



Kymijoen
vesi ja ympäristö ry



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

TUUSJÄRVEN LLR-KUORMITUSVAIKUTUSMALLINNUS

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 274/2014

Niina Kotamäki, Suomen ympäristökeskus, SYKE



JOHDANTO

Tämä työ on osa Kymijoen alueen järvikunnostushankkeessa laadittua Tuusjärven kunnossuunnitelmaa. Työn tavoitteena on arvioida LLR-mallilla Tuusjärven ulkoisen kuormituksen määrää ja sen vähentämistarvetta, sekä arvioida sisäisen kuormituksen merkitystä järven tilaan ja kuormitusvähennyksiin. Mallin tuloksista saadaan tukea kunnossuunnitelman 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

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: Tuusjärvi 14.173.1.001

Tyyppi: Matalat humusjärvet (Mh=8)

Tilavuus: 0,39 milj. m³

Keskisyvyys: 0,7 m

Viipymä: 1 vuosi (5 vrk, hyvin lyhytviipymäinen)

Sisäisen kuormituksen alkuarvo: puolet ulkoisesta kuormituksesta, eli 0,8 kg/d

Luokittelu: ei luokiteltu

Kuormitusarvoina käytetään viipymäjaksolta arvioitua, järveen tulevaa keskimääräistä päivittäistä kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforikuormaa. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudeksi lasketaan viipymäjaksos keskiarvo, mutta laskennassa huomioidaan vain kasvukauden aikana tehtyjen näytteenottojen tulokset. Tuusjärveltä on hyvin vähän mittaustuloksia. Taulukkoon 1 on koottu LLR-mallin syöttötiedot Tuusjärvelle. Pitoisuudet (TotN ja TotP) ovat mitatut kasvukauden (touko. syyskuu) arvot. Kuormitukset (LN ja LP) sekä virtaama (Q) ovat Vemala-mallin laskemia vuosikeskiarvoja vedenlaatunäytteitä vastaavilta vuosilta.

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, m³/s).

Vuosi	LN	LP	TotN	TotP	Q
2002	32,8	1,2	570	14	0,7
2006	45,8	1,6	670	29	0,8
2013	56,9	1,7	610	22	1,0

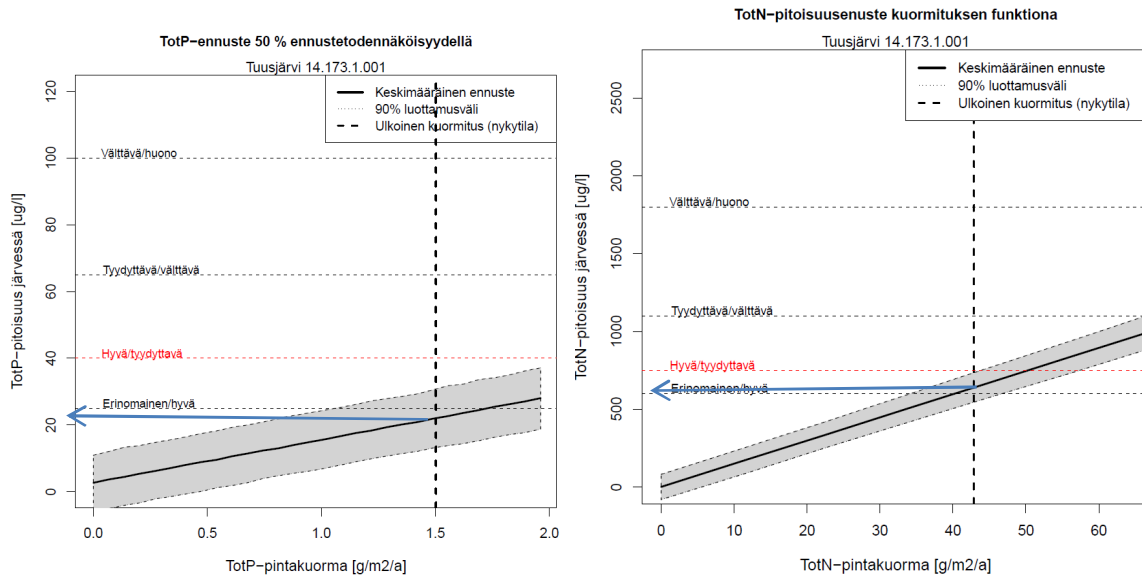
TULOKSET

Taulukon 2 ja Kuvan 1 perusteella Tuusjärven keskimääräinen fosforipitoisuus on 22 µg/l eli järvi on tavoitetilassa fosforin perusteella (hyvän tilan raja-arvo 40 µg/l). Nykyisellä tyyppi-kuormituksella tyyppipitoisuus on keskimäärin 634 µg/l. Hyvän tilan raja on 750 µg/l, joten myös typen osalta järvi on jo tavoitetilassa. Näin ollen kuormitusvähennyksiä ei tarvitsisi tehdä, vaan tavoitteena on hyvän tilan säilyttäminen.

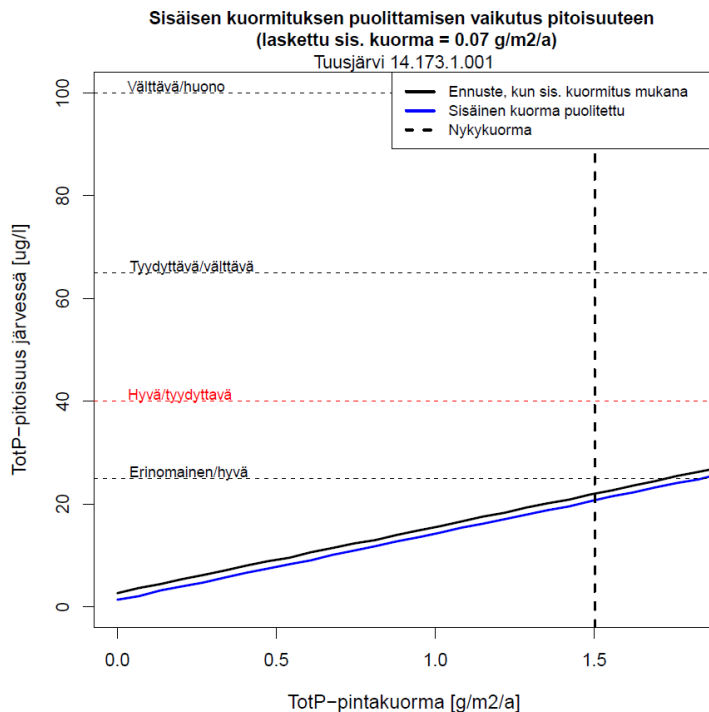
Taulukko 2. LLR:n ravinnemallin tuottama fosfori- ja tyyppikuormitusten ja -pitoisuuksien nykytila, tavoitetila ja tavoitteeseen pääsemiseksi tarvittava vähennys. Nykytilan ja tavoitetilan ulkoiset kuormitukset on esitetty päiväkuormana (kg/d) ja kuormana järvipinta-alaa kohden (g/m²/a). Pitoisuusennuste nykytilassa (µg/l) on mallin laskema keskimääräinen pitoisuus annetuilla kuormitustiedoilla. Sisäinen kuormitus on mallin laskema sisäisen kuormituksen arvo sekä päiväkuormana että pintakuormana.

			Fosfori	Tyyppi	
Nykytila	Ulkoinen kuormitus	kg d ⁻¹	1,6	46	
		g m ⁻² a ⁻¹	1,5	42,9	
	Pitoisuusennuste		µg l ⁻¹	22	634
	Sedimentaationopeus (laskettu)		m d ⁻¹	0,002	0,002
	Sisäinen kuormitus	kg d ⁻¹	0,1		
g m ⁻² a ⁻¹		0,07			
Tavoitetila	Ulkoinen kuormitus	kg d ⁻¹	2,9	54	
		g m ⁻² a ⁻¹	2,67	50,2	
	Pitoisuus (H/T-raja)		µg l ⁻¹	40	750
Vähennystarve	Ulkoinen kuormitus	kg d ⁻¹	Ei vähennystarvetta, jo tavoitetilassa		
		g m ⁻² a ⁻¹			
		%			
	Pitoisuusvähennys				µg l ⁻¹

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

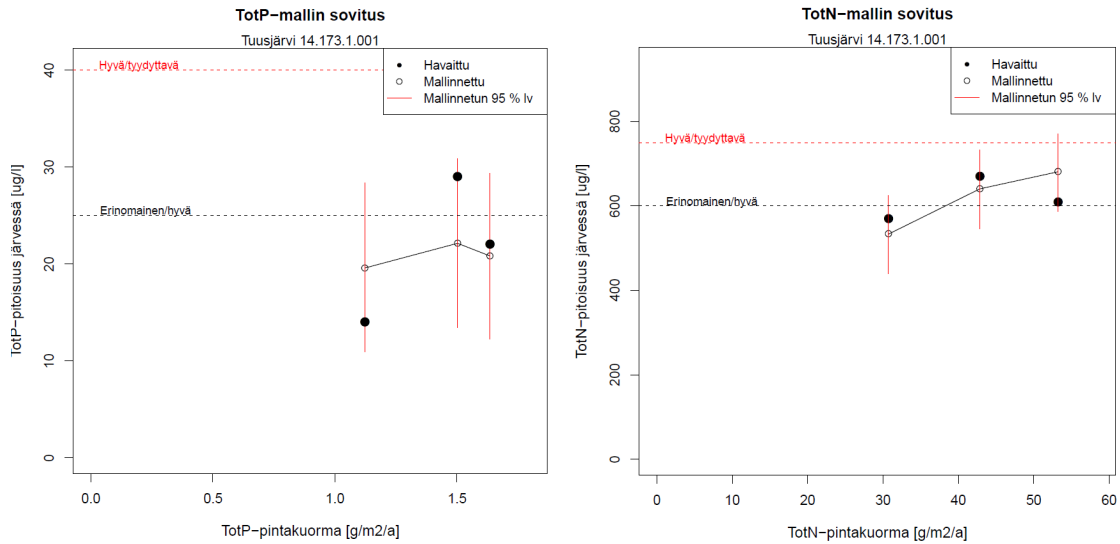


Kuva 1. Kokonaisfosforipitoisuuden (kuva vasemmalla) ja kokonaistyyppipitoisuuden (oikealla) keskimääräinen ennuste ja 90 % luottamusväli ulkoisen kuormituksen funktiona. Sininen nuoli kuvaa nykyisellä kuormitustasolla saavutettavaa pitoisuutta.



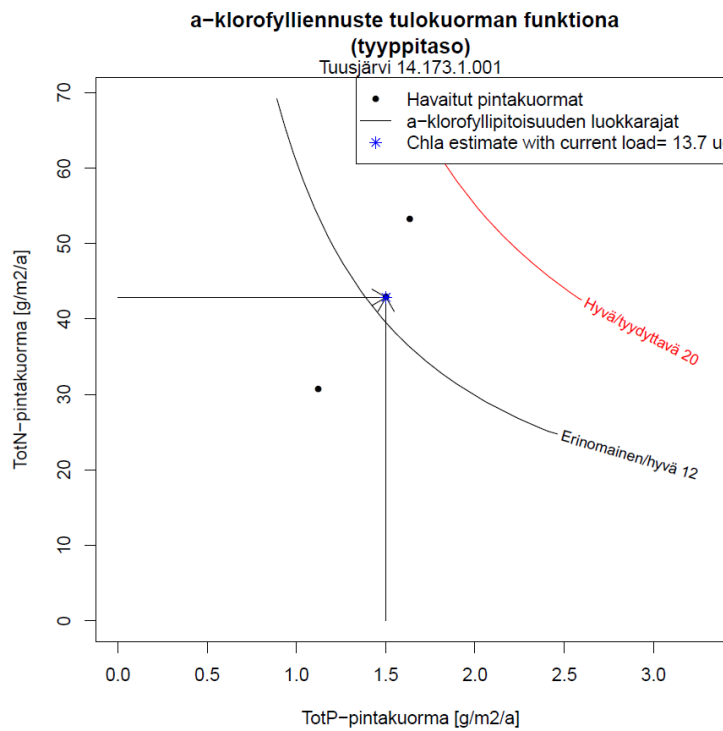
Kuva 2. Sisäisen kuorman puolittamisen vaikutus fosforipitoisuuteen ja kuormitusvähennystarpeeseen.

Kuvassa 3 on esitetty LLR-mallin sovitus annettuun lähtöaineistoon. Pitkän ajan keskimääräiset havaitut fosfori- ja typpipitoisuudet vaihtelevat hyvän ja erinomaisen tilan välillä. Kuvista nähdään, että epävarmuus on suuri (leveät luottamusvälit). Tämä heijastaa sekä luonnollista vaihtelua että mallin ja havaintojen puutteellisuudesta johtuvaa epävarmuutta.



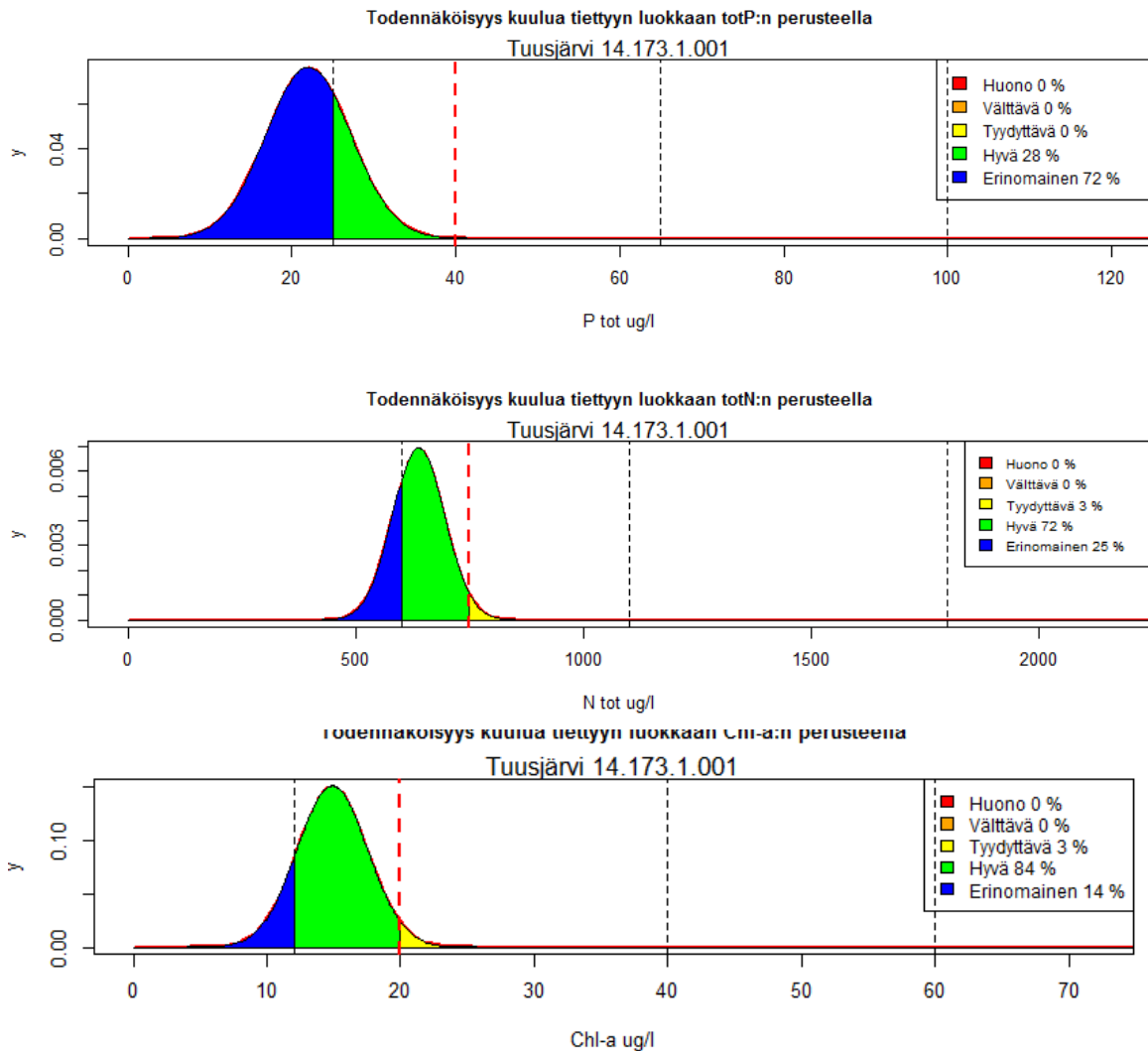
Kuva 3. Mallinnetut ja havaitut fosfori- (vasemmalla) ja typpipitoisuudet (oikealla) eri kuormituksilla. Järvityyppikohtaiset luokkarajat on esitetty vaakasuorina katkoviivoina.

Kuvassa 4 on Tuusjärven a-klorofyllipitoisuuden muuttuminen erilaisilla kuormitustasoilla. Klorofyllikäyrät kuvaavat matalien humusjärvien keskimääräistä tilannetta, eikä Tuusjärven mahdollisia klorofyllimittauksia ole huomioitu mallin muodostamisessa. Keskimääräisillä fosforin ja typen tulokuormilla a-klorofyllipitoisuus olisi Tuusjärvellä mallin mukaan 13,7 µg/l, joka alittaa Mh-tyyppin raja-arvon (20 µg/l). Tämä ennuste vastaa hyvin Tuusjärven keskimääräistä havaittua klorofyllitasoa (14,4 µg/l).



Kuva 4. A-klorofylliennuste typpi- ja fosforikuormitusten funktiona. Tasa-arvokäyrät ovat a-klorofyllipitoisuuden tyyppikohtaiset luokkarajat, punainen käyrä on tavoitetilä 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 ravinnepitoisuusjakaumat ja eri luokkiin kuuluisen todennäköisyydet nykyisellä kuormitustasolla. Fosforipitoisuuksien perusteella järvi on todennäköisimmin erinomaisessa tilassa (72 %). Typpi on todennäköisimmin hyvässä tilassa (72 %), mutta pieni mahdollisuus on myös sille, ettei tavoitetilaa saavuteta (tyyydyttävä 3 %). A-klorofylli on hyvää paremmassa tilassa 97 % varmuudella.



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 vesipuitteidirektiivin mukaisessa vesialueiden hoidossa. Pro-gradututkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.