



**Kymijoen**  
vesi ja ympäristö ry



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

# **ONKAMAANJÄRVEN LLR-KUORMITUSVAIKUTUSMALLINNUS**

**Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 279/2014**

**Niina Kotamäki, Suomen ympäristökeskus, SYKE**



## JOHDANTO

Tämä työ on osa Kymijoen alueen järvikunnostushankkeessa laadittua Onkamaanjärven kunnostussuunnitelmaa. Työn tavoitteena on arvioida LLR-mallilla Onkamaanjärven ulkoisen kuormituksen määrää ja sen vähentämistarvetta, sekä arvioida sisäisen kuormituksen merkitystä järven tilaan ja kuormitusvähennyksiin. Mallin tuloksista saadaan tukea kunnostussuunnitelman toimenpidesuosituksen mitoittamiseen ja oikein kohdentamiseen.

LLR, eli Lake Load Response, on SYKEssä kehitetty mallinnustyökalu kuormitusvaikutusten arviointiin. LLR auttaa kuormitusvähennystarpeen arvioinnissa ja siten vesistöalueiden hoidon suunnittelussa ja siihen liittyvässä päätöksenteossa. LLR:llä lasketaan, miten ulkoinen kuormitus ja sen muutokset vaikuttavat vesimuodostuman kokonaisravinne- ja a-klorofyllipitoisuuksiin. LLR soveltuu erityisesti huonokuntoisten tai hyvän ja tyydyttävän tilan rajalla olevien järvien ja sisempien rannikkovesialueiden kuormitusvähennystavoitteiden laskemiseen sekä tueksi ekologisen tilan arviointiin.

LLR:n laskelmat perustuvat yksinkertaisiin yhteyksiin ravinnekuormituksen ja vedenlaadun välillä. Tunnettuihin ravinnetaseyhtälöihin perustuvan ravinteiden pidättymismallin avulla voidaan laskea vesimuodostuman kokonaisravinnepitoisuus. LLR:n fosforimalliin on lisätty myös sisäisen kuormituksen aiheuttama vaikutus. Ravinnekuormitusten avulla laskettuja kokonaisravinnepitoisuuksia käytetään vesimuodostuman a-klorofyllipitoisuuden laskentaan. Ravinteiden ja a-klorofyllin pitoisuuksien suhteesta saadaan edelleen johdettua yhteys kuormituksen ja a-klorofyllipitoisuuden välille. LLR:ssä olevien mallien tarkempi kuvaus ja sovellusesimerkkejä löytyy mm. seuraavista lähteistä Kotamäki (2014), Malve (2006) ja Pätynen (2009).

Lisätietoa myös SYKEN mallien ja työkalujen verkkosivuilla: [http://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus\\_kehittaminen/Itameri\\_vesistot\\_ja\\_vesivarat/Mallit\\_ja\\_tyokalut/Vesienhoidon\\_mallit/Kuormitusvaikutusmalli\\_LLRLR](http://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus_kehittaminen/Itameri_vesistot_ja_vesivarat/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Kuormitusvaikutusmalli_LLRLR)

## SYÖTTÖTIEDOT

Laskennan syöttötietoina tarvitaan tarkasteltavan vesimuodostuman keskisyvyys, tilavuus ja pintavesityyppi sekä mahdollisimman pitkät havaitut aikasarjat tulevasta kuormituksesta, lähtövirtaamasta ja edustavimman syvänteen kokonaisravinnepitoisuuksista. Lisäksi tarvitaan arvio sisäisen kuormituksen suuruusluokasta.

Nimi: Onkamaanjärvi 11.006.1.022

Tyyppi: Matalat humusjärvet (Mh)

Tilavuus: 1,45 milj. m<sup>3</sup>

Keskisyvyys: 1 m

Viipymä: ~1 vuotta (90 vrk)

Sisäisen kuormituksen alkuarvo: puolet ulkoisen kuormituksen mediaanista, eli 0,4 kg/d  
Luokittelu: Tyydyttävä (kokonaisluokka), (TotP=Tyydyttävä, TotN=Tyydyttävä, chl-a=Tyydyttävä)

Kuormitusarvoina käytetään viipymäjaksolta arvioitua, järveen tulevaa keskimääräistä päivittäistä kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforikuormaa. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudeksi lasketaan viipymäjaksion keskiarvo, mutta laskennassa huomioidaan vain kasvukauden aikana tehtyjen näytteenottojen tulokset. Onkamaanjärveltä on tuloksia pääasiassa Suuriselältä ja vain yhdeltä syvyydeltä (*Onkamaanjärvi Suuris 024*).

Taulukkoon 1 on koottu LLR-mallin syöttötiedot Onkamaanjärvelle. Kuormitukset (LN ja LP) sekä virtaama (Q) ovat Vemala-mallin laskemia vuosikeskiarvoja ja pitoisuudet (TotN ja TotP) ovat mitatut tilavuuspainotetut kasvukauden (touko–syyskuu) keskiarvot.

*Taulukko 1. LLR-mallin syöttötiedot: kokonaistyyppikuormitus (LN, kg/d), kokonaisfosforikuormitus (LP, kg/d), järvestä havaittu kokonaistyyppipitoisuus (TotN, µg/l) ja kokonaisfosforipitoisuus (TotP, µg/l) ja lähtevä virtaama (Q, m<sup>3</sup>/s).*

Vuosi	LN	LP	TotN	TotP	Q
1991	24,2	1,1	1300	65	0,22
1993	10,7	0,5	750	44	0,10
1994	21,1	1,1	810	36	0,24
1995	21,4	0,9	840	62	0,20
1997	16,4	0,6	720	38	0,13
1998	20,3	1,0	745	39	0,21
1999	18,3	0,8	580	30	0,15
2001	13,3	0,6	1500	48	0,14
2003	16,4	0,9	843	36	0,15
2009	14,7	0,7	980	64	0,13
2013	20,5	0,9	750	80	0,18

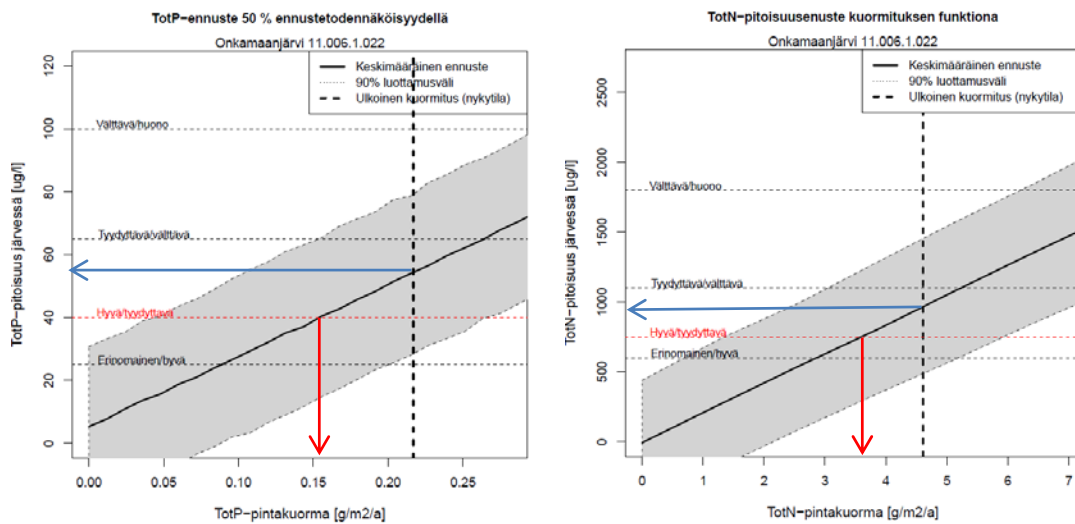
## TULOKSET

Taulukon 2 ja Kuvan 1 perusteella Onkamaanjärven keskimääräinen fosforipitoisuus on 55 µg/l eli järvi on tyydyttävässä tilassa fosforin perusteella. Kuormitus, jolla hyvään tilaan (H/T-raja-arvo 40 µg/l) päästään on 0,6 kg/d, eli noin 28 % vähemmän kuin järven keskimääräinen kuormitus (0,9 kg/d). Nykyisellä typpikuormituksella (18 kg/d) typpipitoisuus on keskimäärin 966 µg/l. Hyvän tilan raja on 750 µg/l, joten myös typen osalta järvi on keskimäärin tyydyttävässä tilassa. Hyvään typpitasoon pääsemiseksi kuormitusta olisi vähennettävä 24 %.

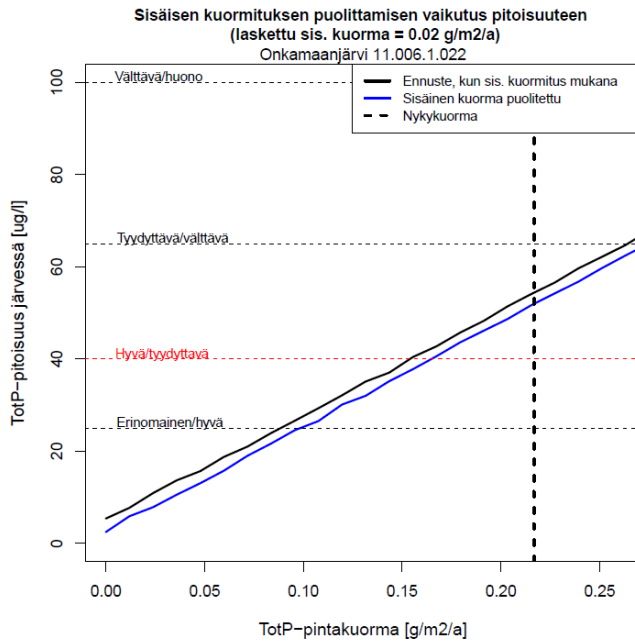
Taulukko 2. LLR:n ravinnemallin tuottama fosfori- ja typpikuormitusten ja -pitoisuuksien nykytila, tavoitetilä ja tavoitteeseen pääsemiseksi tarvittava vähennys. Nykytilan ja tavoitetilan ulkoiset kuormitukset on esitetty päiväkuormana (kg/d) ja kuormana järvipinta-alaa kohden (g/m<sup>2</sup>/a). Pitoisuuden nykytilassa (µg/l) on mallin laskema keskimääräinen pitoisuus annetuilla kuormitustiedoilla. Sisäinen kuormitus on mallin laskema sisäisen kuormituksen arvo sekä päiväkuormana että pintakuormana.

			Fosfori	Typpi
Nykytila	Ulkoisen kuormitus	kg d <sup>-1</sup>	0,9	18
		g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	0,22	4,6
	Pitoisuusennuste	µg l <sup>-1</sup>	55	966
	Sedimentaationopeus (laskettu)	m d <sup>-1</sup>	0,003	0,004
Tavoitetilä	Ulkoisen kuormitus	kg d <sup>-1</sup>	0,6	14
		g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	0,16	3,51
	Pitoisuus (H/T-raja)	µg l <sup>-1</sup>	40	750
Vähennystarve	Ulkoisen kuormitus	kg d <sup>-1</sup>	0,3	4
		g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	0,06	1,1
		%	28	24
	Pitoisuusvähennys	µg l <sup>-1</sup>	15	216

Kuvasta 2 nähdään sisäisen kuormituksen puolittamisen vaikutus järven fosforipitoisuuteen. Malli arvioi Onkamaanjärven sisäisen fosforikuormituksen olevan noin 11 % ulkoisesta kuormasta, eli sisäisen kuormituksen vaikutus ei ole erityisen merkittävä järven fosforipitoisuuteen.

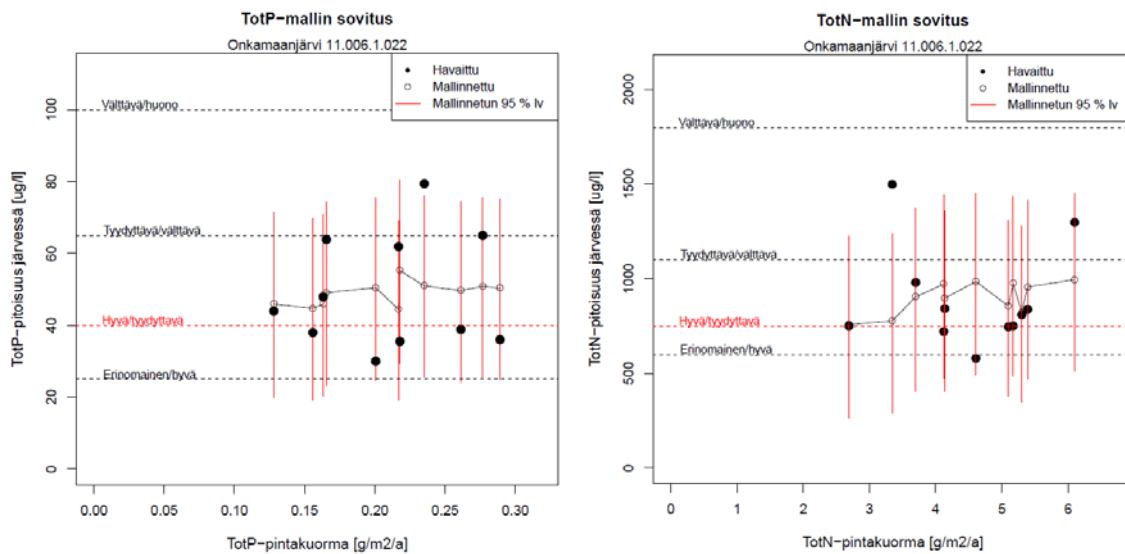


Kuva 1. Kokonaisfosforipitoisuuden (kuva vasemmalla) ja kokonaistyppipitoisuuden (oikealla) keskimääräinen ennuste ja 90 % luottamusväli ulkoisen kuormituksen funktiona. Punainen nuoli osoittaa kuormaa, jolla tavoitepitoisuuteen päästään ja sininen nuoli kuvaa nykyisellä kuormitustasolla saatavaa pitoisuutta.



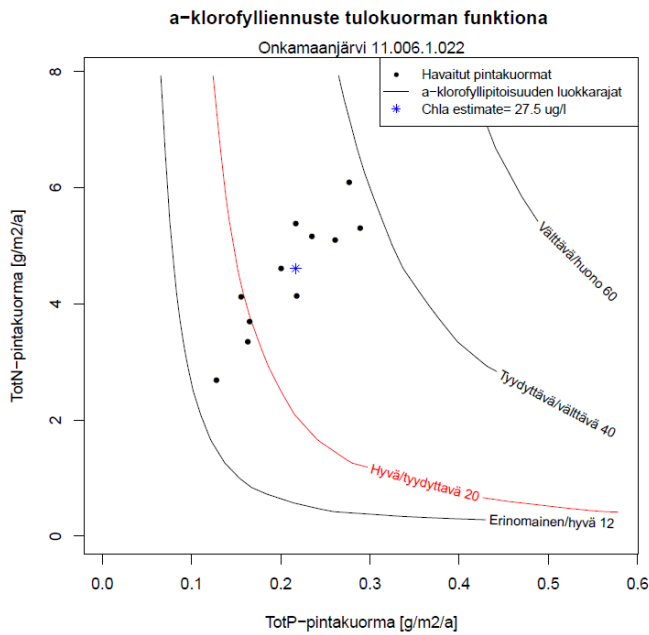
Kuva 2. Sisäisen kuorman puollittamisen vaikutus fosforipitoisuuteen ja kuormitusvähennystarpeeseen.

Kuvassa 3 on esitetty LLR-mallin sovitus annettuun lähtöaineistoon. Pitkän ajan keskimääräiset havaitut fosforipitoisuudet vaihtelevat hyvästä välttävään tilaan. Typen osalta (Kuva 3, oikea) vaihtelua on erinomaisesta välttävään. Kuvista nähdään, että epävarmuus on suuri (leveät luottamusvälit). Tämä heijastaa sekä luonnollista vaihtelua että mallin ja havaintojen puutteellisuudesta johtuvaa epävarmuutta.



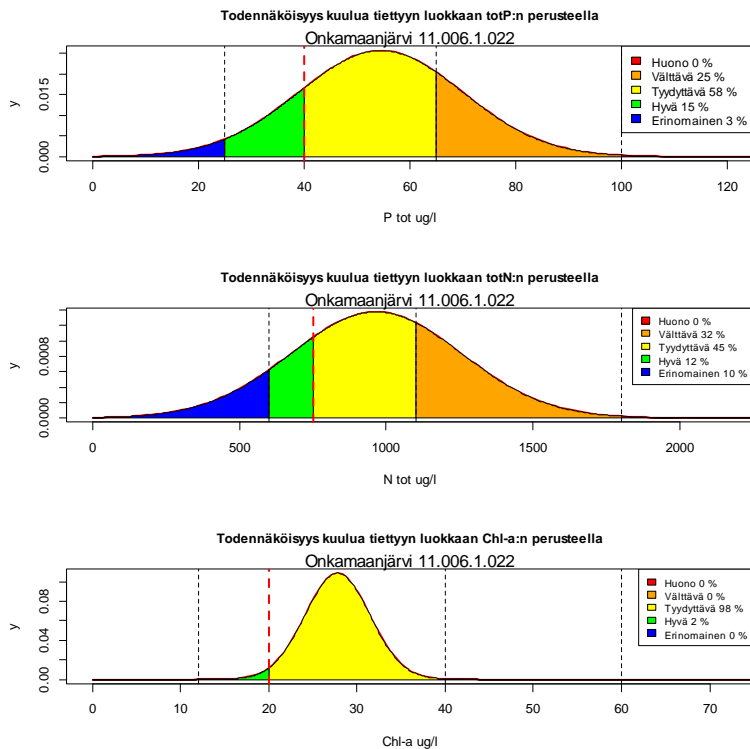
Kuva 3. Mallinnetut ja havaitut fosfori- (vasemmalla) ja typpipitoisuudet (oikealla) eri kuormituksilla. Järvityyppikohtaiset luokkarajat on esitetty vaakasuorina katkoviivoina.

Kuvassa 4 on a-klorofyllipitoisuuden muuttuminen erilaisilla kuormitustasoilla. Keskimääräisillä fosforin ja typen tulokuormilla sekä arvioidulla sisäisen fosforikuormituksen arvolla a-klorofyllipitoisuus olisi mallin mukaan n. 28 µg/l, joka ylittää Mh-tyyppin raja-arvon (20 µg/l). Tasa-arvokäyriltä voidaan katsoa, minkälaisilla kuormitusyhdistelmillä päästäisiin tavoitettiin (punainen tasa-arvokäyrä). Tavoite saavutettaisiin tehokkaimmin vähentämällä fosforikuormaa: jos typpekuormitus ei muutu, niin fosforikuormaa pitäisi vähentää noin neljänneksen nykyisestä.



Kuva 4. A-klorofylliennuste typpi- ja fosforikuormitusten funktiona. Tasa-arvokäyrät ovat a-klorofyllipitoisuuden tyypikohtaiset luokkarajat, punainen käyrä on tavoitettiin alkuperäisillä ulkoisen ja sisäisen kuormituksen arvoilla. Havaitut pintakuormayhdistelmät on merkitty pisteinä ja sininen tähti kuvastaa a-klorofyllipitoisuutta annetuilla keskimääräisillä kuormitusarvoilla.

Kuvassa 5 on esitetty LLR-mallin tuottamat pitoisuusjakaumat ja eri luokkiin kuulumisen todennäköisyydet nykyisellä kuormitustasolla. Fosforipitoisuuksien perusteella järvi on 58 % todennäköisyydellä tyydyttävässä ja 25 % todennäköisyydellä välttävissä tilassa. Nykytilanteessa hyvän tilan saavuttamisen todennäköisyys on vain 15 %. Typpi on myös todennäköisimmin hyvää huonommassa tilassa (tyydyttävä 45 % ja välttävä 32 %). Myös a-klorofyllin osalta annetut kuormitukset aiheuttavat liian suurita pitoisuuksia (tyydyttävä 98 %).



Kuva 5 Kokonaisfosforin, -typen ja a-klorofyllin pitoisuuksien todennäköisyysjakaumat annetuilla kuormituksilla. Luokkarajat esitetty pystyviivoin (tavoiteraja, H/T, punainen katkoviiva) ja luokkien todennäköisyydet eri väreillä

## VIITTEET

Kotamäki, N., Pätynen, A., Taskinen, A., Huttula, T. & Malve, O. Statistical Dimensioning of Nutrient Loading Reduction - LLR Assessment Tool for Lake Managers (Lähetetty Environmental Management -lehteen 8/2014).

Malve, O. & Qian, S. 2006. Estimating nutrients and chlorophyll a relationships in Finnish Lakes. Environ. Sci. Technol. 40:7848-7853. DOI: 10.1021/es061359b.

Pätynen, A. 2009. Tavoitekuormien määrittäminen vesipuitedirektiivin mukaisessa vesialueiden hoidossa. Pro-gradututkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.