

# Työmaavesien kuormitus ja kuormituksen raja-arvot



Heidi Vilminko ja Janne Auranen, Turun ammattikorkeakoulu



# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>3</b>
<b>2 Työmaavesien aiheuttama kuormitus</b>	<b>5</b>
<b>3 Työmaavesien raja-arvot</b>	<b>8</b>
3.1 Raja-arvoja muualla maailmassa	8
3.2 Eliöt, raja-arvot ja niiden seuranta	10
<b>4 Lopuksi</b>	<b>16</b>
<b>Lähteet</b>	<b>18</b>

# 1 Johdanto

Rakennustyömaat ovat yksi suurimmista hulevesien haitta-ainekuormituksen lähteistä kaupungeissa. Tyypillisesti rakennustyömaalta tuleva kiintoainekuormitus on moninkertaista verrattuna valmiiseen kaupunkialueeseen. Tämän lisäksi myös ravinne- ja haitta-ainepitoisuudet saattavat olla korkeita. Ne vahingoittavat erityisesti herkkiä vesistöjä ja niiden eliöstöä. Vaikka yksittäinen rakennustyömaa on kestoaltaan rajallinen, rakennustyömaiden aiheuttama vesistökuormitus on jatkuvaa, sillä kaupunkiympäristössä on jatkuvasti meneillään lukuisia rakennushankkeita.

Työmaavedet aiheuttavat merkittävää kuormitusta taajamien vesistöille. Oikein toteutettuna työmaavesien hallinnan avulla voidaan suojella sekä ympäristöä että olemassa olevaa infraa ja taata itse työmaalle turvalliset työskentelyolosuhteet. Pienillä, kustannustehokkailla keinoilla voi olla suuria vaikutuksia työmaalla syntyvän kuormituksen määrään, kun työmaavedet huomioidaan rakennustyömaiden suunnittelussa ja aikataulutuksessa.

Työmaavesien aiheuttaman kuormituksen hillitsemiseksi monissa kaupungeissa on otettu käyttöön työmaavesiohje, jossa esitetään keinoja kuormituksen vähentämiseen sekä ohjeelliset raja-arvot työmailta eteenpäin johdettavan veden laadulle. Usein eri toimijoiden keskusteluissa kuitenkin nousee esiin tarve virallisemmille, velvoittaville raja-arvoille, jotta puhdistustarpeen työmaakohtainen arviointi helpottuisi ja työmaille asetettavia vaatimuksia saataisiin selkeämmiksi niin kaupunkien viranomaisille kuin rakennusalan yrityksillekin.

Työkaluja työmaavesien laadunhallintaan –hankkeessa asetettiin tavoitteeksi laatia ehdotus raja-arvoiksi herkkien vesistökohteiden läheisyydessä sijaitseville työmaille. Tässä raportissa esitetään hankkeessa tehdyn kirjallisuusselvityksen tuloksia, liittyen työmaavesien kuormitukseen, eri maissa käytettyihin työmaavesien raja-arvoihin ja herkkien eliöryhmien vedenlaatuvaatimuksiin.



Työmaavesien aiheuttamalle kuormitukselle ei ole Suomessa erillisiä säädöksiä. Valtakunnallisesti käytössä olevat raja-arvot ovat ohjeellisia, eivätkä sellaisenaan velvoita toimijoita. Raportissa verrataan erilaisia kansainvälisesti käytössä olevia työmaavesien laadun säätelykeinoja ja arvioidaan niiden etuja sekä heikkouksia. Lopuksi esitetään suosituksia työmaavesien laadunhallinnan kehittämiseksi Suomessa.

Tämä raportti on toteutettu osana ympäristöministeriön vesiensuojelun tehostamisohjelman rahoittamaa hanketta *Työkaluja työmaavesien laadunhallintaan*.



## 2 Työmaavesien aiheuttama kuormitus

Työmaavesistä aiheutuvan kuormituksen laatu ja suuruus vaihtelee suuresti riippuen rakennuspaikan ominaisuuksista, sääolosuhteista, rakennusvaiheesta ja siitä, mitä rakennetaan. Kuormituksella on usein erityisen haitallisia vaikutuksia työmaiden läheisiin herkkiin vesistökohteisiin. Tästä syystä rakennushankkeen suunnittelun alkuvaiheessa työmaa-alueen ympäristöstä tulisi tunnistaa erityistä suojelua vaativat kohteet.

Työmailta edellytettävät työmaavesisuunnitelmat, hallintaratkaisut sekä työmaavesien seurantatoimet tulee kohdentaa niin, että erityisesti kuormitukselle herkkimmät alueet pystytään suojelemaan tehokkaasti. Kuormituksen ennaltaehkäisy on tärkeää ja siihen tulisi panostaa kaikilla työmailla. Kuormituksen ehkäisyssä sekä hallintarakenteiden valinnassa ja mitoituksessa tarvitaan luotettavia lähtötietoja rakennusalueelta, joihin lukeutuvat mm. maaperän koostumus, maaston korkeuserot sekä alueen hydrologia. Hallintaratkaisut tulee määrittää aina kohdekohtaisesti, jotta niiden ominaisuudet vastaavat rakennusalueelta aiheutuvaan kuormitukseen. Esimerkiksi savimaille tyypillisen hienojakoisen kiintoaineksen laskeuttaminen voi olla hyvin vaikeaa. (Kaufman 2000, 92–93.)

Rakennustyömaiden vedenlaadun tutkimuksissa on tyypillisesti keskitytty kiintoainekuormitukseen ja sen määrän arviointiin. Kiintoainekuormitus on suurinta rakennustöiden alkuvaiheessa, jolloin paljas maaperä on erityisen eroosioherkkää. Työmailta pidetäänkin yhtenä suurimmista kuormituslähteistä kaupunkialueilla. (Sillanpää 2013, 36.)

Tieteellisiä tutkimuksia rakennustyömaiden aiheuttamasta maaperän eroosiosta sekä kiintoainekuormituksesta on toteutettu niukasti ja valtaosa näistä tutkimuksista on tehty Yhdysvalloissa 1960–1970 luvuilla. Tutkimuksissa on todettu maaperän eroosion olevan 2–40 000 kertaista, kun rakennustyömailta verrataan rakennustoimia edeltävään tilanteeseen (Harbor 1999, 247.) Suomessa tehtyjen tutkimuksien mukaan rakennettavalta alueelta syntyvä



keskimääräinen kiintoainekuormitus on suurempaa kuin maatalousalueiden valunnoissa ja jopa 115 kertaista metsäisiin valuma-alueisiin verrattuna (Sillanpää 2015). Viranomaisten tekemiä havaintoja työmaavesien aiheuttamista haitoista on Suomesta runsaasti, mutta näitä ei tyypillisesti ole dokumentoitu. Pelkästään Helsingin kaupungille ilmoituksia työmaavesien aiheuttamista samentumista ja muista vedenlaadun ongelmista tulee vuosittain 20–30 kappaletta.

Kiintoainekuormituksen lisäksi rakennettavilta alueilta tulee merkittäviä ravinnepäästöjä. Työmaavesien fosforipitoisuudet ovat mittauksissa olleet lähes maatalousaluiden tasolla ja yli kymmenkertaisia koskemattomaan metsäiseen valuma-alueeseen verrattuna. Ravinteista typen osalta kuormitus aiheutuu tyypillisesti maaperän muokkauksesta, esimerkiksi metsäisen alueen maanrakennustöiden aikaansaamana. Lisäksi merkittäviä typpihuuhtoumia syntyy räjäytys- ja louhintatyömailta, mikäli panostus toteutetaan huolimattomasti. (Halme 2016; Sillanpää 2019.)

Tarve työmaavesien laadun tutkimukselle erityisesti erilaisten haitta-aineiden osalta on suuri. Rakennusmateriaalit sisältävät usein yhdistelmän monia kemikaaleja, kuten erilaisia lisä- ja stabilointiaineita, pinnoitusmateriaaleja sekä liuottimia. Nämä yhdisteet saattavat muuntua elinkaarensa aikana ulkoisten vaikutusten johdosta, jolloin niiden aiheuttamien vaikutusten arviointi hankaloituu. Olisi kuitenkin tärkeää pystyä tunnistamaan ne yhdisteet, jotka aiheuttavat haitallisia vaikutuksia vesistöille sekä ympäristölle ja materiaalit, joissa niitä esiintyy. (Bandow et al. 2018, 4.)

Tyypillisesti rakennusmateriaaleissa esiintyvät haitta-aineet päätyvät vesistöihin tai ympäristöön joutuessaan kosketuksiin sade- tai valumavesien kanssa. Materiaaleista huuhtoutuvat yhdisteet voivat vaikuttaa haitallisesti vesiekosysteemeihin, sekä kertyä kasveihin ja eliöihin. Lisäksi eri haitta-aineet voivat muuttaa veden ominaisuuksia, kuten pH-arvoa. Esimerkiksi betoni sekä stabiloinnissa käytettävät side- ja lisäaineet nostavat veden pH:ta, joutuessaan sen kanssa kosketuksiin. Pahimmillaan tämä johtaa voimakkaasti emäksiseen valuntaan. (EPA 2012; City of Mercer Island 2022.)



Viime vuosina on kehitetty erilaisia menetelmiä rakennusmateriaaleista veteen irtoavien haitta-aineiden selvittämiseksi. Esimerkiksi Euroopan standardointikomitea (CEN) on toteuttanut liukoisuuskokeita eri rakennusmateriaaleille. Rakennusmateriaalien suuren määrän vuoksi, nämä kokeet kattavat kuitenkin vain osan käytössä olevista materiaaleista. Lisäksi kokeissa saatujen tuloksien hyödyntäminen rakennustyömailta tulevan kuormituksen arviointiin voi olla hankalaa. Erityisesti tämä koskee orgaanisia haitta-aineita, jotka voivat muuttaa muotoaan vielä vesistöihin päädyttyäänkin. Suoritettujen kokeiden perusteella voidaan kuitenkin päätellä, mitkä haitta-aineet liukenevat rakennusmateriaaleista ja verrata eri materiaalien sisältämiä haitta-aineita tässä suhteessa. (Bandow et al. 2018, 3–4 ja 9.)



### 3 Työmaavesien raja-arvot

Työmaavesille asetettuja numeerisia raja-arvoja ei ole käytössä kuin muutamissa maissa. Suomessa työmaavesien ohjeellisia raja-arvoja löytyy eri kaupunkien ja kuntien omista työmaavesiohjeistuksista, jotka pohjautuvat RT-kortin, Rakennustyömaan hulevesien hallinta (RT 89-11230), ohjeellisiin raja-arvoihin. Kyseiset raja-arvot ovat seuraavanlaiset: kiintoainepitoisuus alle 300 mg/l, pH 6–9, Lämpötila alle 25 °C ja öljypitoisuus alle 5 mg/l. HSY puolestaan on asettanut jätevedenpuhdistamoille johdettavien työmaavesien kiintoainepitoisuuden raja-arvoksi 300 mg/l (HSY 2022).

Työmaavesille Suomessa asetettuja raja-arvoja on tarkoitus tarkastella työmaavesien aiheuttaman kuormituksen, vastaanottavan vesistön, eliöstön sietokyvyn ja näitä koskevan kirjallisuuden perusteella sekä antaa päivitetty ehdotelma uusiksi ohjeellisiksi raja-arvoiksi.

#### 3.1 Raja-arvoja muualla maailmassa

Yhdysvalloissa on työskennelty työmaavesiasioiden kanssa jo vuosikymmeniä ja erilaisia raja-arvoja on ollut käytössä jo pitkän aikaa. Nykyään Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviranomaisella (EPA) on hallinnoimillaan alueilla käytössä sameuden standard benchmark raja-arvo, joka on 50 NTU. Kyseinen benchmark raja-arvo koskee työmaita, joilta johdetaan työmaavesiä herkkiin vesistöihin, joita ovat mm. kiintoaineeseen tai siihen liittyvään parametriin nähden heikentyneet tai vaarantuneet vesistöt, luokituksen Tier 2, Tier 2,5 tai Tier 3 saaneet vesistöt. Kyseiset luokitukset pitävät sisällään mm. vesistöjä, jotka ovat koskemattomia tai ekologisesti tärkeitä vesistöjä tai muutoin tärkeitä, merkittäviä tai korkea luokkaisiksi arvioituja vesistöjä. (EPA 2022.)

Standard benchmark 50 NTU on sameuden lukuarvo, johon verrataan viikon keskiarvoa, joka lasketaan viikon kaikilta päiviltä, jolloin työmaavesiä johdetaan työmaalta pois. Jokaiselta päivältä, kun työmaavesiä puretaan, tulee tehdä vähintään yksi edustava mittaus EPA:n hyväksymällä sameusmittarilla. Viikon





keskiarvon ylittyminen ei johda suoriin sanktioihin, vaan työmaavesien hallintakeinojen ja -rakenteiden riittävyyttä tulee arvioida uudelleen ja tehdä tarvittavat toimenpiteet, jottei raja-arvon ylitys toistuisi. Mittausarvot tulee raportoida viranomaiselle neljännesvuosittain ja EPA arvioi benchmark raja-arvon toimivuutta ja suojelutasoa viiden vuoden välein. Benchmark raja-arvo ei ole ehdoton, vaan tilaajalla tai urakoitsijalla on mahdollisuus hakea suurempaa raja-arvoa, jos vastaanottavan vesistön luonnollinen taustapitoisuus on todistettavasti tätä korkeampi. Huomioitavaa on myös se, että lupien ehdoissa voidaan määrätä myös muista mahdollisista vesistökohtaisista raja-arvoista, esimerkiksi torjunta-aineiden, patogeenien, ravinteiden, pH:n tai PCB-yhdisteiden päiväkohtaisista raja-arvoista. (EPA 2022.)

Kanadassa työmaavesien laatua ja kiintoaineen määrää arvioidaan sameuden ja altistusajan perusteella. Heidän ohjeistuksessaan käytetään kirjallisuuden antamaa 25 mg/l pitoisuutta pohjana, mutta itse raja-arvona on käytössä sameudelle 25 NTU, jonka ylittäminen tietyllä NTU-yksiköllä on sallittua tietyn aikaa, esimerkiksi 138 NTU-arvo on sallittu kahden tunnin ajan ja 36 NTU on sallittu 6 tunnin ajan. (TRCA 2019.)

Tukholman läänissä Ruotsissa on paikallinen Aluesuunnittelu- ja liikennevirasto esitellyt ehdotuksen hulevesien laadullisiksi ohjearvoiksi. Ohjearvoilla on viisi eri kategoriaa, jotka ovat pienet vesistöt (tasot 1 ja 2), suuret vesistöt (tasot 1 ja 2) sekä ”toiminnanharjoittajat”. Näissä ohjearvoissa määritellään raja-arvot kiintoaineelle, kokonaisfosforille ja -tyypelle, raskasmetalleille sekä PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreenille. Mielenkiintoisin työmaavesien kannalta on kiintoaineen raja-arvot, jotka ovat pienille vesistöille 40 ja 60 mg/l, suurille vesistöille 50 ja 75 mg/l sekä toiminnanharjoittajille suunnattu 100 mg/l. (Riktvärdesgruppen 2009.)

Göteborgin kaupungin ympäristöhallinto on puolestaan asettanut ohjearvot, joita sovelletaan sadevesijärjestelmien ja vastaanottaviin vesistöihin kohdistuvan kuormituksen arviointiin. Näissä ohjearvoissa määritellään raja-arvot pH:lle, kiintoaineelle, orgaaniselle kokonaishiille, kokonaisfosforille ja -tyypelle, raskasmetalleille, bentso(a)pyreenille sekä PCB-yhdisteille. Työmaavesien



kannalta mielenkiintoisia ovat etenkin pH:n raja-arvo 6,5–9, kiintoaineen raja-arvo 25 mg/l sekä öljyjen raja-arvot 100–1000 µg/l riippuen vastaanottavasta vesistöstä. (Göteborgs stad 2020.)

### 3.2 Eliöt, raja-arvot ja niiden seuranta

Kaupunkialueilta löytyy monimuotoista luontoa, joka vaatii suojelua ihmistoiminnan aiheuttamalta kuormitukselta, kuten herkkiä vesistöjä sekä ympäristömuutoksille alttiita ja uhanalaisia eliölajeja (Aitkenhead-Peterson & Volder 2010). Herkkiä vesistökohteita ovat pienvesistöt kuten lähteet, norot, purot, lammet ja näiden valuma-alueet, pienen vesitilavuuden omaavat järvet ja näiden lähivaluma-alueet, matalat merenlahdet sekä uimarannat ja näiden lähivaluma-alueet (Tolonen ym. 2019). Herkkiä eliölajeja puolestaan ovat esimerkiksi lohikalat ja muut kalaindeksin mukaiset herkät kalalajit (FiFI, Finnish Fish Index; ks. Vehanen ym. 2006 ja 2010), jokirapu (Mannonen 2002), jokisimpukat (Degerman ym. 2009), puro- ja vesisammaleet (Sutela ym. 2012; Vuori 2002) sekä useat eri vesihyönteiset (Mackie 2004).

Herkät ekosysteemit ovat erityisen alttiita ympäristön muutoksille ja kuormitukselle, sillä niiden palautuminen ulkoisista häiriöistä voi kestää huomattavan pitkään, vaikka kuormitus olisi lyhytaikaista (Aitkenhead-Peterson & Volder 2010; Tolonen ym. 2019). Työmaavesien aiheuttama kuormitus on usein monikymmenkertaista verrattuna jo rakennettuun alueeseen ja suurimmat riskit liittyvät työmaavesien mukanaan kuljettamiin haitallisiin aineisiin, kuten kiintoaineeseen, raskasmetalleihin, öljyihin tai ravinteisiin, mutta myös tietyt haitalliset ominaisuudet, kuten rajut pH:n vaihtelut ja veden korkea lämpötila ovat potentiaalisia uhkatekijöitä (Sillanpää 2013). Työmaavesien aiheuttama kuormitus voi aiheuttaa ongelmia vastaanottaville vesistöille, valmiille infrastruktuurille, työmaan työntekijöille sekä laitteille.



## Kiintoaine

Kiintoaine on erittäin tärkeä parametri vesieliöiden kannalta, sillä se voi aiheuttaa suoria haittavaikutuksia eliöille mm. tukkimalla kiduksia, tukahduttamalla mätimunia sekä tukehduuttamalla simpukoita ja muita pohjaeläimiä. Kiintoaine voi aiheuttaa myös välillisiä haittavaikutuksia mm. kuljettamalla mukanaan vesistöihin ravinteita, raskasmetalleja sekä muita haitta-aineita, jotka voivat aiheuttaa rehevöitymistä, vaaraa vesieliöille, kertyä niiden elimistöön sekä rikastua ravintoverkoissa aiheuttaen ongelmia esimerkiksi petokaloille ja linnuille. (Newcombe & Macdonald 1991; Newcombe 1986; Waters 1995.)

Työmaavesiä ajatellen kiintoaine on erityisen tärkeä parametri, sillä siihen liittyvää kuormitusta tulee käytännössä kaiken tyyppisiltä työmailta ja sen mukana kulkeutuu vesistöihin ravinteita, raskasmetalleja ja muita haitta-aineita (Sillanpää 2013). Kiintoaine voi olla huomattava uhka niin vesistöille ja niiden eliöstölle kuin myös jo valmistuneelle infrastruktuurille sekä työmaan työntekijöille.

Veden kiintoaineen määrä tulisi pitää alhaisena, sillä jo muutamien milligrammojen pitoisuuksien on todettu voivan aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia lohikaloille (Newcombe & Macdonald 1991; Bjorn & reiser 1991; Newcombe 1986). Nykyisin käytössä oleville kiintoainepitoisuuksien raja-arvoille ja niiden tuomalle suojelutasolle antaa perspektiiviä esimerkiksi Scullion & Edwardsin (1980) tekemä tutkimus. Tutkimuksessa selvitettiin kiintoaineen vaikutusta taimenen mätimuniin altistamalla ne 110 mg/l kiintoainepitoisuudelle kuudeksikymmeneksi päiväksi, jolloin mätimunista kuoli peräti 98 prosenttia. Peters (1967) puolestaan totesi 300 mg/l kiintoainepitoisuuden laskeneen taimenpopulaation kokoa 97 prosenttia kuukauden altistuksella. Pääosin kirjallisuudessa on pidetty lohikaloille hyvänä kiintoainepitoisuuden raja-arvona n. 25 mg/l pitoisuutta (Alabaster & Lloyd 1982; Lloyd 1987; CWQW 1973; Wilber & Clarke 2001; Kalavesidirektiivi 78/659/ETY), joka on linjassa myös jokihelmisimpukalle suositeltujen 20–30 mg/l kiintoainepitoisuuksien kanssa (Skinner ym. 2003; Varandas ym. 2013) sekä ”akvaattisten eliöiden suojelun”



hyvän tai keskitason rajojen kanssa (Ranta ym. 2021; CWQW 1973; Alabaster & Lloyd 1982; Newcombe & Macdonald 1991; Newcombe 1986).

Kiintoainepitoisuuden seuranta on kallista ja vaatii käytännössä laboratorioon toimitettavien vesinäytteiden ottamista, mutta veden sameutta voidaan seurata yksinkertaisilla ja edullisilla keinoilla, kuten pullovertailun tai turbidity tuben avulla. Sameuden ja kiintoainepitoisuuden korrelaatio riippuu mm. valuma-alueesta ja kiintoaineen koostumuksesta, joten sameusarvon pohjalta ei voida suoraan määrittää tarkasteltavan veden kiintoainepitoisuutta tai tehdä johtopäätöksiä vedenlaadusta. Sameus kuitenkin indikoi kiintoainepitoisuutta luotettavasti, jos tarkoituksena on verrata esimerkiksi työmaavesien ja vastaanottavan vesistön kiintoainepitoisuuksia toisiinsa (TRCA & University of Guelph 2006). Sameuden avulla voidaan kiertää kiintoainepitoisuuden seurannan korkeita kustannuksia ja kerätä luotettavaa tietoa työmaavesien ja vastaanottavan vesistön laadullisista eroista.

## pH

Veden happamuus, jota pH-arvo kuvaa, on tärkeä parametri vesieliöille. Se voi aiheuttaa suoria haittavaikutuksia, mutta on ongelmallinen etenkin välillisesti mm. vaikuttaen useiden aineiden myrkyllisyyteen sekä vapauttaen sedimenttiin aiemmin kertyneitä haitta-aineita takaisin vesistöön. (Sutela ym. 2012.)

Työmaavesiä ajatellen pH:n vaihtelut ovat potentiaalinen uhka infrastruktuurille, työntekijöille sekä vesistöille ja niiden eliöstölle, sillä toimenpidealueen maaperä voi sisältää hapanta sulfidisavea, työmailla voidaan käsitellä betonia tai muita emäksisiä ja/tai happamia aineita ja materiaaleja.

Veden happamuuden tai liiallisen emäksisyyden on raportoitu aiheuttavan suoria haittavaikutuksia etenkin lohikalojen ja jokirapujen mädille ja poikasille (Ausseil 2013; ANZECC 2000; Alabaster & Lloyd 1982; Louhi & Mäki-Petäys 2003; Sutela ym. 2012) sekä useille makean veden simpukoille, kuten jokihelmisimpukalle (Valovirta 2006; Varandas ym. 2013; Reis 2003; Degerman ym. 2009; Oliver 2000; Skinner ym. 2003). 6–9 välillä olevien pH-arvojen on todettu olevan



itsessään turvallisia vesieliöille (Ausseil 2013; Alabaster & Lloyd 1982; Louhi & Mäki-Petäys 2003; Jonsson & Jonsson 2011), mutta nekin voivat olla välillisesti haitallisia vesieliöille riippuen veden muista biogeokemiallisista tekijöistä (EPA 1986).

Työmaavesien happamuutta, tarkemmin pH-arvoa, on yksinkertaista ja kustannustehokasta seurata esim. pH-luiskilla, tippatestereillä tai pH-mittareilla.

## Lämpötila

Lämpötila on tärkeä parametri useille vesieliöille, sillä se mm. säätelee veteen liunneen hapenmäärää sekä kalojen, simpukoiden, rapujen ja muiden eliöiden kehittymistä ja kuoriutumista, vaikuttaa kalojen vaelluskäyttäytymiseen ja metaboliaan sekä eliöiden hengitystiheyteen (Alabaster & Lloyd 1982).

Työmaavesiä ajatellen lämpötila on potentiaalinen uhka vesieliöille sekä infrastruktuurille, sillä esimerkiksi kaukolämpöyömailta pois johdettavien työmaavesien lämpötila voi olla huomattavan korkea.

Veden lämpötila on erityisen tärkeä lohikaloille, sillä ne luontaisesti tarvitsevat viileää happipitoista vettä kaikissa elämän vaiheissaan. Syksyisin lohikalojen kutu käynnistyy, kun vedenlämpötila laskee 10 °C tietämille (Alabaster & Lloyd 1982; Armstrong ym. 2003; Solomon & Lightfoot 2008). Mätimunat vaativat kehittyäkseen, lähteestä riippuen, alle 8–10 °C ja kuoriutuminen alkaa, kun mädin vaatima lämpötilan päiväastemäärä on täyttynyt (Alabaster & Lloyd 1982; Armstrong ym. 2003; Solomon & Lightfoot 2008). Liian lämpimissä olosuhteissa kuoriutuminen voi käynnistyä liian aikaisin, jolloin ruskuaispussivaiheen jälkeen lohikalojen poikasilla ei ole vielä tarjolla niiden tarvitsemaa ravintoa. Kesäaikaan lohikaloille suotuisa lämpötila on, lähteestä riippuen, alle 18–21 °C (Alabaster & Lloyd 1982; Armstrong ym. 2003; Solomon & Lightfoot 2008; Burton & Pitt 2001; Elliot 1994; Niinimäki & Penttinen 2014). Alabaster & Lloyd (1982) alleviivaavat sitä, että yli kahden asteen veden lämpötilan nousu yli optimin, minä vuoden aikana tahansa, voi olla lohikaloille tuhoisaa, kun muut kalat voivat kestää jopa 5 °C veden lämpötilan nousua.



Lohikalojen vaatimat lämpötilat suojaavat pääosin hyvin myös muita herkkiä eliöitä (Alabaster & Lloyd 1982), kuten esim. jokihelmisimpukoita, jotka vaativat lähteestä riippuen aina alle 23–25 °C lämpötilaa (Valovirta 2006; Varandas ym. 2013; Moog ym. 1998; Degerman ym. 2009) ja jokirapuja, joiden elinympäristön optimilämpötila on noin 20 °C tienoilla (Heininmaa & Pursiainen 2010).

Työmaavesien lämpötilaa on helppoa ja kustannustehokasta seurata lämpötilamittareilla, ja myös tarvittava työmaavesien viilentäminen on yksinkertaista esim. viivyttämällä työmaavesiä ennen niiden purkamista eteenpäin työmaiden ulkopuolelle.

## Öljyt ja rasvat

Öljyt ja rasvat ovat erittäin moninainen kategoria, joka sisältää tuhansia erilaisia yhdisteitä vaihtelevin ominaisuuksin. Tämän vuoksi yksittäisen numeerisen raja-arvon asettaminen koko kategorialle on käytännössä hyvin haastavaa. (EPA 1986.)

Työmaavesiä ajatellen öljyt ja rasvat ovat potentiaalinen uhka infrastruktuurille sekä vesistöille, sillä työmailla on käytössä paljon erilaisia ajoneuvoja, laitteita sekä rakentamiseen liittyviä materiaaleja, joista öljyä ja rasvaa voi päätyä työmaavesien mukana vesistöihin.

Öljyjen ja rasvojen on raportoitu aiheuttavan monia erilaisia haittavaikutuksia vesieliöille. Ne voivat esimerkiksi muodostaa kalojen kiduksien päälle kalvon ja vaikeuttaa tai jopa estää niitä hengittämästä sekä sitoutua kiintoainekseen ja sedimentoitua pohjalle tukehduuttaen pohjaeliöt (EPA 1986). Useat eri öljy-yhdisteet voivat aiheuttaa akuutteja haitallisia vaikutuksia vesieliöille selvästi alle 1 mg/l pitoisuuksissa (EPA 1986) ja pidempiaikaisissa altistuksissa jo muutaman mikrogramman pitoisuuksissa (Jacobson & Boylan 1973; EPA 1986), jonka vuoksi Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviranomainen suosittelee yksittäisten öljyjen tai rasvojen turvakertoimeksi arvoa 0,01 verrattuna tietyn yhdisteen toksikologisissa kokeissa saadulle LC50 arvolle 96 tunnin altistuksessa.



Öljyjen ja rasvojen päätymistä työmaavesiin on yksinkertaista ja kustannustehokasta seurata, jos havainnoidaan vain sitä, että sisältävätkö työmaavedet öljyä tai rasvaa vai eivät. Lähtökohtaisesti öljyt ja rasvat muodostavat näkyvän kalvon vedenpinnalle ja niitä voidaan joissain tapauksissa havaita myös hajun perusteella. Kuitenkin erilaisten öljy- ja rasvapitoisuuksien seuranta on haastavaa yhdisteiden ollessa pääsääntöisesti vettä kevyempiä, eli kelluvia, jolloin näytteenottoa tulee miettiä tarkoin, jotta saadaan kerättyä edustava ja totuudenmukainen työmaavesinäyte.



## 4 Lopuksi

Erytisesti kaupunkialueilla ja niiden läheisyydessä sijaitsevien vesistöjen suojelun kannalta työmaavesistä aiheutuvan kuormituksen ennaltaehkäisy ja hallinta on todella tärkeää. Rakennustyömailta vesistöihin päätyvät haitta-aineet heikentävät vesistöissä ja niiden välittömässä läheisyydessä elävien eliöiden elinolosuhteita monilla tavoin ja vaikutukset voivat olla pahimmillaan hyvinkin pitkäaikaisia. Erilaisista rakennusmateriaaleista tai työmenetelmistä syntyvän kuormituksen tunnistaminen auttaa kohdentamaan hallintatoimia juuri niille työmaille, joista kohdistuu suurin riski vedenlaadun heikkenemiselle.

Rakennustyömailta poisjohdettavien työmaavesien laatua tulisi säännellä, jotta kuormitukselle herkille vesistöille, muulle ympäristölle sekä valmiille kaupunki-infralle ei aiheutuisi haittoja. On suositeltavaa pitää työmaavesiin liittyvät ohjeelliset raja-arvot yksinkertaisina ja selkeinä, jotta tilaaja sekä urakoitsijat, joilla ei välttämättä ole syvällistä asiaan liittyvää tietämystä, voivat helposti noudattaa annettuja ohjeistuksia ja toteuttaa vedenlaadun seuranta.

Raportissa esitettyjen seikkojen perusteella voidaan ehdottaa työmaavesille seuraavanlaisia ohjeellisia raja-arvoja:

Suojelun taso Herkät kohteet		Suojelun taso Perustaso																					
<p><b>Tavoite:</b> Eliöstön ja ympäristön suojelu</p> <p><b>Suojelun tason määrittävät tekijät</b> Koskee työmailta, joilta johdetaan vesiä vesistöön, jossa on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kalaindeksiin mukaisia herkkiä kalalajeja (kuten taimen, lohi, vaellussiika, ankerias, nahkiainen, pikkunahkiainen),</li> <li>• muita herkkiä eliölajeja (kuten jokirapu, jokisimpukat, puro- tai vesisamma), tai</li> <li>• joka on herkkä vesistökohte (kuten lähde, noro, puro, lammet ja näiden valuma-alueet, pienen vesitilavuuden omaavat järvet ja näiden lähivaluma-alueet, matalat merenlahdet, uimarannat ja näiden lähivaluma-alueet) tai sellaisen läheisyydessä.</li> </ul>		<p><b>Tavoite:</b> Olemassa olevan infrastruktuurin sekä ympäristön suojelu</p> <p><b>Suojelun tason määrittävät tekijät</b> Koskee työmailta, joiden läheisyydessä ei ole herkkiä vesistöjä tai muita erityistä suojelua vaativia luontokohteita.</p>																					
<p><b>Vedenlaatu</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametri</th> <th>Suosittelava kuormitustaso, joka turvaa herkkien kohteiden eliöstön elinolosuhteet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kiintoaine</td> <td>Kiintoaineen määrä ei saa ylittää vastaanottavan vesistön kiintoainepitoisuutta</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6–9</td> </tr> <tr> <td>Lämpötila</td> <td>Tausta-arvo + 2°C, kuitenkin max 21°C</td> </tr> <tr> <td>Öljyt ja rasvat</td> <td>0 mg/l, ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua</td> </tr> </tbody> </table>		Parametri	Suosittelava kuormitustaso, joka turvaa herkkien kohteiden eliöstön elinolosuhteet	Kiintoaine	Kiintoaineen määrä ei saa ylittää vastaanottavan vesistön kiintoainepitoisuutta	pH	6–9	Lämpötila	Tausta-arvo + 2°C, kuitenkin max 21°C	Öljyt ja rasvat	0 mg/l, ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua	<p><b>Vedenlaatu</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametri</th> <th>Suosittelava kuormitustaso, joka suojaava olemassa olevaa infrastruktuuria ja ympäristöä</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kiintoaine</td> <td>300 mg/l</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6–9</td> </tr> <tr> <td>Lämpötila</td> <td>Tausta-arvo + 5°C, kuitenkin max 25°C</td> </tr> <tr> <td>Öljyt ja rasvat</td> <td>Ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua</td> </tr> </tbody> </table>		Parametri	Suosittelava kuormitustaso, joka suojaava olemassa olevaa infrastruktuuria ja ympäristöä	Kiintoaine	300 mg/l	pH	6–9	Lämpötila	Tausta-arvo + 5°C, kuitenkin max 25°C	Öljyt ja rasvat	Ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua
Parametri	Suosittelava kuormitustaso, joka turvaa herkkien kohteiden eliöstön elinolosuhteet																						
Kiintoaine	Kiintoaineen määrä ei saa ylittää vastaanottavan vesistön kiintoainepitoisuutta																						
pH	6–9																						
Lämpötila	Tausta-arvo + 2°C, kuitenkin max 21°C																						
Öljyt ja rasvat	0 mg/l, ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua																						
Parametri	Suosittelava kuormitustaso, joka suojaava olemassa olevaa infrastruktuuria ja ympäristöä																						
Kiintoaine	300 mg/l																						
pH	6–9																						
Lämpötila	Tausta-arvo + 5°C, kuitenkin max 25°C																						
Öljyt ja rasvat	Ei saa muodostaa näkyvää öljykalvoa tai hajua																						





Raja-arvot koostuvat yksittäisistä parametreista, joiden valinnassa tulisi kiinnittää erityistä huomiota niiden seurattavuuteen. Viranomaisten ja rakennusyrittäjien tulisi pystyä seuraamaan raja-arvojen asettamia vedenlaatuvaatimuksia helposti ja kustannustehokkaasti. Työmaavesien vedenlaadun seuranta on erityisen tärkeää, jotta annetuilla raja-arvoilla olisi todellista vaikutusta rakennusalueen läheisten vesistöjen suojeluun. Seurannat myös tuottaisivat tärkeää lisätietoa työmaavesien hallintaratkaisuiden toiminnasta ja puhdistustehokkuudesta Suomen olosuhteissa. Kerätyn tiedon pohjalta työmaavesien hallintaa, sekä vesistöjen suojelua, olisi helpompi kehittää ja tehostaa tulevaisuudessa. Tässä raportissa esitettyjen ohjeellisten raja-arvojen laadinnassa on kiinnitetty erityistä huomiota siihen, että kuormitustason määrittäminen olisi mahdollisimman helppoa sekä yksinkertaisesti mitattavissa myös kenttäolosuhteissa.

Raja-arvojen käytöstä saatavia kokemuksia sekä havaintoja tulisi kerätä systemaattisesti ja annettuja arvoja tulisi tarkastella näiden valossa säännöllisin aikavälein. Koska etenkin Suomen kaupunkipurojen vedenlaadun vaihteluista ja luonnollisista taustapitoisuuksista on nykyisellään olemassa erittäin vähän tietoa, tulisi uutta tutkimustietoa hyödyntää raja-arvojen kehitystyössä myös jatkossa.



## Lähteet

Aitkenhead-Peterson, J. & Volder, A. 2010. Urban ecosystem ecology. Madison, Wisc.: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.

Alabaster, J. & Lloyd, R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish (2nd edition). Butterworth-Heinemann. ISBN 9780408108492, <https://doi.org/10.1016/B978-0-408-10849-2.50004-6>.

ANZECC. 2000. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Australia and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand.

Armstrong, J., Kemp, P., Kennedy, G., Ladle, M. & Milner, N. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. Fisheries Research 62, 143–170.

Ausseil, O. 2013. Recommended biological and water quality limits for trout fishery and trout spawning waters in the Wellington region.

Bandow N., Gartiser S., Ilvonen O., Schoknecht U. 2018. Evaluation of the impact of construction products on the environment by leaching of possibly hazardous substances. Environmental Science Europe, (2018), 30(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0144-2>

Bjornn, T. C. & D. Reiser, D. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. 83–138 s. Teoksessa Meehan, W. R. (edit) (1991): Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. 622 s. American Fisheries Society. Special Publication 19. Bethesda, Maryland, USA.

Burton, G., & Pitt, R. 2001. Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers.

City of Mercer Island. 2022. BMP C253: pH Control for High pH Water. Saatavilla: <https://www.mercerisland.gov/sites/default/files/fileattachments/planning/page/2081/bmp-c253-phcontrolforhighphwater.pdf> Viitattu 16.12.2022.



Committee on Water Quality Criteria (CWQC). 1973. Water quality criteria 1972. A report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, National Protection Agency, EPA-RJ-73-003, Gov. Printing Office, Washington, D.C. 20402.

Degerman, E., Alexanderson, S., Bergengren, J., Henrikson, L., Johansson, B-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restoration of freshwater pearl mussel streams. WWF Sweden, Solna. 62 s.

Elliott, J. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford University Press, Oxford.

EPA, United States Environmental Protection Agency. 1986. Quality Criteria for Water, 1986, "Gold Book". EPA 440/5-86-001. Saatavilla: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/quality-criteria-water-1986.pdf>. Viitattu 16.12.2022.

EPA, United States Environmental Protection Agency. 2012. Stormwater best management practice – Concrete Washout. Saatavilla: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/concretestwashout.pdf>. Viitattu 16.12.2022.

EPA, United States Environmental Protection Agency. 2022. Construction General Permit (CGP) – Fact Sheet. Saatavilla: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/2022-cgp-final-fact-sheet.pdf>. Viitattu 16.12.2022.

Göteborgs stad 2020. Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient. Saatavilla: [https://goteborg.se/wps/wcm/connect/a227da55-ea58-4410-a00f-ba75014080e4/N800\\_R\\_2020\\_13\\_Riktlinjer+och+riktv%C3%A4rden+f%C3%B6r+utsl%C3%A4pp+av+f%C3%B6rorenat+vatten.pdf?MOD=AJPERES](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/a227da55-ea58-4410-a00f-ba75014080e4/N800_R_2020_13_Riktlinjer+och+riktv%C3%A4rden+f%C3%B6r+utsl%C3%A4pp+av+f%C3%B6rorenat+vatten.pdf?MOD=AJPERES). Viitattu 16.12.2022.

Halme T. 2016. Räjätystöiden tyypistä. Saatavilla: [https://www.rt.fi/globalassets/infra/infra-akatemia/louhintapaivat-2016/halme\\_tyypista.pdf](https://www.rt.fi/globalassets/infra/infra-akatemia/louhintapaivat-2016/halme_tyypista.pdf) Viitattu 12.12.2022.

Harbor J. 1999. Engineering geomorphology at the cutting edge of land disturbance: erosion and sediment control on construction sites. *Geomorphology*, (1999), 31(1–4). [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00107-5).



Heinimaa, S. & Pursiainen, M. 2010. Joki- ja täpläravun elinkierto ja levinneisyys - kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 6/2010. 24 s

HSY, Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoille johdettavien jätevesien raja-arvot. Osoitteessa: <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jateveden-raja-arvot/>. Viitattu 16.12.2022.

Jacobson, S. & Boylan, D. 1973. Effect of Seawater Soluble Fraction of Kerosene on Chemotaxis in a Marine Snail, *Nassarius obsoletus*. *Nature* 241, 213–215. <https://doi.org/10.1038/241213a0>

Jonsson, B. & Jonsson, N. 2011. Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout. Habitat as a Template for life Histories. 708 s. Fish and Fisheries Series 33. Springer Science + Business Media B.V.

Kaufman M. Martin. 2000. Erosion Control at Construction Sites: The Science–Policy Gap. *Environmental Management*, (2000), 89–97, 26(1).

Lloyd, D.S. 1987. Turbidity as a water quality standard for salmonid habitats in Alaska. *North American Journal of Fisheries Management* 7: 34-45.

Louhi, P. & A. Mäki-Petäys. 2003. Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä - lohien ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset. 23 s. Kalatutkimuksia 191. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Edita Prima Oy, Helsinki.

Mackie, G. 2004. Applied Aquatic Ecosystem Concepts. Kendall/Hunt Publishing Company. ISBN 0-7575-0883-9.

Mannonen, A. 2002. Rapukantojen hoito. Teoksessa Salminen, M. & Böhling, P. (toim.) *Kalavedet kuntoon*. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Moog, O., Ofenböck, T., Neseman, H. & Stundner, C. 1998. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Austria: Fundamental conservation measures for an endangered species. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 26, 2438–2443.

Neuvoston direktiivi 78/659/ETY (31978L0659), Kalavesidirektiivi (Kumottu). Annettu 18. päivänä heinäkuuta 1978.



Newcombe, C. 1986. Suspended sediments in aquatic ecosystems: a guide to impact assessment. British Columbia Ministry of Environment and Parks, Waste Management Branch, Victoria.

Newcombe, C. & MacDonald, D. 1991. Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems, North American Journal of Fish Management, 11:72-82.

Niinimäki, J. & Penttinen, K. 2014. Vesienhoidon ekologiaa – Ravintoverkkokunnostus. 140 s. Books on Demand GmbH, Helsinki.

Oliver, G. 2000. Conservation objectives for the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Report to English Nature, Peterborough.

Peters, J. C. 1967. Effects on a Trout Stream of Sediment from Agricultural Practices. The Journal of Wildlife Management, 31(4), 805–812.  
<https://doi.org/10.2307/3797988>.

Ranta, E., Vidal-Abarcab, M.R., Calapezc, A.R. & Feioc, M.J. 2021. Urban stream assessment system (UsAs): An integrative tool to assess biodiversity, ecosystem functions and services. Ecological Indicators 2021 Vol.121. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106980

Reis J. 2003. The freshwater pearl mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (*Bivalvia*, *Unionoida*) rediscovered in Portugal and threats to its survival. Biological Conservation 114, 447–452.

Riktvärdesgruppen 2009. Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. Regionala dagvattennätverket i Stockholms län. Regionplane- och trafikkontoret. Stockholms läns landsting.

RT 89-11230. Rakennustyömaan hulevesien hallinta. Tilaajan ohje. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Scullion, J. and Edwards, R. 1980. The effects of coal industry pollutants on the macroinvertebrate fauna of a small river in the South Wales coalfield. Freshwater Biology, 10: 141-162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1980.tb01189.x>

Sillanpää N. 2019. Kaupunkien hulevedet vaarallisten ja haitallisten aineiden päästölähteinä. Saatavilla:

[https://www.ym.fi/download/Kaupunkien\\_hulevedet\\_vaarallisten\\_ja\\_haitallisten](https://www.ym.fi/download/Kaupunkien_hulevedet_vaarallisten_ja_haitallisten)



[aineiden\\_paastolahteena/d77f5a41-b4f4-427e-89d8-81c950bd72ad/151833](https://aineiden_paastolahteena/d77f5a41-b4f4-427e-89d8-81c950bd72ad/151833)  
[Viitattu 12.12.2022.](#)

Sillanpää N. 2015. Rakennustyömaiden hajakuormitus haltuun hulevesien hallintaa kehittämällä. *Vesitalous*, 4: 18–23. [https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2015/09/VT1504\\_lowres.pdf](https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2015/09/VT1504_lowres.pdf)

Sillanpää N. 2013. Effects of suburban development on runoff generation and water quality. Doctoral dissertation. Aalto University. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5374-5>

Skinner, A. Young, M. & Hastie, L. 2003. Ecology of the Freshwater Pearl Mussel. – *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 2 English nature*, Peterborough.

Solomon, D.J. & Lightfoot, G.W. 2008. The thermal biology of brown trout and Atlantic salmon. Environment Agency, Science report. Atlantic salmon. ISBN: 978-1-84432-932-8

Sutela, T., Vuori, K-M., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P. & Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. *Suomen Ympäristö 14/2012*. ISBN 978-952-11-4014-3.

Tolonen, J., Leka, J., Yli-Heikkilä, K., Hämäläinen, L. & Halonen, L. 2019. *Pienvesiopas – Pienvesien tunnistaminen ja lainsäädäntö*. Suomen Ympäristökeskuksen Raportteja 36/2019. ISBN 978-952-11-5072-2.

Toronto and Region Conservation Authority (TRCA). 2019. *Erosion and Sediment Control Guideline for Urban Construction*. Toronto and Region Conservation Authority, Vaughan, Ontario.

Toronto and Region Conservation Authority (TRCA) and University of Guelph. 2006. *Evaluation of Design Criteria for Construction Sediment Control Ponds – Markham, Ontario*. Toronto, Ontario. Toronto and Region Conservation Authority (TRCA). 2006. *Interim Watershed Characterization Report - TRCA Watersheds*. Toronto, Ontario.



- Valovirta, I. 2006. Jokihelmisimpukan suojele ja populaatioiden nykytila Suomessa. In P. Oulasvirta (Ed.), Pohjoisten virtojen raakut: Interreg-kartoitusohjelma Itä-Inarissa, Norjassa ja Venäjällä (pp. 28–35). Metsähallitus.
- Varandas, S., Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Hinzmann, M., Reis, J., Cortes, R., Machado, J. & Sousa, R. 2013. Ecology of southern European pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*): first record of two new populations on the rivers Terva and Beça (Portugal). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 23: 374-389. <https://doi.org/10.1002/aqc.2321>
- Vehanen, T., Sutela, T. & Korhonen, H. 2006. Kalayhteisöt jokien ekologisen tilan seurannassa ja arvioinnissa. Kala- ja riistaraportteja 398. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-776-547-9>
- Vehanen, T., Sutela, T. & Korhonen, H. 2010. Environmental assessment of boreal rivers using fish data – a contribution to the Water Framework Directive. *Fisheries Management and Ecology* 17: 165–175.
- Vuori, K-M 2002. Vesisammal- ja perhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Suomen Ympäristö 571, Länsi-Suomen ympäristökeskus ja EU tavoiteohjelma 2: ENVILABNET.
- Waters, T. 1995. Sediment in Streams, biological effects and control. American Fisheries Society.
- Wilber, D. & Clarke, D. 2001. Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. *North American Journal of Fisheries Management - NORTH AM J FISH MANAGE.* 21. 855-875. 10.1577/1548-8675(2001)021<0855:BEOSSA>2.0.C

