



**FYKOTOKSIINIEN ESIINTYMINEN LÄNSI-SUOMEN
KALOISSA
-ESISELVITYS (TOKA)**

2011

Maarit Horne

Fykotoksiinien esiintyminen Länsi-Suomen kaloissa - esiselvitys (TOKA)

käytetyt lyhenteet:

kp = kuivapaino

tp = tuorepaino

rp = ruumiinpaino = kehonpaino

Johtopäätöksiä

Kootun tiedon mukaan ei ole oletettavaa, että Suomen vesialueilla esiintyviin kaloihin kertyisi fykotoksiineja sellaisia määriä, että niistä olisi haittaa ihmisille. Vaikka leväkukinnot voivat paikallisesti olla hyvinkin voimakkaita, ei niiden ajallinen esiintyminen ole kuitenkaan kovin pitkä. Suomalaisten ruokavalio on monipuolinen verrattuna moniin kehittyviin maihin, joissa varsinkin kalastajien ruokavalio voi olla hyvin yksipuolinen.

Ulkomaisissa tutkimuksissa saatujen tulosten yleistäminen suomalaisiin olosuhteisiin on kovin epävarmaa ja erilaisten kudosten analysointi vaatii tarkkuutta menetelmän soveltuvuutta arvioitaessa.

Lisätutkimuksia voidaan halutessa suorittaa mikrokystiinien nykyisen tason selvittämiseksi suomalaisissa järvikaloista erityisesti niissä vesistöissä, joissa leväkukinto on erityisen runsasta ja myrkyllistä sinilevää esiintyy runsaasti.

Tausta

Sinileväkukinnot ovat lähes jokavuotinen ilmiö useilla Länsi-Suomen järvillä, joissa ja rannikoilla. Osa levistä tuottaa fykotoksiineja, levämyrkyjä, jotka ovat haitallisia nisäkkäille, myös ihmisille, linnuille ja kaloille. Suurin osa vesistöjen rantojen asukkaista tietää, ettei leväistä vettä saa käyttää löylyvetenä, lemmikkejä tai karjaa ei saa päästää sitä juomaan puhumattakaan siitä, että sitä käytettäisiin ihmisten juomavetenä. Ilmastonmuutos tuo uhan yhä lisääntyvistä leväkukinnoista ja saattaa nostaa Suomessakin ajankohtaiseksi mahdollisuuden, että myös kalojen käyttöä ravintona pitää rajoittaa voimakkaiden leväkukintojen yhteydessä. Yhdysvalloissa tällaiset kiellot ovat viime vuosina olleet tavanomaisia (Bennish et al. 2010).

Fykotoksiinien kertymisestä suomalaisiin järvikaloihin ei ole julkaistua tutkimusta, mutta järvissä, joissa on runsaita myrkyllisiä sinileväkukintoja, pohjakerrostumia tonkivat ja nilviäisiä syövät kalat sekä ravut todennäköisesti altistuvat mikrokystiineille. Itämeren alueella on tehty selvityksiä varsinkin nodulariinien osalta.

Kalasaaliista Suomessa kalastetaan yli 80 % merialueilta (RKTL 2010), mutta kalan käyttö on usein suuntautunut paikallisesti, eli sisämaassa käytetään enemmän järvikaloja kuin rannikon kaupungeissa. Lisäksi vapaa-ajankalastusta harrastavat saattavat käyttää kalaa hyvinkin yksipuolisesti.

Fykotoksiinien kertyminen vesieliöihin

Fykotoksiineista makeissa vesissä esiintyy mikrokystiinejä ja suolaisissa vesissä lisäksi nodulariinia. Mikrokystiini esiintyy 70 eri variaationa, joiden myrkyllisyys vaihtelee huomattavasti. Mikrokystiinejä tuottavia syanobakteereja ovat mm. *Mikrocystis*-sukuun ja *Anabaena*-sukuun kuuluvat lajit. Nodulariinia tuottaa *Nodularia spumigena*. Mikrokystiinit ja nodulariini ovat hepatotoksiineja eli maksamyrkkyjä. Syanobakteerien tuottamaa hepatotoksiinia on myös sylindrospermopsiini ja neurotoksiineja ovat anatoksiini ja saxitoksiini. Nämä kaikki viimeksi mainitut ovat varsin vähän tutkittuja makeissa vesissä ja kaloissa.

Pitkäaikainen altistuminen hepatotoksiineille aiheuttaa kroonisia vaikutuksia kuten kasvainten muodostumista. Tämä on todettu myös nisäkkäillä rottakokeissa, joissa ilmeni, että nodulariini on voimakkaampi karsinogeeni kuin mikrokystiini. Syanobakteerien kroonisia terveystriskejä aiheuttava konsentraatio on siis pienempi kuin akuutteja oireita aiheuttava pitoisuus tämän karsinogeenisen vaikutuksen takia ja voi siten aiheuttaa terveystriskin myös ihmisille. Tutkimusten mukaan syanobakteerien hepatotoksiinit voivat rikastua Itämeren ravintoketjussa.

Nämä kasviplanktonin muodostamat myrkyt voivat kertyä kaloihin joko ravinnon kautta tai kiduksista hengittämisen seurauksena. Myös mahdollisuus suoraan imeytymiseen ihan läpi on olemassa, mutta sen merkitys katsotaan hyvin vähäiseksi. Syanobakteerien muodostamat hepatotoksiinit kertyvät simpukoihin ja edelleen niitä ravintonaan käyttäviin kampeloihin silloinkin, kun myrkyllisten syanobakteerien solumäärä on vähäinen. Suuret mikrokystiinipitoisuudet kalan lihassa jatkuvat huomattavasti pidempään kuin akuutti leväkukinto (Ibelings et al. 2007).

WHO:n asettama enimmäissaanti juomaveden mikrokystiineille on 0,04 µg/kg rp(ruumiinpainoa)/vrk (WHO, 2004). Kaloista saataville fykotoksiineille ei ole asetettu saantirajoituksia, joten samaa rajoitusta joudutaan käyttämään myös arvioitaessa saantia ravinnosta. Kanadalaisen tutkimuksen (Poste, 2010) mukaan kalojen kulutus voi tietyissä olosuhteissa olla merkittävä, ja jopa tärkein mikrokystiinin kulkukanava ihmisiin. Vaikka mikrokystiini suodattuu suurelta osalta kalojen maksassa, on näyttöä siitä, että myrkyjä kulkeutuu merkittävässä määrin myös muihin elimiin. (Papadimitriou et al. 2010).

Koska WHO:n suositus on laadittu päivittäiselle hyväksyttävälle saannille koko eliniän ajan, on käytännönläheisempää tarkastella mikrokystiinin saantia lyhyemmillä altistuksilla. Ibelings et al. (2007) on tehnyt tämän tarkastelun ja päätenyt taulukon 1 tuloksiin. Kyseessä on kuitenkin selvät myrkytysoireet, karsinogeeninen vaikutus on vaikeampaa arvioida. Erityisesti henkilöt, joilla on ennestään heikentynyt maksan toimintakyky, ovat muita herkempiä mikrokystiineille.

Taulukko 1. Mikrokystiinin hyväksyttävä saanti suhteessa alistusaikaan. (Ibelings et al. 2007)

Altistusaika	Saanti / kg rp	Lapsi 10 kg	Aikuinen 75 kg
Yksittäinen	2,5 µg/kg	25 µg	190 µg
Kausittainen	0,4 µg/kg/d	4 µg/d	30 µg/d
Elinikäinen	0,04 µg/kg/d	0,4 µg/d	3 µg/d

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan (Lirås et al. 1998) myöskään täplärapu ei pysty valitsemaan ravintoaan vaan käyttää myös myrkyllisiä leviä ravinnokseen. Mikrokystiiniä kertyy täplärapujen maksahaimaan, josta se voi edelleen kulkeutua rapua ravintonaan käyttäviin eliöihin, kuten karppeihin, ahveniin, haukiin, taimeniin ja ankeriaisiin, sekä myös lintuihin, minkkeihin ja ihmisiin.

Itämeri

Nodulariinia esiintyy Itämeren *Nodularia spumigena* -kasviplanktonissa yleensä 0,1-2,4 g/kg kuivapainoa (kp), mutta jopa 18,1 g/kg pitoisuuksia on havaittu. Vesinäytteissä määrät ovat vaihdelleet 0,01-18,7 µg/l. (Sipiä et al. 2006) Pitoisuudet Itämeren kalojen lihassa vaihtelevat 2-800 µg/kg ja sinisimpukoissa jopa 2100 µg/kg, kalojen maksassa jopa 2230 µg/kg (Evira, 2009).

Pohjoisella Itämerellä nodulariinia on löydetty mm. sinisimpukoista, kampeloista, kolmipiikistä eli rautakalasta, särjestä, sillistä ja lohesta sekä haahkasta (Sipiä et al. 2006). *Nodularia spumigena* on aiheuttanut useiden eläinlajien myrkytyksiä Itämerellä. Hiirelle nodulariinin akuutti tappava annos on 50 µg/kg rp annosteltuna vatsakalvolle. Suun kautta annosteltuna nodulariini on 12-200 kertaa tehottomampaa hiirellä kuin vatsaan annosteltuna.

Koska mm. silli, kilohaili ja kolmipiikki käyttävät ravinnokseen äyriäisplanktonia ja hankajalkaisia, voi nodulariini siirtyä näihin kalalajeihin suoraan ravinnosta (Sipiä et al., 2006). Kolmipiikki ja silli ovat lohien tärkeitä saaliskaloja, joten voimakas leväkukinta voi aiheuttaa terveysuhan myös lohelle. Kolmipiikin sisäelimistä saatujen analyysitulosten perusteella nodulariinipitoisuus voi olla jopa 700 µg/kg kp ja sillin 90 µg/kg kp. Vastaavasti keskiarvot olivat 430 ja 75 µg/kg kp. Johtuen analytiikasta nämä ovat vain 28 % todellisista määräistä, joten kolmipiikin sisäelinten todellinen nodulariinipitoisuus voi olla 2500 µg/kg kp.

Sipiä et al. 2002 totesivat silakan lihan nodulariinipitoisuudeksi 5,5-6,5 µg/kg kp ja lohien maksassa 4,8 µg/kg kp. Pitoisuudet ovat huomattavan alhaisia, vaikka saalistusajankohtana Suomenlahdella oli voimakas leväkukinta. Tämän tuloksen perusteella kalojen nodulariini ei muodosta

uhkaa ihmisten terveydelle. Tutkimusraportissa kuitenkin tuodaan esiin analyysimenetelmien parantamistarve, ennen kuin johtopäätöksiä tehdään. Joidenkin tutkimusten mukaan toksiinipitoisuudet kaloissa eivät ole suurimmillaan leväkukinnan aikana, vaan vasta sen jälkeen. (Ibelings et al, 2007)

Itämeren kampeloista on tutkittu (Sipiä et al. 2001) sekä nodulariiniin että mikrokystiiniin pitoisuuksia. Kampeloiden maksasta on aiemmin havaittu huomattavia pitoisuuksia mikrokystiiniä tai nodulariinia; 399 µg/kg kp, mutta tässä tutkimuksessa ei kalan lihassa havaittu fykotoksiineja. Kalat pyydystettiin voimakkaan leväkukinnan jälkeen. Kampelat käyttävät ravintonaan runsaasti simpukoita (*Mytilus edulis*), joista todettiin leväkukinnan jälkeen hepatotoksiineja jopa 2150 µg/kg kp, joka oli yli 100 kertaa enemmän kuin kuukautta aiemmin. Toisaalta simpukoiden hepatotoksiinipitoisuus laski nopeasti, kun leväkukinta loppui.

2004 tehdyssä tutkimuksessa (Sipiä et al. 2006) läntiseltä Suomenlahdelta pyydetystä kampelan lihasta analysoitiin nodulariinia 5-100 (ka. 53) µg/kg kp ja särjen lihasta 4-200 (ka. 73) µg/kg kp. Kun kampelan ja särjen lihasta saatuja analyysituloksia verrataan WHO:n antamiin suosituksiin, voidaan todeta, että jos 60 kg painava henkilö syö joka päivä 50 g (kp = 150 g tp) särkeä tai kampelaa, jossa on nodulariinia 100 µg/kg kp, niin tämä ylittää selvästi WHO:n suosituksen hyväksyttävästä päivittäisestä määrästä, joka on 0,04 µg/kg mikrokystiini-LR:a ja analogisesti nodulariinia. (Sipiä et al., 2006).

Järvikalat

Taulukko 2. Suomen järvissä esiintyvät fykotoksiinit (Evira, 2009)

Syanobakteeri	Fykotoksiini	Maksa- myrkkyy	Hermo- myrkkyy	Karsino- geeninen
Microcystis aeruginosa	mikrokystiini-LR	X		X
	mikrokystiini-YR	X		X
	mikrokystiini-YR	X		X
Nostoc sp. ja Oscillatoria aghardii	useita eri mikrokystiinejä	X		X
Anabaena lemmermannii	anatoksiini-a		X	
	mikrokystiinit	X		X
Anabaena lapponica	syndrospermopsiini	X		X

Mikrokystiiniinien kertymistä järvikaloihin on tutkittu jonkin verran, mm. Saksassa karppeja, Brasiliassa tilapioita, Egyptissä niilintilapioita, Kiinassa hopeakarppeja ja Kreikassa karppeja sekä hopearuutanoita. Suoria yhtymäkohtia Suomessa esiintyviin kalalajeihin on siis hyvin vähän. Hopearuutanan lihasta analysoitu mikrokystiiniin määrä 16,05

$\mu\text{g}/\text{kg}$ tuorepainoa (tp) edustaa päivittäistä saantia 0,096 μg kehon painokiloa kohti eli 7,2 μg 75 kg painavalla henkilöllä, mikä on yli kaksi kertaa enemmän kuin hyväksyttävä saanti. Lapsilla riski voi olla vielä suurempi (Kagalou et al. 2008).

Hollannissa 1990-luvun lopulla tehdyn tutkimuksen mukaan ahvenen maksasta analysoitiin mikrokystiinejä 17-51 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp (ka. 24 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp), kiiskan maksasta 9-194 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp (ka. 54 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp) ja kuoreen maksasta 59-874 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp (ka. 218 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp) (Ibelings et al. 2005). Näiden kalojen ruokavalio on erilainen; kuore syö planktonia, kiiski on petokala, mutta ahven syö nuorena planktonia ja on vanhempana petokala.

Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa löydettiin kalojen lihasta 0,9-53 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tp mikrokystiiniä taulukon 3 mukaisesti (Johnson, 2010). Kuten taulukosta voidaan havaita, ei mitään tiettyä säännönmukaisuutta esiinny kalojen koon mukaan. Kelta-ahvenen ja isobassin mikrokystiinipitoisuudet ovat selvästi suurempia kuin kirjolohen ja simpun.

Taulukko 3. Mikrokystiini kalojen lihassa ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tuorepainoa) Yhdysvaltalaisissa järvissä (Johnson, 2010)

JÄRVI	Kala	Mikrokystiinin määrä ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tp)
American	Punalohi	53
Waughop	Ruskea simppu	1,1
	Ruskea simppu	1,0
	Isobassi	17
Leland	Isobassi	13
	Isobassi	28
	Kelta-ahven	25
	Kirjolohi	1,5
Steilacoom	Kelta-ahven	21
	Kelta-ahven	11
	Kelta-ahven	32
Anderson	Kirjolohi	15
	Kirjolohi - pieni	1,5
	Kirjolohi - iso	0,9
Ketchum	Kirjolohi	2,2
	Kirjolohi - pieni	2,8
	Kirjolohi - iso	14
	Kelta-ahven	38

Saksalaisen (Ernst et al. 2001) tutkimuksen mukaan siikojen sisäelimeissä oli kohonneet pitoisuudet erytrosyytejä ja leukosyyttejä sekä kudoksen rakenne oli hajonnut voimakkaiden leväkukintojen aikana Ammersee-järvessä. Tällöin mitatut mikrokystiinimäärät vedessä olivat noin 0,040 $\mu\text{g}/\text{l}$. Kalojen kudoksissa oli mikrokystiiniä 5-35 $\mu\text{g}/\text{g}$ kp, mikä voi johtaa juomavedelle suositellun enimmäismäärän (0,04 $\mu\text{g}/\text{kg}$ rp) ylittymiseen käytettäessä kaloja ravintona.

Taulukko 4. Mikrokystiinien kertyminen ihmisen ravinnosta (Ibelings et al. 2007)

Eläin	Toksiinipitoisuus (µg/g tp) *	Päivittäinen saanti (µg/d) **	x TDI ***
KALAT			
Odontesthes bonariensis	0,05-0,34	5,0-34,0	1,8-12,1
Hopeakarppi Hypophthalmichthys molitrix	0,00025-0,097	0,0025-0,97	0,009-3,5
Karppi Cyprinus carpio	0,038	3,8	1,6
Tilapia Tilapia rendalli	0,002-0,337	0,72-101,1	0,3-42,1
Määrittelemätön kalalaji	0,04	11,9	5,0
Niilintilapia Oreochromis niloticus	0,102	10,2	3,6
Hopeakarppi Hypophthalmichthys molitrix	0,0016	0,79	0,3
Kampela Platichthys flesus	0,0005-0,1	0,0075-1,5	0,03-0,6
Särki Rutilus rutilus	0,0004-0,2	0,06-3	0,05-1,3
Määrittelemätön kalalaji	0,0007-0,025	0,08-1,9	0,03-1
Kirjolohi Oncorhynchus mykiss	0,035	10,5	3,7
RAVUT			
Määrittelemätön rapulaji	0,103	31,0	12,9
Punarapu Procambarus clarkia	0,005-0,01	1,5-10,8	

* Toksiinipitoisuus eläimen syötävässä osassa (lihassa) tuorepainosta, keskiarvo tai minimi ja maksimi

** Päivittäinen saanti, kun annoksen koko on 100-300 g, riippuen tutkimuksessa käytetystä annoskoosta.

*** Kertaa WHO:n suositus hyväksyttävästä päivittäisestä saantimäärästä (0,04 µg/kg rp / d) 60-70 kg painavalla aikuisella.

Sinilevämyrkyille altistuminen ravintoketjun kautta

Kalan liha voi olla potentiaalinen terveystarve sekä mereltä että järveltä pyydytyssä saaliissa, mikäli leväkukintoja on runsaasti. Vaikka kalojen maksaa käytetään harvemmin ravinnoksi, voi maksan myrkyt kontaminoida lihan (Karlsson, et al 2002). Ainakin lämpimämmiltä vesiltä on näyttöä siitä, että fykotoksiinit voivat kertyä merkittävässä määrin myös kalan lihaan. (Freitas de Magalhaes, et al (2001).

Kalaa runsaasti päivittäin syövät voivat saada mikrokystiinejä enemmän kuin WHO:n suositus. Chen et al. (2009) tutkimuksessa päivittäin 100-300 g kalaa syöneet kalastajat saivat päivittäin 2,2-3,9 µg MC-LReq (mikrokystiini-LR ekvivalenttia), kun WHO:N suositus on 2,4 µg MC-LReq. Tutkimuksessa tutkittiin myös kalastajien veren seerumin MC-LReq-pitoisuus, joka oli keskimäärin 0,228 MC-LReq/ml. Kalastajien maksassa todettiin myös solumuutoksia. Vuonna 1996 Brasiliassa sattuneessa hemolyysipotilaiden kuolemaan johtaneessa mikrokystiinimyrkytyksessä potilaiden seerumin MC-LReq-pitoisuus oli vain kymmenen kertaa suurempi kuin kiinalaisten kalastajien.

Mikrokystiinin tappava määrä (LD₅₀) vaihtelee eri kalalajien välillä paljon ja on kaloilla huomattavasti suurempi kuin nisäkkäillä (Ibelings et al., 2005). Ihmiset nauttivat harvoin mikrokystiiniä sellaisia määriä, että ne voisivat aiheuttaa akuutin myrkytyksen, mutta krooniset myrkyvaikutukset ovat todennäköisiä, varsinkin, jos altistus pitkäaikaista ja jatkuvaa. (Zhang et al. 2010)

Tutkimusmenetelmistä

Sipiä et al. (2001) ovat osoittaneet, että jopa vain 24-29% kudoksissa olevista nodulariinista ja mikrokystiinistä havaitaan analyyseissä, joten pitoisuudet voivat todellisuudessa olla huomattavasti analyysoituja suurempia. Osa mikrokystiinistä on kovalenttisesti sitoutuneena proteiinifosfataaseihin ja se osa ei liukene tavallisesti käytettyihin liuottimiin.

Toisaalta on saatu näyttöä siitä, että ELISA ja/tai nestekromatografia-massaspektrometrianalyysi (LC-MS) eivät anna luotettavia tuloksia, sillä kun samat näytteet tutkittiin kaksoismassaspektrometrillä (LC-MS/MS) saatiin yli 50 % pienempiä mikrokystiinipitoisuuksia (Kohoutek et al. 2010).

Tutkittaessa marmoripaksuotsan (bighead carp, *Aristichthys mobilis*) lihan mikrokystiinipitoisuutta (Zhang et al. 2010) todettiin, että analysoidun mikrokystiinin määrä keitettyssä lihassa on jopa 4 kertaa suurempi kuin tuoreessa. Tämä johtuu kovalenttisten sidosten aukeamisesta ja mikrokystiinin paremmasta liukoisuudesta tutkimusliuottimiin.

Yleisimmin maailmalla käytössä oleva tutkimusmenetelmä fykotoksiinien tutkimiseen on ELISA, joka ei sovellu erityisen hyvin kudosten

tutkimiseen. Nestekromatografia-kaksoismassaspektrometri on havaittu huomattavasti tarkemmaksi ja luotettavammaksi. (Meriluoto, 2010)

Sinilevät ja sinilevämyrkyt Satakunnassa

Pyhäjärvi-instituutissa toteutetussa kasteluvesien laadun esiselvityshankkeessa mikrokystiiniä todettiin kesällä 2009 Etelä-Satakunnan alueella Köyliönjärvessä, Köyliönjoessa, Sääksjärvessä, Eurajoessa ja Pyhäjärvässä. Näytteitä otettiin kasteluveden laadun määrittämiseksi ja kustakin kohteesta otettiin kesän aikana 4 näytettä. Taulukkoon 5 on koottu ne tulokset, joissa sinileviä esiintyi. Mukana oli myös kohteita, joissa ei koko kesän aikana havaittu ollenkaan sinilevää. Tutkimukset tehtiin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa menetelmällä Algal Toxin Kit.

Pyhäjärven vedestä on vuonna 2005 analysoitu mikrokystiinipitoisuuksia ja ne ovat olleet alle 1 µg/l.

Taulukko 5. Sinilevien esiintyminen Satakunnan vesistöissä kesällä 2009.

Havaintopaikka	Aika	Sinilevät	Mikrokystiiniä* µg/l
Köyliönjärvi	18.6.	useita	-
	1.7.	Anabaena	-
	20.7.	runsaasti	5
	10.8.	runsaasti	1-5
Köyliönjoki	29.6.	Anabaena	-
	20.7.	jonkin verran	1
	10.8.	runsaasti	1
Eurajoki	11.8.	sinilevärihmoja	1
Sääksjärvi	29.6.	useita	-
	22.7.	runsaasti	-
	10.8.	vähän	3
Lapinjoki	23.7.	vähän	-
Kasteluallas	22.7.	vähän	-
Pyhäjärvi	11.8.	vähän	1

* - = ei tutkittu

VIITTEET

- Bennish S. (2010) State warns against boating, eating fish from Grand Lake St. Marys. Dayton Daily News 16.7.2010
- Chen J., Xie P., Li L., Xu J. (2009) First Identification of the Hepatotoxic Microcystins in the Serum of a Cronically Exposed Human Population Together with Indication of Hepatocellular Damage. *Toxicological Sciences* 108(1), s. 81-89
- Ernst B., Hitzfeld B., Dietrich D. (2001) Presence of *Planktothrix* sp. and Cyanobacterial Toxins in Lake Ammersee, Germany and their Impact on Whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) *Environmental Toxicology* 16 (2001), 6, s. 483-488
- Evira (2009) Kasviplanktonin tuottamat myrkyt eli fykotoksiinit julkaisussa Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. *Eviran julkaisuja* 13/2009.
- Freitas de Magalhaães V., Moraes Soares R, Azevedo S.M.F.O. (2001) *Toxicon* 39 1077-.
- Ibelings B. W., Bruning K., de Jonge J., Wolfstein K., Dionisio Pires I.m., Postma J., Burger T. (2005) Disribution of microcystins in a Lake Foodweb: No Evidence for Biomagnification. *Microbial Ecology vol 49*, s. 487-500.
- Ibelings B. W., Chorus I. (2007) Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater "seafood" and its consequences for public healt: A review. *Environmental Pollution* 150 s. 177-192.
- Johnson A. (2010) Blue-Green Algae Toxins in Washington Lakes: Screening Fish Tissues for Microcystins and Anatoxin-a. Department of Ecology, State of Washington. www.ecy.wa.gov/biblio/1003011.html
- Kagaluo I., Papadimitriou T., Bacopoulos V., Leonardos I. (2008) Assessment of microcystins in lake water and the omnivorous fish (*Carassus gibelio*, Bloch) in Lake Pamvotis (Greece) containing dence cyanobacterial bloom. *Environ Monit Assess* 137: s. 185-195.
- Karlsson K., Sipiä V., Kankaanpää H., Meriluoto J. (2003) Mass spectrometric detection of nodularin and desmethylnodularin in mussels and flounders. *Journal of Chromatography B* 784 s. 243-253
- Kohoutek J., Adamovský O., Oravec M., Šimek Z., Palíková M., Kopp R., Bláha L. (2010) LC-MS analyses of microcystins in fish tissues overestimate toxin levels – critical comparison with LC-MS/MS. *Anal Bioanal Chem* 398 s. 1231-1237

Meriluoto, J. (2010) Suullinen tiedonanto 16.12.2010

Papadimitriou T., Kagalou I., Bacopoulos V., Leonardos I. D. (2010) Accumulation of Microcystins in Water and Fish Tissues: An Estimation of Risks Associated with Microcystins in Most of the Greek Lakes. Inc. *Environmental Toxicology* 25 s. 418-427

Poste, A.E., Hecky, R.E. ja Guildford, S.J. (2010) Accumulation of Microcystin in Fish can Pose Risk to Consumers. Esitelmä SIL-konferenssissa Etelä-Afrikassa 19.8.2010

RKTL (2010) Kokonaiskalansaalis Suomessa vuonna 2009.
<http://www.rktl.fi/tilastot/kalastustilastot/kalastus.html> 4.11.2010

Sipiä V., Kankaanpää H., Flinkman J., Lahti K., Meriluoto J. (2001) Time-Dependent Accumulation of Cyanobacterial Hepatotoxins in Flounders (*Platichthys flesus*) and Mussels (*Mytilus edulis*) from the Northern Baltic Sea. *Environmental Toxicology* 16 (4): 330-336.

Sipiä V., Lahti K., Kankaanpää H. T., Vuorinen P. J., Meriluoto J. A. O. (2002) Screening for cyanobacterial hepatotoxins in herring and salmon from the Baltic Sea. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 5 (4) s. 451-456.

Sipiä V., Sjövall O., Valtonen T., Barnaby D., Codd G., Metcalf J., Kilpi M., Mustonen O., Meriluoto J. (2006) Analysis of nodularin in eider (*Somateria mollissima*) Roach (*Rutilus rutilus* L.) and Flounder (*Platichthys flesus* L.) liver and muscle samples from the western Gulf of Finland, northern Baltic Sea. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol 25, no. 11 s. 2834-2839.

Sipiä V., Kankaanpää H., Peltonen H., Vinni M., Meriluoto J. (2007) Transfer of nodularin to three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.), herring (*Clupea harengus* L.) and salmon (*Salmo salar* L.) in the northern Baltic Sea. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66 s. 421-425.

Sipiä V. (2010) Sähköpostitiedonanto 24.9.2010

Zhang D., Xie P., Chen J. (2010) Effects of Temperature on the Stability of Microcystins in Muscle of Fish and Its Consequences for Food Safety. *Bull Environ Contam Toxicol* 84 s. 202-207