



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Sulfaatin haitallisuus eliöstölle pohjoisissa pehmeissä vesissä

Sulfaattipäästöjen vaikutukset vesistöissä -seminaari

27.11.2023

Juha Karjalainen

Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Akvaattiset tieteet

juha.s.karjalainen@jyu.fi

Lajiherkkyyssjakauma

Species sensitivity distribution

Lajien välinen herkkyysjakauma



ron. Toxicol. Chem. 30, 2011

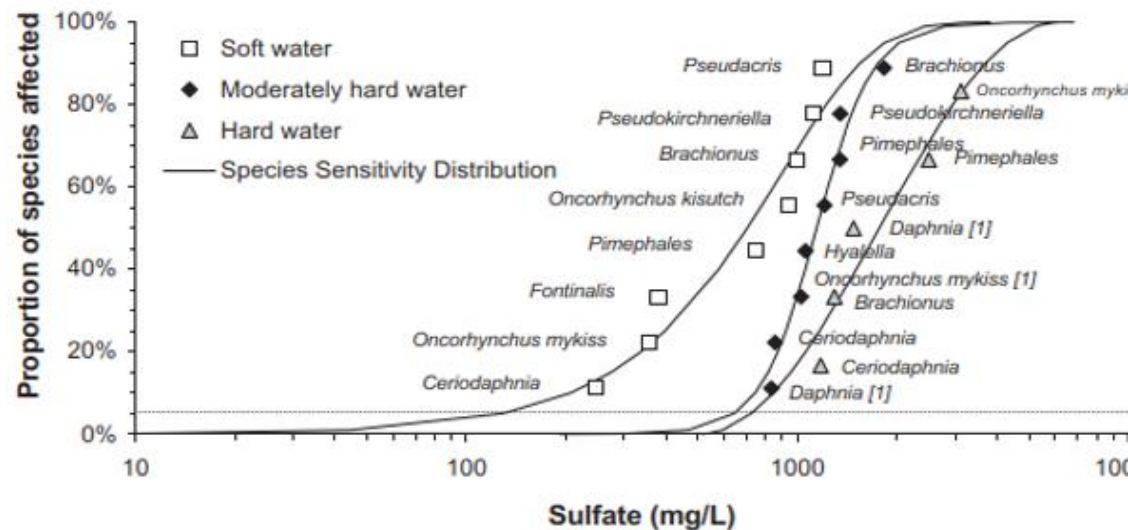


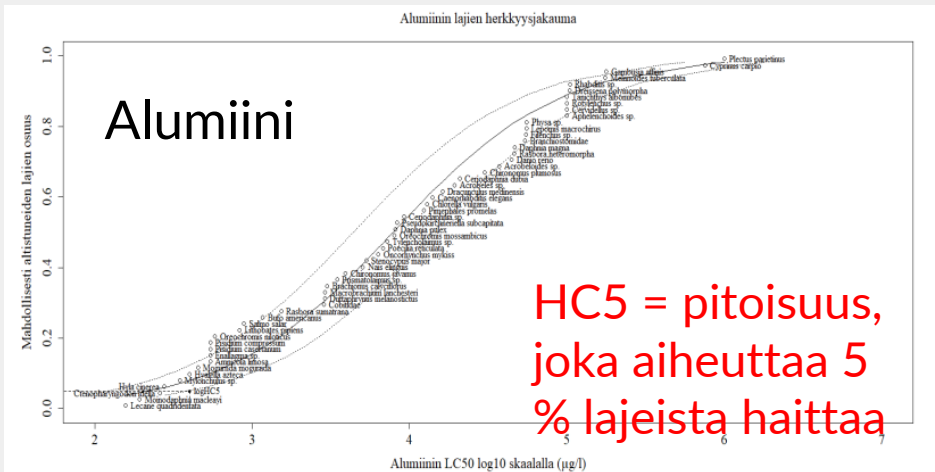
Fig. 2. Species sensitivity distributions for sulfate under soft (10–40 mg/L), moderately hard (80–100 mg/L), and hard water



Lajiherkkyyssjakauma

Simola Jesse 2020. Pro-Gradu tutkielma, Itä-Suomen yliopisto

Elphick et al. 2011 ETC 30: 247-253



HC5 = pitoisuus, joka aiheuttaa 5 % lajeista haittaa

Kuva 3: Alumiinin herkkyysjakauma logaritmi muunnetuilla LC₅₀ arvoilla. Tumma yhtenäinen viiva on LC₅₀ toksisuusarvojen logistisen distribuutiofunktion sovitus, tiheät katkoviivat kuvaavat 95 % luottamusväliä. Kuvaajaan lisätty harvalla katkoviivalla logaritminen HC₅ (2.6002 µg/l), laskettuna Aldenberg ym. (2002) taulukon 95 % luottamuksen mukaisesti. n= 56.

252 Environ. Toxicol. Chem. 30, 2011

Sulfaatti

J. R. Elphick et al.

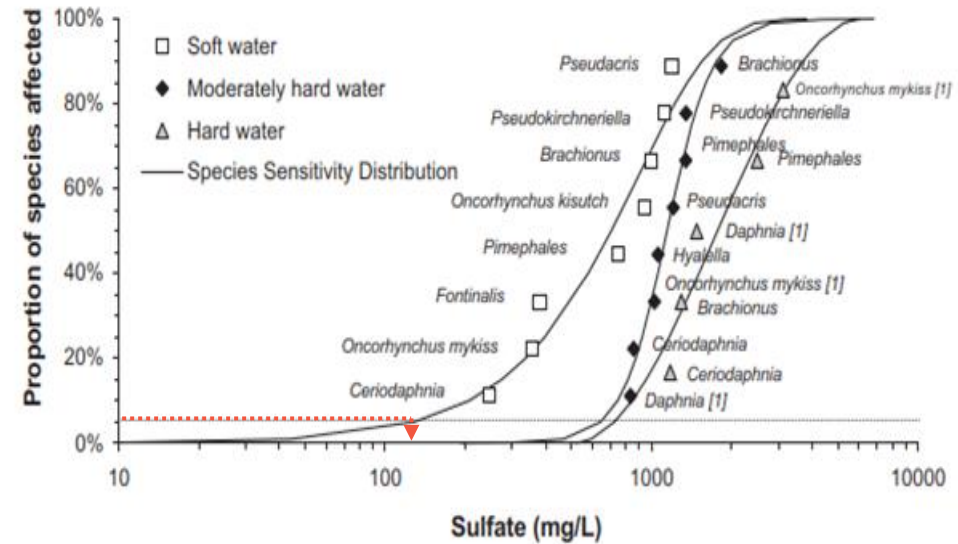


Fig. 2. Species sensitivity distributions for sulfate under soft (10–40 mg/L), moderately hard (80–100 mg/L), and hard water (150–250 mg/L) conditions.



Lajiherkkyyssjakauman vaatimukset (EC 2018)

- EC (2018) ohjeistus GUIDANCE NO 27 - DERIVING ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARDS - VERSION 2018-1.PDF
[EU CIRCABC WFD CIRCA](#)
- Kokeellisesti määritetyt EC10-arvot yli 15 lajille 8 eri taksonomisesta ryhmästä
 - Kalat
 - 2. selkärangaisryhmä: Kalat, sammakkoeläimet ...
 - Äyriäiset: vesikirput, ravut, katkat ...
 - Hyönteiset: sääsket, kärpäset, vesiperhoset ...
 - Vielä muita rataseläimet, nivelmadot, nilviäiset...
 - Levät tai syanobakteerit
 - Kasvit
- Kroonisia kokeita Aquatic SSD:ssä: 15 lajia, 7–160 päivää, myös akuutteja kokeita
- n. 8 lajia kirjallisuudesta

- **Aquatic SSD** –hankkeen tutkimuslajit

- Meritaimen, lisääntyminen JYU
- Vaellussiika ja järvikutuinen siika, lisääntyminen JYU
- Muikku, lisääntyminen JYU
- Särki, lisääntyminen JYU
- Täplärapu, säilyminen JYU
- *Daphnia*-vesikirppu, lisääntyminen SYKE
- Jokihelmisimpukka, lisääntyminen/elossaolo JYU
- Vuollejokisimpukka, lisääntyminen/elossaolo JYU
- Surviaissääski, kasvu SYKE
- Limakotilo, kasvu SYKE
- *Brachionus*-rataseläin, lisääntyminen SYKE
- Harvasukamoto, kasvu/lisääntyminen JYU
- Eleganssimato-sukkulamato, kasvu/lisääntyminen SYKE
- Viherlevä SYKE
- Pikkulimaska, kasvu SYKE



Kokeelliset työt

Sulfaatin kroonisten EC10-arvojen
määrittäminen suomalaisten sisävesien
lajeille



Ecotoxicology and Environmental Safety 258 (2023) 114984



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Ecotoxicology and Environmental Safety

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoenv



Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution

Juha Karjalainen^{a,*,1}, Xiaoxuan Hu^a, Mikko Mäkinen^a, Anna Karjalainen^{a,d},
Johanna Järvis^b, Kaisa Järvenpää^b, Minna Sepponen^c, Matti T. Leppänen^b

^a University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science, Jyväskylä, Finland

^b Finnish Environment Institute, Jyväskylä, Finland

^c Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland

^d Envineer Ltd, Finland

Kuvat Juha Karjalainen, Xiaoxuan Hu JYU



Vaikutukset kaloihin

Karjalainen et al. 2023 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114984>



Sulfaatin krooninen vaikuttava pitoisuus EC10 mg/L

| Test species | Endpoint | Model function | EC10 or LC10 | Test water |
|--|--------------|----------------|------------------|-----------------|
| <i>Salmo trutta</i> , fertilization to emergence | Reproduction | LL.3u | 1139 (1017–1261) | KV |
| <i>Coregonus lavaretus</i> , fertilization to 5-d larvae | Reproduction | LL.3u | 1008 (686–1330) | KV ¹ |
| <i>Coregonus lavaretus</i> , fertilization to 5-d larvae | Reproduction | LL.3u | 1800 (1402–2199) | KJ |
| <i>Rutilus rutilus</i> , fertilization to 5-d larvae | Reproduction | L.4 | 1062 (865–1260) | KV |

Sulfaatin akuutti letaalipitoisuus LC50 mg/L

| Test species | Test type | Model function | EC50 or LC50 | Test water |
|---|--------------|----------------|------------------|-----------------|
| <i>Salmo trutta</i> , fertilization to eyed stage | Reproduction | LL.3u | 1353 (1284–1423) | KV |
| <i>Coregonus lavaretus</i> , sea-migratory, fertilization | Reproduction | LL.3u | 1601 (1408–1795) | KV ¹ |
| <i>Coregonus lavaretus</i> , sea-migratory, fertilization | Reproduction | LL.3u | 2504 (2131–2877) | KJ |
| <i>Coregonus lavaretus</i> , lake-spawning, fertilization | Reproduction | LL.2 | 1230 (1176–1284) | KV |
| <i>Coregonus albula</i> , fertilization | Reproduction | LL.2 | 1107 (1044–1169) | KV |
| <i>Rutilus rutilus</i> , fertilization | Reproduction | W2.4 | 1312 (1111–1514) | KV |

| Species | Hardness | Chronic EC10 |
|----------------------------|----------|--------------|
| <i>Pimephales promelas</i> | 40 | 388 |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | 40 | 356 |

| Species | Hardness | Acute EC50 |
|-----------------------------|----------|------------|
| <i>Oncorhynchus kisutch</i> | 40 | 1755 |

Annosvasteen analyysit toteutettu R-ohjelmiston drc-paketilla (Ritz ym. 2015 PLOS ONE) (suluissa 95% luotettavuusväli)



Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution

Juha Karjalainen^{a,*}, Xiaoxuan Hu^b, Mikko Mäkinen^c, Anna Karjalainen^{a,d}, Johanna Järvisto^e, Kaisa Järvenpää^b, Minna Sepponen^b, Matti T. Leppänen^b

^a University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science, Jyväskylä, Finland

^b Finnish Environment Institute, Jyväskylä, Finland

^c Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland

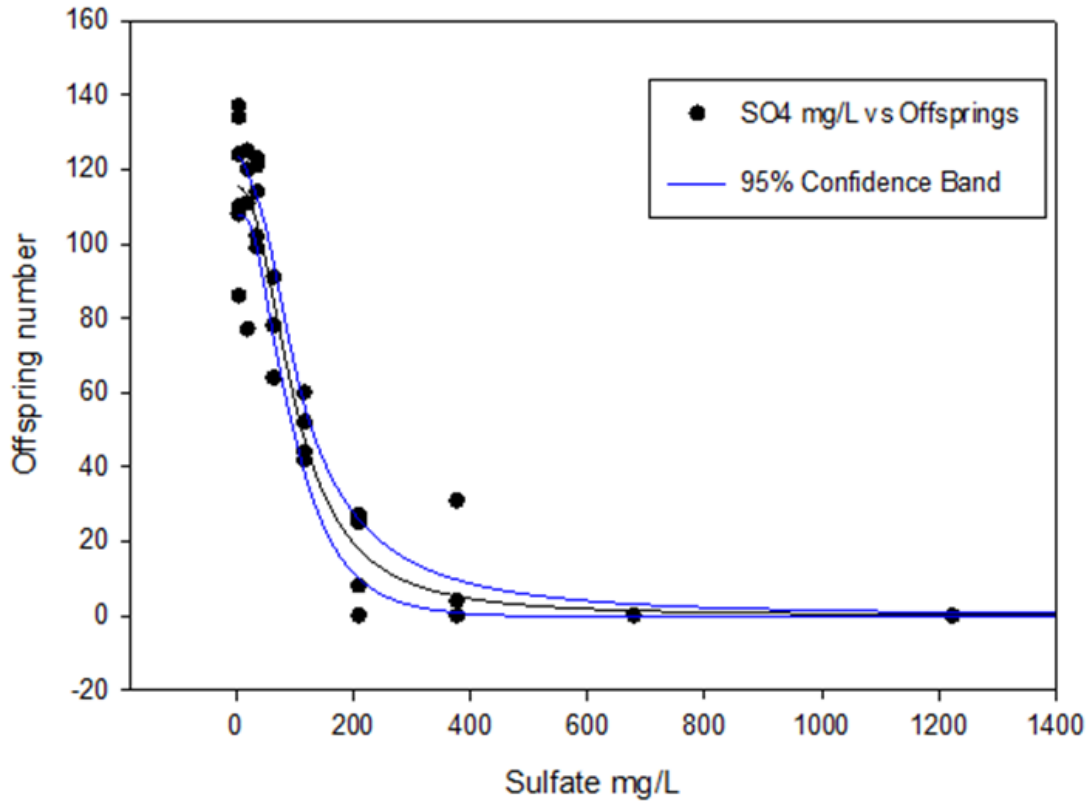
^d Evoncor Ltd, Finland





Daphnia longispina –vesikirppu, poikastuotto, 21 päivää

Matti Leppänen & Kaisa Järvenpää SYKE



Kuva Katja Pulkkinen JYU



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute



Vaikutukset muihin testilajeihin

Sulfaatin krooninen vaikuttava pitoisuus EC10 mg/L

| Test species | Endpoint | Model function | EC10 or LC10 | Test water |
|--|--------------|----------------|------------------|------------|
| <i>Daphnia longispina</i> | Reproduction | LL.3 | 49 (31–66) | MJ |
| <i>Chironomus riparius</i> | Growth | W1.3 | 779 (392–1166) | KV |
| <i>Unio crassus</i> , juveniles | Mortality | LL.3u | 844 (NA–2171) | KV |
| <i>Margaritifera margaritifera</i> , juveniles | Growth | LL.3 | 426 (264–589) | KV |
| <i>Lymnaea stagnalis</i> , juveniles | Growth | LL.5 | 303 (260–345) | KV |
| <i>Lymnaea stagnalis</i> , juveniles | Growth | W1.3 | 217 (142–292) | KJ |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> | Reproduction | LL.3 | 654 (536–772) | KV |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> | Reproduction | LL.3 | 867 (548–1187) | KJ |
| <i>Lumbriculus variegatus</i> | Reproduction | W1.3 | 1815 (1186–2444) | KV |
| <i>Raphidocelis subcapita</i> | Growth | LL.4 | 1294 (1033–1555) | KV |
| <i>Raphidocelis subcapita</i> | Growth | LL.4 | 1937 (1665–2211) | KJ |
| <i>Lemna minor</i> | Growth | LL.4 | 1195 (998–1391) | KV |
| <i>Lemna minor</i> | Growth | W2.4 | 1387 (1186–1588) | KJ |

Sulfaatin akuutti vaikuttava pitoisuus mg/L

| Test species | Test type | Model function | EC50 or LC50 | Test water |
|---|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Unio crassus</i> , glochidia | Reproduction | LL.3u | 857 (833–881) | KV |
| <i>Margaritifera margaritifera</i> , juvenile | Foot movement | LL.3u | 904 (749–1060) | KV |

Annosvasteen analyysit toteutettu R-ohjelmiston drc-paketilla (Ritz ym. 2015 PLOS ONE) (suluissa 95% luottamusväli)





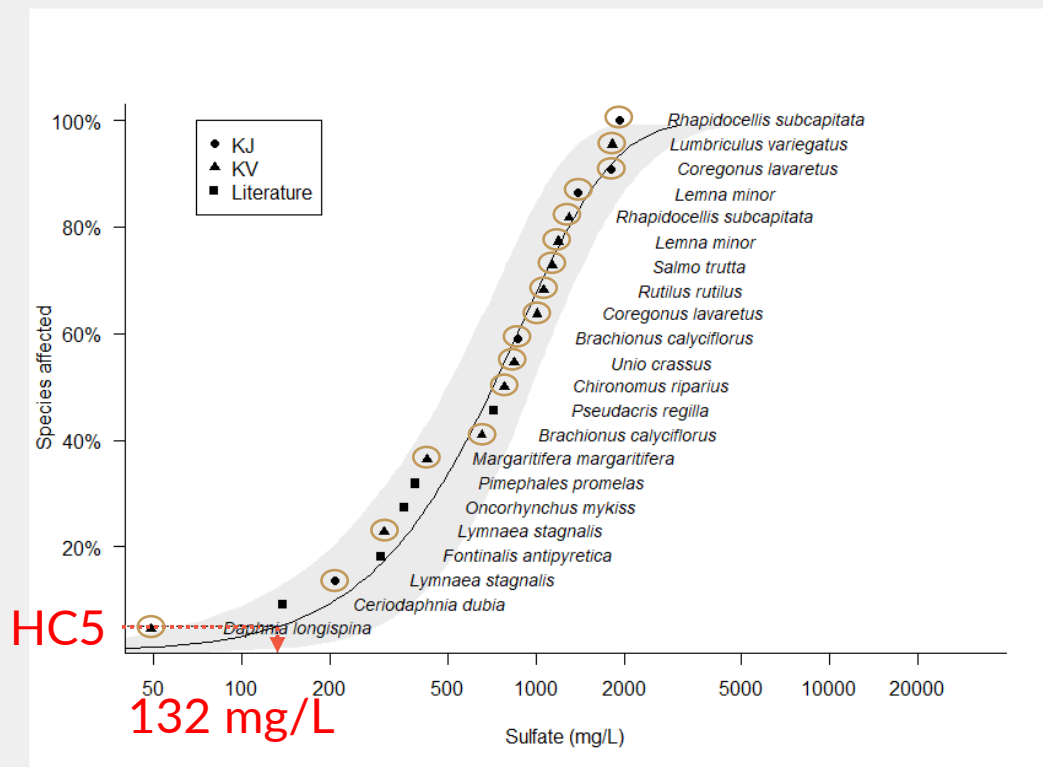
Lajiherkkyyssjakauma



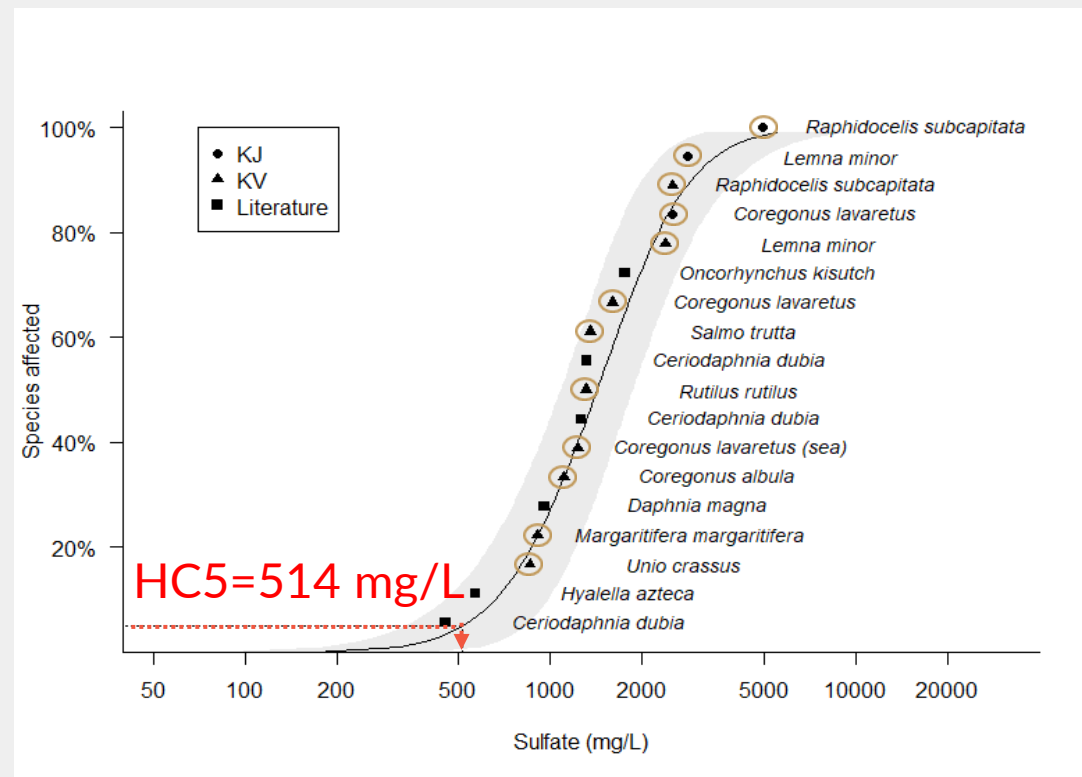
Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Neljän jakauman painotettu keskiarvojakauma R-ohjelmiston SSDTOOLS-paketilla, (Thorley & Schwarz 2021 <https://github.com/bcgov/ssdtools>)

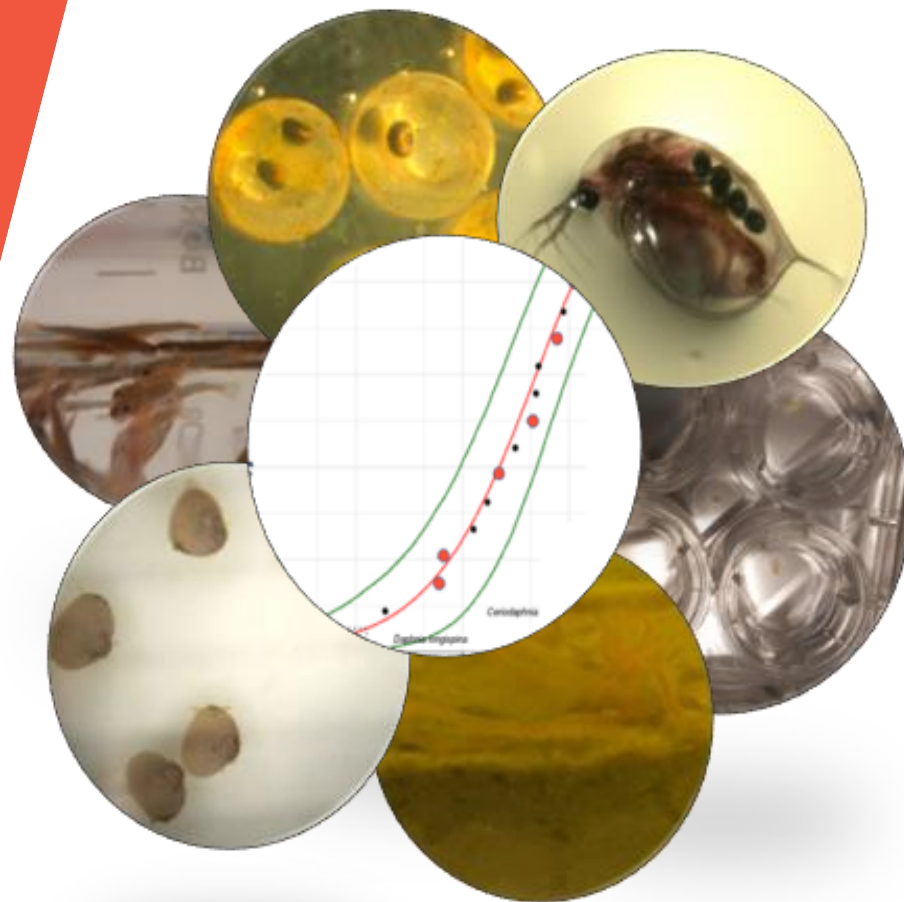
Sulfaatin krooninen SSD



Sulfaatin akuutti SSD



HC5 => haitaton
pitoisuus



PNEC = HC5/AF,
jossa AF = 1-5



Haitaton pitoisuus PNEC



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

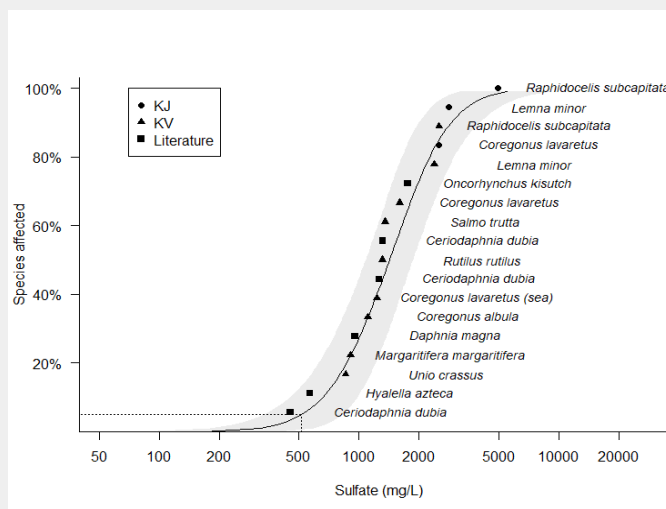
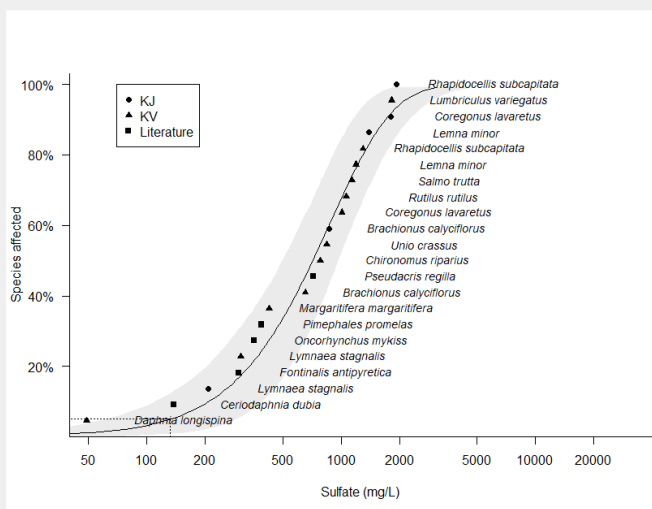
”...PNEC lower than HC5 with 95% probability...”

Sulfaatin krooninen haitaton pitoisuus mg/L

| Data sets | HC5 | N | PNEC _{AF2} | % affected | PNEC _{AF3} | % affected | PNEC _{AF5} | % affected |
|-----------------|--------------|----|---------------------|---------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| All data | 132 (62–290) | 22 | 66 | 1.7 (0.1–5.4) | 44 | 0.9 (0.1–3.4) | 26 | 0.4 (<0.1–1.8) |
| All data, means | 117 (46–284) | 17 | 59 | 1.7 (0.1–6.3) | 39 | 0.9 (<0.1–4.0) | 23 | 0.4 (<0.1–2.2) |

Sulfaatin akuutti haitaton pitoisuus mg/L

| Data sets | HC5 | N | PNEC _{AF2} | % affected | PNEC _{AF5} | % affected | PNEC _{AF10} | % affected |
|-----------|---------------|----|---------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| All data | 514 (327–838) | 18 | 257 | 0.1 (<0.1–2.9) | 103 | 0.1 (<0.1–0.5) | 51 | <0.1 (<0.1–0.1) |



Ecotoxicology and Environmental Safety 258 (2023) 114984



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Ecotoxicology and Environmental Safety

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoenv



Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution

Juha Karjalainen^{a,*,1}, Xiaoxuan Hu^a, Mikko Mäkinen^a, Anna Karjalainen^{a,d},
Johanna Järvis^b, Kaisa Järvenpää^b, Minna Sepponen^c, Matti T. Leppänen^b

^a University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science, Jyväskylä, Finland

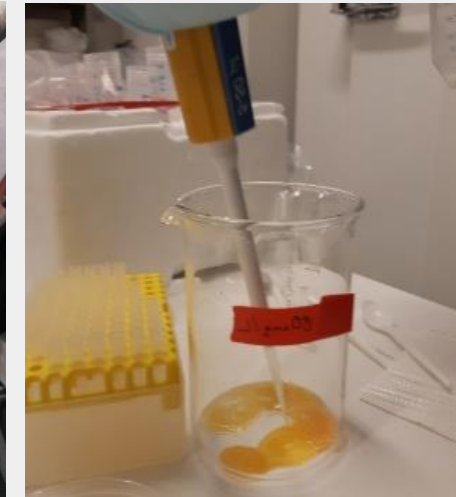
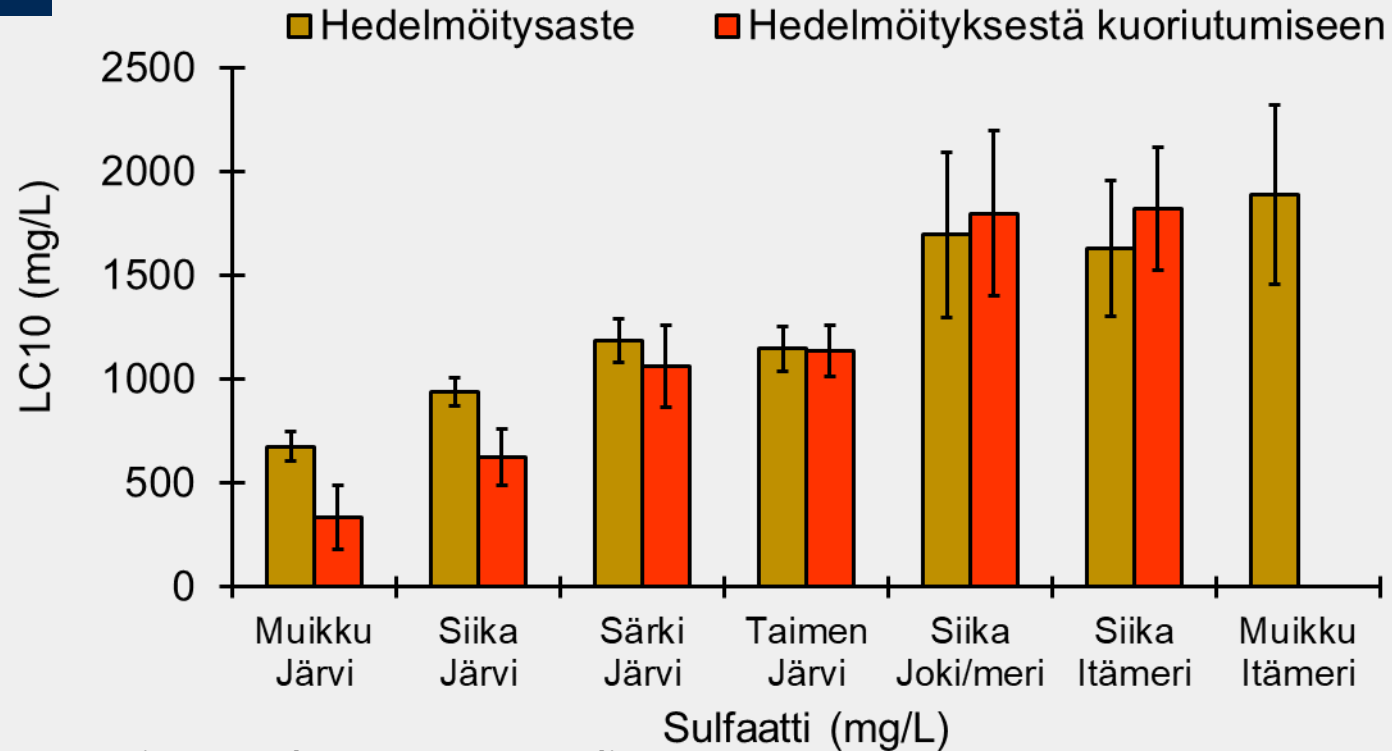
^b Finnish Environment Institute, Jyväskylä, Finland

^c Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland

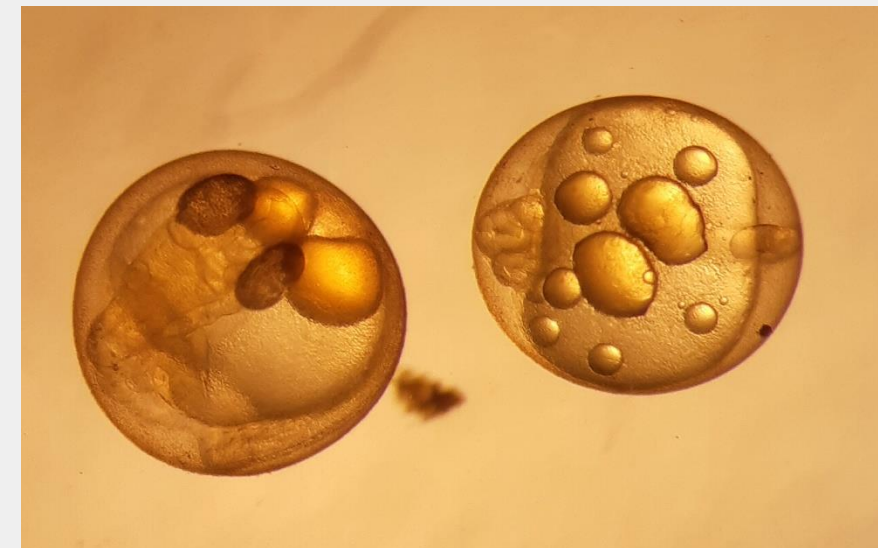
^d Envineer Ltd, Finland



Vaikuttava pitoisuus kaloilla: sisävedet vs. murtovesi

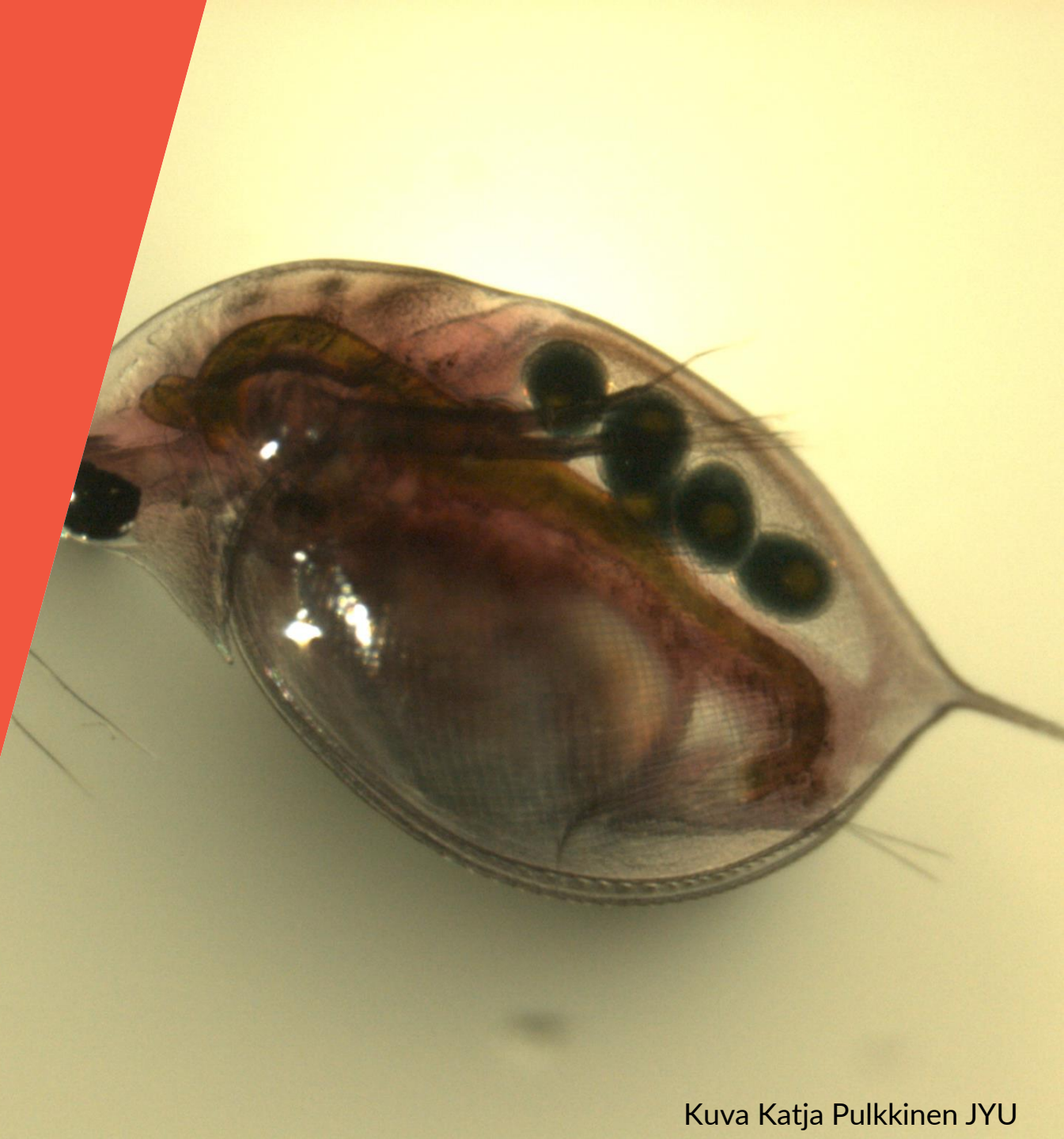
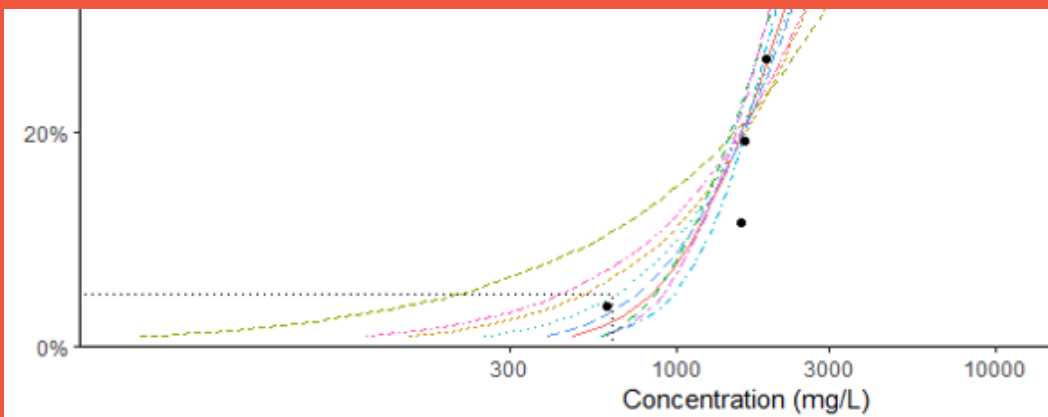


- LC10 ja 95% luotettavuusväli
- Hedelmöityksaste
- **Varhaiskehitys:** hedelmöityksestä 5 päivän ikäisiin poikasiin
- Mg-Ca kovuus: sisävedet 0.14-0.30 mmol/L, Itämeri 0.64 mmol/L



Lajiherkkyyssjakauman haasteet

- riittävästi koedataa eri lajeista?
- onko herkät lajit mukana?
- SSD mallien sovitus ja ”vasemman hännän vaikeudet”?
- HC5 => PNEC?



Sisävesien eliöiden herkkyys sulfaatile

- iso osa lajeista on varsin kestäviä
- suomalaiset lajit samalla tasolla mitä aiemmissa tutkimuksissa havaittu
- kovuus vaikuttaa
- vesikirput herkkiä

$$PNEC = HC5/AF = [39-65]$$

Mukana Aquatic SSD hanketta tekemässä

JYU: Mikko Mäkinen, Xiaoxuan Hu, Lerieane Pires Rios, Ella Honkanen, Aliisa Yli-Tuomola, Ella Lehtilä, Emma Kallioinen, Emma Pajunen, Mervi Koistinen

SYKE: Matti Leppänen, Kaisa Järvenpää, Johanna Järvistö, Minna Sepponen

Anna Karjalainen (Envineer), Kimmo Pousi (ProAgria), KVVY, SYKE laboratoriot

