskettu uudet kuormitusennusteet, jotka on laatinut Ramboll Finland Oy (Koivisto ja Koskinen 2021). Kuormitusennusteissa on huomioitu asukasmäärän vuosittainen 1,7 % kasvu ja oletus, että kasvua jätevesiliittymissä tapahtuu pääasiassa Nummolan taajama-alueella, ja kuormituksen kasvu siten kohdistuisi Nummolan uuteen puhdistamoon. Tässä raportissa tarkasteltavan Nummelaan suunnitellun puhdistamon reductiot ja vesistöön purkautuvat jäännöskuormat, kokonaistypen, kokonaisfosforin ja biologisen hapenkulutuksen osalta esitetään taulukossa 3. Kun jäännöskuormia verrataan Kirkonkylän ja Nummolan alueen uuden keskuspuhdistamon jäännöskuormiin vaihtoehdossa Ve1 (kaikki jätevedet Risubackajokeen, kokN 37 kg/d, kokP 0,45 kg/d BOD7 22,5 kg/d ja COD 225 kg/d, +5 % jätevesikuorman lisäys väestön kasvuennusteen mukaisesti, Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020), on tässä raportissa arvioitavan Nummolan uuden puhdistamon kokonaistyyppikuorma hieman suurempi ja kokonaisfosforikuorma hieman pienempi, mutta biologinen ja kemiallinen hapenkulutus kasvavat. Käsitellyn jäteveden hapenkulutusta aiheuttavien aineiden määrä vesistössä on kuitenkin pieni verrattuna vesistössä havaittavaan muuhun biologista ja kemiallista hapenkulutusta aiheuttavien aineiden määrään, minkä vuoksi katsotaan, että niitä ei ole tarpeen arvioida.

Kuormitukset perustuvat suunniteltuihin lupaehtoihin, joten ne kuvaavat maksimikuormitusta. Todellisuudessa puhdistamot tekevät keskimäärin parempaa tulosta kuin mitä lupaehdot edellyttävät.

Taulukko 3. Nykyisen Nummolan puhdistamon luparajat (ESAVI, päätös 509/17.12.2019), kuormitus keskimäärin vuosina 2013-2020 ja Nummelaan suunniteltavan uuden puhdistamon reductio-% ja jäännöskuormat vuonna 2050 (Koivisto ja Koskinen 2021).

Parametri	Luparajat , ESAVI 17.12.2019		Nummelan nyk. puhdistamo 2013-2020			Nummelan uusi puhdistamo 2050		
	mg/l	reduktio %	mg/l	reduktio %	kuorma kg/d	mg/l	reduktio %	kuorma kg/d
TYPPI N	*	≥80	17,625	81,8	47	≤ 5,0	≥ 93	≤ 40
FOSFORI P	0,2	≥95	0,066	99,5	0,18	≤ 0,05	≥ 99	≤ 0,4
BOD 7	≤ 5,0	≥95	≤ 3,0	99,2	6,6	≤ 3,0	≥ 99	≤ 26
COD	≤ 40	≥90	29,8	*	*	≤ 40	≥ 94	≤ 310

Nummelan puhdistamolta johdettiin vesistöön jätevettä 2 670 m³/vrk vuonna 2020. Vuonna 2050 ennustetaan jäteveden määrä olevan 7 800 m³/vrk, mikä on lähes kolminkertainen määrä nykyiseen jätevesimäärään verrattuna. Puhdistamon vuositason typpikuormaksi ennustetaan vuonna 2050 14,6 tonnia, mikä olisi vähemmän kuin nykytilanteessa (2013-2020 17,42 tonnia/v, VEMALA). Kokonaistypellä suunniteltu keskimääräinen reduktio 93 % vastaa lähes suunniteltua kuormitusennustetta ≤ 40 kg/vrk.

Kokonaisfosforin osalta oletetaan todennäköisesti, että päästäisiin reduktiossa noin 99,5-99,6 % tasoon, jota vastaisi tavoiteltava pitoisuus ≤ 50 µg/l, vastaava päiväkuorma ≤ 0,4 kg P/vrk, mitkä vastaavat 146 kg kokP vuosikuormaa. Nummelan puhdistamon käsitellyn jäteveden reduktiot olivat 2013-2020 keskimäärin kokonaisfosforilla noin 99,5 % ja kokonaistypellä 81,8 % (Valtonen 2021). Fosforikuormat ovat siten olleet 2013-2020 merkittävästi alhaisempia kuin ympäristölupa edellyttää.

5.2 Jätevesien vaikutusalueen rajaus

Vihdin vesihuollon suunnitelmista tehtyjen vesistövaikutusten arviointien mukaan jätevesien vaikutukset ovat rajoittuneet Siuntionjoen vesistössä Risubackajoen-Karhujärven- Siuntionjoen keskiosan alueelle. Näihin johtopäätöksiin on päädytty Vihdin jätevesihuollon kuormitusvaihtoehtoja arvioidun YVA-prosessin loppuraportissa (Suonpää ja Mettinen 2014) sekä uudemmassa vaihtoehtojen arvioinnissa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020). Näissä tarkasteluissa kyseessä oli vaihtoehtotarkastelu, jossa kaikki Vihdin vesihuollon eli sekä Vihdin Kirkonkylän että Nummelan puhdistamon jätevedet johdettaisiin Risubackajokeen. Risubackajokea ei ole tyypitelty eikä luokiteltu. Edellä mainitulla vaihtoehdolla todettiin olevan *lievä heikentävä vaikutus* jo ennestään kuormitetun Risubackajoen tilaan. Ensimmäinen vesimuodostuma on Karhujärvi, jonka kokonaisluokitus on välttävä. Karhujärvestä lähtevä Siuntionjoen keskiosa on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi.

Nummelan ja Kirkonkylän jätevesien vesistövaikutusarviossa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020) ei minkään ekologisen luokitusmuuttujan arvioitu muuttuneen huonommaksi, ei myöskään vaihtoehdolla, jossa molempien taajamien jätevedet olisi johdettu Siuntionjoen vesistöön Risubackajokeen. Kuormituksen lähtötiedot ovat samaa suuruusluokkaa em. arviossa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020) kuin nyt tässä raportissa tehdyssä tarkastelussa. Tämän vuoksi vaikutusalue on lähtökohtaisesti rajattu samaksi eli tarkastelussa on erityisesti lähin vesimuodostuma Karhujärvi ja sen jälkeen järven alapuolinen Siuntionjoen keskiosa.

Karhujärvi on hyvin rehevä ja siihen kohdistuva kuormitus on suurimmaksi osaksi hajakuormitusta. Pistekuormituksen ja hajakuormituksen lisäksi järven sisäisen kuormituksen prosessit säätelevät merkittävästi järven tilaa. YVA-raportissa nähtiin vaikutusalueen laajimmillaan ulottuvan pistekuormituksen kokonaan poistumisen jälkeen vähäisesti myönteisesti Risubackajoen keskiosaan (Suonpää ja Mettinen 2014).

5.3 VEMALA-WSFS-kuormitustarkastelu

Vesistömallijärjestelmään liitetty vedenlaatuosio laskee kokonaisfosforin, kokonaistypen ja kiintoaineksen kuormitusta vesistöihin maa-alueilta ja aineiden kulkeutumista vesistöissä. Jokaiselle järvelle ja joelle on jaettu oma valuma-alue, joka on jaettu edelleen peltoalueeseen, vesialueeseen ja muuhun maa-alueeseen. Mallissa on määritetty hierarkia, jossa määritellään, miten vesi kulkeutuu järvestä toiseen (Huttunen, ym. 2008).

Mallissa lasketaan ensin maa-alueelta päivittäin syntyvä kuormitus. Kuormitus lasketaan erikseen peltoalueelle ja muulle maa-alueelle. Muodostuvan valunnan pitoisuus riippuu valunnan määrästä (mm/vrk) ja vuodenajasta. Mallissa on kalibroidut parametrit, jotka määräävät valunnan pitoisuuden jokaiselle valuntaluokalle ja vuodenajalle. Nämä parametrit kalibroidaan vesistön vedenlaatuhavaintojen perusteella.

Mallissa lasketaan jokaiseen järveen tuleva kuormitus, pitoisuus järvestä, sedimentaatio, sisäinen kuormitus ja lopulta lähtevä kuormitus. Kokonaistypen laskennassa lasketaan lisäksi denitrifikaatio vesipinnasta ja kiintoaineen laskennassa

sedimentaatio ja eroosio jokiuomassa. Vedenlaatulaskennan kalibroinnissa mallin laskemia pitoisuuksia verrataan havaittuihin kaikissa vedenlaatuhavaintopisteissä.

Ilmastomuutoksen vaikutusta fosforin ja typen kokonaiskuormitukseen arvioidaan WSFS-VEMALA-mallin keskimääräisen ilmastoskenaarion avulla. WSFS-VEMALA-mallissa kuvataan ilmastoskenaarion avulla muuttuvan lämpötilan ja satteen vaikutukset ravinneprosesseihin ja huuhtoumaan. Saatavilla on keskimääräinen skenaario, jossa kevätvaluntapiikki pienenee, jolloin pintavalunta voi pienentyä, mutta valuntaa tapahtuu muina aikoina keskimäärin enemmän (Seppänen ym. teoksessa Väisänen. toim. 2013). Ilmastomuutosskenaariossa on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä skenaariossa maatalous jatkuu nykyisenkaltaisena ja muut kuormituslähteet jatkuvat nykyisellä tasolla. Toisessa skenaariossa maataloudessa otetaan käyttöön kaikki mahdolliset vesiensuojelulliset lisätoimenpiteet. Malliskenaariossa maatalouden toimenpiteet tarkoittavat, että otetaan käyttöön tarkennettu lannoitus kaikilla lohkoilla, pelloilla on maksimimäärä talvi-aikaista kasvipeitteisyyttä, keraajakasveja ja maanparannusaineita sekä huomioidaan lietteen sijoitus. Kosteikkoja ei ole mukana keinovalikoimassa.

VEMALA-mallia kehitetään koko ajan ja sen antamat tulokset tarkentuvat ja ajanmukaistuvat koko ajan siihen automaattisesti integroitujen datavirtojen kautta. Ilmastoskenaario kattaa nyt vuodet 2021-2050 ja maatalouden toimenpiteissä huomioidaan uusimpana tekijänä mm. peltojen maanparannusaineet, jota ei ole ollut aikaisemmin. Tässä tarkastelussa VEMALA-laskelmien lähtökohta on nykytilanne, joka perustuu vuosien 2013-2020 keskiarvoon. VEMALA-mallin tulevaisuusskenaarioissa on huomioitava, että malli simuloi keskiarvomuuoksen vuosina 2021-2050 eikä sillä saada suoraan arviota vuoden 2050 tilanteesta. Laskemat tehty 12.5.2021 keskimääräisellä ilmastomuutosskenaariolla (VEMALA-WSFS, keskimääräinen ilmastomuutosskenaario, 2021-2050 RCP4.5A: taustamallinnus MOHC-HadGEM2-ES). Maatalouden lisätoimenpiteissä on huomioitu kaikki mahdolliset toimenpiteet, mm. maanparannusaineet, joita ei mm. edellisessä arviossa vielä ollut mukana. Maatalouden lisätoimenpiteitä koko laajuudessaan voitaneen pitää toteutukseltaan hyvin teoreettisina, mutta tarkastelu tarjoaa vertailukohdan mahdollisuuksista nykykeinojen osalta torjua ilmastomuutoksen vaikutusta. Muita kuin maatalouden lisätoimia ei VEMALA-mallissa huomioida.

Siuntionjoen vesistöalueen kuormitusta Risubackajokeen ja Karhujärveen sekä sen alaiseen Siuntionjoen vesistöalueeseen on arvioitu Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutusten arviointiraportissa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020). Tulokset on saatu käyttämällä VEMALA-mallinnusta. VEMALA-mallinnuksella laskettiin rehevyyttä aiheuttavien keskeisten kasvinravinteiden eli kokonaisfosforin ja kokonaistypen ainemääriä. Mallin mukaan vuosiin 2012-2020 perustuen (laskemat 16.7.2020 ennustaen koko vuoden 2020 loppuun) mukaan Risubackajoen alaosassa Nummelan puhdistamon osuus kokonaisfosforista on ollut keskimäärin noin 3,3 %, ja ensimmäisessä vesimuodostumassa Karhujärvellä 0,95 %. Karhujärvellä lähtevässä vedessä eli Siuntionjoen keskiosan alussa osuus laskee hieman lisää. Siuntionjoen alaosan järvissä kokonaisfosforin osuus on jo mitätön (Tjusträsk ja Vikträsk). Nummelan puhdistamon kokonaistypen suhteellinen osuus laskee Risubackajoen noin 41 %:sta Karhujärvellä noin 14 % ollen Tjusträskissä noin 5,5 % ja Vikträskissä noin 4,4 % (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020, taulukko 9 ja Taulukko 10).

5.3.1 Karhujärven VEMALA-WSFS laskelma

Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutusarviointiraportissa (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020) on todettu, että Nummelan puhdistamon ja eri vaihtoehtojen vesistövaikutukset rajoittuvat Risubackajoki-Karhujärvi-Siuntionjoen keskiosaan. Vaikutukset ovat suurimmillaankin lieviä rajoittuen Risubackajoen lisäksi pääasiassa Karhujärveen, eikä jätevesillä arvioitu olevan vaikutuksia siihen, että jonkin ekologisen osamuuttujan tila olisi heikentynyt. Tällä perusteella katsottiin riittävän, että mallilaskelmia (VEMALA ja LLR) tehdään vain Karhujärvestä. Mallilaskelmat toimivat hyvinä apuna myös ekologisten muuttujien tila-arviointien taustatekijöinä, joita arvioidaan uudestaan vesistöalueelta.

Karhujärven VEMALA-laskelmassa Nummelan puhdistamon osalta käytettiin tyypellä 40 kg/vrk (14,6 tonnia vuodessa) ja fosforilla 0,4 kg/vrk (146 kg vuodessa) kuormituslukuja, jotka on esitetty kuormitusennusteessa (Koivisto ja Koskinen 2021). Typen osalta 40 kg/vrk vastaa aika tarkkaan esitettyä 93 % reduktiota (39,9 kg N/v). Karhujärveen tuleva fosfori ja typpikuormitus kuormituslähteittäin nykytilanteessa (2013-2020) ja keskimääräisellä ilmastomuutosskenaariolla keskimäärin 2021-2050 nykytoimenpiteiden jatkuessa ja maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 4). Taulukoissa 5 ja 6 esitetään vastaavasti Nummelan uuden puhdistamon kuormitus ja sen osuus kokonaiskuormituksesta Karhujärvellä

Taulukko 4. Karhujärveen tuleva fosfori- ja typpikuormitus sekä niiden %-osuudet eri kuormituslähteistä nykytilanteessa (2013-2020). VEMALA-mallilaskelman mukaan. Nummelan uuden puhdistamon osalta käytetään skenaarioissa vuoden 2050 kuormituslukuja. Laskelmat tehty 12.5.2021.

KARHUJÄRVEEN TULEVA FOSFORIKUORMITUS kg/v														
Kuormituslähde	peltoviljely	pellot luonnonhuuhtouma	metsätalous hakkuut	metsätalous kunnostusojitus	metsätalous lannoitus	metsät muu ihmistoiminta	metsät luonnonhuuhtouma	vakituinen haja-asutus	loma-asunnot	hulevesi	laskeuma vesiin	pistekuorma	Summa	Kuormitus, muutos %
Nykytila 2013-2020	3877,48	313,37	53,1	0,71	1,25	17,92	1523,81	480,02	53,7	13,12	111,75	72,22	6518,45	
%	59,5 %	4,8 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	23,4 %	7,4 %	0,8 %	0,2 %	1,7 %	1,1 %	100,0 %	0 %
Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykyisillä toimenpiteillä	4559,88	362,16	64,14	0,83	1,48	13,63	1787,76	484,05	54,58	13,06	113,32	146	7600,89	
%	60,0 %	4,8 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %	23,5 %	6,4 %	0,7 %	0,2 %	1,5 %	1,9 %	100,0 %	+16,6 %
Skenaario 2021-2050 RCP4.5A maatalouden toimenpiteillä	3138,2	398,84	70,55	1,04	1,77	16,23	1995,52	480,75	54,07	14,01	136,63	146	6453,61	
%	48,6 %	6,2 %	1,1 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	30,9 %	7,4 %	0,8 %	0,2 %	2,1 %	2,3 %	100,0 %	-0,1 %

KARHUJÄRVEEN TULEVA TYPPIKUORMITUS t/v														
Kuormituslähde	peltoviljely	pellot luonnonhuuhtouma	metsätalous hakkuut	metsätalous kunnostusojitus	metsätalous lannoitus	metsät muu ihmistoiminta	metsät luonnonhuuhtouma	vakituinen haja-asutus	loma-asunnot	hulevesi	laskeuma vesiin	pistekuorma	Summa	Kuormitus, muutos %
Nykytila 2013-2020	54,34	6,81	1,09	0	0,12	0,95	33,4	3,89	0,29	0,55	5,31	17,42	124,17	
%	43,8 %	5,5 %	0,9 %	0,0 %	0,1 %	0,8 %	26,9 %	3,1 %	0,2 %	0,4 %	4,3 %	14,0 %	100,0 %	0 %
Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykyisillä toimenpiteillä	62,65	7,91	1,37	0	0,15	0,99	39,58	3,97	0,3	0,47	4,6	14,6	136,59	
%	45,9 %	5,8 %	1,0 %	0,0 %	0,1 %	0,7 %	29,0 %	2,9 %	0,2 %	0,3 %	3,4 %	10,7 %	100,0 %	+10 %
Skenaario 2021-2050 RCP4.5A maatalouden toimenpiteillä	51,33	7,96	1,36	0	0,15	1,01	39,78	3,79	0,28	0,45	4,61	14,6	125,32	
%	41,0 %	6,4 %	1,1 %	0,0 %	0,1 %	0,8 %	31,7 %	3,0 %	0,2 %	0,4 %	3,7 %	11,7 %	100,0 %	+0,1 %

Taulukko 5. VEMALA-mallinnuksen tulokset Karhujärveltä fosforikuormituksen osalta. Nykytilanteena on käytetty vuosien 2013-2020 kuormituksen keskiarvoa, ja keskimääräistä muutosta vuosina 2021-2050 kuvaa puolestaan kaksi skenaariota. Näistä ensimmäinen kuvaa maatalouden nykytoimilla syntyvää kuormitusta, kun taas jälkimmäisessä maatalouden lisätoimenpiteet on huomioitu. Puhdistamon kuormituksena on käytetty vuoden 2050 kuormituslukuja. Laskelmat tehty 12.5.2021.

VEMALA-WSFS, keskimääräinen ilmastomuutosskenaario, 2021-2050 RCP4.5A: MOHC-HadGEM2-ES	KARHUJÄRVEEN TULEVA P-KUORMITUS		
	2013-2020 nykytilanne	2021-2050 keskim. nyk. toimenpiteillä	2021-2050 maatal. toimenpiteillä
NUMMELAN PUHDISTAMO, VEMALA (nykytilanne) ja 2050 jäännöskuormaennuste kg/v	72,22	146	146
Karhujärveen, yhteensä kg/a	6518,45	7600,89	6453,61
NUMMELAN PUHDISTAMO, osuus, %	1,1 %	1,9 %	2,3 %
TotP -pintakrm g/m2/v	3,42	3,99	3,38

Taulukko 6. VEMALA-mallinnuksen tulokset Karhujärveltä typpikuormituksen osalta. Lähtöarvoina on käytetty 40 kg N/vrk eli 14,6 tonnia vuodessa, mikä kuvastaa suunnitellun Nummelan puhdistamon ennustettua kuormitusta vuonna 2050 (Koivisto ja Koskinen 2021). Laskelmat tehty 12.5.2021.

VEMALA-WSFS, keskimääräinen ilmastomuutosskenaario, 2021-2050 RCP4.5A: MOHC-HadGEM2-ES	KARHUJÄRVEEN TULEVA N-KUORMITUS		
	2013-2020 nykytilanne	2021-2050 keskim. nyk. toimenpiteillä	2021-2050 maatal. toimenpiteillä
NUMMELAN PUHDISTAMO, VEMALA (nykytilanne) ja 2050 jäännöskuormaennuste 1000 kg/v	17,42	14,6	14,6
Karhujärveen, yhteensä 1000 kg /v	124,17	136,59	125,32
NUMMELAN PUHDISTAMO, osuus, %	14,0 %	10,7 %	11,7 %
TotN -pintakrm g/m2/v	65,11	71,63	66,95

5.4 LLR-malli

Lake Load Response-malli eli LLR-kuormitusvaikutusmalli on mallinnustyökalu, jonka avulla voidaan arvioida, kuinka paljon järveen tulevan kuormituksen määrää tulisi vähentää hyvän vedenlaadun saavuttamiseksi. LLR-työkalu on kehitetty Suomen ympäristökeskuksessa tukemaan vesipuitedirektiivin toimeenpanoa ja helpottamaan vesistöalueiden hoidon suunnittelijoiden tekemää arviointia vesien ekologisesta tilasta ja sen muutoksista (toim. Väisänen, 2013). LLR-työkalu soveltuu erityisesti huonokuntoisten järvien tai järven osien kuormitusvähennystavoitteiden laskemiseen ja ekologisen tilan arviointiin. Laskennan lähtötietovaatimuksena on, että tarkasteltavasta vesimuodostumasta on saatavilla keski-syvyys, tilavuus ja pintavesityyppi sekä mahdollisimman pitkät havaitut aikasarjat tulevasta kuormituksesta, lähtövirtaamasta ja edustavimman syvänteiden kokonaisravinnepitoisuuksista. Lisäksi tarvitaan arvio sisäisestä kuormituksesta. Ravinteiden pidättymismallin avulla voidaan laskea kuormituksen ja kokonaisravinteiden yhteys.

Perinteisistä pidättymismalleista poiketen LLR:n fosforimalliin on lisätty myös sisäisen kuormituksen vaikutus. Näin malli korjaa järven fosforipitoisuuden ja ulkoisen kuormituksen suhdetta siten, että pitoisuus saadaan arvioitua luotettavammin myös rehevissä, sisäkuormitteisissa järvissä. Ravinteiden ja a-klorofyllin pitoisuuksien suhteesta saadaan edelleen johdettua yhteys kuormituksen ja a-klorofyllipitoisuuden välille. LLR-työkalu tuottaa ravinnepitoisuus- ja a-klorofyllien-todennäköisyysjakaumat annetuilla kuormituksilla. Vesimuodostumien tyyppikohtaisista raja-arvoista saadaan jokaiselle muuttujalle todennäköisyys kuulua tiettyyn luokkaan (toim. Väisänen, 2013).

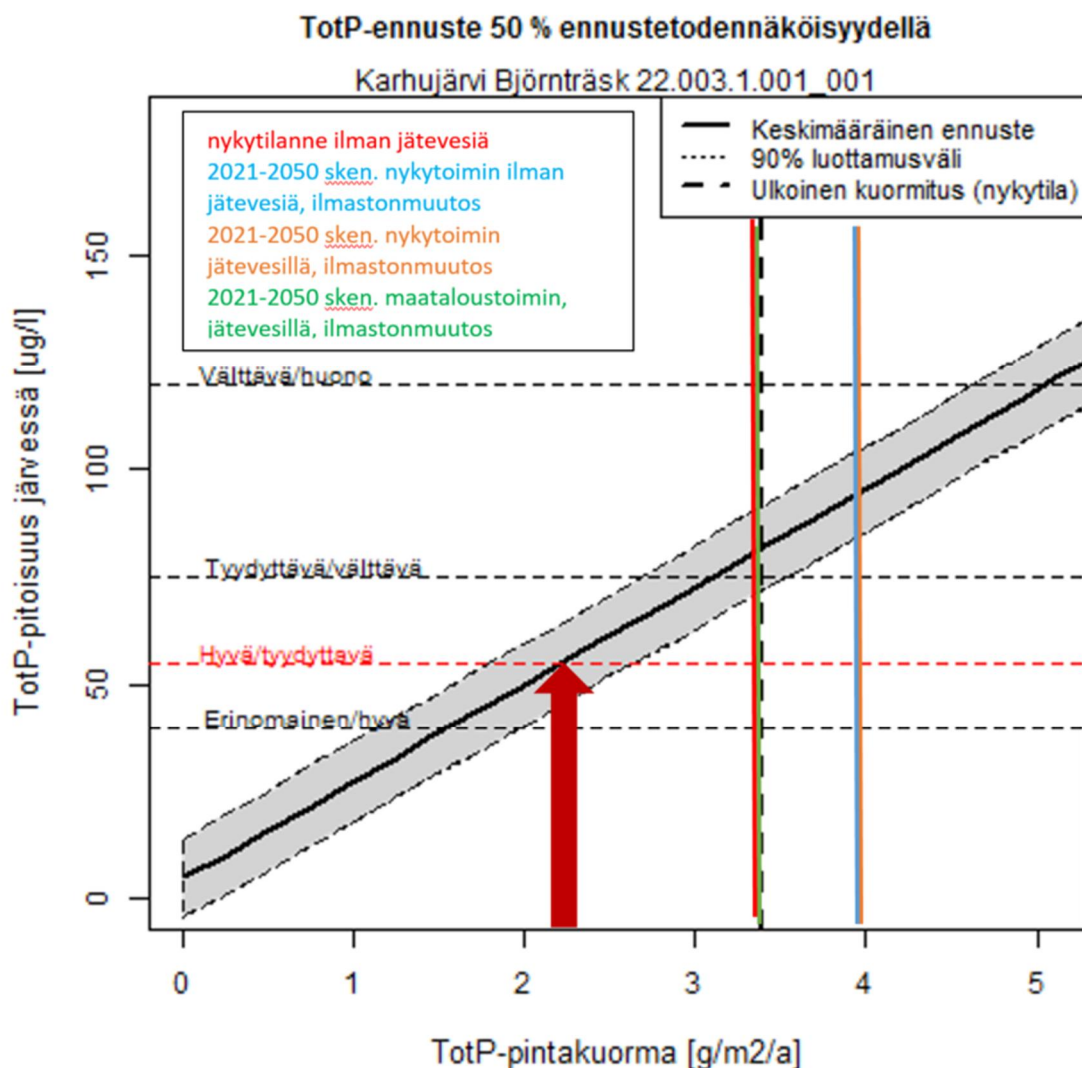
LLR-mallinnus perustuu VEMALA-mallinnusta vastaavasti vuosien 2013-2020 aineistoon, millä piirtyy kuva nykytilanteesta. LLR-malli simuloi tilaa melko vaatimattomalla 50 % todennäköisyydellä (90 % luottamusvälillä), mutta yhdessä VEMALA –mallinnuksen kanssa ne ovat tämän hetken parhaat mallit ennustamaan ainevirtoja ja pitoisuuksia vesimuodostumissa. LLR-mallin avulla saadaan myös ennusteet a-klorofyllipitoisuudesta, missä yhdistetään fosfori ja typpikuormat. LLR-mallissa on ravinnepitoisuuksien luokkarajat, millä esim. siirtymät eri luokkatiloihin pintakuormien muutoksista voidaan havaita.

5.4.1 Karhujärven LLR-mallitarkastelu

Karhujärvellä LLR-mallinnuksessa ja VEMALA-mallista saadaan tällä hetkellä nykytilannetta vastaava (2020) sekä keskimääräiset vuosien 2021-2050 kuormitusennusteet. Kuormitusennusteissa on mukana Nummelan puhdistamon kuormitusennusteluvut vuonna 2050. LLR-mallitarkastelussa huomioidaan VEMALA-mallin ilmastomuutoksen vaikutukset kaikissa ennustevaihtoehdoissa, joista tähän tarkasteluun katsottiin sopivimmaksi valita keskimääräisen ilmastomuutoksen vaikutukset. Ilmastomuutoksen vaikutuksessa mukana tarkastelussa oli kaksi muuta skenaariota, nykytoimien sekä maatalouden tehostettujen toimien vaikutukset. Sisäinen kuormitus arvioidaan lisäksi 2 kg P/vrk (730 kg P/v). Tämä on noin 2,5-kertainen VEMALAn arvioon nähden, sillä VEMALA-mallinnus on havaittu aliarvioivan nykymuodossaan vielä matalien, heikosti kerrostumattomien ja rehevien järvien sisäistä kuormitusta. Oranssi viiva kuvaa pintakuormaa nykyisillä toimenpiteillä, vihreä viiva puolestaan maatalouden kaikilla toimenpiteillä. Uusimman LLR-mallinnuksen nykytilaa kuvaava aineisto on vuosilta 2013-2020 eli vastaava kuin VEMALA-mallinnuksen nykytilaa kuvaavassa mallissa.

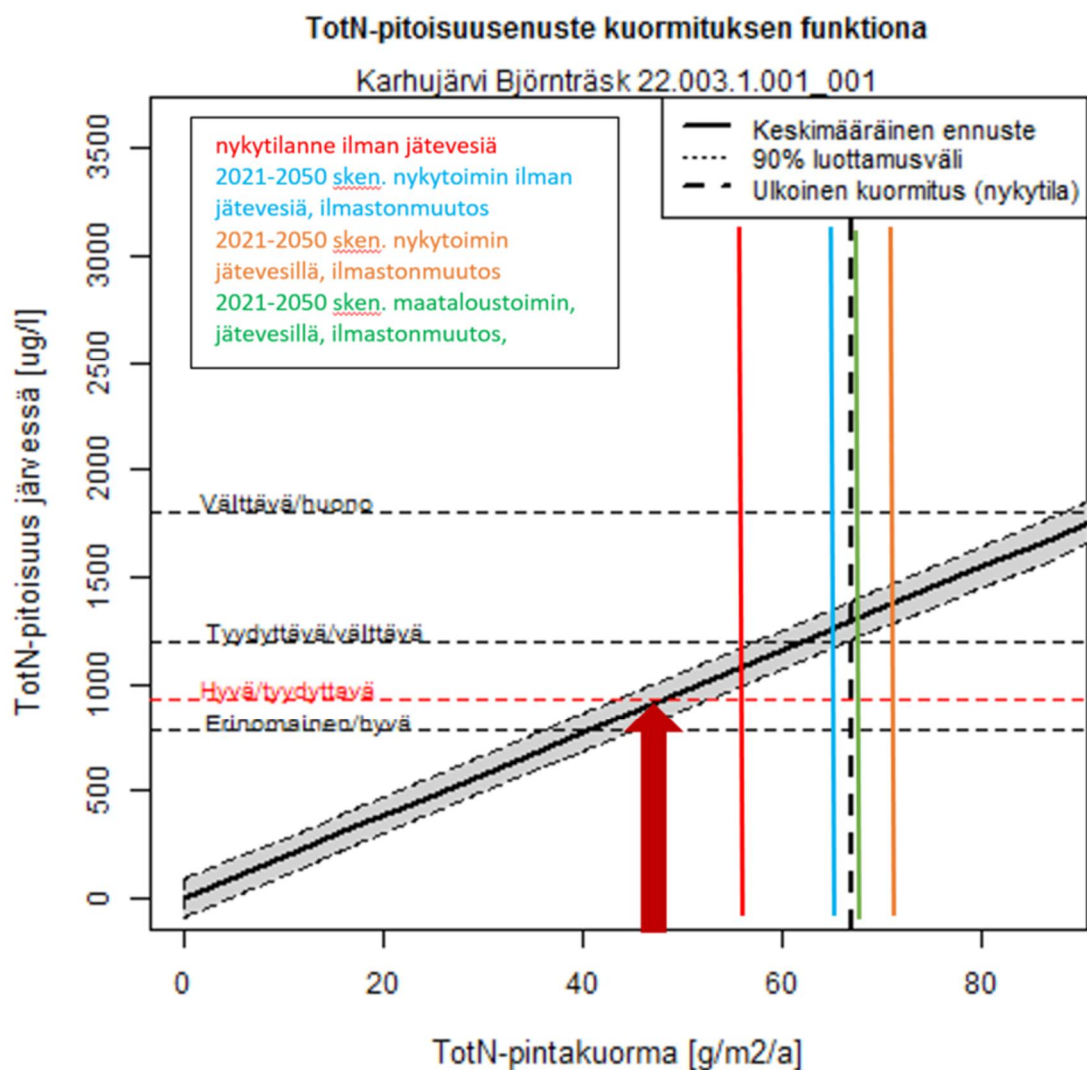
Karhujärveltä tehdyn LLR-mallinnuksen mukaan kokonaisfosforin pitoisuusennuste 82 µg/l vastaa erittäin hyvin Karhujärven keskimääräistä pitkän aikavälin fosforipitoisuutta noin 80 µg kokP/l. Typpipitoisuus 1297 µg/l on malliennusteessa myös hyvin lähellä keskimääräistä pitkänajan keskiarvoa noin 1320 µg kokN/l.

Hyvän ekologisen tilan saavuttamisen rajapitoisuuksina runsasravinteisilla järvillä pidetään kokonaisfosforilla 55 µg/l ja kokonaistypellä 930 µg/l. Kokonaisfosforin vähennystarpeeksi tulisi siten 27 µg kokP/l. Kokonaistypen osalta vähennys olisi 367 µg N/l.



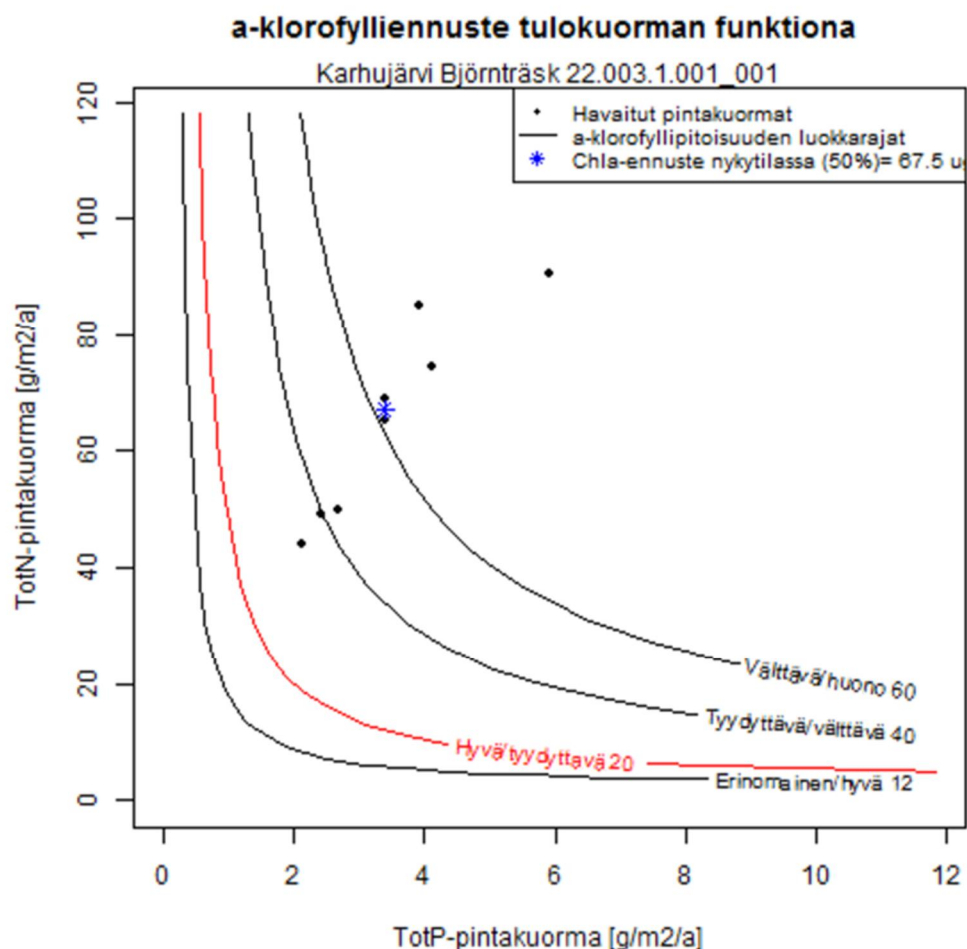
Kuva 2. Karhujärven kokonaisfosforin pitoisuuden ennuste 50 % todennäköisyydellä (90 % luottamusvälillä) nykyisellä tulokuormituksella LLR- mallin laskelmiin perustuen (musta pysty katkoviiva), nykytilanteessa ilman nykyisiä jätevesiä, (punainen pystyviiva), ja eri skenaariovaihtoehdot 2021-2050 huomioiden. Punainen nuoli osoittaa kokonaisfosforin pitoisuuden hyvän luokan tavoitepitoisuuden rajan 55 µg/l. Nummelan puhdistamon jätevesillä on marginaalinen vaikutus Karhujärven fosforipitoisuuteen. Pelkästään ulkoista kuormitusta vähentämällä ei LLR-malliennusteen mukaan hyvää tilaa saavuteta.

Fosforin osalta nykytilanteessa 50 % todennäköisyydellä ja 90 % luottamusvälillä fosforin 3,4 g/m²/a pintakuormalla LLR-malli kuvaa välttävää tilaa (musta pystysuuntainen katkoviiva), mikä olisi nykytilanne myös silloin, jos Nummelan nykyisen puhdistamon fosforipitoisia jätevesiä ei johdettaisi Karhujärveen. Keskimääräinen ilmastonmuutos vaikuttaa vuosina 2021-2050 keskimäärin siten, että Karhujärven fosforin pintakuorman ennustetaan kasvavan, jolloin kokonaisfosforipitoisuus nousee 82 µg/l nykytasosta noin 91-92 µg/l tasoon nykytoimenpiteiden jatkuessa valuma-alueella entisenlaisina (oranssi pystyviiva) ja myös silloin, jos jätevesiä ei johdettaisi Karhujärveen (sininen pystyviiva). Maatalouden tehostetuilla toimenpiteillä pintakuorman lisääntyminen ilmastonmuutoksen myötä saataisiin mallinnuksen mukaan kuitenkin estettyä, jolloin fosforipitoisuus vastaisi suurin piirtein nykytasoa (vihreä pystyviiva, pintakuorma 3,38 g/m²/a, fosforipitoisuus 80 µg/l). Skenaarioiden mukaan eri toimilla Karhujärven tila fosforipitoisuuden perusteella pysyy koko ajan välttävän rajoissa. Hyvän tilan pitoisuuden yläraja on 55 µg/l (punainen nuoli), jota Karhujärvi ei mallinnuksen mukaan saavuta edes maatalouden lisätoimenpiteillä.



Kuva 3. Karhujärven kokonaistypen pitoisuuden enuste 50 % todennäköisyydellä nykyisellä tulokuormituksella LLR- mallin laskelmiin perustuen (musta pysty katkoviiva), nykytilanteessa ilman nykyisiä jätevesiä, (punainen pystyviiva), ja eri skenaariovaihtoehdot 2021-2050 huomioiden. Punainen nuoli osoittaa kokonaistypen pitoisuuden hyvän luokan tavoitepitoisuuden rajan 930 µg/l. Pelkästään ulkoista kuormitusta vähentämällä ei LLR-malliennusteen mukaan hyvää tilaa saavuteta. Nykytilanteessa ilman Nummelan puhdistamon jätevesiä typpipitoisuuden perusteella luokkatila muuttuisi välttävästä tyydyttävään luokkaan.

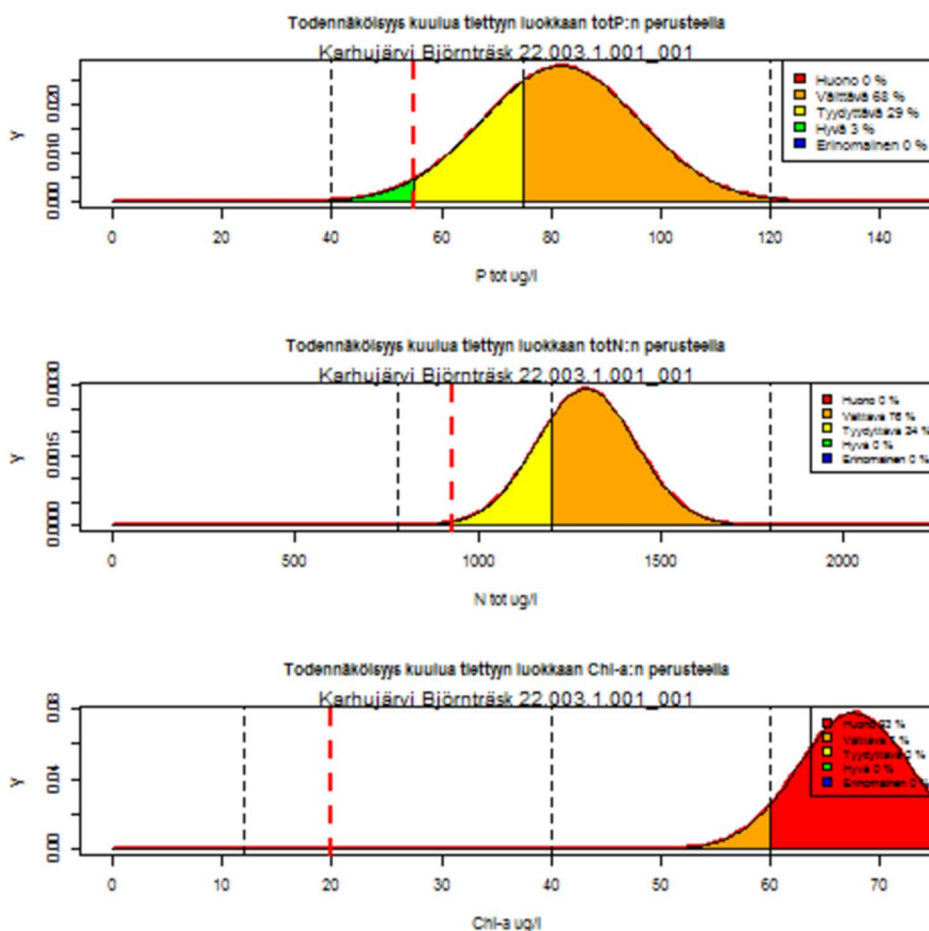
Typen osalta nykytilanteessa 50 % todennäköisyydellä ja 90 % luottamusvälillä typen 65,1 g/m²/a pintakuormalla ja 1297 µg/l typpipitoisuudella LLR-malli kuvaa välttävää tilaa (musta pystysuuntainen katkoviiva). Erotuksena fosforiin nykytilanteessa ilman Nummelan puhdistamon typpikuormaa luokkatila paranisi välttävästä tilasta tyydyttävään tilaan. Keskimääräinen ilmastonmuutos vaikuttaa ennusteissa 2021-2050 siten, että typen osalta välttävä tila ei muutu, ei myöskään nykytoimien jatkuessa silloinkaan, jos Nummelan uuden puhdistamon jätevesiä ei johdettaisi Karhujärveen (sininen pystyviiva). Karhujärven typpipitoisuuden ennustetaan olevan mallin kaikissa laskelmissa 2021-2050 keskimäärin noin 1250-1330 µg/l, joissa jätevesien johtaminen on mukana. Maatalouden ym. tehostetuilla toimenpiteillä pinta-kuorman lisääntyminen saadaan pidettyä nykyhetkeä vastaavana huomioiden uuden puhdistamon typpikuorma (vihreä pystyviiva) pintakuorma 65,7 g/m²/a, typpipitoisuus noin 1310 µg/l). Mallin ennusteiden mukaan eri toimilla Karhujärven tila pysyy typpipitoisuuden perusteella koko ajan välttävän rajoissa. Hyvän tilan pitoisuuden yläraja on tyypellä 930 µg/l (punainen nuoli), jota Karhujärvi ei mallinnuksen mukaan saavuta edes tehokkailla maatalouden lisätoimenpiteillä.



Kuva 4. Karhujärven a-klorofyllipitoisuuden ennuste 50 % todennäköisyydellä tulokuorman funktiona perustuen LLR-mallin laskelmiin. Sininen tähti osoittaa nykyhetkellä mallin mukaisen luokkatilan (huono). Luokkatila olisi nykyhetkellä välttävällä alueella, jos Nummelan jätevesiä ei johdettaisi vesistöön. Ennusteen mukaan keskimääräinen ilmastonmuutos huomioiden nykytoimilla ja

LLR-malli simuloi 50 % todennäköisyydellä a-klorofyllipitoisuutta Karhujärvellä käyttäen yhtä aikaa fosforin ja typen pintakuormaa. Yllä oleva mallista nähdään, kuinka nykytilanteessa pintakuormalla 65,1 g N/m²/a ja 3,4 g P/m²/a ennuste asemoituu huonoon luokkatilaan (kuvassa sininen rasti, jossa a-klorofyllipitoisuus 67,5 $\mu\text{g/l}$). Ennustettaessa keskimääräistä tilaa 2021-2050, keskimääräisen ilmastonmuutoksen vaikuttaessa ja nykytoimenpiteiden jatkuessa, typen pintakuormalla 71,6 g N/m²/a ja fosforin pintakuormalla 4,0 g/m²/a a-klorofyllipitoisuus kasvaa ilmentäen myös huonoa luokkatilaa. Nykytilanteessa luokkatila olisi astetta parempi eli välttävä siinä tapauksessa, että Nummelan jätevesiä ei johdettaisi Karhujärveen (noin 60,0 g N/m²/a ja 3,4 g P/m²/a). Tulevaisuusskenaariossa ilman Nummelan puhdistamon jätevesiä vuosina 2021-2050 nykytoimet huomioiden a-klorofyllipitoisuus asemoituu myös huonoon luokkatilaan (typen pintakuormalla 64,0 g/m²/a ja fosforin pintakuormalla 3,9 g P/m²/a). Maatalouden lisätoimenpiteet huomioiden ilman Nummelan puhdistamon jätevesiä (typen pintakuorma 58,1 g/m²/a ja fosforin pintakuorma 3,3 g/m²/a) luokkatila vaihtuu astetta parempaan eli välttävään tilaan.

LLR-mallin todennäköisyyksiä selventää Gaussin käyrät fosforin, typen ja a-klorofyllin osalta (kuva 5).



Kuva 5. LLR-mallin todennäköisyysjakaumat kuulua nykytilanteessa ekologiseen luokkaan Karhujärven fosforin, typen ja a-klorofyllipitoisuuden perusteella.

6 Vaikutukset veden fysikaaliseen laatuun

Risubackajoen vesi on erittäin rehevää ja erityisesti sen typpipitoisuudet ovat suuria. Korkeat typpipitoisuudet johtuvat Nummolan puhdistamon jätevesistä. Puhdistamojätevedet kohottavat myös jokiveden fosforipitoisuutta, mutta ajoittain fosforipitoisuus on noussut mm. Mäyräoan sivuhaaran eli viemäriojan alaosassa korkeammaksi kuin sen yläosassa lähempänä nykyisen Nummolan puhdistamon purkupaikkaa. Nummolan puhdistamon jätevedet on viime vuosina hygienisointi, mikä on parantanut veden hygieenistä laatua. Risubackajoen vesistön uomissa veden hygieniä on silti ajoittain heikko johtuen todennäköisesti eläintilojen, maatilojen ja muista hajakuormituksen lähteistä. Risubackajokea kuormittaa voimakas hajakuormitus ja sinne tulee myös kuormittavia vesiä vanhalta maankaatopaikalta ja mm. Muijalan teollisuusalueelta.

Karhujärvi on varsin matala ja sekoittumiselle altis, joten järvi ei kerrostu lämpötilan mukaan kesäisin pysyvästi. Tästä syystä sisäistä kuormitusta ei pystytä arvioimaan tarkastelemalla pinta- ja alusveden pitoisuuseroa. Kokonaisfosforipitoisuus on kasvanut vuosi vuodelta. Pintaveden kokonaisfosforipitoisuus kasvaa kesän mittaan kaksinkertaiseksi, joten järvi on todennäköisesti hyvin sisäkuormitteinen (Pellikka ym. 2020). Ravinneminitekijän määrittelemiseksi ei voida tutkia kaikkia fosforin ja typen esiintymismuotoja, mikä olisi luotettavin menetelmä. Tämä johtuu siitä, että Karhujärvellä levätuotanto on kasvukautena niin suurta, että molemmat liukoiset ravinteet käytetään vedestä välittömästi levien toimesta. Kokonaistypen ja kokonaisravinteiden suhteen laskettuna Karhujärvellä kasvukauden aikana molemmat, typi ja fosfori yhdessä ovat ravinneminitekijöitä (Mettinen 2012, Pellikka ym. 2020).. Myös fosfori, varsinkin kesäkuun alussa (ja Karhujärven pohjoispäässä) ja myöhäiskesällä typi voi yksin rajoittaa levätuotantoa. Säättekijät (valo, lämpötila, tuulisuus ym.) vaikuttavat myös suuresti levätuotantoon (Mettinen 2012).

Rehevien järvien kuten Karhujärven fysikaalis-kemiallisessa tilassa huomioidaan ensisijaisesti kasvukauden (kesä-syyskuu) kokonaisfosforipitoisuus. Karhujärven fysikaalis-kemiallinen tila on välttävä kokonaisfosforipitoisuuden lukuarvon mukaan. Karhujärveltä on runsaasti muutakin vedenlaatatietoa kaikilta vuodenajoilta. Päälysveden kesäaikaiset ravinnepitoisuudet (typpi, fosfori) ovat suuria ja kuvaavat välttävää tilaa. Pitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti eri näytteenottokertojen välillä, ja alusveden happipitoisuus heikkenee ajoittain loppukesällä ja -talvella. Päälysveden pH-arvot ovat toisinaan kesällä hyvin korkeita, jopa noin 9. Tämä kuvaa voimakasta perustuotantoa ja rehevyyttä (Uudenmaan ELY-keskus 2020).

Rehevien järvien kokonaisfosforin hyvän luokan raja-arvo on 55 µg/l ja typen 930 µg/l. Karhujärven tapauksessa näihin pitoisuuksiin pääsemiseksi ulkoisen kuormituksen vähentäminen on ensiarvoisen tärkeää. Uuden puhdistamon kokonaisfosforin suunniteltu pitoisuuden yläraja 50 µg kokP/l alittaa fosforin osalta hyvän luokan raja-arvon. Jätevesimäärän kasvuennusteista johtuen fosforikuormitus vesistöön kokonaisuudessaan lisääntyy, mikä kasvattaa pieneltä osaltaan Karhujärveen tulevan fosforikuormituksen kokonaismäärää. Puhdistamon osalta kokonaisvaikutus ei kasva nykyisestä tarkastelujakson 2021-2050 lopussakaan, alkuvaiheessa pitoisuuden väheneminen voi näkyä Risubackajoessa, kun vertailutasona on 2013-2020 keskiarvopitoisuus 66 µg kokP/l.

Reheville järville määritellyn kokonaistypen hyvän luokan raja-arvo 930 µg/l tulee ylittymään reilusti (vuoden keskiarvo ≤5000 µg kokN/l). Risubackajoessa tällä pitoisuuden ylärajalla typpipitoisuudet laskevat. Uudessa puhdistamossa vesistöön johdetun typen keskimääräinen päiväkuorma (40 kg N/vrk) ja vuosikuorma (14,6 tonnia N/vrk) ovat pienempiä kuin nykyinen 47,7 kg/vrk ja vuosikuorma 17,42 tonnia N/v. Tämä johtuu siitä, että puhdistamon typpireduktiota pyritään nostamaan nykyisestä noin 81 % tasosta 93 % tasoon. Näin siitään huolimatta, vaikka jätevesiliittymien määrä ja jätevesimäärä kasvavat ennusteiden mukaan lähes kolminkertaiseksi, typpikuormitus laskee reduktion kasvaessa riittävästi.

Vesistöä kuormittavan jäteveden fysikaalis-kemiallisen laadun ja määrän muutokset näkyvät veden laadussa selvimmin lähellä purkupaikkaa ja ovat luonnollisesti helpommin todettavissa kuin biologiset muutokset. Fysikaalis-kemiallinen laatu saattaa siten näkyä alkuvaiheessa pienempinä pitoisuuksina Risubackajoessa, mutta jätevesimäärän kasvaessa myönteinen kehitys ei jatku samalla tavalla. Nummolan puhdistamon vesistöön johdetun jäteveden fosforipitoisuus on suunnitelmien mukaan pitoisuudeltaan suurimmillaan 50 µg/l, mikä on alhaisempi kuin nykyisen puhdistamon vesistöön johdetun jäteveden keskipitoisuus, joka vuosina 2013-2020 oli 66 µg kokP/l. Tällä 50 µg/l kokonaisfosforin pitoisuudella käsitelty jätevesi vastaisi vastaanottavan rehevän vesistön luonnollista tasoa. Typen pitoisuus tulisi suunnitelmien mukaan olemaan huomattavasti nykyistä pienempi ylärajalla alle 5000 µg/l, minkä vaikutuksesta Risubackajoen typpipitoisuus laskee nykyisestä. Lähipurkupaikkana olevan Risubackajoen ravinnepitoisuudet, etenkin fosforipitoisuus tulee silti kasvamaan johtuen ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Uuden suunnitellun puhdistamon jätevesimäärä kasvaa vuoteen 2050 mennessä lähes kolminkertaiseksi vaikuttaen siten, että esimerkiksi Karhujärvellä jäteveden sisältämän kokonaisfosforin osuus nousee nykyisestä noin 1 %:sta vuonna 2050 noin 2 %:iin. Nämä laskelmat perustuvat VEMALAn osalta keskimääräisiin virtaamamuutoksiin jaksolla 2021-2050. Uuden puhdistamon osalta laskelmissa käytettiin kuormituslukuja vuodelta 2050, eikä malliin ollut mahdollista syöttää lisääntyntä vesimäärää ja arvioida mallin avulla laimenemisen mahdollista vaikutusta. Näin laskien malli ylikorostaa puhdistamon osuutta kuormituksessa, kun siinä ei oteta huomioon puhdistamon laimentavaa pitoisuutta vesistössä. Tämä myös todennäköisesti kompensoi osaltaan ainekuormituksen lisäyksen kielteistä vaikutusta vesistössä. VEMALA-mallissa oikea vertailukohde puhdistamon kuormituksen vaikutuksen tarkastelulle olisi vuosi 2050, mutta sitä malli ei tarjoa. Arvioinnissa on joka tapauksessa huomioitava ns. varovaisuusperiaate sekä toisaalta siihen liittyy monia epävarmuustekijöitä (luku 9).

Mikäli Nummolan puhdistamon jätevesiä johdetaan Risubackajokeen, on arvion mukaan vaikutukset nykytilanteeseen verrattuna vuonna 2050 keskimääräiset ilmastonmuutoskenaariot huomioiden vähäisesti kielteisiä, missä korostuu erityisesti luonnonvesiä selvästi suurempi jäteveden typpipitoisuus. Vähäinen kielteinen vaikutus ulottuu myös Karhujärvelle ja on sama, kuin YVA- raportissa ja edellisessä vesistövaikutusraportissa (taulukko 7).

Taulukko 7. Vaikutukset Siuntionjoen vesistössä veden fysikaalis-kemiallisen laatuun vuonna 2050. 0= ei muutosta. WSFS-VEMALA, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä.

Osa-alue	Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	Ei puhdistamojätevesiä
Risubackajoki	vähäinen -	kohtalainen ++
Karhujärvi	vähäinen -	vähäinen +
Siuntionjoen keskiosa	0	vähäinen +
Tjusträsk	0	0

7 Vaikutukset biologisiin tilamuuttujiin

7.1 Kasviplankton

Luonnossa reaktiot kuormituksen muutoksille ovat paljon monimutkaisempia ja joka tapauksessa hitaampia kuin kuormitusta ilmentävät fysikaalis-kemialliset muuttujat. Nopeimmin reagoivat nopeakasvuiset, pienikokoiset perustuottajat eli levät. Biologista muuttujista kasviplankton on ns. perustuottaja, joka tarvitsee ravinteita lisääntyäkseen. Kasviplanktonit eli mikroskooppiset levät tarvitsevat erityisen paljon fosforia ja typpeä, joita se hyödyntää suoraan liukoissa muodossa. Karhujärvi on luonnostaan runsasravinteinen järvi, mutta pitkään jatkunut ulkoinen kuormitus on muuttanut sen koostumusta sinilevävaltaiseen suuntaan. Tilannetta pahentaa järven löyhän sedimentin pintakerroksen huokosissa aikojen kuluessa runsastunut fosfori, joka palautuu helposti perustuottajien käyttöön. Tämä näkyy ensin levätuotannossa, jotka voivat hyvinkin kaksinkertaistaa biomassansa parissa päivässä edullisissa oloissa. Levien lisääntymistä stimuloivat lisäksi valo ja lämpö ja muutkin ympäristötekijät, jotka voivat aiheuttaa nopeita muutoksia kasviplanktonin kokonaismäärään ja koostumukseen.

Karhujärven kasviplanktonin lajikoostumusta on tutkittu muutamina vuosina 2000-luvulla. Uusimpien Karhujärven kunostushankkeeseen sisältyvien tutkimustulosten perusteella vuonna 2019 heinäkuun alussa sinileviä oli jo yli puolet kokonaisbiomassasta, mutta elo-syyskuussa niitä oli todella paljon. Lisäksi kasviplanktonissa oli runsaasti piileviä ja syyskuun alussa panssarisiimaleviä. Sinilevistä ylivoimaisesti suurimman biomassan muodostivat *Planktothrix agardhii* -lajin rihmamaiset sinilevät koko kesän. Tämän lajin sinilevät eivät muodosta heterokystejä eli typensidontaan erikoistuneita soluja. Tämä johtunee Karhujärven korkeasta typpipitoisuudesta (Pellikka ym. 2020). Siten yhteys myös puhdistamovesien suureen typpimäärään näyttää selvältä. Puhdistamoprosessi vaikuttaa mm. jätevesityypen olomuotoon. Mikäli jätevesityppi on suunnitellussa uudessa puhdistamossakin pääasiassa liukoissa muodossa (nitraattityppeä), on se leville suoraan käyttökelpoista. Suunnitelman mukainen typpipitoisuus (alle 5000 µg/l) on huomattavasti alhaisempi kuin nykytasolla (2013-2020, noin 15000 µg/l), mikä alentaa Risubackajoen typpipitoisuutta. Tietojen mukaan (Niina Vieno, suullinen 27.5.2021) nitraattityypen pitoisuus tulee samalla laskemaan tasoon 3000-4000 µg/l ja loppu kokonaistypestä olisi orgaanista typpeä, joka ei ole leville käyttökelpoista. Alkuvuosina typpipitoisuuden alentumisen odotetaan havaitavan myös Karhujärvelläkin, mutta jätevesimäärän lisääntyessä ja samalla typen kokonaismäärän kasvaessa tilanne kääntyy kuitenkin aikaisempaa vastaavaan suuntaan. Vastaava kehitys voidaan teoriassa olettaa havaittavan myös kasviplanktonin osalta etenkin, jos kasvukautena päästään vielä huomattavasti alle tuon 5000 µg/l typpipitoisuuden. Ongelma on puhdistamotypen osalta kuitenkin siinä, että pitoisuudeltaan nykyistä Karhujärven kokonaistypen kasvukauden keskipitoisuutta noin 1400 µg/l suuremmalla pitoisuustasolla puhdistamotyyppi kuten muualtakin tuleva typpi, kykenee ylläpitämään nykyistä kasviplanktonituotantoa (ja muuta perustuotantoa) Karhujärvellä.

Kasviplanktonin määrää mitataan niiden sisältämän a-klorofyllipitoisuuden perusteella, joka on myös yksi biologinen luokittelutekijä. Karhujärvellä kasviplanktonin luokkatila on a-klorofyllipitoisuuden perusteella huono (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020).

Biologisista muuttujista kasviplankton on hyvin keskeisessä asemassa Karhujärven tapauksessa. Puhdistamon typpikuormalla on merkitystä Karhujärven a-klorofyllipitoisuuteen, mihin viittaa myös LLR-mallinnuksen tulokset. Kuormituksen jatkuminen ei muuttaisi kasviplanktonin luokkatilaa, mutta esim. nykyisen puhdistamon typpikuorman poistaminen voisi mahdollisesti parantaa kasviplanktonin tilaa siten, että sen luokkatila muuttuisi astetta paremmaksi nykyisestä huonosta välttävään luokkatilaan. Karhujärven kokonaisluokkatila on sama, välttävä myös tällä hetkellä.

Nummellan uuden puhdistamon arvioidaan vaikuttavan vuonna 2050 vähäisesti kielteisesti Karhujärven kasviplanktoniin (a-klorofyllipitoisuuteen) nykytilanteeseen nähden, kun huomioidaan keskimääräiset ilmastonmuutoskenaariot nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 8).

Taulukko 8. Vaikutukset Siuntionjoen vesistössä kasviplanktoniin vuonna 2050 (sis. a-klorofyllipitoisuuden). 0= ei muutosta. WSFS-VEMALA, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä.

Osa-alue	Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	Ei puhdistamojätevesiä
Risubackajoki	*	*
Karhujärvi	vähäinen -	vähäinen +
Tjusträsk	0	0

7.2 Vesikasvillisuus

Vedessä tai sen vaikutuspiirissä elävä kasvit ovat enimmäkseen suurikokoisia joko juurellisia pohjaan kiinnittyviä kasveja tai myös irrallaan vedessä ajelehtia perustuottajia, jotka ovat erikoistuneet elämään vesissä ja kosteilla rannoilla. Suurin osa on ns. putkilokasveja, osa kuuluu sammaliin ja osa ns. makroleviin. Vesikasvit reagoivat leviä huomattavasti hitaammin elinympäristön muutoksiin. Pohjaan kiinnittyneinä ne hyödyntävä suoraan sen sisältämiä runsaita ravinnevaroja, johon ne ovat myös lajinsa mukaan sopeutuneet. Eroavaisuudet pohjamateriaalissa kuten mm. aallokkoon ja jopa varjoisuuteen saa aikaan myös vaihtelua lajistossa. Syvyys on tärkeä muuttuja ja siihen liittyy myös valon väheneminen syvyyden kasvaessa. Tällöin mm. vain pohjalla pienikoisina kasvavat ns. pohjaruusukkeiset kasvit voivat kärsiä veden samenenemisen lisääntymisestä. Kilpailua ravinteista ja valosta käydään levien ja vesikasvien kesken (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020).

Karhujärvellä on tehty vesikasvillisuustutkimus heinäkuussa 2016 Siuntionjoen yhteistarkkailuun liittyen (Ranta 2016), mihin yllä olevat luokitteluarviot perustuvat. Karhujärven rantojen yleisilme oli reheväkasvustoinen. Avointa rantaa oli hyvin vähän lähinnä kesämökkien edustoilla. Aikaisempien vesikasvikartoitusten perusteella (Nybom 1990) tilanne oli samankaltainen jo 1980-luvulla. Todennäköistä on kuitenkin, että ilmaversoiskasvustojen leveys ja tiheys on kasvanut 30 vuodessa. Tärkeimpänä muutoksena nähtiin rehevyyttä ilmentävän karvalehden *Ceratophyllum demersum* ilmestymisen lajistoon. Karvalehti oli runsaimmillaan järven pohjoisosassa, jonne laskevat melko hyvälaatuinen Palojoen ja voimakkaasti kuormitettu Risubackajoki. Karua kasvupaikkaa vaativia vesikasvilajeja ei pehmeäpohjaisessa ja sameavetisessä Karhujärvessä tavattu nyt eikä 1980-luvullakaan, esimerkiksi kaikki pohjalehtiset puuttuivat. Ravinteikkaan veden vaikutukset olivat hyvin nähtävissä (Ranta 2016).

Vaikka vesimakrofyytit reagoivat melko hitaasti vedenlaadun ja sitä myöten pohjanlaadun muutoksiin niin pitkällä aikavälillä voi tapahtua muutoksia, kuten Rannan (2016) kasvillisuuskartoituksessa havaittiin. Myönteinen kehitys johtaa myös muutoksiin paitsi veden ravinteisuudessa myös valon määrässä ja vähitellen myös pohjan laadussa. Uusia lajeja, esimerkiksi keskiravinteisuutta ilmentäviä lajeja saattaa ilmestyä lajistoon ja yleistyvän. Myös kasvustot saattavat olla harvemmassa ja pienialaisimpia kuin ennen (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020).

Nummellan uuden puhdistamon arvioidaan vaikuttavan vuonna 2050 vähäisesti kielteisesti Karhujärven vesikasvillisuuteen nykytilanteeseen nähden, kun huomioidaan keskimääräiset ilmastonmuutoskenaariot nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 9).

Taulukko 9. Vaikutukset Siuntionjoen vesistössä vesikasvillisuuteen vuonna 2050. 0= ei muutosta. WSFS-VEMALA, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä.

Osa-alue	Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	Ei puhdistamojätevesiä
Risubackajoki	*	*
Karhujärvi	vähäinen -	vähäinen +
Tjusträsk	0	0

7.3 Pohjaeläimet

Makroskooppisia eli paljain silmin havaittavissa olevia vesistöissä esiintyviä selkärangattomia on tutkittu jo hyvin kauan ja suomalaiset tutkijat ovat olleet tutkimuksen eturintamassa yhdessä muiden pohjoismaisten tutkijoiden kanssa. Pohjaeläinlajisto on osoittautunut hyvin monipuoliseksi ja tutkimusten myötä myös niiden elinympäristövaatimuksista on

kertynyt runsaasti tietoa. Tiedon lisääntyessä erilaisia indeksejä elinympäristön, sen muutosten ja pohjaeläimistö koostumuksen välillä on kehitelty vuosikymmenten varrella. Tutkijoiden ja mm. velvoitetarkkailujen käytössä on nykyään yhtenäiset suositukset ja ohjeet pohjanäytteenoista raportointiin asti. Elinympäristön ja sen muutosta kuvaavia kehittyneitä indeksejä on sekä järvien syvänteiden, kivikkorantojen että koskien pohjaeläimistölle, jotka soveltuvat käytettäväksi vesistöjen ekologisen tilan luokittelussa. Tällä hetkellä ympäristöhallintoon biologisesta tietokannoista pohjaeläintietokanta (Hertta/Pohje) lienee suurin.

Karhujärvi on keskeinen Siuntionjoen yhteistarkkailun vesistöseurantakohde, joten pohjaeläinaineistoa on sieltä runsaasti. Karhujärvellä ei ole kivikkorantoja, joita suositellaan rehevien järvien tarkkailuun.

Karhujärven pohjaeläimiä tutkittiin viimeksi vuonna 2016 Siuntionjoen yhteistarkkailuun liittyen (Liljendahl 2017). Pohjaeläinnäytteet otettiin Karhujärvestä kahdelta syvyydeltä järven eteläosasta ja yhdeltä syvyydeltä järven pohjoisosasta. Umpeenkasvusta kärsivältä pohjoisosan havaintopaikalta (syvyys 2 m) löydettiin vain kuusi taksonia ja etelässä syvänealueen reunalta (syvyys 2 m) yhdeksän taksonia. Järven eteläosan havaintopaikalla (4 m) tavattiin vuonna 2016 myös kuusi taksonia. Taksonit olivat pääasiassa yleisimpiä rehevien pohjien lajeja: harvasukamatoja (*Oligochaeta*), surviaissääskentoukkia (*Chironomus plumosus semireductus-t* ja *Procladius sp.*, *Tanytus vilipennis*) sekä muutamia sulkasääskentoukkia (*Chaoborus flavicans*). Lajisto on luontaisestikin köyhempi syvemmällä, jossa ravintoa on yleensä niukemmin saatavilla ja elinympäristö on karumpi kuin vesikasvillisuuden ja rannan läheisyydessä. Lajisto kertoi erittäin rehevästä pohjasta ja vedestä sekä ajoittaisesta happikadosta. Surviaissääski-indeksien (LCI ja CI) mukaan Karhujärven pohja on erittäin rehevä. Aikaisempien tulosten perusteella Karhujärven ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia.

Ekologisen tilan arvioinnissa Karhujärvi luokituttunut syvänepohjaeläinindeksien eli lukuarvojen mukaan hyväksi mutta kokonaisarvio pohjaeläimistön perusteella arvioidaan tyydyttäväksi. On hyvä myös huomioida, että keskisyvyydeltään alle 3 metrin järvien (kuten Karhujärvi) pohjaeläinyhteisön luonnollinen vaihtelu on suurta ja heikentyneitä oloja ilmentäviä lajeja esiintyy näissä matalissa järvissä luonnostaankin. Ihmistoiminnan vaikutuksia on vaikea havaita (Jyväsjärvi ym. 2012), Luontaisesti rehevillä ja matalilla järvillä arviointi vaikeutuu lisäksi myös siksi, ettei niille ole olemassa riittävästi vertailuaineistoa luokituksen tekemiseen. Karhujärven syvänteessä esiintyy suhteellisen monta pohjaeläintaksonia, ja vaikka ne ovat rehevien järvien syvänealueille luonnostaan tyypillisiä eivät ne viittaa vakaviin, pitkäkestoisin happikatoihin, minkä seurauksena pohjaeläimistö olisi ollut nyt todettua yksipuolisempi ja osoittanut hyvää heikompaa ekologista tilaa.

Kusten muissakin eliöstöryhmissä, makroskooppiseen pohjaeläimistöönkin on odotettavissa vähintään muutoksia lajien yksilömääräsuhteissa tai uusia lajeja, jotka kuvaisivat parantuneita pohjan oloja siinä tapauksessa, että kuormitus vähenee. Nämä voisivat ilmetä vaihtoehtoissa, jossa kuormituksen vähenemä on suurinta.

Nummelan uuden puhdistamon arvioidaan vaikuttavan vuonna 2050 vähäisesti kielteisesti Karhujärven pohjaeläimistöön nykytilanteeseen nähden, kun huomioidaan keskimääräiset ilmastomuutoskenaariot nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 10).

Taulukko 10. Vaikutukset Siuntionjoen vesistössä pohjaeläimistöön vuonna 2050. 0= ei muutosta. WSFSEMALA, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä.

Risubackajoki	*	*
Karhujärvi	vähäinen -	vähäinen +
Siuntionjoen keskiosa	0	vähäinen +
Tjusträsk	0	0

7.4 Kalat

Karhujärven kalaston tilasta saadaan 4 vuoden välein tietoa Siuntionjoen yhteistarkkailussa perustuen kalastustiedusteluihin. Nämä eivät kuitenkaan riitä kalastonperusteiseen ekologisen luokittelun tekoon. Uusimmassa Uudenmaan ELY-keskuksen Karhujärveä koskevassa ekologisessa luokittelussa ei kalasto ollut arvioitavana. Karhujärven kalastosta on kuitenkin aivan tuoreita tietoja viime vuodelta, jolloin Siuntionjoki 2030 hankkeeseen liittyen Karhujärvi koekalastettiin ympäristöhallinnon suosittelemien luokituskelpoisten ohjeiden mukaan. Kalaperusteinen ekologinen tila määräytyy kalaston biomassan, yksilömäärän, särkikalojen biomassaosuuden ja erityisten indikaattorilajien keskiarvosta (ELS4). Karhujärven koekalastusten perusteella sekä biomassasaalis että lukumääräsaalis osoittavat huonoa tilaa ja särkikalojen biomassaosuus välttävää tilaa. Indikaattorilajien osalta tilaluokitus oli hyvä. Kalastoluokituksessa käytettävä ekologisen laatusuhteen lukuarvo (ELS4) oli 0,27 osoittaen välttävää ekologista tilaa (Valjus 2019).

Särkivaltaisuus sekä sen suuri kokonaisbiomassa ovat pahasti rehevöityneiden järvien yhteinen piirre. Kalakannan rakenteeseen tavoiteltuja, palautuvia muutoksia saa hyvin suunnitelluilla järvikunnostustoimilla, johon Karhujärven osalta liittyisi tehokas hoitokalastus (Pellikka ym. 2020). Ulkoisen kuormituksen vähentäminen vaikuttaa kalakantaan hitaammin, mutta näkysi myös vähitellen lajistossa ja biomassassa. Vaikutukset olisivat samansuuntaisia kuin pohjaeläimistössä. Siuntionjoen keskiosassa elää mm. alkuperäisen taimenkanta. Sen lisääntymistulosta saattaa heikentää rehevä vesi, joka liettää lisääntymispaikkoja. Kuitenkaan Nummelan uuden puhdistamon kuormitus osaltaan ei ole niin merkittävä, että sillä olisi taimenkannan tai joessa esiintyvään muunkaan kalaston menestymiseen näkyvää vaikutusta.

Nummelan uuden puhdistamon arvioidaan vaikuttavan vuonna 2050 vähäisesti kielteisesti Karhujärven kalastoon nykytilanteeseen nähden, kun huomioidaan keskimääräiset ilmastomuutoskenaariot nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 10).

Taulukko 11. Vaikutukset Siuntionjoen vesistössä kalastoon vuonna 2050. 0= ei muutosta. WSFS-VEMALA, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykytoimenpiteillä ja maatalouden lisätoimenpiteillä.

Osa-alue	Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	Ei puhdistamojätevesiä
Risubackajoki	*	*
Karhujärvi	vähäinen -	vähäinen +
Siuntionjoen keskiosa	0	vähäinen +
Tjusträsk	0	0

8 Johtopäätökset

Nummelaan suunniteltavan uuden puhdistamon vesistövaikutusten arvioinnissa on käytetty päivitettyjä vesistömallilaskentoja Karhujärvestä (VEMALA-WSFS ja LLR, aineistolaskelmat 12.5.2021). Vesistöalueelta on myös ollut käytössä varsin runsaasti monipuolista fysikaalis-kemiallista sekä biologista aineistoa. Yhteenveto arvioiduista vesistövaikutuksista vuonna 2050 nykytilaan verrattuna esitetään taulukoissa 11 ja 12. VEMALA-vesistömallista on tarkastelussa huomioitu keskimääräisen ilmastomuutoksen vaikutukset nykyisten toimenpiteiden jatkuessa (VEMALA-WSFS, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A nykyisillä toimenpiteillä, taulukko 11) ja maatalouden lisätoimenpiteillä (VEMALA-WSFS, Skenaario 2021-2050 RCP4.5A maatalouden lisätoimenpiteet, taulukko 12).

Ilmastomuutos on ihmistoiminnan aikaansaava globaali muutostekijä, joka lisää Suomessa vesistöjen kuormitusta. Ilmastomuutos vaikeuttaa toimenpiteitä, joilla tavoitellaan vesistöjen palauttamista hyvään tilaan. *Keskimääräisellä ilmastomuutoksella ei arvion mukaan ole niin suurta kuormitusta lisäävää vaikutusta, että yhdessä suunnitellun Nummelan uuden puhdistamon kuormituksen kanssa kokonaiskuormitus muuttaisi puhdistamon alapuolisen vesistön fysikaalis-kemiallista tai ekologista tilaa nykyisestä.* Lähimmän vesimuodostuman eli Karhujärven ekologinen tila ei tulisi muuttumaan nykyistä huonommaksi minkään luokkatekijän osalta. *Mikäli Vihdin jätevesiä ei johdetaisi ollenkaan Siuntionjoen vesistöön, nousisi Karhujärvellä kasviplanktonin ekologinen luokkatila astetta nykyistä parempaan eli huonosta luokkatilasta välttävään luokkatilaan vuonna 2050. Myös Karhujärven syvänpohjaeläimissä muutos parempaan (tydyttävästä tyydyttävän/hyvän rajamaille) on mahdollinen. Karhujärven kokonaistila saataisi tällöin nousta yhdellä luokalla eli välttävästä tyydyttävään (taulukot 13 ja 14).*

Karhujärvestä alkaa Siuntionjoen keskiosa. *Keskimääräinen ilmastomuutostekijä huomioiden vuonna 2050 myös Siuntionjoen keskiosa jatkuu kokonaisarviossa luokkatilaltaan tyydyttävänä.* Koskipaikkojen kivikkopohjan pohjaeläimistö ilmentää keskimäärin edelleen hyvää tilaa ja kalasto keskimäärin tyydyttävää tilaa. *Mikäli jätevesien purku Siuntionjoen vesistöön lopetetaan, kalaston luokkatila saataisi parantua tyydyttävän/hyvän rajoille. Edellytyksenä on tässä tapauksessa, että maataloudessa huomioidaan lisätoimenpiteet* (Skenaario 2021-2050 RCP4.5A, maatalouden lisätoimenpiteillä (taulukko 14). Keskimääräinen ilmastomuutostekijä huomioiden ja toimenpiteiden jatkuessa nykyisenkaltaisena, kalasto ja sen kokonaisarvio sen tilasta jäävät tyydyttävään luokkaan (taulukko 13).

Kokonaisfosforikuormitukseen uuden puhdistamon fosforikuormituksella ei ole juuri vaikutusta, jossa ratkaisevaa on maa- ja metsätaloudesta syntyvä lisäkuorma ja ilmastomuutoksen lisäävä vaikutus siihen. Ratkaisevassa asemassa näyttäisi etenkin Karhujärven osalta olevan puhdistamon typpikuorma, vaikka se ei kasvaisikaan nykytilaa suuremmaksi. Mallilaskelmien ja olemassa olevan aineiston perusteella tavoitetta hyvistä ekologisesta tilasta ei tarkasteltavalla ajanjaksolla vuoteen 2050 mennessä arvioida saavutettavan. Puhdistamovesiä suurempi ekologisen hyvän tilan saavuttamista vaikeuttava tekijä on muusta ihmistoiminnasta lisääntynyt hajakuormituksen suuri määrä. Järven nykyistä tilaa ylläpitää ulkoisen kuormituksen lisäksi mahdollisesti voimistuva sisäinen kuormitus, johon on vaikuttanut ja vaikuttaa

edelleen sekä puhdistamojätevedet että hajakuormitus. Pelkästään ulkoista kuormitusta olisi vähennettävä kolmasosan nykyisestä (Pellikka ym. 2020), mikä voi olla aika epärealistista. Karhujärven kunnostustoimenpiteiden tehostamisen tarve on suuri ja mm. valuma-alueella suunniteltavien toimien lisäksi niitä olisi suoraan kohdistettava itse järveen (tehokalastus ym., Pellikka ym. 2020).

Annetuilla kuormitusennusteilla ja tässä raportissa mallinnusten ja olemassa olevien aineistojen perusteella Nummelan uuden suunnitellun puhdistamon vesistövaikutusarviot eivät myöskään merkittävästi poikenneet Vihdin veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutukset raportin vaihtoehto VE1 vesistövaikutuksista (Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020). Siinä molempien, sekä Kirkkonkylän että Nummelan taajamien jätevesien yhteisvaikutusta arvioitiin Siuntionjoen vesistöalueella. Pieni eroavaisuus näiden arvioiden välillä koskee ainoastaan tilannetta, missä jätevesiä ei johdettaisi Siuntionjokeen lainkaan: uudessa arviossa Karhujärven kasviplanktonin osalta luokkatilan paraneminen jää välttävään (aikaisemmin välttävä/tydyttävä, Suonpää-Espinola ja Mettinen 2020) ja toisaalta, koska uudemman 3.kauden ekologisen luokittelussa Karhujärven syvännepohjaeläimistön luokka alempi eli tyydyttävää kuin se oli ollut 2 luokittelukaudella (hyvä), palautuminen entiseen hyvään tilaan on nyt epävarmempaa (tydyttävä/hyvä, taulukko 14).

Taulukko 12. Arvio Nummelan uuden puhdistamon jätevesien johtamisen vaikutuksista Karhujärven ja Siuntionjoen keskiosan ekologiseen kokonaistilaan ja sen osatekijöihin vuonna 2050. Arvioissa on huomioitu keskimääräinen ilmastomuutostekijä ja nykyiset toimenpiteet (VEMALA-WSFS, skenaario 2021-2050, RCP4.5A nykyisillä toimenpiteillä, LLR, 12.5.2021). Odotettavissa olevat muutokset korostettu värillä.

KARHUIJÄRVI	Veden fysikaalis-kemiallinen laatu	kasviplankton	vesikasvillisuus	syvännepohjaeläimet	1) Kalasto	Biologinen kokonaisarvio	Kokonaisarvio
Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	välttävä	huono	tydyttävä	tydyttävä	välttävä	välttävä	välttävä
Ei jätevesiä Risubackajokeen	tydyttävä	välttävä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä
Nykyinen Karhujärven tila (3. luokittelu v. 2020)	välttävä	huono	tydyttävä	tydyttävä	ei arviota	välttävä	välttävä
SIUNTIONJOEN KESKIOSA (Kirkkojokeen asti)	Veden fysikaalis-kemiallinen laatu	*	*	koski-pohjaeläimet	Kalasto	Biologinen kokonaisarvio	Kokonaisarvio
Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä	hyvä	tydyttävä
Ei jätevesiä Risubackajokeen	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä	hyvä	tydyttävä
Nykyinen Siuntionjoen keskiosan ekologinen tila (2. luokittelu v. 2016)(ennen Kirkkojokea)	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä	hyvä	tydyttävä

1) Aineisto vuoden 2019 tilanteeseen perustuen (Valjus 2019)

Taulukko 13. Arvio Nummelan uuden puhdistamon jätevesien johtamisen vaikutuksista Karhujärven ja Siuntionjoen keskiosan ekologiseen kokonaistilaan ja sen osatekijöihin vuonna 2050. Arvioissa on huomioitu keskimääräinen ilmastomuutostekijä ja maatalouden lisätoimenpiteet (VEMALA-WSFS, skenaario 2021-2050, RCP4.5A maatalouden lisätoimenpiteillä, LLR, 12.5.2021). Odotettavissa olevat muutokset korostettu värillä.

KARHUIJÄRVI	Veden fysikaalis-kemiallinen laatu	kasviplankton	vesikasvillisuus	syvännepohjaeläimet	1) Kalasto	Biologinen kokonaisarvio	Kokonaisarvio
Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	välttävä	huono	tydyttävä	tydyttävä	välttävä	välttävä	välttävä
Ei jätevesiä Risubackajokeen	tydyttävä	välttävä	tydyttävä	tydyttävä/hyvä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä
Nykyinen Karhujärven tila (3. luokittelu v. 2020)	välttävä	huono	tydyttävä	tydyttävä	ei arviota	välttävä	välttävä
SIUNTIONJOEN KESKIOSA (Kirkkojokeen asti)	Veden fysikaalis-kemiallinen laatu	*	*	koski-pohjaeläimet	Kalasto	Biologinen kokonaisarvio	Kokonaisarvio
Puhdistamojätevedet Risubackajokeen	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä
Ei jätevesiä Risubackajokeen	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä/hyvä	hyvä	tydyttävä
Nykyinen Siuntionjoen keskiosan ekologinen tila (2. luokittelu v. 2016)(ennen Kirkkojokea)	tydyttävä	*	*	hyvä	tydyttävä	hyvä	tydyttävä

1) Aineisto vuoden 2019 tilanteeseen perustuen (Valjus 2019)

9 Tarkastelun epävarmuustekijät

Vesistöjen kokonaiskuormituksen määrän arviointiin on käytetty VEMALA-WSFS-vesistömallia (Huttunen ym. 2008). Vesistömallissa on aina epätarkkuutta ja tuloksissa epävarmuutta. Epävarmuuteen vaikuttavat lähtötietojen tarkkuus (mm. vedenlaatuhavainnot, tiedot kuormituslähteistä ym.). Yleensä mallin tulokset ovat sitä tarkempia mitä suurempia alueet ja ainevirtaamat ovat. Tulosten epävarmuuden oletetaan olevan noin 10–20 % suuruista. Niiden havaintopisteiden alueilla, joista pitoisuushavainnot on vähintään kuukausittain, tulosten oletetaan olevan 10 %-yksikön tarkkuudella todellisesta. Edellisen Ranta ym. (2014) arvioinnin jälkeen VEMALA- kuormitusmallissa on otettu käyttöön muun muassa uusi valuma-aluejako, jonka avulla saadaan tarkempia tuloksia veden virtauksesta ja kuormituksesta vesistön osissa. VEMALA laskee virtaamia altainen välillä. Yläpuolisesta vesistöstä kuhunkin osa-altaaseen tulevan virtaaman, sadannan ja haihdunnan osa-altaassa ja vedenkorkeuden vaihtelun kautta niiden väliset virtaamat.

Nummelan uuden puhdistamon kuormitusarvoissa on varauduttu jätevesimäärään lähes kolminkertaiseen kasvuun vuonna 2050. VEMALAn antamat laskelmat (skenaariot) fosforin ja typen kuormituksista ennustavat keskimääräistä tilannetta 2021-2050 ei vuotta 2050, jonka lähtötietoarvoja puhdistamon osalta VEMALA-mallin skenaariolaskelmissa käytettiin. VEMALA-mallissa ennustetta suoraan vuoteen 2050 asti ei ole saatavilla. Jos VEMALA-mallin kehityssennuste mallinnettisiin kymmenien vuosien päästä esim. vuoteen 2050 asti, saattaisi mallin epävarmuus kasvaa huomattavasti nykyisestä 10-20 %:sta. Tätä voidaan tarkastella yhtenä varovaisuusperiaatteeseen liittyvänä tekijänä, millä varmistetaan arvioinnissa maksimaalisen vaikutusten tason tarkastelu vesistövaikutusarvion johtopäätöstä ja lupapäästöstä ajatellen.

VEMALA huomioi nykyisessä kehitysvaiheessaan kuormituksen vähentämistoimista ainoastaan maatalouteen kohdistuvat toimet, vaikka kunnostustoimia voidaan tehdä valuma-alueella muuallakin, myös vesistöissä suoraan. Siuntionjoen vesistöalueella laadittiin Siuntionjoki 2030 –vesistövisio, jossa tavoitteena on vesistön hyvä ekologinen tila. Visiota toteutettavilla toimenpiteillä pyritään vähentämään valuma-alueen kuormitusta ja Siuntionjoen järvien sisäistä kuormitusta. Toimia on suunniteltu ja aloitettu jo Karhujärvessä ja sen valuma-alueella. Kunnostustyön tulokset näkyvät viiveellä.

Kuormitusvaikutusten ennustamiseen käytettiin VEMALA-mallin lisäksi LLR-mallia. Malli antaa arvion ekologisesta tilasta perustuen tulokuormitukseen ja vesistön ominaispiirteisiin. LLR-malliin syötetään arvio vesistön sisäisestä kuormituksesta. Sisäisestä kuormituksesta on tutkittua tietoa vähän, joten sisäinen kuormitus perustuu laskelmiin ja asiantuntija-arvioon. Tämä aiheuttaa epävarmuutta mallin ennusteisiin. Malli ennustaa 50 % todennäköisyydellä ekologista tilaa, mikä pitää huomioida mallitarkastelussa. LLR-malli kuvaa kuitenkin riittävällä tarkkuudella vesistöjen nykytilaa ja ennustaa nykyistä ekologista tilaa fosforin, typen ja a-klorofyllipitoisuuden suhteen. Tämän vuoksi mallin tuloksia voidaan pitää oikean suuntaisina. LLR-mallin tuloksiin lisätyt ennusteet kokonaiskuormituksen muutoksista perustuvat käytettävissä olevaan parhaaseen olemassa olevaan tietoon, mikä on saatu VEMALA-kuormitusmallista.

Ilmastonmuutoksen ennustamiseen liittyy omat epävarmuustekijät. Nykyisten nähtävissä olevien muutosten perusteella on nähtävissä trendi lumipeitteisen ajan vähenemiselle, talven lumisateet tulevat entistä enemmän lumena ja talven aikaisen valumat kasvavat. Säässä myös ääri-ilmiöt lisääntyvät, joiden ennustaminen on vaikeaa. Suomen vuosikeskilämpötila on noussut 1800-luvun puolivälin jälkeen yli 2 astetta. Ilmastomallien pohjalta arvioidaan, että keskilämpötila jatkaa nousuaan ja sateisuus lisääntyy erityisesti talvella, rankkasateet voimistuvat ja Etelä-Suomen lumipeite muuttuu oikukkaammaksi (ilmasto-opas.fi). Tässä tarkastelussa käytettiin keskimääräisen ilmastonmuutoksen skenaariota.

Epävarmuustekijänä on myös se, kuinka uuden puhdistamoprosessitekniikan käyttöönotosta seuraava typen laadullinen muuttuminen pitoisuuden alenemisen lisäksi vaikuttaa perustuotannon kykyyn hyödyntää vedessä olevaa typpiravinnetta yhdessä siellä erityisen runsaana olevan fosforiravinteen kanssa. Perustuotannon minimitekijää olisi Karhujärvellä ”in situ” hyvä selvittää, sillä siihen vaikuttaa monet monimutkaiset ravinteiden ja mm. hiilidioksidin ja muiden aineiden sitoutumiseen ja vapautumiseen liittyvät prosessit järvessä säätelijöiden ym. tekijöiden lisäksi.

Lähdeluettelo

Aroviita, Jukka, Mitikka, Sari, ja Vienonen, Sanna (toim.) 2019: Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37 | 2019. Suomen ympäristökeskus SYKE, Vesikeskus. 192 s. ISSN 1796-1726 (verkkoj.).

Huttunen, M., Huttunen, I., Vehviläinen, B. 2008. Vesistömallin vedenlaatuosio. Vesistömallikoulutus 12.2.2008.

Koivisto, M. ja Koskinen, T. 2021: Vihdin puhdistamoiden kuormitusennusteet. Ramboll Finland Oy. 5.5.2021 (REV 2).

Liljendahl, Anne 2018: Siuntionjoen vesistön ja Pikkalanlahden yhteistarkkailujen yhdistetty vuosiraportti 2017. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 2888/2018. 28 s.

Pellikka Katja, Kihlström Maria, Laitinen Erkki, Mettinen Aki, Valjus Jorma, Vesterinen, Jussi 2020: Siuntion Karhujärven Kunnostussuunnitelma. Siuntionjoki 2030 hanke. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 17/2020. 63 s.

Seppänen ym. teoksessa Väisänen. toim. 2013. Mallit avuksi vesienhoidon suunnitteluun Gisbloom-hankkeen pilottilu-eilla: Liite 4. Ilmastonmuutos VEMALAssa s 184-185. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2013. Helsinki. 191 s.

Siuntionjokineuvottelukunta 1989: Siuntion vesistön käytön ja suojelun yleissuunnitelma. Osat I ja II. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 41. 330 s.

Suonpää, Anu ja Mettinen, Aki 2014. Vihdin jätevesihuollon vaihtoehtojen YVA - vesistövaikutukset Siuntionjoen vesistössä, 2014. Tutkimusraportti 457/2014. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. 65 s.

Suonpää-Espinola, Anu ja Mettinen, Aki 2020: Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutusten arviointi. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 65/2020. 69 sivua + liitteet.

Suonpää-Espinola, Anu 2021: Vihdin Veden jätevesihuollon vaihtoehtojen vesistövaikutusten arviointi - lisätarkastelu Hiidenveden osalta. Vihdin Vesi. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Raportti 82/2020. 12 s.

Uudenmaan ELY-keskus 2020 (toimittajat: Tiina Ahokas, Esko Nylander, Sini Olin, Annukka Vähä-Vahe, Antti Mäntykoski): Ehdotus Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuosille 2022-2027, julkaistu 2.11.2020. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 153 s.

Valjus, Jorma 2019: Karhujärven (Björnträsk) verkkokoekalastus 2019. Siuntionjoki 2030 hanke. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 814/2019. 7 s.

Väisänen, Sari (toim.) 2013: Mallit avuksi vesienhoidon suunnitteluun- GlsBloom pilottialueilla. The Guidance document of applying the demonstrated methods in river basin management planning. 203 s.