

# Rengasrouhe kosteikkorakenteissa

Mervi Matilainen<sup>a</sup>, Pirjo Rinnepelto, Sanni Pisto ja Elsi Kauppinen  
Apila Group Oy Ab  
Länsikatu 15, 80110 Joensuu  
<sup>a</sup> [mervi.matilainen@apilagroup.fi](mailto:mervi.matilainen@apilagroup.fi), +358(45)1113606

## Tiivistelmä

Kesälahdelle Pohjois-Karjalaan suunniteltiin ja rakennettiin syksyllä 2013 kosteikon yhteyteen patorakennelma, jossa hyödynnettiin käytetyistä autonrenkaista valmistettua rengasrouhetta. Padon toimintaa seurattiin maaliskuusta 2014 lokakuulle 2015. Tavoitteena oli selvittää rengasrouheen käytön vaikutukset kosteikkorakenteissa kosteikon toimintaan, ravinteiden pidätykseen ja alueen biodiversiteettiin, sekä varmistaa ja kehittää rengasrouheen käyttöturvallisuutta kosteikkorakentamisessa.

Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei rengasrouhe vaikuttanut epäsuotuisasti alueen diversiteettiin eikä luontaiseen veden laatuun haitallisten aineiden osalta. Rouhepadon puhdistusvaikutus ravinteiden talteenoton osalta oli yli 10 % kokonaisfosforin ja kokonaistypen osalta. Erityisesti rengaspato edisti ammoniumtypen nitrifikaatiota, toimien eristävänä ja hapettavana elementtinä.

## 1. Johdanto

### 1.1 Kosteikot

Kosteikko on ympäristön osa, joka pysyy veden peittämänä osan vuodesta ja muuna aikana vähintäänkin kosteana. Kosteikot toimivat tehokkaina vedenlaatua parantavina elementteinä. Kosteikkojen erilaiset ominaispiirteet vaikuttavat veden ominaisuuksiin eri tavoin. Esimerkiksi syvä painanne voi toimia laskeutusaltaana, joka pidättää kiintoainetta. Matalampi kasvillisuuden peittämä kohta voi toimia biosuodattimena, joka sitoo ravinteita. Hapettomien ja hapekkaiden alueiden vuorottelu vaikuttaa mm typen reaktioihin. Vesiensuojelullisiin kosteikkoihin on kehitetty myös uusia, niiden toimintatehokkuutta parantavia rakenteita. Ilmastuksen lisäys esimerkiksi putouksien<sup>1</sup>, koskimaisten osuuksien tai ilmastuspumppujen avulla tai kemikaalien käyttö erilaisissa ravinnekaappari-ratkaisuissa<sup>2</sup> ovat näistä yleisimpiä. Kosteikkorakentamiseen liittyy myös lainsäädännöllistä ohjausta. Sovellettavia lainsäädäntöjä ovat mm. Vesilaki (587/2011)<sup>3</sup>, Luonnosuojelulaki (1096/1996)<sup>4</sup> ja Metsälaki (1093/1996)<sup>5</sup>

### 1.2 Rengasrouhe biologisena suodattimena

Käytetyistä autonrenkaista valmistettu kumirouhe on ekologinen vaihtoehto kosteikkorakentamiseen. Rengasrouheella voidaan korvata neitseellistä hiekkaa ja soraa, joita hyödynnetään yleisesti kosteikkojen patorakennelmissa.

Suomessa rengasrouhetta on käytetty maarakentamisessa laajasti 1990 –luvulta lähtien. Tyypillisiä rengasrouheen käyttökohteita maarakentamisessa ovat olleet tierakenteet ja tien vaikutusalueella olevien rakenteiden keventäminen, jossa kivennäismaa-aines on korvattu osittain tai kokonaan rengasrouheella. Rengasrouhetta on käytetty maaperän keventämiseen vetisillä maa-alueilla ja vesien poisjohtamiseen mm. kaatopaikkarakenteista sekä maa–ja tierakentamisessa kosteilla maa-alueilla esimerkiksi tulva- ja merenpohja-alueilla.<sup>6</sup> Toinen yleinen käyttökohde rengasrouheelle on tien pintarakenteen routanousun alentaminen, jolloin osa tierakenteesta on korvattu rengasrouheella<sup>7</sup>.

Rengasrouheen hyödyntäminen maarakentamisessa (meluvallit, varasto- ym. kenttien pohjarakenteet, kaatopaikkarakenteet, teiden kevennysrakenteet, yms.) on ympäristöluvanvaraista jätteen ammattimaista tai laitosmaista käsittelyä.<sup>8</sup> Rengasrouheen hyödyntäminen kosteikkorakentamisessa on myös ympäristöluvanvaraista jätteen ammattimaista tai laitosmaista käsittelyä.

### 1.2.1 Ominaisuudet

Rengasmateriaalin tiheys vaihtelee 1.02...1.27 tn/m<sup>3</sup> välillä riippuen kuinka paljon rengaspala sisältää metallia. Rouhepalat ovat vettä painavampia, jolloin rouheen kulkeutumista vedessä ei matalissa virtauksissa tapahdu, eivätkä rouhepalat kellu. Rouhekuution ominaispaino puolestaan vaihtelee rouhepalan koosta riippuen 0,45...0,6 tn/m<sup>3</sup>. Mitä isompia rouhepaloja, sitä ilmavammin ne asettuvat. Rengasrouhe on huomattavasti kevyempää kuin maa- ja kiviainesfraktiot, joiden ominaispainot vaihtelevat välillä hieno hiekka 1,30 tn/m<sup>2</sup> sora 1,70 tn/m<sup>3</sup>. Tämän vuoksi rouhepenkereet ja -kerrokset eivät painu herkästi pehmeilläkin maa-alueilla. Rouheelle ominainen ilmava asettuminen materiaalikerroksessa vaikuttaa myös rengasrouheen hydrauliseen johtavuuteen eli vedenläpäisevyyteen, joka vaihtelee mm. rengasrouheen palakoosta, partikkelien muodosta, ominaispinta-alasta, huokoisuudesta, rakenteen tiiviysasteesta ja kuormituksen aiheuttamasta jännitystilasta riippuen 0.6...24 m/s välillä. Se on huomattavasti suurempi verrattuna esim. maa- tai kiviaineksesta valmistettuun kerrosrakenteeseen, jolloin rengasrouhe pidättää vettä huomattavasti em. maa-aineksia vähemmän. Vaikka materiaali on huokoista, se ei kuitenkaan ime vettä. Materiaalin lämmönjohtavuus on huomattavasti, 2...3 kertaa, pienempi tyyppillisten maa-ainesten lämmönjohtokykyyn verrattuna. Materiaalin huokoisuuden ja matalan lämmönjohtavuuden ansiosta rengasrouhe ei jäädy yhtä herkästi kuin maa-ainekset. Maarakentamisessa materiaalia on hyödynnetty routasuojana.<sup>9 10 11</sup>

### 1.2.2 Vesien puhdistus ja rengasrouhe

Suomessa rengasrouheen käyttöä on tutkittu biosuodattimen kantoaineena jätevedenpuhdistamolta tulevan jäteveden puhdistuksessa. Käynnissä on myös pilot-mittakaavan tutkimus rouheen käytöstä teollisuuden jätevesien suodatuksessa ja haja-asutusalueen kotitalouden jäteveden puhdistuksessa. (Suomen rengaskierrätys ja Apila Group Oy Ab). Lisäksi rouheen toimintaa on tutkittu kalankasvatustaloksen vesien puhdistuksessa, turvealueen ojavesien puhdistuksessa sekä metalliteollisuuden jätevesien metallien poistossa (Suomen Rengaskierrätys ja Laatuinsinöörit Oy).

Käytöstä poistetuista renkaista tuotetun rengasrouheen suodatusominaisuuksia vesien puhdistuksessa on tutkittu laajalti lisäksi mm. Amerikassa. USA:n Alabamassa, Floridassa, Georgiassa, Etelä Carolinassa, ja Virginiassa rengasrouhetta käytetäänkin hyväksytysti kotitalousjätevesien maasuodatuksessa. Lisäksi rengasrouhesuodatusta on tuloksellisesti tutkittu muun muassa sade-, kaatopaikkavalumavesien ja harmaiden vesien suodatuksessa. Tutkimusten mukaan rengasrouheella voidaan poistaa tehokkaasti kiintoaineita, orgaanisia aineita, tyypeä ja osittain myös fosforia.

Lisäksi mm. Washingtonin osavaltiossa on tehty ison skaalan kosteikkokokeita. Jätevedenpuhdistustaloksen yhteyteen rakennettiin rouheesta keinokosteikko, jonka tarkoituksena oli lisätä laitoksen puhdistustehoa ja kapasiteettia. Kosteikon havaittiin vaikuttavan etenkin koliformien, CBOD5 ja kiintoaineen pidättyvyyteen kosteikossa.<sup>12</sup>

Tekساسissa on lisäksi tehty tutkimusta rengasrouheen käytöstä talousvesien keinokosteikkorakentamisessa. Verrokkina käytettiin soraa, ja molempia kosteikkotyyppisiä tehtiin 6 kpl. Tulosten perusteella rengasrouhekoosteikon todettiin pidättävän fosforia paremmin kuin sorakoosteikon.<sup>13</sup>

### 1.2.3 Ympäristövaikutukset

Suomessa rengasrouheen osalta on tutkittu sen liukoisuutta veteen standardin mukaisessa kaatopaikkakelpoisuusarvioinnissa läpivirtaustestillä L/S 10. Läpivirtaustestin perusteella rengasrouheesta liukenee veteen sinkkiä 2,1 mg/kg, nikkeliä 0,14 mg/kg sekä kloridia 19 mg/kg ja sulfaattia 20 mg/kg. Myös jonkin verran liukoista orgaanista ainesta on havaittu: DOC 392 mg/kg. Liuenneet pitoisuudet alittavat kuitenkin pysyvälle jätteelle annetut raja-arvot.<sup>14</sup>

Rengasrouheen pidemmän aikavälin liukoisuutta on tutkittu Yhdysvalloissa laajasti jo 1990-luvulta lähtien. Mainessa rengasrouherakenteiden vaikutusta valumavesiin/pohjavesiin tutkittiin viisivuotisessa seuranta tutkimuksessa (1994-1999), jossa rouhetta käytettiin valtatie pohjarakenteissa, pohjaveden pinnan yläpuolella. Haitallisten metallien osalta havaittiin, että pitoisuudet suotovedessä olivat pääasiassa alle määritysrajojen, ja korkeampia rauta- ja mangaanipitoisuuksia ilmeni vain yksittäisissä näytteissä, samanaikaisesti kun kohteen taustapitoisuudet olivat koholla.<sup>15</sup> Vastaavia tuloksia raudan ja mangaanin liukoisuudesta on havaittu myös muissa käytännönkokeissa, erilaisissa olosuhteissa. Metallit ovat peräisin rengasrouheen sisältämästä terästukirakenteesta, ja niiden liukoisuus riippuu läpi virtaavan veden happamuudesta.<sup>16 17 18 19 20 21 22</sup>

Renkaista mahdollisesti liukenevia epäpuhtauksia on tutkittu koekohteessa myös Suomessa. Ilola-Sannainen -tien kosteikko-osuuden parannus toteutettiin rengasrouheella, ja kohteen läpi virranneita suotovesiä seurattiin kymmenen vuotta 1997—2007. Kuparin, sinkin, mangaanin ja raudan pitoisuuksien kohoamista oli havaittavissa pohjavedessä 2—4 vuoden ajan rakentamisen jälkeen, mutta kahdeksan vuoden jälkeen ainoastaan mangaanin pitoisuus oli koholla. Rengasrouheen sisältämän mangaanin määrä on kuitenkin niin alhainen, 0,08 p-%, ettei mangaani käytännössä voi olla rengasrouheesta peräisin. Tutkimuksen aikana olikin havaittu, että suotovesien pitoisuuksiin vaikutti myös joen yläjuoksulla sijainnut asfalttiasema.<sup>23</sup>

Edellä esitettyjen tutkimustulosten perusteella haitallisten aineiden liukoisuus on vähäistä, eikä rouheen ole katsottu vaikuttavan haitallisesti pohjaveden laatuun. Rouheesta mahdollisesti liukeneva sinkki voi olla alhaisessa pH:ssa maaperän eliöille toksinen.<sup>24 25</sup> Sinkki on luontaisesti esiintyvä aine, jonka taustapitoisuudet ovat keskimäärin 2—40 µg/l.<sup>26</sup> Tierakennuskohteessa sinkin pitoisuudet suotovedessä olivat tarkastelujakson alussa 330 µg/l ja sen lopulla vain 3,35 µg/l.

Renkaiden tavanomaisessa käytössä vapautuu mikromuovia, joka koostuu mikroskooppisista kumin hiukkasista.<sup>27</sup> Mikromuovin tiedetään kerääntyvän merissä laajoiksi lautoiksi, sekä jopa bioakkumuloituvan ravintoverkossa.<sup>28</sup> Käytettäessä rengasrouhetta ympäristösovelluksissa mikromuovin muodostuminen on oletettavasti huomattavasti pienempää kuin tieliikenteessä huomattavasti vähäisemmän mekaanisen kulutuksen vuoksi. Useita vuosia kestävä auringon paahde voisi kuitenkin aiheuttaa kumin rakenteen hapristumista ja siten altistaa kumirouheen lievemmällekin mekaaniselle kulutukselle. On tiedossa myös, että jotkut linnut (esimerkiksi lokit) voivat syödä muovin palasia. Täten on hyvä suojata rouhe ympäristösovelluksissa auringolle ja linnuille altistumiselta.

## 1.3 Tavoitteet

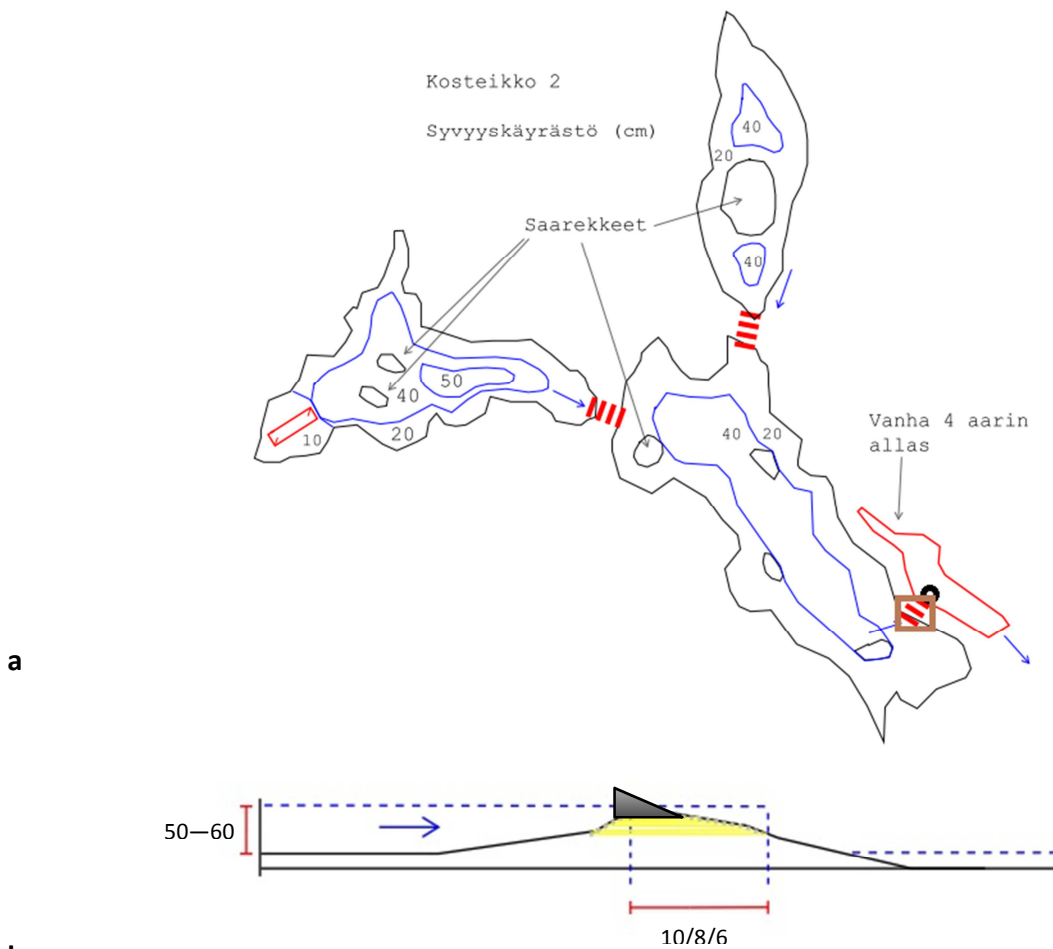
Hankkeessa tutkittiin rengasrouheen soveltuvuutta maatalouskosteikoissa patomateriaalina, jossa se toimisi biosuodattimena ja ravinteita pidättävänä rakenteena. Tavoitteena oli selvittää rengasrouheen käytön vaikutukset kosteikkorakenteissa kosteikon toimintaan, ravinteiden pidätykseen ja alueen biodiversiteettiin, sekä varmistaa ja kehittää rengasrouheen käyttöturvallisuutta kosteikkorakentamisessa.

## 2. Kokeellinen osa

Hankkeessa seurattiin, kuinka rengasrouheen käyttö kosteikkorakenteissa vaikuttaa kosteikon toimintaan etenkin ravinteiden pidättymisen osalta. Seuranta toteutettiin jatkuvatoimisella redox-analysaattorilla sekä vesinäytteillä, jolloin kaikki veden laatuominaisuuksien muutokset saatiin tallennettua. Samaan aikaan seurattiin luonnon tilan kehittymistä (ekologia, biodiversiteetti) alueella, verrattuna tavanomaiseen kosteikkoon.

### 2.1 Kosteikkoalue ja pato

Tutkimuskohteena oli maatalouden valumavesialue Kesälähdellä Pohjois-Karjalassa. Kohdealueelle rakennettiin vuonna 2013 kolme erillistä kosteikkoa, joiden yhteiskoko on 4,18 hehtaaria, ja pinta-alaltaan nämä kattavat 3,51 % yläpuolisesta valuma-alueesta (119 ha). Kohdealueen toinen kosteikko, kosteikko 2, johon patorakenne suunniteltiin, on pinta-alaltaan reunoineen, huoltoväylineen ja penkereineen 1,35 ha ja vesipinta-alaltaan 1,15 ha (kuva 1). Alue sijaitsee maatilan peltojen keskiosissa, lähellä asuinrakennuksia. Kosteikko saa vetensä ympäröiviltä pelloilta sekä pintavaluntana, että salaojituksen kautta.



**Kuva 1.** a) Kosteikko 2 kaavakuva (Otso Metsäpalvelut). Rouhepato rakennettiin ruskealla neliöllä merkittyyn kohtaan ja Liqum mittalaite sijoitettiin mustalla ympyrällä merkittyyn kohtaan. b) Pohjapadon sivukuva. Rouhesäkkien muodostama padon osa merkitty harmaalla kolmiolla. Kuva on suuntaa antava, ei mittakaavassa.

Rouhepato rakennettiin syksyllä 2013 kosteikkoon 2 suunnitellun pohjapadon kohdalle, pintakerrokseksi. Padossa käytettiin 100 x 100 mm verkkosäkkeihin pakattua rengasrouhetta, ja patorakennelma peitettiin pienellä määrällä multaa. Padon suunnitelman mukainen sivukuva on kuvassa 1b, rouhepato merkitty harmaana kolmiona. Kosteikon 2 padon kannalta merkityksekkääksi valuma-alueeksi voidaan arvioida noin 40 ha eli kolmasosa koko valuma-alueesta.

## 2.2 Rouhepadon seuranta

### 2.2.1 Kasvillisuus ja padon kunto

Rouhepadolla vierailtiin kymmenen kertaa: 2014 (3) keväällä, kesällä ja syksyllä ja 2015 (7) maaliskuusta syyskuuhun kuukausittain. Vierailuilla tarkasteltiin:

- veden virtaus, uomat, tukkeutuminen
- veden sameus, väri
- rouhesäkkien kestävyys, kumipalojen kunto
- kasvillisuus (3 varsinaista kartoitusta)

### 2.2.2 Redox-potentiaali

Redox-potentiaalia seurattiin Liqum-merkkisellä jatkuvatoimisella mittalaitteella. Seuranta tapahtui seitsemän eri kanavan (elektrodiparin) kautta, ja niillä seurattiin hiilen, rikin sekä typen yhdisteiden vaikutusta veden laatuun. Mittari oli sijoitettu välittömästi padon alapuolelle, rouhepadosta tulevaan pintavaluntaan.

### 2.2.3 Vesianalyysit

Rinnakkaismääritykset toteutettiin kasvukaudella 2015, ottamalla vesinäytteet padon yläpuolisesta ja alapuolisesta lammesta sekä patoon muodostuneen uoman vedestä, joka oli virrannut rouhesäkkien läpi. Yläpuolisen lammen vesi on varsinaisen kosteikkoalueen 2 läpi kulkenutta vettä. Alapuoliseen lampeen valui vettä padon läpi, mutta suuri osa valunnasta oli peräisin lammen pohjoispään purosta sekä ympäröiviltä pelloilta. Alapuolen lammen veden seuranta antaa tietoa ympäröivän alueen luontaisista päästöistä veteen.

Näytteistä analysoitiin laaja alkuainesarja (sis. P, S ja metallit) sekä ammonium-, nitriitti- ja nitraattityppi sekä TOC (Ambiotica, Jyväskylä).

## 3. Tulokset

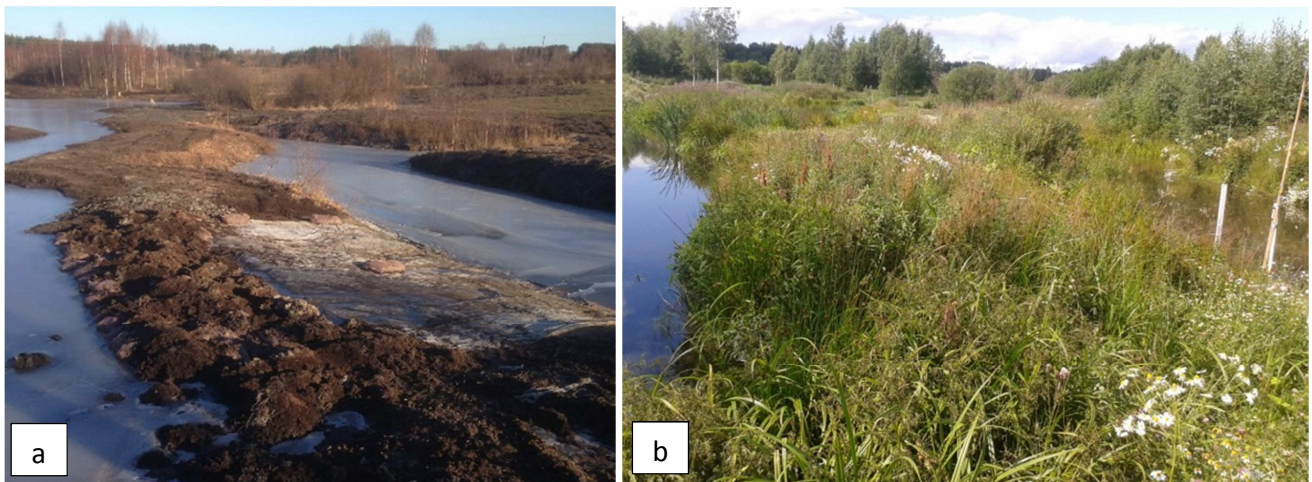
### 3.1 Kasvillisuus ja biodiversiteetti

Rouhepadon kohdalla kasvillisuus oli erittäin rehevää ja monipuolisempaa kuin rouhepadon välittömässä läheisyydessä olevilla alueilla (Taulukko 1, kuva 2). Rouhepato oli kasvualustana kosteampi, hapokkaampi ja mahdollisesti ravinnerikkaampi kuin ympäröivien alueiden savimaa.

Eliöstön osalta kunkin vierailun yhteydessä oli havaittavissa huomattava määrä hyönteisiä ja hämähäkejä rengasrouheen palojen väleissä. Rengaspalat siis tarjoavat piiloja ja jopa pesäpaikkoja hyönteisille sekä hämähäkeille. Myös sammakkojen havaittiin piilottelevan rouhesäkkien väleissä ja sisällä.

**Taulukko 1.** Kosteikolla luontaisesti esiintynyt kasvillisuus kesällä 2015.

	Padon kasvillisuus	Ympäröivä kasvillisuus
hevонhierakka, <i>Rumex longifolius</i>	X	X
pikkulimaska, <i>Lemna minor</i>	X	
rantapalpakko, <i>Sparganium emersum</i>	X	
osmankäämi, <i>Typha latifolia tai angustifolia</i>	X	
isonokkonen, <i>Utrica dioica</i>	X	X
niittyleinikki, <i>Ranunculus acris</i>	X	X
rönsyleinikki, <i>Ranunculus repens</i>	X	X
vihvilä, <i>Juncus sp</i> (keräpäävihvilä <i>Juncus conglomeratus</i> )	X	X
leskenlehti, <i>Tussilago farfara</i>	X	X
korte, <i>Equisetum sp</i>	X	
sarjarimpi, <i>Butomus umbellatus</i>	X	X
erilaiset tunnistamattomat heinäkasvit (nurmikat, yms)	X	
valkoapila, <i>Trifolium repens</i>	X	
rantakukka, <i>Lythrum salicaria</i>	X	
timotei, <i>Phleum pratense</i>	X	
piikkiohdake, <i>Cirsium vulgare</i>	X	
rantapuntarpää, <i>Alopecurus aequalis</i>	X	
kylänurmikka, <i>Poa annua</i>	X	
kanankaali, <i>Brassica sp.</i>	X	
koiranputki <i>Anthriscus sylvestris</i>		X
puna-apila <i>Trifolium pratense</i>		X
hiirenvirna <i>Vicia cracca</i>		X



**Kuva 2.** Rouhepato ja ympäröivät alueet a) rakennusvaiheessa syksyllä 2013 ja b) kasvillisuuden peittämänä kesällä 2015.

### 3.2 Rakenteet ja materiaalit

Vesi virtasi padon läpi silmämääräisesti arvioiden tasaisesti ja vain rengaspadon jälkeen olevalla luiskalla vesi kerääntyi virroiksi.

Keväällä padolle havaittiin kerääntyvän rautasakkaa. Tämä sakka oli kuitenkin peräisin maaperästä, joka on alueella rautarikasta. Tähän viittasivat myös kosteikkoalueen muissa osissa esiintyneet rautasakkakeräytymät. Rautasakkaa oli muodostunut kesällä 2015 erityisesti kosteikon sisäänvirtauskoh-

tiin ja matalikkoihin, joissa vesi on hapekasta tai pysähtynyt. Rautasakka ei aiheuttanut padon tukkeutumista tai vaikeuttanut vedenvirtausta padon lävitse.

Syksyllä 2015 tutkittiin rouhesäkkien säkkimateriaalien kuntoa avoimella luiskalla sekä vedessä/kasvillisuuden alla. Havaittiin, että vedessä ja kasvillisuuden suojassa olleet säkit ja rouheet olivat muuttumattomia. Avoimessa auringonpaisteessa olleiden säkkien materiaali oli väriltään haalistunut ja hieman heikentynyt.

### 3.3 Puhdistustehokkuus

#### 3.3.1 Redox-potentiaali

Hiilen ja orgaanisen aineksen redox-potentiaalikuvaajien perusteella voitiin tehdä seuraavat päätelmät:

- Syanobakteerien eli levien toiminta on ollut vilkasta; mutta
- levätoiminta heikentyy syyskuun alusta lähtien.
- Keväällä 2015 vedessä esiintyi humushappoja; mutta
- kesäkuun jälkeen ne ovat sitoutuneet padon kasvillisuuteen tai saostuneet.

Rikin ja rikkiyhdisteiden potentiaalikuvaajien perusteella:

- Keväällä padossa on ollut sulfaatti-ionien vaikutuksesta pekistävät olosuhteet;
- huhti-toukokuun alussa mikrobiologinen toiminta on pelkistänyt sulfaattia ja;
- sulfidimuodossa oleva rikki on saostunut metallien kanssa.
- Happipitoisuus vedessä on noussut tasaisesti kevään ja kesän aikana, ja samanaikaisesti
- rikin pitoisuus on laskenut.

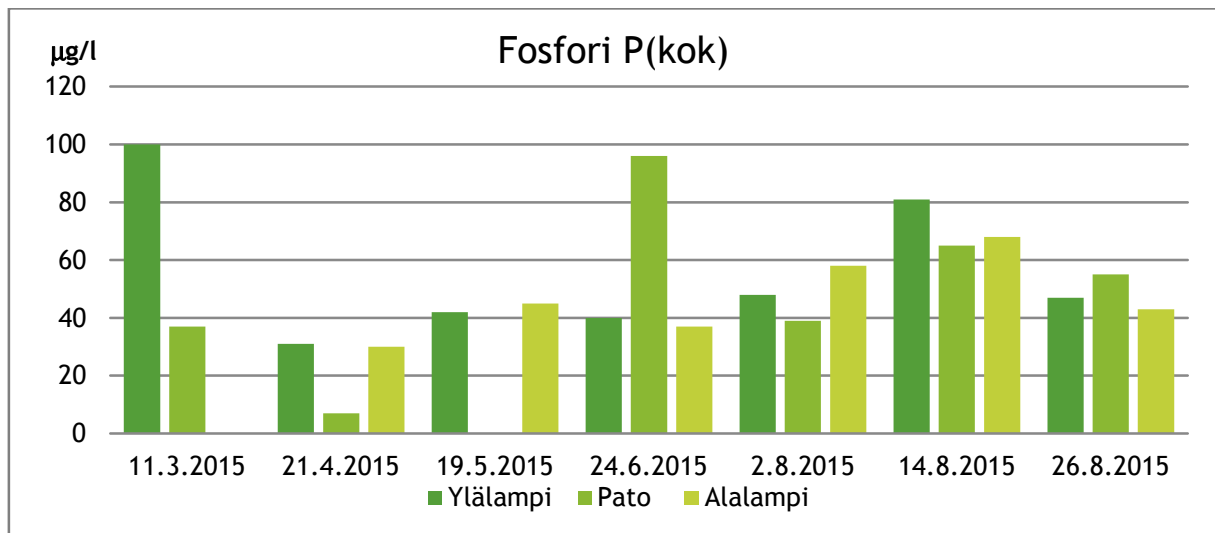
Typen ja sen muodostamien ravinteiden potentiaalikuvaajien perusteella:

- vallitsevat olosuhteet ovat olleet koko tarkastelujakson ajan pelkistävät. Tämä liittyy nitrifikaatioon, eli vallitsevissa olosuhteissa typpi muuttuu nitraateiksi;
- kesäkuussa nitraattien ja ammoniumionien tasapainotila on löytenyt.

#### 3.3.2 Ravinteiden pidättyminen

##### *Fosfori*

Keskimääräinen fosforin reduktio padossa oli 13,8 %. Voimakkainta reduktio oli keväällä: fosforin vähenemä oli jopa 70 %. Vaikutus johtunee padon hapettavasta vaikutuksesta, jolloin fosfori sitoutuu rautaan. Kesällä myös padon edesauttama nitrifikaatio mahdollistaa fosforin pidättymisen. Kesäkuussa tapahtuneen rankkasateen aiheuttama tulvinta näkyi fosforipitoisuuden nousuna padosta otetussa näytteessä.

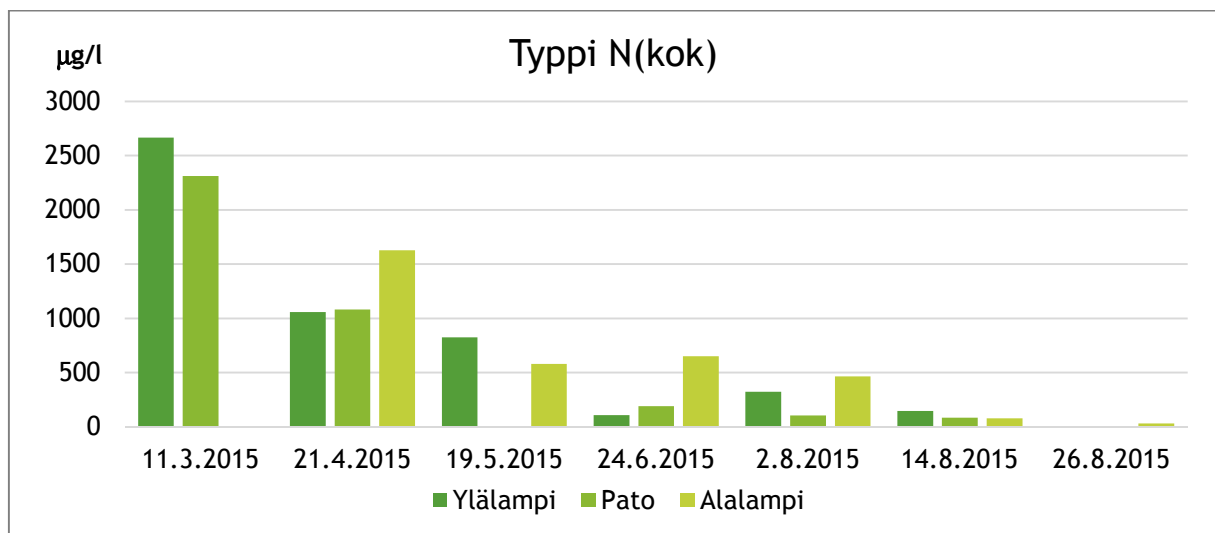


**Kuva 3.** Fosforin P(kok) pitoisuus padon ylä- ja alapuolella sekä padossa.

### *Typpi*

Keskimääräinen typen reduktio padossa oli 12,4 %. Kohteen epäorgaanisten typpiyhdisteiden pitoisuus oli keväällä lähtökohtaisesti korkea, yli 1000 µg/l. Kevään ja kesän aikana kohteen veden epäorgaanisten typpiyhdisteiden yhteispitoisuus laski, kun kesän aikainen typpeä kuluttava tuotanto käynnistyi.

Rouhepadolla oli erityisesti ammoniumionien pitoisuuteen merkittävä vaikutus. Ammoniumtypen pitoisuus padon kohdalta otetuissa vesinäytteissä oli merkittävästi alhaisempi kuin ylä- ja alapuolisessa lammessa; reduktio yläpuoliseen lampeen nähden oli 49–87 %. Tämä osoittaa, että rengasrouheen pinta toimii hyvänä kasvualustana nitrifikaatiobakteerien toiminnalle, ja pato kykenee muuttamaan ammoniumtypen kasvillisuuden hyötykäyttävään muotoon.



**Kuva 4.** Epäorgaanisen typen N(kok) pitoisuus padon ylä- ja alapuolisessa lammessa sekä padossa.

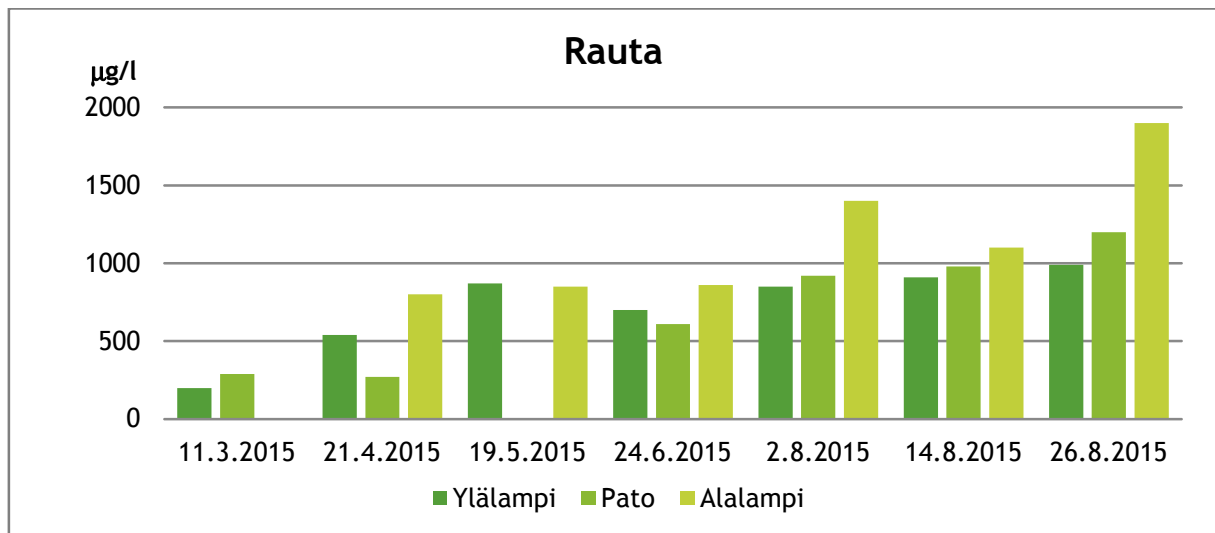


### 3.3.3 Metallit

#### Rauta

Vesinäytteistä analysoidut rautapitoisuudet osoittavat, että kosteikkokohteen läpi virtaava vesi sisältää runsaasti maaperästä lähtöisin olevaa rautaa; rautapitoisuus oli kevästä 2015 lähtien padolle virtaavassa vedessä yli talousveden laatusuosituksen, 200 µg/l. Rautapitoisuus vedessä on noussut tarkastelujakson aikana tasaisesti (kuva 5), mikä viittaa jatkuvaan raudan liukenemiseen maaperästä. Keväällä ja kesällä 2015 padon kohdalla raudan pitoisuus on ollut alhaisempi, eli pato on kyennyt hapettamaan vettä ja edesauttanut raudan saostumista. Rautasaostumia esiintyi muuallakin kosteikkoalueella, erityisesti ylälammen matalikoissa ja alalammen yläpäässä, johon vettä saapui suoraan ympäröiviltä pelloilta.

Sykyä kohti liukoisen raudan pitoisuus padossa ja erityisesti alalammissa on noussut jonkin verran suuremmaksi kuin ylälammissa, mikä viittaa raudan uudelleenmobilisoitumiseen eli happipitoisuuden pienentymisestä johtuvaan raudan pelkistymiseen  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  ja liukenemiseen.



**Kuva 5.** Rautapitoisuus µg/l vedessä kosteikkopadon ylä- ja alapuolisessa lammessa sekä padossa.

#### Sinkki

Sinkin pitoisuus kosteikkokohteella on alhainen, 0–11 µg/l kaikissa mittapisteissä, mikä vastaa tavanomaista sinkin taustapitoisuutta 2–40 µg/l. Keväällä sinkin pitoisuus padossa oli 38,5 % alhaisempi kuin yläpuolisessa lammessa, mikä viittaa rouhepadon sitovan sinkkiä. Pitoisuudessa vedessä ovat kuitenkin pieniä, joten tuloksen perusteella ei voida varmuudella osoittaa padon vaikutusta sinkin sitoutumiseen.

#### Muut metallit

Kosteikkokohteen vedessä ei esiintynyt arseenia, kadmiumia, kromia, elohopeaa, molybdeeniä, lyijyä, antimonia tai seleeniä (pitoisuus alle määrittäysrajan), ja vain pieniä määriä bariumia (19,5 µg/l) ja kuparia (2,8 µg/l). Padolla ei ollut vaikutusta näiden metallien pitoisuuksiin vedessä.

Mangaanin ja nikkelin osalta oli havaittavissa, että näiden pitoisuus padosta otetuissa vesinäytteissä (Mn 3,8 µg/l ja Ni 1,8 µg/l) oli alhaisempi, kuin padon yläpuolisessa lammessa (Mn 6,0 µg/l ja Ni 2,2 µg/l), reduktioiden ollessa keskimäärin 21 % mangaanin ja 18 % nikkelin osalta. Pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, jotta varsinaista padon vaikutusta voitaisiin varmuudella näiden osalta todentaa.

## Kivennäisaineet

Kosteikon veden pääionit (pitoisuus yli 2 mg/l) metalleiden osalta olivat natrium, magnesium, pii, kalium ja kalsium. Rouhepato ei ole kyennyt sitomaan vedestä kahdenarvoisia metalleja, magnesiumia ja kalsiumia.

Kosteikkoa ympäröivä maa-alue on savimaata, josta veteen liukenee erityisesti alumiinia; alumiini pitoisuus padon yläpuolisessa lammessa oli keskimäärin 166 µg/l. Padolla näyttäisi testitulosten perusteella olevan vaikutusta alumiinin pitoisuuteen: erityisesti keväällä pato on pidättänyt alumiinia jopa 43–48 %. Keskimääräinen reduktio tarkastelujaksolla oli 27 % (pitoisuus 115 µg/l).

## 4. Yhteenveto

Tutkimuksen perusteella voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

1. *Rengasrouhe ei ole vaikuttanut haitallisesti alueen biodiversiteettiin.*

Kasvillisuus rengasrouhepadon kohdalla oli ympäröivää aluetta rehevämpää ja monilajisempaa. Tämä johtui mahdollisesti ympäröivän alueen savisuudesta, joka rajoitti menestyvän lajiston määrää muualla. Rengasrouhe vaikuttaa olevan sopiva elinympäristö kosteutta sietäville kasvilajeille. Myös selkärangattomille eliöille rengasrouhe tarjoaa paljon piilopaikkoja.

2. *Rouheessa olevan teräksen ruostuminen ei aiheuttanut rauta- eikä sinkkipitoisuuden nousua vedessä.*

Kirjallisuudesta löytyvälle tiedolle, jonka mukaan rengasrouheesta voisi liueta rautaa ja sinkkiä ympäristöön, ei löytynyt hankkeessa selkeää vahvistusta. Keväällä pato on mahdollisesti jopa edistänyt raudan ja sinkin sitoutumista kiintoaineeseen.

3. *Rengasrouhe toimii hyvin biosuodattimena kosteikoissa.*

Rengasrouheen puhdistustehokkuus oli keskimäärin noin 14 % fosforin ja 12 % epäorgaanisen tyypin osalta. Tämä on seurausta siitä, että pato hapettaa vettä ja mahdollistaa nitrifikaatiobakteerien toiminnan. Ammoniumtyypin reduktio oli padolla nitrifikaation myötä merkittävän suuri, 55 %. Tämä mahdollistaa myös muodostuvan nitraattityypin sitoutumisen padon alapuolella.

4. *Padon toimintaa voidaan parantaa.*

Hankkeen tavoitteena oli löytää suuntia oikealle padon mitoitukselle, ja on selvää, että mitoitusta tarkentamalla päästään myös parempiin puhdistustuloksiin. Myös hankkeen aikana havaitut haasteet, kuten säkkimateriaalin heikkous sekä veden lämpötilan noustessa ja happipitoisuuden vähenyessä esiintynyt raudan ja fosfaatin uudelleenmobilisoituminen, voidaan estää huolellisella suunnittelulla sekä teknisillä ratkaisulla.

## Viitteet

<sup>1</sup> Oivangin vesistön hoitoyhdistys ry: Oivangin vesienpuhdistuskosteikon rakentaminen. <http://www.kuusamo.fi/dman/Document.php?documentId=Ik02813153053078&cmd=download>

<sup>2</sup> Saloy Oy: Tehokas fosforin, humuksen ja kiintoaineen vähentämismenetelmä – Päästösieppari fosforin ja orgaanisen aineksen (humuksen) saostamiseen. [http://www.saloy.net/pdf/sahkoton\\_kemikalointi\\_esite\\_saloy.pdf](http://www.saloy.net/pdf/sahkoton_kemikalointi_esite_saloy.pdf)

<sup>3</sup> Vesilaki 587/2011. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

<sup>4</sup> Luonnonsuojelulaki 1096/1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

<sup>5</sup> Metsälaki 1093/1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>

<sup>6</sup> Suomen Rengaskierrätys Oy. Renkaan kierrätys-lehti. <http://www.rengaskierratys.com/lehdet>

<sup>7</sup> Edeskär, T. 2006. Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications, Technical and Environmental Properties. Luleå University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, 2006:67. pp: 317.

- <sup>8</sup> Ympäristöministeriö. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia. Muistio 19.12.2014. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B19EAF499-9E80-404C-9864-E2772B0DEB5E%7D/105970>
- <sup>9</sup> InfraRYL2010, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. 2010.
- <sup>10</sup> Aurinkoinen Hannu. Laatuinsinöörit Oy. Ohje rengasrouheen käyttämisestä ja mitoittamisesta kaatopaikkarakenteissa. 2012.
- <sup>11</sup> Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 42. Selvitys rengasrouheen käyttömahdollisuuksista rata- ja tierakenteissa. 2014.
- <sup>12</sup> Li W., Performance of a Tire Chip Media Constructed Wetland, Stantec Consulting Inc. Idaho, USA, 2009, <http://www.pncwa.org/assets/documents/2009%20PNCWA-%20Session%202-4%20-%20Wastewater%20Treatment%20-%20William%20Li.pdf>
- <sup>13</sup> Richter, A.Y., Weaver, R.W. Phosphorus reduction in effluent from subsurface flow constructed wetlands filled with tire chips, Buffalo's Center for Integrated Waste Management, 2004 [27.6.2012], [http://www.tdanys.buffalo.edu/UB/index.php?option=com\\_easytablepro&view=easytablerecord&id=3%3Atdaresearch-papers&rid=132&Itemid=85](http://www.tdanys.buffalo.edu/UB/index.php?option=com_easytablepro&view=easytablerecord&id=3%3Atdaresearch-papers&rid=132&Itemid=85)
- <sup>14</sup> [http://www.rengaskierratys.com/files/59/Kpkelp\\_Kuusakoski\\_rengasrouhe12\\_6\\_2012.pdf](http://www.rengaskierratys.com/files/59/Kpkelp_Kuusakoski_rengasrouhe12_6_2012.pdf)
- <sup>15</sup> Humphrey, DN & Katz, L.E. 2000, Water-quality effects of tire shreds placed above the water table: Five-year field study, Transportation Research Record, no. 1714, pp. 18-24. [http://rma.org/wp-content/uploads/publications/fiveyr\\_study.pdf](http://rma.org/wp-content/uploads/publications/fiveyr_study.pdf)
- <sup>16</sup> Amoozegar A., Robarg W.B.; Evaluation of tire chips as a substitute for gravel in the trenches of septic systems, Final report, 1999. <http://infohouse.p2ric.org/ref/03/02627.pdf>
- <sup>17</sup> Envirollogic, Inc.; A Report on the Use of Shredded Scrap Tires in On-Site Sewage Disposal Systems, by Envirollogic, Inc., Brattleboro, Vermont, for Department of Environmental Conservation, State of Vermont (1990) 9 p. [http://www.rma.org/download/scrap-tires/Civil\\_Engineering/CIV-029-Report\\_on\\_the\\_use\\_of\\_Shredded\\_Scrap\\_Tires\\_in\\_On-Site\\_Sewage\\_Disposal\\_Systems\\_\(1\).pdf](http://www.rma.org/download/scrap-tires/Civil_Engineering/CIV-029-Report_on_the_use_of_Shredded_Scrap_Tires_in_On-Site_Sewage_Disposal_Systems_(1).pdf)
- <sup>18</sup> Burnell B.N., McOmber G.; Used Tires as a Substitute for Drainfield Aggregate: Site Characterization and Design of On-site Septic Systems. ASTM STP 1324: MS Bedinger, JS Fleming, & AI Johnson, Eds. Am. Society for Testing Materials (1997).
- <sup>19</sup> Liu, H.S., Mead, J.L., Stacer, R.G.; Environmental Impacts of Recycled Rubber in Light Fill Applications: Summary and Evaluation of Existing Literature. Technical Report #2. Plastics Conversion Project. Chelsea Center for Recycling and Economic Development, University of Massachusetts, Lowell (1998). [http://www.rma.org/download/scrap-tires/Civil\\_Engineering/CIV-039-Environmental\\_Impacts\\_of\\_Recycled\\_Rubber\\_in\\_Light\\_Fill\\_Applications.pdf](http://www.rma.org/download/scrap-tires/Civil_Engineering/CIV-039-Environmental_Impacts_of_Recycled_Rubber_in_Light_Fill_Applications.pdf)
- <sup>20</sup> Sengupta, S and H. Miller, 1999. Preliminary Investigation of Tire Shred for Use in Residential Subsurface Leaching Field Systems: A Field Scale Study. Technical Report #12. Chelsea Center for Recycling and Economic Development, University of Massachusetts, Lowell. [http://www.rma.org/download/scrap-tires/septic\\_systems/SEP-002-Preliminary\\_Investigation\\_of\\_Tire\\_Shreds\\_for\\_Use.pdf](http://www.rma.org/download/scrap-tires/septic_systems/SEP-002-Preliminary_Investigation_of_Tire_Shreds_for_Use.pdf)
- <sup>21</sup> Sengupta, S and H. Miller, 2000. Investigation of Tire Shred for Use in Residential Subsurface Leaching Field Systems: A Field Scale Study. Technical Report #32. Chelsea Center for Recycling and Economic Development, University of Massachusetts, Lowell.
- <sup>22</sup> Robinson, Sharon J. (Feb.) 2000. The Use of Chipped Tires as Alternate Aggregate in Septic System Leach Fields, MS thesis in Civil Engineering. State University of NY. Syracuse. 234pp
- <sup>23</sup> Ilola-Sannainen pt 11863 painuman korjaus rengasrouherakenteella: raportti rakentamisesta ja seurantamittauksista, Tielaitoksen selvityksiä, Tielaitos, tiehallinto, Uudenmaan tiepiiri, 1998.
- <sup>24</sup> Collins et al 2002: Environmental impact assessment of a scrap tyre artificial reef. ICES Journal of Marine Science 59: S243-S249. <http://icesims.oxfordjournals.org/content/59/supplement/S243.full.pdf+html>
- <sup>25</sup> Lock et al 2009: Multivariate test designs to assess the influence of zinc and cadmium bioavailability in soils on the toxicity to *Enchytraeus albidus*. Environmental Toxicology and Chemistry 19: 2666-2671. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620191108/abstract>
- <sup>26</sup> SCHER 2007: Scientific opinion on the risk assessment report on zinc, environmental part. 29 November 2007. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scher/docs/scher\\_o\\_069.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_069.pdf)
- <sup>27</sup> National Institute for Public Health and the Environment (RIVM): Quick scan and Prioritization of Microplastic Sources and Emissions. 2014. [http://www.researchgate.net/profile/Anja\\_Verschoor/publication/277194031\\_Quick\\_scan\\_and\\_prioritization\\_of\\_microplastic\\_sources\\_and\\_emissions/links/5564520108ae9963a11f31ce.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Anja_Verschoor/publication/277194031_Quick_scan_and_prioritization_of_microplastic_sources_and_emissions/links/5564520108ae9963a11f31ce.pdf)
- <sup>28</sup> Cole et al 2013: Microplastic Ingestion by Zooplankton. Environmental Science & Technology 47: 6646-6655. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es400663f>