

Myrkyllisten sinilevien torjuntaa Kuralanjärvellä

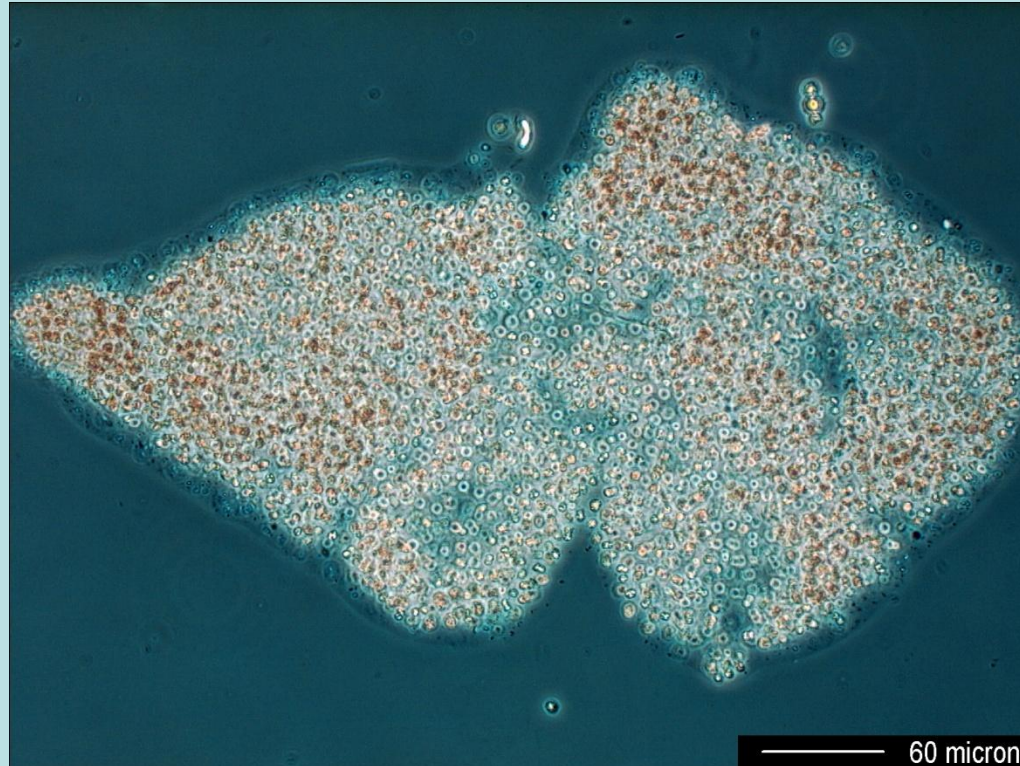
- Risto Lignell¹, Harri Kankaanpää¹, Harri Helminen², Ville Liimo³

¹Merikeskus /Suomen Ympäristökeskus, ²Lounais-Suomen ympäristökeskus (LoSYK), ³Saloy OY

- **Puomitusmenetelmän idea:** Kun sinilevämassa poistetaan puhdistettavasta altaasta ja estetään sen paluu kulkeutumisen tai kasvun myötä, niin eliminoidaan sinileväkukintojen myrkyllisyshaitat ja muut veden laatua alentavat vaikutukset
- **Tutkimuksen tarkoitus:** Selvittää limnologian biologis-kemiallisin keinoin Saloy OY:n sinileväpuomien ja niiden käyttöön liittyvien sinilevien poistomenetelmien tehokkuutta sinileväkukintojen haittavaikutusten torjunnassa.

1) Myrkyllisistä sinileivistä

- Yhteyttävät sinilevät ilmaantuivat maapallolle n. 2.7 miljardia vuotta sitten (muuttaen maapallon ilmakehän hapekkaaksi).
- Sinilevien kukinnat (runsaslukuiset esiintymiset) ovat lisääntyneet ihmisen aiheuttaman ravinnekuormituksen kasvun ja siitä aiheutuneen järvi- ja merialueiden rehevöitymisen seurauksena.
- Sinilevät tuottavat hermo- ja maksamyrkkyjä, jotka ovat vesiliukoisia.
- Sinilevämyrkyt ovat solun rakenneproteiineja ja alkaloideja, joita alettiin tuottaa n. 1-2 miljardia vuotta sitten – näiden yhdisteiden täsmällistä biokemiallista tehtävää leväsoluissa ei tunneta.
- Maailmanlaajuisesti 25-70% sinileväkukinnoista on myrkyllisiä.
- Tärkein myrkky on **mikrokystiini**. Se on voimakas maksamyrkky, jota tuottavat etenkin *Anabaena* ja *Microcystis* –lajit. Nämä lajit sekä harvoin myrkyllinen *Aphanizomenon* olivat vallitsevina myös tutkimuskohteessamme, Kuralanjärvessä (kuvat alla).
- Itämerellä tärkein myrkky on mikrokystiiniä rakenteeltaan ja vaikutuksiltaan muistuttava **nodulariini**, jota tuottaa avomeren kukinnoissa esiintyvä *Nodularia spumigena* (kuva alla).

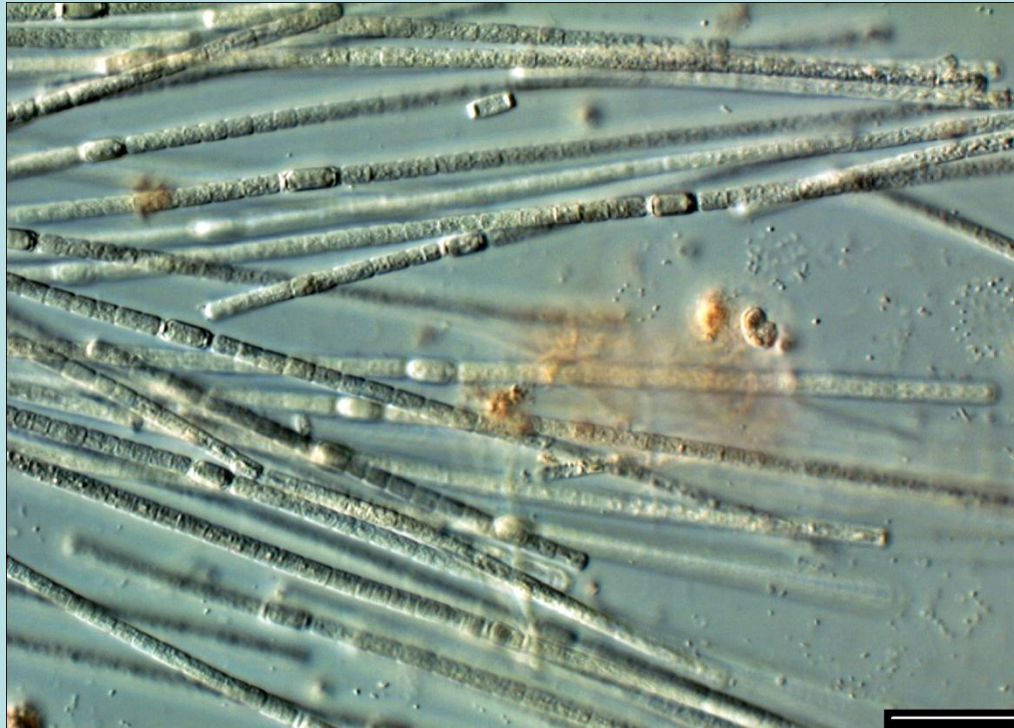


Microcystis aeruginosa -Kuva Seija Hällfors, Merikeskus



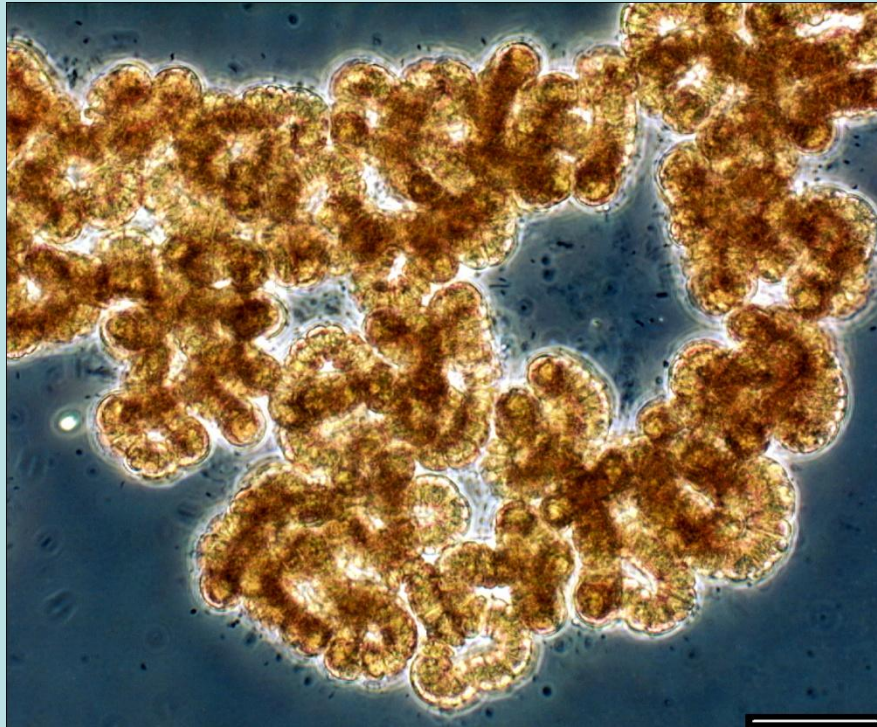
Anabaena lemmermannii -Kuva Seija Hällfors, Merikeskus

- Kuralanjärnessä dominoivan *A. circinalis*-sinilevän kaltainen,
skaalauspalkki 30 μm



Aphanizomenon flos-aquae

-Kuva Seija Hällfors, Merikeskus
skaalauspalkki 30 µm



Nodularia spumigena - Kuva Seija Hällfors, Merikeskus
- Itämeren tärkein myrkyllinen sinilevä, skaalauspalkki 30 μm

2) Tutkimusalue: Kuralanjärvi

- Kuralanjärvi sijaitsee Lounais-Suomen rannikolla, Rymättylässä.
- Pituus n. 1 km, leveys 300 m, syvyys 1-2 m (max. 3 m).
- Järvi on ollut useita kymmeniä vuosia voimakkaan ravinnekuormituksen kohteena (mm. varhaisperunan kasvatus ja sikala).
- Vesi oli vielä 1960-luvulla juomakelpoista - 1970-luvun alkupuolella tapahtui ensimmäinen iso kalakuolema, ja sinilevät ilmaantuivat 1980-luvun lopulla.
- Kattava limnologinen tausta-aineisto: Kuralanjärven tila on ollut LoSYKin seurannassa jo 35 vuotta.
- Nykyisin erittäin rehevä (nk. hypereutrofinen), sinileväkukintojen valtaama järvi; esimerkiksi kesän klorofylli-*a* –leväpigmenttipitoisuudet (200-500 µg/L) heijastavat monikymmenkertaisia leväpitoisuuksia Itämeren loppukesän sinileväkukintoihin verrattuna.
- Useimpien järviemme tavoin Kurala on fosforirajoitteinen (ja sameutensa sekä suuren levätiheytensä vuoksi osin valorajoitteinen).

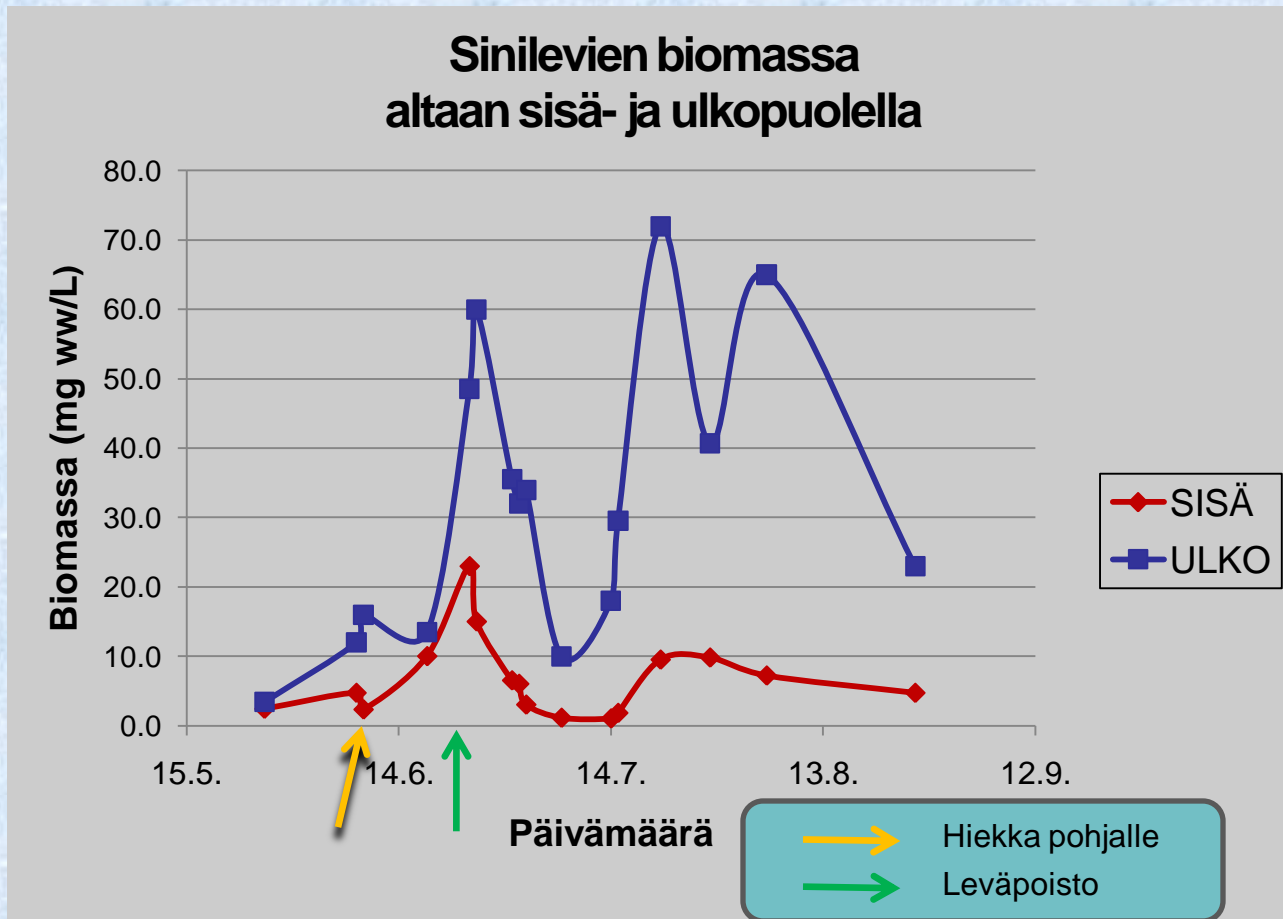
3) Kesän 2008 pilottikokeet

- Kehitettiin tehokas levänpoistomenetelmä (Saloy OY), jolla pystyttiin suodattamaan n. 150 m³ vettä/vrk 50 µm huokoskoon kankaan läpi. Puomeilla eristetyistä **koealtaasta** (seinämä ao. kankaasta, avoin pohja, halkaisija 20 m), **poistettiin suodatuksella n. 12%/vrk sinilevien kokonaisbiomassasta** (suora fluorometrimittaus).
- **Kuukauden** intensiivisen **levänpoistovaiheen aikana** (17.7.-18.8.) **sinilevien määrä ei käytännössä laskenut** altaassa ulkopuoleen verraten. (Tämän jälkeen määrä laski n. 50%:iin ulkopuolisesta).
- **Johtopäätös:** Vaikka järven koko vesipatsas oli hapekas, **pohjan sisäinen kuormitus korvasi tehokkaasti poistetun leväfosforin** (järven vesipatsaan fosfaattipitoisuus oli n. 1 µg/L). **Kuukauden aikana** levämassan P-poiston kompensaatiossa pohjalta vapautui **n. 360 mg P/m²**.
- Elokuun lopussa puomitettiin uusi koeallas (halkaisija 6 m), jonka **pohjan sisäinen kuormitus eristettiin ylimääräisellä n. 20 cm hiekkakerroksella**. **Levien poistosuodatuksen jälkeen** sekä altaan **levä- että myrkkypitoisuudet olivat 2 vkoa <20-30% ulkopuolisesta tasosta**.
- **Kuralan sinilevien mikrokystiinipitoisuus** oli elokuun lopussa suhteellisen **alhainen** (n. 75 µg mikrokystiini-LR / g kuivapaino).

4) Tutkimusmenetelmät v. 2009

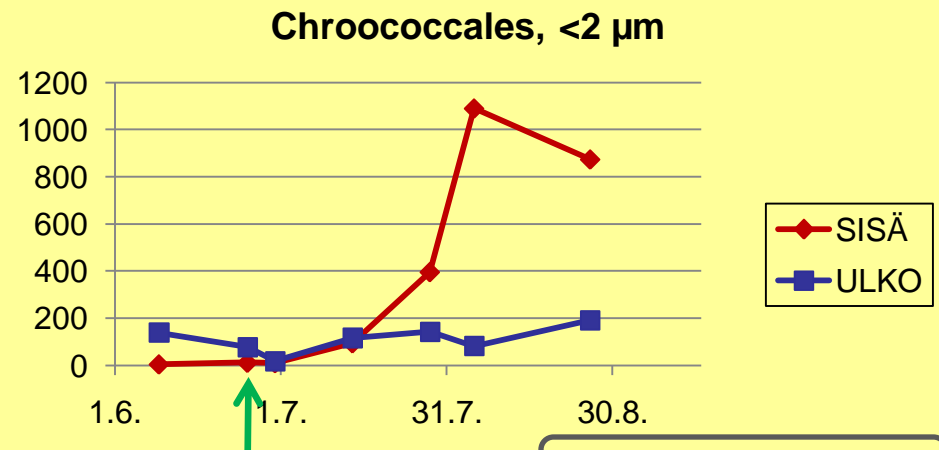
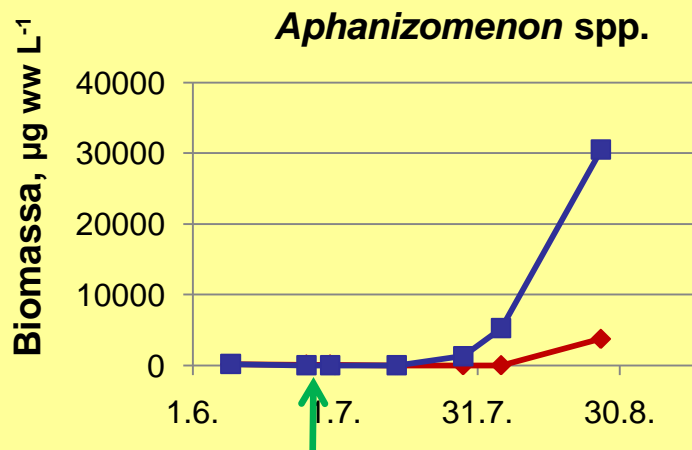
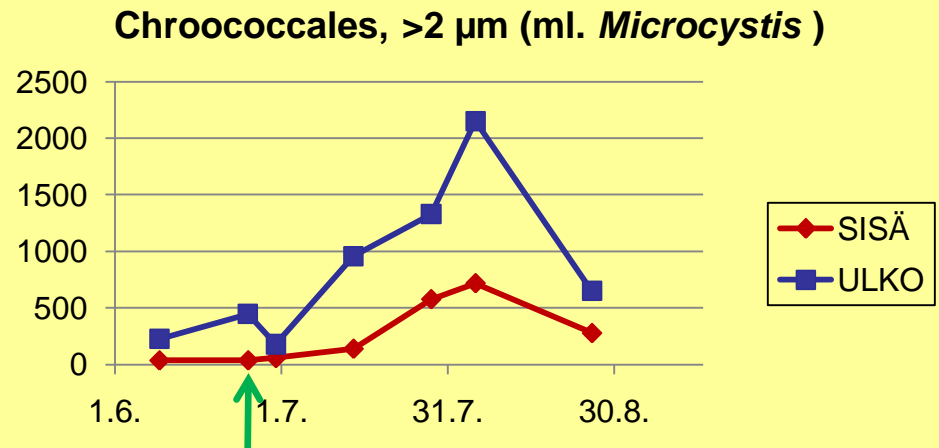
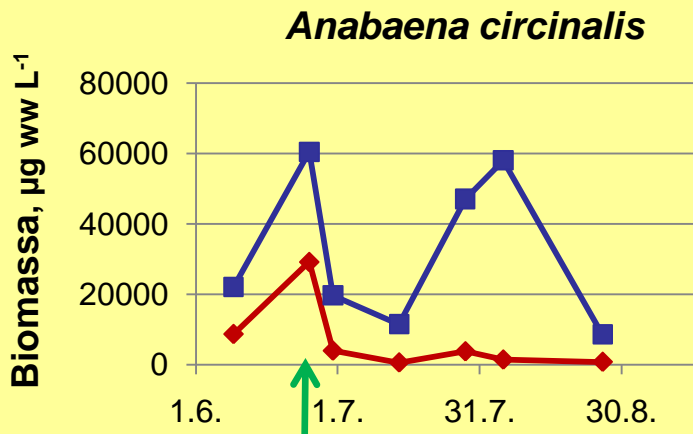
- Kuralanjärven rantaan asennettiin 26.5. 2009 **koeallas**, joka eristettiin ympäröivästä järven vesipatsaasta kelluvista puomeista pohjaan ulottuvalla ja ankkuroidulla kangasseinämällä (kankaan huokoskoko n. 50 μm , altaalla avoin pohja ja **halkaisija n. 8 m**). Altaan **pohjalle** lisättiin 8.6. **n. 20 cm paksuinen hiekkakerros sisäisen P-kuormituksen hillitsemiseksi**. Tämän jälkeen altaasta **poistettiin kerran (24.6.) leviä** suodattamalla, jolloin sinilevämassa pieneni n. 10 mg ww/L (loppumassa 13.5 mg ww/L).
- **Vuoden 2009 kasvukaudella (26.5.-26.8.) mitattiin sekä koealtaasta että sen ulkopuolelta 4 pisteestä yhteensä 14 kertaa sinilevien biomassa** (perustuen niiden *in vivo* fluoresenssiin 0.5 m syvyydellä); ajoittain mitattiin myös järven keskellä sinilevien vertikaalijakuma. Lisäksi ao. pisteistä otettiin n. 2 vkon välein (9.6.-26.8.) kaikkiaan 7 kertaa kokoomänäytteet, joista määritettiin altaan sisä- ja ulkopuolinen **levälajisto** (Utermöhl 1958), sekä **hiukkasmaiset ja liukoiset mikrokystiini-myrkyt** (HPLC ja ELISA -identifioinnit; esim. Kankaanpää ym. 2009). **Vesikemialliset taustamuuttujat** saatiin LoSYKin seuranta-aineistosta (FT Harri Helminen).

5) Tulokset



Kuralanjärven sinilevien biomassa (mg ww/L) koealtaan sisä- ja ulkopuolella.

- Altaan pohjalle lisättiin 8.6. 20 cm hiekkakerros (johtaen ilmeisesti tilapäiseen ravinnesaataavuuden nousuun), ja 24.6. leviä poistettiin suodattamalla. Tämän jälkeen altaan leväbiomassa oli keskimäärin 14% ulkopuolisista arvoista.



→ Leväpoisto

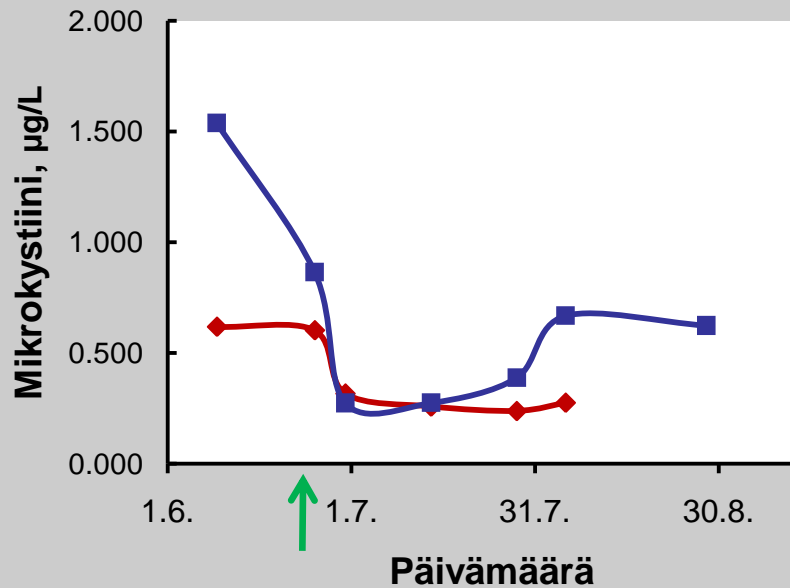
Kuralanjärven ja koealtaan vallitsevien levälajien biomassa.

- *Anabaena* ja *Microcystis* –lajit ovat potentiaalisesti myrkyllisiä tuottaen mikrokystiini –maksamyrkkyjä. *Anabaena* on vaarallisin levä (tuottaa myös hermomyrkkyjä; Rapala ym. 2005), ja se eliminoitiin koealtaasta lähes täysin.

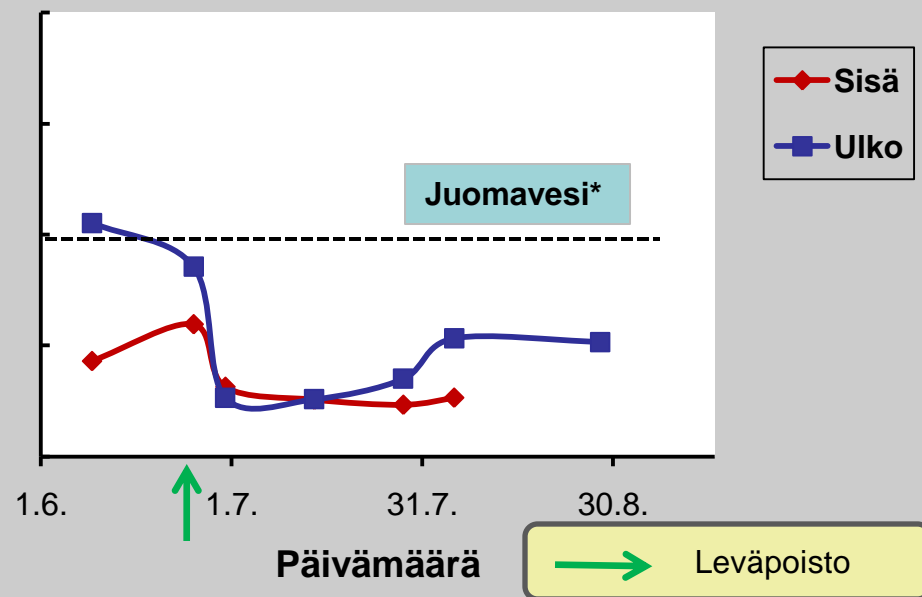
Kuralanjärven mikrokystiinipitoisuudet (liukoinen ja kokonaismyrkkyy) koealtaan sisä- ja ulkopuolella.

- Liukoiset ja hiukkasmaiset levämyrkkypitoisuudet olivat erittäin alhaisia.
- Altaan liukoisten myrkkujen pitoisuus oli ulkopuolta alhaisempi, mutta se päätyi järven pitoisuuksien (laskevalle) tasolle leväpoiston jälkeen - tn. osa leväsoluista rikkoutui poistosuodatuksessa vapauttaen myrkkyjä veten.
- Ilmiö oli kuitenkin ohimenevä, ja kaikkiaan koealtaassa mikrokystiinipitoisuus oli koko seurannan ajan alle juomaveden kriittisen pitoisuuden ($1 \mu\text{g/L}$)*

**Kokonais mikrokystiini
altaan sisä- ja ulkopuolella**



**Liukoinen mikrokystiini
altaan sisä- ja ulkopuolella**



→ Leväpoisto

6) Tulosten tarkastelua

1. Pohjan hiekkaeristuksen (8.6.) jälkeen sinilevien biomassa kasvoi koealtaassa – tn. hiekan sisältämien ravinteiden vapautuessa (myrskyn aiheuttama ylivaluma mahdollinen osasy).
2. Yhden leväpoistokerran (24.6.) jälkeen altaan sinilevä määrät olivat pysyvästi alhaisia (2 kk:n keskiarvo 14% järven määristä). Toisaalta ilman pohjan hiekkaeristystä olleessa pilottikokeen (2008) altaassa tehokas 1 kk:n leväpoistojakso ei laskenut levämääriä järveen verrattuna. Tämä osoittaa **pohjalta vapautuvien ravinteiden (nk. sisäisen kuormituksen) ratkaisevan merkityksen Kuralanjärven ja altaiden levien kasvulle!**
3. Mikroskopoinnit osoittivat, että Kuralanjärven kasviplankton koostuu lähes yksinomaan sinilevistä. **Potentiaalisesti myrkylliset rihmamaiset ja koloniaaliset sinilevät pysyivät leväpuomien ulkopuolella, ja vaarallisin *Anabaena* -levä eliminoitiin koealtaasta lähes täysin.**
4. **Kuralanjärven sinilevien myrkkypitoisuudet olivat erittäin alhaisia. Suurin osa mikrokystiineistä oli liukoisessa muodossa, mutta nämäkin pitoisuudet olivat alle juomaveden kriittisten arvojen (1 µg/L).** Samanlaisia havaintoja on tehty osin myös nodulariinin osalta Itämeren sinileväkukintojen aikaan (Kankaanpää ym. 2009).

7) Johtopäätökset

- 1) **Sinilevien toksiinit** ovat yleensä , 80-90% **solunsisäisiä** myrkkyjä terveen kukinnan aikaan (Sivonen ja Jones 1999), **jolloin puomilla eristetty allas yhdistettynä sinilevien poistoon on järkevä sinilevien haittavaikutusten paikallinen torjuntakeino (esim. mökki- ja uimarannat, raakaveden otto ym.).**
- 2) Kuralanjärven tapaisissa **voimakkaasti rehevöityneissä järvissä** pohjalta vapautuvat ravinteet (nk. **sisäinen kuormitus**) saattavat ylläpitää leväkukintaa puomitetuissa altaissa leväpoistosta huolimatta – tällöin myös **altaiden ravinteikas pohja on eristettävä vesipatsaasta sopivalla maa-aineskerroksella** (esim. hiekka tai savi - mahdollisesti yhdistettynä anaerobista sedimenttiä hapettaviin kemikaaleihin).
- 3) Hypereutrofinen **(ylirehevä) Kuralanjärvi on äärimmäisen haastava** ympäristö sinilevien haittavaikutusten poistoon suurten sinilevämassojen ja voimakkaan sisäisen kuormituksen vuoksi. **On erittäin lupaavaa, että puomituksen ja pohjan hiekka-eristämisen sekä yhden leväpoistokerran yhdistelmällä saatiin koealtaan sinileväpitoisuus pysyvästi laskemaan uimakelpoiselle tasolle** (*Helsingin kaupungin ao. raja-arvo on aikuisille 10 mg ww/L*).

- 4) Puomit toimivat myös järven muista osista tuulen ja virtausten mukana kulkeutuvan sinilevämassan paikallisena torjuntakeinona.
- 5) **Kun liukoisten myrkkyjen pitoisuudet ovat järvessä korkeita (etenkin myrkyllisten sinileväkukintojen taantumavaiheet loppukesällä), voivat liukoiset myrkkypitoisuudet myös puomitettujen altaiden sisäpuolella kohota diffuusion välityksellä korkeiksi. Uimista ym. altaan hyötykäyttöä on tällöin syytä välttää, vaikka sen levämäärät olisivatkin alhaisia.**